



Valdis Segliņš

# ZEMES DZĪĻU RESURSI



008020818

Saturs

Pekšvārds..... 0

Zeme un tās resursi..... 0

Zemes dzīļu resursu klasifikācija un novērtēšana..... 8

Facilā enerģijas avoti

Facilā enerģētiskie izstrādājumi..... 11

3.1. Akumulācijas..... 11

3.2. Sūkņi un ierīces..... 17

3.3. Kārtas..... 19

3.4. Nāftas un gāzes..... 23

3.5. Ūdens..... 23

3.6. Siltums..... 23

3.7. Enerģijas ražošanas jaudas un to pieejamie enerģijas avoti

3.7.1. Enerģijas patēriņš pa sektoriem..... 43

3.7.2. jauno enerģētisko jaudu izveides izmaiņas..... 49

3.7.3. Oglekļa dioksīda emisijas un enerģijas ražošanas..... 50

3.7.4. Enerģētiskās attīstības līmeņa izmaiņas..... 50

3.7.5. Enerģētiskās attīstības līmeņa izmaiņas..... 51

3.7.6. Atjaunojamu enerģijas avotu loma un iespējamā vidēja termiņa perspektīva..... 54

4. Metālu rūdas..... 57

4.1. Niešmetālu izcelsmes..... 58

4.1.1. Dziesniņi..... 58

4.1.2. Mangāni..... 63

4.1.3. Broms..... 66

4.2. Krāsaino metālu rūdas..... 70

4.2.1. Smagie krāsainie metāli..... 70

4.2.2. Siera rūdas..... 76

2008. gada izdevums..... 75

Vārds..... 80

Niķelis..... 80

Alūsiņi..... 80

Antimons..... 80

Kobalts..... 80

Urānijs..... 80

Valdis Segliņš

# ZEMES DZĪĻU RESURSI

3.7.1. Naftas cena un tās prognozes..... 46

3.7.2. Enerģijas ražošanas jaudas un to pieejamie enerģijas avoti..... 48

3.7.3. Enerģijas patēriņš pa sektoriem..... 49

3.7.4. jauno enerģētisko jaudu izveides izmaiņas..... 49

3.7.5. Oglekļa dioksīda emisijas un enerģijas ražošanas..... 50

3.7.6. Enerģētiskās attīstības līmeņa izmaiņas..... 50

3.7.5. Enerģētiskās attīstības līmeņa izmaiņas..... 51

3.7.6. Atjaunojamu enerģijas avotu loma un iespējamā vidēja termiņa perspektīva..... 54

4. Metālu rūdas..... 57

4.1. Niešmetālu izcelsmes..... 58

4.1.1. Dziesniņi..... 58

4.1.2. Mangāni..... 63

4.1.3. Broms..... 66

4.2. Krāsaino metālu rūdas..... 70

4.2.1. Smagie krāsainie metāli..... 70

4.2.2. Siera rūdas..... 76

2008. gada izdevums..... 75

Vārds..... 80

Niķelis..... 80

Alūsiņi..... 80

Antimons..... 80

Kobalts..... 80

Urānijs..... 80

3.7.1. Naftas cena un tās prognozes..... 46

3.7.2. Enerģijas ražošanas jaudas un to pieejamie enerģijas avoti..... 48

3.7.3. Enerģijas patēriņš pa sektoriem..... 49

3.7.4. jauno enerģētisko jaudu izveides izmaiņas..... 49

3.7.5. Oglekļa dioksīda emisijas un enerģijas ražošanas..... 50

3.7.6. Enerģētiskās attīstības līmeņa izmaiņas..... 50

3.7.5. Enerģētiskās attīstības līmeņa izmaiņas..... 51

3.7.6. Atjaunojamu enerģijas avotu loma un iespējamā vidēja termiņa perspektīva..... 54

4. Metālu rūdas..... 57

4.1. Niešmetālu izcelsmes..... 58

4.1.1. Dziesniņi..... 58

4.1.2. Mangāni..... 63

4.1.3. Broms..... 66

4.2. Krāsaino metālu rūdas..... 70

4.2.1. Smagie krāsainie metāli..... 70

4.2.2. Siera rūdas..... 76

2008. gada izdevums..... 75

Vārds..... 80

Niķelis..... 80

Alūsiņi..... 80

Antimons..... 80

Kobalts..... 80

Urānijs..... 80



Latvijas Nacionālā  
BIBLIOTĒKA

0308029849

Recenzenti: prof., Dr. inž. Uldis Sedmalis  
asoc. prof., Dr. ķīm. Jānis Švirksts

Redaktors Oskars Lapsiņš

Dizains un  
datorgrafika Baiba Lazdiņa

ISBN 978-9984-15-915-7

© V. Segliņš  
© Izdevniecība RaKa, 2007

SIA "Izdevniecība RaKa" K. Barona ielā 130, k. 6, Rīgā, LV-1012, tālr. 67312668

E-pasts: [pasts@raka.lv](mailto:pasts@raka.lv), mājaslapa: <http://www.raka.lv>

Izdevējdarbības reģistrācijas apliecība Nr. 2-0471

Realizācijas daļa – tālr. 67291875

Iespiests SIA "Izdevniecība RaKa" tipogrāfijā

# Saturs

Priekšvārds .....	5
<b>1 Zeme un tās resursi .....</b>	<b>6</b>
<b>2 Zemes dziļu resursu klasifikācija un novērtēšana .....</b>	<b>9</b>
<b>3 Fosilie enerģijas avoti (enerģētiskie izrakteņi) .....</b>	<b>11</b>
3.1. Akmeņogles .....	11
3.2. Brūnogles un lignīts .....	17
3.3. Kūdra .....	19
3.4. Nafta un naftas slānekļi (degslēnekļi) .....	23
3.4.1. Nafta .....	23
3.4.1. Naftas slānekļi .....	29
3.5. Dabasgāze .....	31
3.6. Urāna un torija rūdas .....	39
3.7. Enerģētikas nākotnes scenāriji .....	44
3.7.1. Naftas cena un tās prognozes .....	46
3.7.2. Enerģijas ražošanas jaudas un to piesaiste enerģijas avotiem .....	48
3.7.3. Enerģijas patēriņš pa sektoriem .....	49
3.7.4. Jauno enerģētisko jaudu izveides izmaksas .....	49
3.7.5. Ogļskābās gāzes emisijas no enerģijas ražošanas .....	50
3.7.6. Enerģētikas attīstības blakus apstākļi .....	50
Eiropas Savienības politikas virzība .....	51
Atjaunojamo enerģijas avotu loma un iespējas vidēja termiņa perspektīvā .....	54
<b>4 Metālu rūdas .....</b>	<b>57</b>
4.1. Melno metālu izejvielas .....	58
4.1.1. Dzelzs rūdas .....	59
4.1.2. Mangāns .....	62
4.1.3. Hroms .....	66
4.2. Krāsaino metālu rūdas .....	70
4.2.1. Smagie krāsainie metāli .....	70
Svins .....	70
Cinks .....	75
Varš .....	80
Niķelis .....	86
Alva .....	90
Antimons .....	95
Kobalts .....	97
Dzīvsudrabs .....	100
Bismuts .....	103
4.2.2. Vieglie metāli .....	106
Alumīnijs .....	106
Magnijs .....	115
Litijs .....	122
4.2.3. Reti sastopami metāli .....	126
Grūti kūstošie retie metāli .....	126
Volframs .....	126
Molibdēns .....	131
Kadmījs .....	135
Tantāls un niobsorijs .....	138
Niobijs .....	143
Vanādijs .....	147
Vieglie retie metāli .....	150
Berilijs .....	150
Rubīdijs .....	153
Titāns .....	155
Cirkonijs .....	162
Izkliedētie retie metāli .....	166
Germānijs .....	166
Gallijs .....	169
Tallijs .....	172
Indijs .....	174
Rēnijs un tehnēcijs .....	177
4.2.4. Cēlmetāli .....	181
Zelts .....	181
Sudrabs .....	189
Platīns un platīna saimes elementi .....	194
Platīns .....	194
Pallādijs .....	196
Citi platīna grupas metāli .....	198
Rutēnijs (Ru) .....	198
Rodijs .....	199
Osmijs .....	200
Irīdijs .....	201
Platīna grupas metālu ieguves un patēriņa intensitāte .....	202
4.2.5. Retzemju metāli .....	204
Skandijs .....	204
Itrijs .....	206
Hafnijs un ruterfordijs .....	208
Lantāns .....	210
Cērijs .....	210
Citi lantanoīdu metāli .....	211
4.2.6. Radioaktīvie metāli .....	212
Rādijs .....	212
Polonijs .....	212
Aktīnijs .....	213
Aktinoīdu grupas ķīmiskie elementi .....	213

<b>5</b>	<b>Ķīmiskās rūpniecības izejvielas.....</b>	<b>215</b>	6.5.1. Ogleklis.....	297
5.1.	Pamatizejvielas.....	215	6.5.2. Silīcijs.....	298
5.1.1.	Sērs.....	215	6.5.3. Talks.....	300
5.1.2.	Apatīti un fosforīti.....	219	<b>6.6. Juvelierizstrādājumu dabiskās</b>	
5.1.3.	Salpetri.....	224	<b>izejvielas.....</b>	<b>303</b>
5.1.4.	Hlora pamatizejvielas.....	230	6.6.1. Dārgakmeņi.....	306
5.1.5.	Kālija sāļi.....	236	6.6.2. Pusdārgakmeņi.....	310
5.1.6.	Fluora izejvielas.....	239	<b>7</b>	
5.1.7.	Soda.....	243	<b>Būvmateriālu dabiskās izejvielas.....</b>	<b>311</b>
5.1.8.	Pirīts.....	249	7.1. Būvakmeņi, drupināti akmeņi un	
<b>5.2. Ķīmisko elementu izejvielas.....</b>	<b>250</b>	<b>šķembas.....</b>	<b>311</b>	
5.2.1.	Cēzijs.....	250	7.1.1. Būvakmeņi.....	312
5.2.2.	Francijs.....	252	7.1.2. Šķembas.....	314
5.2.3.	Kalcijs.....	252	<b>7.2. Smilts un grants.....</b>	<b>317</b>
5.2.4.	Stroncija minerāli dabā.....	253	<b>7.3. Māli un citas keramikas izstrādājumu</b>	
5.2.5.	Bārija izejvielas.....	251	<b>izejvielas.....</b>	<b>321</b>
5.2.6.	Bora minerāli.....	261	7.3.1. Māli keramiskajai rūpniecībai.....	321
5.2.7.	Arsēns.....	266	7.3.2. Kaolīna māli.....	324
5.2.8.	Selēns dabā.....	270	7.3.3. Māli ugunsdrošu izstrādājumu	
5.2.9.	Telūrs.....	273	izgatavošanai.....	329
5.2.10.	Broma izejvielas dabā.....	276	7.3.4. Bentonīti.....	330
5.2.11.	Jods.....	279	7.3.5. Fullera zemes.....	335
5.2.12.	Astats.....	282	7.3.6. Diatomīti.....	336
<b>5.3. Cēlgāzes dabā.....</b>	<b>282</b>	<b>7.4. Cementa un citu saistvielu dabiskās</b>		
5.3.1.	Hēlijs.....	283	<b>izejvielas.....</b>	<b>342</b>
5.3.2.	Neons.....	284	<b>7.5. Ģipsis.....</b>	<b>350</b>
5.3.3.	Argons.....	284	<b>7.6. Azbests.....</b>	<b>355</b>
5.3.4.	Kriptons.....	284	<b>7.7. Vizlas.....</b>	<b>359</b>
5.3.5.	Ksenons.....	285	7.7.1. Biotīts, muskovīts un flogopīts.....	359
5.3.6.	Radons.....	285	7.7.2. Vermikulīts.....	364
<b>6</b>	<b>Citu rūpniecības nozaru minerālizvejvielas</b>		<b>8</b>	
	<b>(rūpniecībā plaša lietojuma nemetāli un</b>		<b>Pazemes ūdens resursi.....</b>	<b>364</b>
	<b>to izejvielas).....</b>	<b>287</b>	<b>9</b>	
6.1.	Skābeklis.....	287	<b>Zemes dziļu resursu patēriņš un</b>	
6.2.	Ūdeņradis.....	288	<b>tā prognozes nākotnē.....</b>	<b>375</b>
6.3.	Grafīts.....	289	Noslēgums.....	379
6.4.	Dimanti.....	292	Izdevumā biežāk izmantotie	
6.5.	Vairāku ražošanas nozaru izejvielas.....	297	saīsinājumi un mērvienības.....	380

## Priekšvārds

Grāmata pamatā ir paredzēta vidusskolas skolotājiem, kas māca ģeogrāfiju, dabaszinības, ķīmiju, bet var tikt izmantota arī biznesa ekonomikas pamatos, vēsturē un citos mācību priekšmetos. Tā ir iecerēta kā mūsdienīgs plašāks pārskats par Zemes dzīvi resursiem, kas tiek izmantoti saimnieciskajā dzīvē, to dažādību, pieejamo daudzumu un izmaksām. Skaitliskā informācija tabulās ir paredzēta dažādu uzdevumu veidošanai un var būt noderīga piemēriem biznesa ekonomikas pamatos. Katras nodaļas noslēgumā ir ievietots literatūras un interneta saišu saraksts, kur var papildus iegūt aktualizētu informāciju un kas ļaus grāmatā norādīto pašam skolotājam papildināt un izmantot stundās.

Iekļautā informācija var būt noderīga arī citiem interesentiem, īpaši jaunāko kursu studentiem dabas zinātņu programmās, kā arī dažādu reģionālu un ražošanas nozaru salīdzinājumu veikšanai.

# 1

## Zeme un tās resursi

Zemes resursus to ļoti ietilpīgā termina dēļ nemaz nav tik vienkārši aprakstīt un – vēl jo vairāk – tos pēc kādas noteiktas sistēmas grupēt un klasificēt. Lai šādu darbību veiktu, ir nepieciešams izvēlēties kādu atskaites punktu un noteikt klasifikācijas mērķus. Piemēram, Zeme kā planēta var tikt salīdzināta ar citām Saules sistēmas planētām pēc tās izmēriem, blīvuma, kustības ātruma, uzbuves (ieskaitot atmosfēras esamību) un tamlīdzīgi, kas ļauj novērtēt atbilstoši Zemes derīgo izrakteņu un struktūru potenciālu, saņemto Saules siltuma un citu starojumu daudzumu un to sezonālītāti, ļauj novērtēt procesus Zemes iekšienē, kā arī atmosfēras īpašības to daudzveidībā un arī kā resursus. Šāda pieeja ļauj stingri nodalīt materializētas vērtības no apstākļiem un ietekmēm. Tomēr arī šāda pieeja nav konsekvanta, jo, piemēram, sniega snigšana var tikt attiecināta gan pie estētiskām vērtībām, gan ietekmēm uz kādu saimniecisko darbību, to var uzskatīt arī kā noteiktu ūdens resursu akumulāciju.

Nereti dabas resursu klasifikācijā par pamatu izmanto to piederību pie kādas Zemes sfēras, nodalot atmosfēru, litosfēru, arī hidrosfēru un tamlīdzīgi. Šo klasifikāciju lielākais trūkums ir visai ierobežotās iespējas atspoguļot dabā vērojamo daudzveidību, ļoti izteikto nosacītību atsevišķo sfēru robežu noteikšanā, kā arī mijiedarbību starp sfērām un to izmaiņām laikā. Piemēram, nodalot atsevišķi pedosfēru ("augšņu valstību" jeb sfēru), nav iespējams to apskatīt atsevišķi ne no cilmiežiem, ne augāja, ne arī atmosfēras procesiem, kas savstarpēji ir saistīti ar vielas aprites cikliem un ir pastāvīgā mijiedarbībā.

Klasifikācijas pēc noteiktām fizikālām un ķīmiskām īpašībām vai izcelsmes (ģenētiskām īpašībām) ir atsevišķo zinātņu pamati, un tās, nenoliedzami, ir ļoti pamatotas, bet arī – ne mazāk izteikti vienpusīgas. Tās ir ļoti ērtas apzināšanai, uzskaitēi, aprēķiniem, bet pilnīgi nepiemērotas,

raksturojot saimniecisko dzīvi, tās izmaiņas, ģeogrāfisko izvietojumu un tamlīdzīgi.

Atšķirīga pieeja ir mēģināt klasificēt Zemes resursus pēc to lietojuma jeb izmantošanas. Šāda klasifikācija ir visizplatītākā, un ir zināmi daudzi desmiti dažādu tās paveidu. Šādai klasifikācijai ir divi būtiski trūkumi: objektīvi esošie resursi tiek klasificēti pēc viena resursa patērētāja vajadzībām, un šīs vajadzības ir mainīgās laikā gaitā. Tā dzelzs patērētājs nepavisam nav tikai cilvēks – to izmanto arī citi organismi, un tā ir svarīga komponente dabā notiekošajā vielu apritē neatkarīgi no tā, vai cilvēks dzīvo uz Zemes vai ne. Arī no ētiskā viedokļa klasificēt Zemes resursus pēc vienīgā rādītāja – cik tie ir noderīgi cilvēkam – mūsdienās var nebūt sevišķi pareizi. Būtu jāņem vērā arī visai nozīmīgās cilvēku vajadzību atšķirības, kā arī dažādu tautu atšķirīgās kultūrvēsturiskās tradīcijas un mentalitāte, kas būtiski atšķirīgas ir arī mūsdienu pasaulē. Piemēram, attieksme pret noteiktiem dzīvniekiem, no kuriem cūkas vai govis ne visās valstīs uzskata par pārtikas resursiem un lopkopības nozari. Tomēr šāda klasifikācija ir visizplatītākā, un dažādi to paveidi visbiežāk ir iekļauti arī skolu grāmatās.

Līdz ar to Zemes resursu klasifikācijas shēmas ģeogrāfijā, kad tiek raksturota saimnieciskā dzīve, nebūs atbilstošas tām zināšanām, ko sniedz fizikas, ķīmijas, bioloģijas un citos mācību priekšmetos. Šajā nozīmē tieši ģeogrāfijas skolotājam ir jābūt vizināšanai ne tikai attiecībā uz citos mācību priekšmetos izmantotajām klasifikācijām, bet arī jāprot skaidrot to atšķirīgo piemērošanu tautsaimniecības raksturošanā. Savukārt ķīmijas un fizikas skolotājiem nepavisam nenāks par sliktu uzzināt vairāk, kā šīs noderīgās īpašības, parādības vai vielas tiek izmantotas tautas saimniecībā. Tas nav vienkārši, jo tautsaimniecība ir dinamiska un daudzi dabas resursu veidi, kas ļoti plaši tika izmantoti vēl pirms vairākiem gadu desmitiem,

mūsdienās ir daļēji vai pilnībā zaudējuši savu nozīmi. Cilvēkģeogrāfija vai – plašākā nozīmē – pasaules ģeogrāfija ir zināšanu kopsavilkums noteiktā skatījumā. Tas nav ideāls, un arī realizācijai piemērotās klasifikācijas nekad neaptvers visus Zemes resursus, bet tikai to lielāko vai raksturīgāko daļu. Piemēram, nav tādas tautsaimniecības klasifikācijas, kurā noteikta vieta tiktu atrasta grafītam (95% patēriņa ir rūpnieciskās smērvielas un atomenerģētika, 2% – rakstāmlietas) vai plūdu parādībai (kas saistās vairāk ar riskiem, lai arī kā tūrisma resurss tas ir vispārzināms). Citiem vārdiem sakot, pasaules saimniecības dalījums sektoros ne vienmēr ir pietiekami korekts, jo resursu dalījums ir nosacīts. Tā mežs kā resurss ir vispārzināms, bet mežsaimniecība kā koksnes ieguve attiecas uz primāro sektoru, bet medības, sēņu un ogu komerciāla ieguve – uz sekundāro sektoru, savukārt meža rekreācijas resursu izmantošana – uz terciāro sektoru (tūrisms). Vēl sarežģītāk ir klasificēt dinamiskos resursus, tas ir, tādus, kas maina savas īpašības vai atrašanās vietu laika gaitā (piemēram, ūdens – sniegs – ledus vai atmosfēras masu plūsmas un okeānu straumes). Taču vairākas ekonomiskās darbības jomas pasaules ģeogrāfijā netiek apskatītas (piemēram, būvniecība), citas ir ievietotas nepareizi (piemēram, enerģētika un metalurģija atrodas dažādos sektoros, kaut gan abas balstās uz dabas resursu nepastarpinātu izmantošanu), bet juvelierrūpniecība un darbības ar dārgakmeņiem un mākslīga to ražošana (kas naudas izteiksmē ir nozīmīgāka nekā zvejniecība) pasaules ģeogrāfijas klasifikācijā netiek apskatīta. Ir arī citas neveiksmes, tomēr vairākumā gadījumu esošā klasifikācija var tikt izmantota.

Vērā jāņem arī pasaules saimniecības globalizācijas ietekme, pasaules saimnieciskās dzīves sekmīguma polarizācija “bagātajos ziemeļos” un vāji attīstītos “nabadzīgajos dienvidos”, kā arī atšķirīgā ietekme uz dabas resursu izmantošanu un vērtību skalu. Tā “ziemeļos” izteikti dominējot sekundārajam un terciārajam sektoram, tieši terciārā izaugsme patlaban ir raksturīgākā iezīme gan ASV, gan Eiropas Savienības nākotnes vīzijās. Un pretēji – primārā sektora attīstības ierobežojumi

nosaka “nabadzīgo dienvidu” attīstības zemos tempus un pat neiespējamību iekļauties mūsdienu ekonomiskajos procesos. Šādas parādības objektīvi ietekmē arī resursu klasifikāciju, kā dēļ valstīs ar attīstītu primāro sektoru būs vispārpieņemtas augsti detalizētas šo nozaru resursu klasifikācijas shēmas, turpretī valstīs ar dominējošu terciāro tautsaimniecības sektoru primārā sektora nozaru resursu klasifikācija būs vienkāršota.

Lai ierobežotu iepriekš minēto dažādo klasifikācijas veidu skaitu un ļautu klasifikāciju savstarpēji salīdzināt, vairākas pasaulē autoritatīvas organizācijas ir izveidojušas noteiktas dabas resursu klasifikācijas un uzskaites sistēmas, kas ļauj tās izmantot, novērtējot pasaules saimniecību un tās attīstību<sup>1</sup>. Svarīga to priekšrocība ir datu salīdzinoši augstā ticamība, savstarpējā salīdzināmība, šie dati tiek pastāvīgi atjaunoti. Šādas organizācijas ir Apvienoto Nāciju Organizācija<sup>2</sup> (UN), Ekonomiskās sadarbības un attīstības organizācija<sup>3</sup> (OECD), Eiropas Statistikas organizācija<sup>4</sup> (Eurostat) un citas. Tomēr ir jāreķinās, ka tās ir mērķorientētas organizācijas un to piemērotā klasifikācija un statistikas dati savstarpēji ne vienmēr būs atbilstoši, jo datu iegūšanā un to apstrādē tiek lietotas visai atšķirīgas procedūras. Piemēram, ANO datubāzēs vairāk būs dati par sabiedrības attīstību un dažādiem to aspektiem, tostarp resursiem un to izmantošanu, šajās datubāzēs nebūs datu par ekonomiskajām aktivitātēm, arī pēdējo gadu dati nebūs pieejami. OECD dati vienmēr ir pieejami par iepriekšējo kalendāro gadu, tie ir ļoti kvalitatīvi, bet tie raksturo ekonomisko izaugsmi un arī resursus, turklāt naudas jeb monetārās vienībās, un šie dati aptver tikai ierobežotu valstu grupu. Eiropas Savienības dalībvalstu pilnīgākā datu krātuve par dabas resursiem un to izmantošanu ir Eurostat pārraudzībā, kaut gan dabas resursu daudz plašāka analītiskā daļa ir pieejama Eiropas Vides aģentūrā (EEA).

Tieši pasaules ekonomikas globalizācijas dēļ arvien pieaug Pasaules Tirdzniecības organizācijas (WTO) loma, un paredzams, ka nākotnē tā turpinās palielināties. Arī šī organizācija ir izveidojusi savu dabas resursu klasifikācijas un salīdzināmo

<sup>1</sup> Īsu pārskatu par tiem skatīt [http://www.wto.org/english/res\\_e/statis\\_e/intl\\_orgs\\_e.pdf](http://www.wto.org/english/res_e/statis_e/intl_orgs_e.pdf)

<sup>2</sup> Skatīt pieejamās datubāzes un klasifikatorus <http://www.un.org/Depts/unsd/index.html>

<sup>3</sup> Skatīt resursu klasifikatorus un datubāzes: [http://www.oecd.org/statsportal/0,2639,en\\_2825\\_293564\\_1\\_1\\_1\\_1\\_1,00.html](http://www.oecd.org/statsportal/0,2639,en_2825_293564_1_1_1_1_1,00.html)

<sup>4</sup> Skatīt detalizētāk [http://epp.eurostat.cec.eu.int/portal/page?\\_pageid=1090,1&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://epp.eurostat.cec.eu.int/portal/page?_pageid=1090,1&_dad=portal&_schema=PORTAL)

datu uzskaites sistēmu. Tā balstās uz vienoto ekonomiskās darbības klasifikāciju (NACE), kas labi pazīstama arī mūsu valstī jau vairāk nekā desmit gadus. Atbilstoši tai tiek uzskaitīti apzinātie un izmantotie dabas resursi. Šajā ziņā tā ir salīdzināma ar Eurostat pamata informāciju.

Atbilstoši NACE<sup>1</sup> tiek izdalīti šādi saimnieciskās darbības pamata sektori.

- A Lauksaimniecība, medniecība un mežsaimniecība
- B Zvejniecība
- C Ieguves rūpniecība un karjeru izstrāde
- D Apstrādes rūpniecība
- E Elektroenerģija, gāzes un ūdens apgāde
- F Būvniecība
- G Vairumtirdzniecība un mazumtirdzniecība; automobiļu, motociklu, individuālās lietošanas priekšmetu, sadzīves aparātūras un iekārtu remonts
- H Viesnīcas un restorāni

- I Transports, glabāšana un sakari
- J Finanšu starpniecība
- K Operācijas ar nekustāmo īpašumu, noma, datorpakalpojumi, zinātne un citi komercpakalpojumi
- L Valsts pārvalde un aizsardzība; obligātā sociālā apdrošināšana
- M Izglītība
- N Veselība un sociālā aprūpe
- O Sabiedriskie, sociālie un individuālie pakalpojumi
- P Mājsaimniecību darbība
- Q Ārpusteritoriālās organizācijas un institūcijas

Šo klasifikāciju salīdzinot ar tradicionālo pasaules ģeogrāfijā skaidroto, ir viegli konstatēt, ka primāro sektoru raksturo tikai dažas klases (A, B, C), nedaudz tas ir attiecināms uz sekundāro (D–F), un visplašākais ir visaugstāko pievienoto vērtību veidojošais terciārais sektors (G–Q).

<sup>1</sup> Pilnīgu klasifikāciju un tās skaidrojumus skatīt [http://www.csb.gov.lv/Satr/nace\\_saraksts.cfm](http://www.csb.gov.lv/Satr/nace_saraksts.cfm)

# 2

## Zemes dzīļu resursu klasifikācija un novērtēšana

Blakus atjaunojamiem bioloģiskajiem resursiem, augsnēm un dinamiskajiem (gaiss, ūdens, daļēji arī dabasgāze un nafta) resursiem noteikta loma saimnieciskajā dzīvē ir neatjaunojamiem jeb konservatīviem Zemes dzīļu resursiem. Nereti tos sava agregātstāvokļa dēļ sauc par cietajiem derīgajiem izrakteņiem, lai arī ne vienmēr tas ir pareizi. Svarīgi, ka ne visi derīgie izrakteņi tiek izmantoti tieši patēriņam, un liela nozīme saimnieciskajā dzīvē ir arī noteiktām Zemes dzīļu īpašībām kopumā (piemēram, porainība, noteiktu īpašību ģeoloģiskās struktūras, siltumizolējošas īpašības u. tml.).

**Dažas pamata definīcijas.** Raksturojot Zemes dzīles, ir svarīgi datus interpretēt atbilstoši noteiktām definīcijām. *Derīgie izrakteņi* ir neorganiskas vai organiskas izcelsmes veidojumi (arī pazemes ūdeņi), kuru izmantošana ir praktiski iespējama un ekonomiski izdevīga. *Derīgo izrakteņu atradne* ir dabisks derīgo izrakteņu sakopojums, kuru daudzums, kvalitāte un ieguves apstākļi ir izvērtēti un kuru praktiska izmantošana ir iespējama. *Resursi* ir prognozēti derīgie izrakteņi (derīgo izrakteņu apjomu aplēses pamatojas uz teorētiskiem pieņēmumiem, vispārējām ģeoloģiskajām un hidroģeoloģiskajām likumsakarībām attiecīgajā teritorijā, kā arī uz atsevišķu objektu izpētes rezultātiem), bet derīgo izrakteņu *krājumi* tiek noteikti atradnes detalizētā ģeoloģiskā izpētē, kad tiek noteiktas derīgo izrakteņu īpašības, derīgo izrakteņu daudzums noteiktās robežās. Tikai krājumiem ir noteikta komerciāla vērtība, kuru veido pats derīgais izrakteņis un zināšanas par tiem. Ģeoloģiskās zināšanas ir salīdzinoši konservatīva un lēni pieaugoša vērtība, un ieguves un pārstrādes tehnoloģijas joprojām ir tradicionālas, turpretī derīgā izrakteņa vērtību nosaka izejvielu pieprasījums tirgū, kur pat vietēji izmantojamie izrakteņi ir pakļauti tirgus globalizācijas ietekmei.

Iepriekš teiktais norāda, ka krājumi primāri ir ekonomiska kategorija un tikai sekundāri tehnoloģiska,

un, visbeidzot, ģeoloģiska. Tā, piemēram, vairāk nekā pusgadsimtu ir zināms, ka jūras ūdens satur gandrīz visus ķīmiskos elementus, vairāk nekā pirms trīsdesmit gadiem ir izdevies lielāko daļu no tiem arī eksperimentāli iegūt, tomēr iegūt dzeramo ūdeni ekonomiski lietderīgi ir tikai dažos pasaules reģionos, retāk arī ūdeni lauksaimniecības kultūru laistīšanai. Mūsdienās, lai iegūtu kādu noteiktu komponenti no jūras ūdens, tās cenai pasaules tirgū ir jāpieaug vismaz desmit un vairāk reizi, tāpēc galvenokārt tiek izmantotas Zemes dzīles, kur saimniecībai nepieciešamo komponentu koncentrācija ir augstāka.

**Pašreizējais resursu patēriņš un tā prognozes** balstās uz pēdējos gados fiksēto vidējo patēriņu pasaulē, par pamatu ņemot konkrētā resursa eksporta tirgu. Šajos novērtējumos nav iespējams iekļaut vietējo patēriņu, jo tā globāla statistika nav pieejama un atsevišķie dati ir izteikti pretrunīgi dažādo statistikas datu klasifikācijas dēļ. Vislielākā nenoteiktība ir attiecībā uz atklātos karjeros iegūto izejvielu masu, kas vairākumā valstu tiek klasificētas kā izejvielas, bet citās – jau kā gatavā produkcija vai uzkrājumi. Arī dažiem resursiem ļoti nozīmīgo nepilnīgi pārstrādātu iegūto izejvielu vietējo patēriņu (koncentrātu vai neatbilstošas kvalitātes starpproduktu realizācija, piemēram, ogles, zelts u. tml.) uzskaita tikai dažas valstis. Vairāku resursu ieguve joprojām tiek veikta ne sevišķi legāli, vismaz attiecībā uz to ieguves datu pieejamību, kas arī ietekmē vērtējumu akurātumu. Šādos aprēķinos parasti pieņem, ka šāds neuzskaitītais vietējais patēriņš atkarībā no resursu veida ir 5–7 procenti.

Izņemot enerģētikā izmantojamās izejvielas, pārējie derīgie komponenti potenciāli ir iegūstami no daudz lielāka minerālu skaita nekā patlaban, kas ekonomiski nav izdevīgi. Otrs svarīgs rādītājs ir komponente pašos minerālos un pārstrādei novirzāmā rūdā, kas norāda, cik bagātas

rūdas tiek izmantotas. Pasaulē joprojām tiek izmantotas ļoti bagātas rūdas, un vēsturiskie dati liecina, ka rūpniecības prasības pēdējā pusgadsimta laikā ir samērā maz mainījušās. Nodrošinājums ar šādu bagātu rūdu krājumiem un resursiem šajā gadsimtā neveicinās arī pieticīgāku rūdu izmantošanu, un tās droši vien būs tas, ko atstāsim nākamajam gadsimtam. Taču, vērtējot potenciālo nākotnes rūdu izmantošanas iespējas, ir jāņem vērā, ka jēdziens "rūda" satur arī ekonomisku un tehnoloģisku saturisko dimensiju.

Zemes dziļu universālas un vispārpieņemtas klasifikācijas pasaulē joprojām nav, un nav paredzams, ka tāda tiks izstrādāta pārredzamā nākotnē. Šādai nenoteiktībai ir ļoti daudz iemeslu, no kuriem svarīgākie ir Zemes dziļu un tajā iekļauto derīgo izrakteņu un noderīgo īpašību ļoti nevienādā izplatība un šo robežu neatbilstība politiskajām valstu un valstu grupu robežām, derīgo izrakteņu vērtības un nozīmīguma izmaiņas vēsturiskajā laikā, tehnoloģiju attīstība, vajadzību strauja dažādošanās un jaunu materiālu sintēze. Līdz ar to Zemes resursu tradicionālā klasifikācija, kas izstrādāta un pilnveidota iepriekšējos gad-

simtos, mūsdienās ir piemērojama visai nosacīti. Klasifikācija balstās pamatā uz Zemes ģeoloģisko attīstību, derīgo izrakteņu veidošanās apstākļu pētījumiem un tehnoloģiju noteiktu ķīmisko elementu un minerālu minimālu koncentrāciju. Tāpēc ir likumsakarīgi, ka, mainoties tehnoloģijām, mainās arī derīgo izrakteņu jēdziens un to klasifikācija. Tomēr pēdējos gadsimtus maz mainījies ir derīgo izrakteņu iedalījums enerģijas avotos (ko sauc arī par degošajiem derīgajiem izrakteņiem jeb fosilo kurināmo vai enerģētiskajiem izrakteņiem), metālu rūdās, ķīmiskās rūpniecības izejvielās, būvmateriālos un to dabiskajās izejvielās, pusdārgakmeņos un dārgakmeņos, kā arī pazemes ūdenī. Tāpēc arī šajā izdevumā tiek ievērots šāds iedalījums, kaut gan mūsdienās tas ne vienmēr ir tieši izmantojams, par ko atbilstošajās nodaļās būs sniegts skaidrojums.

Savukārt pasaules saimniecībā, tirdzniecībā un tautsaimniecības statistikā Zemes dziļu izmantošana tiek klasificēta atšķirīgi, un tas ir jāņem vērā, strādājot ar statistikas datiem. Tos analizējot un izdarot kādus secinājumus, ir rūpīgi jāpārbauda datu pirmavoti.

# 3 Fosilie enerģijas avoti

## (enerģētiskie izrakteņi)

Derīgos izrakteņus, kas tiek vai var tikt izmantoti enerģijas iegūšanai, sauc par enerģētiskajiem izrakteņiem. Latviski tas ne sevišķi veiksmīgi skan, jo attiecībā uz Zemes dzīlēm ar to parasti apzīmē fosilo (jeb Zemes dzīlēs atrodamo) kurināmo, bet, attīstoties tehnoloģijām, šo fosilo enerģijas avotu dažādība nozīmīgi mainās. Tā, piemēram, vēl pirms pusgadsimta neviens nebūtu iedomājies šajā grupā ietilpināt arī urāna minerālus vai arī vērtēt ģeotermālos enerģijas avotus ārpus mūsdienu aktīvā vulkānisma zonām. Tieši tā arī patlaban mums ir grūti prognozēt tos Zemes dzīlēs slēptos enerģijas avotus, kas tiks izmantoti vēl pēc pusgadsimta.

Lai sabiedrība attīstītos un paaugstinātos labklājība, lai sabiedrības indivīdi varētu apmierināt savas vajadzības un enerģijas piegādes būtu drošas, ir svarīgi saņemt pietiekami daudz enerģijas. Ne mazāk nozīmīgi tas ir ekonomikas ražojošajam sektoram, kā arī pakalpojumiem un zināšanu apguvei īpaši mūsdienās, kad absolūti dominējoša loma ir elektroniski veidotiem un šādā formātā pieejamiem informācijas avotiem, zināšanām, arī lielākā daļa darba vietu ir tieši saistītas un ir atkarīgas no enerģijas pieejamības. Mēs gluži vienkārši esam atkarīgi no tās!

### 3.1. Akmeņogles

Akmeņogles parasti tiek uzskatītas par visraksturīgāko fosilo kurināmo, un kļūdaini tās tiek apskatītas tikai kā industrializācijas sākotnējā posma svarīgākais enerģijas avots. Tas nepavisam nav tā, jo to loma ir bijusi ļoti nozīmīga visu pagājušā gadsimta otro pusi, tāda tā ir mūsdienās, un arī nākotnē tiek prognozēta šīs lomas paaugstināšanās.

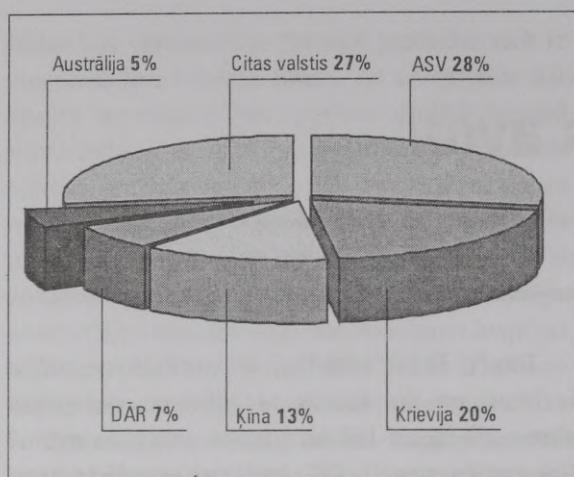
Akmeņogles cilvēki pazīst jau vairāk nekā piecus tūkstošus gadu – ir zināms, ka tās izmantotas jau bronzas laikā Britu salās, bet senākas raktuves

Tomēr šādai atkarībai ir vairākas negatīvas iezīmes, un tās saistās ar nākotnes perspektīvām – cik ilgam laikam pietiks enerģijas avotu? Kas notiks stundā "X", kad visi enerģijas avoti būs izsmelti? Uz līdzīgiem pieņēmumiem ar katastrofisma elementiem balstās dažādi pesimistiski sabiedrības attīstības modeļi, un nav pamata tajos neieklausīties tiktāl, cik tie aicina racionāli izmantot enerģiju, to taupīt un dažādot enerģijas ieguves avotus. Taču pēdējā gadsimta pieredze liecina, ka fosilo enerģijas avotu krājumi pieaug straujāk nekā to patēriņš, tātad atklāts ir vairāk resursu, nekā 25–30 vai pat 50 gadu perspektīvā ir nepieciešams.

Ir visai atšķirīgi dati un vērtējumi par pieejamajiem fosilajiem enerģijas avotiem, un ir jāņem vērā, ka šādi novērtējumi tiek regulāri pārskatīti un norādes uz drošākiem informācijas avotiem ir ievietotas nodaļas beigās.

Šajā nodaļā tiks apskatīti tikai galvenie fosilās enerģijas avoti, lai gan patiesībā to ir daudz vairāk. Tie netiek apskatīti, jo to loma enerģijas bilanci nepārsniedz 0,1%, un patlaban nav pamata prognozēt to nozīmes būtisku pieaugumu pārredzamā nākotnē.

zināmas Ķīnā no 200. gada pirms mūsu ēras. Tomēr ļoti ilgu laiku tās bija svarīgs krāsvielu, dažādu piedevu un pat pusedārgakmeņu avots, viduslaikos akmeņogles plaši izmantoja arī medicīniskiem mērķiem. Eiropā tās nozīmīgā apjomā sāka iegūt tikai 13. gadsimta pašā sākumā Lielbritānijā, bet iegūtais daudzums joprojām tika mērīts vezumos. Akmeņogļu loma mainījās tikai 18. gadsimta sākumā līdz ar tvaika mašīnu ieviešanu, kā arī atklājot ogļu koksēšanas produktu noderību metalurģijā.



1. attēls. Akmeņogļu resursu izvietojums pasaulē

Tad tikai Lielbritānijā vien ogļu ieguve lēcienveidā palielinājās līdz 10 miljoniem tonnu gadā, un 1900. gadā tika iegūts jau 250 miljoni tonnu. Akmeņogles bija galvenais enerģijas avots 20. gadsimta pirmajā pusē, līdz tika apgūtas tehnoloģijas naftas ieguvei lielā dziļumā, bet ogļu kā enerģijas avota loma būtiski samazinājās tikai pagājušā gadsimta septiņdesmitajos gados. Tas bija saistīts ar vides aizsardzības prasību ļoti strauju ieviešanu enerģijas ražošanā, kam nav piemērotu tehnoloģiju lielaudas ražošanā, un ogļu termoelektrostacijas tika pārkārtotas uz citiem kurināmā veidiem.

Ogles prioritāri izmanto enerģijas ražošanā (sk. 1. attēlu), kā arī koksa, dzelzs un tērauda ražošanā. Zemākas kvalitātes ogles tiek izmantotas cementa un pārtikas ražošanā, kā arī dažādās mazāk nozīmīgās nozarēs.

Pasaulē ogļu resursi ir izvietoti ļoti neviendabīgi – visvairāk to ir ASV (28%), Krievijā (20%), Ķīnā (13%), Dienvidāfrikā (7%) un Austrālijā (5%). Savukārt ogļu ieguves apjoms nav tieši proporcionāls to resursiem, tomēr dominē ar resursiem bagātākās valstis – Ķīna (37% no ieguves pasaulē 2005. gadā), ASV (22%), Indija (8%) un Austrālija (7%).

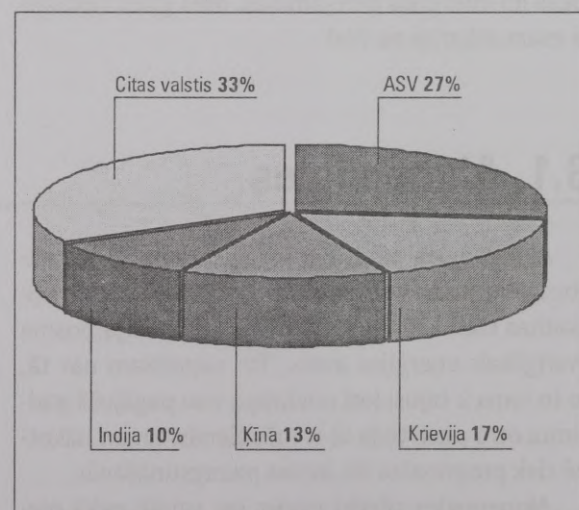
Ogles pēc to īpašībām klasificē atkarībā no izmantošanas veida, par rādītājiem ņemot mitrumu, gabalu lielumu, oglekļa daudzumu, kalorimetrisko vērtību, degtspēju, kā arī gāzu saturu, koksa veidošanas spējas un citas īpašības. Novērtējot ogļu pieejamību un starptautisko tirdzniecību, ir svarīgi ņemt vērā ne tikai ogļu resursu absolūto daudzumu, bet arī kvalitāti. Tā pasaulē no līdz šim zināmajiem resursiem augstas kvalitātes ogles

veido tikai 52%, bet antracīts – tikai nepilnu vienu procentu, un koksa ražošanai noderīgi nav vairāk kā 15% no zināmajiem ogļu resursiem (sk. 2. attēlu). Pārējās ogles ir noderīgas siltuma, tvaika un elektrības ražošanā.

### Ogļu resursi

Ogļu resursi tiek vērtēti pēc to iespējamības tikt izmantotiem, nodalot teritorijas pēc ogļu kvalitātes, ogļu slāņu saguluma apstākļiem (slāņu biezums, ieguluma dziļums no Zemes virsas, apūdeņotības pakāpe, iespējas nosusināt slāni u. c.), transporta infrastruktūras pieejamības un potenciāliem patēriņa tirgiem. Tātad blakus ģeoloģiskiem apstākļiem tiek vērtēti arī ekonomiskie nosacījumi, un tāpēc tikai daļa no dabā esošajām ogļu iegulām (ko sauc arī par ogļu baseiniem) tiek detalizēti pētītas, un tām ir ekonomiska vērtība ekonomiskā izteiksmē. Pārējās ogļu baseinu teritorijas tiek rezervētas potenciālai ieguvei nākotnē, vai tās tiek izmantotas citiem mērķiem, nerēķinoties ar ogleņiem kā resursu.

Zinātnieki ne reizi vien ir mēģinājuši noteikt, kāds ir Zemes dziļēs slēpto akmeņogļu daudzums. Pilnīgākie novērtējumi veikti 1996. gadā – ogļu resursi ir vērtējami kā  $1 \times 10^{15}$  kg jeb 1 triljons tonnu. 2006. gadā ASV Enerģētikas departaments pārskatīja šīs prognozes un kā enerģijas ieguvei piemērotus ogļu resursus novērtēja 1,081 triljona tonnu apjomā, kas pēc to enerģētiskās vērtības sasniedz 4789 miljardus barelu naftas.

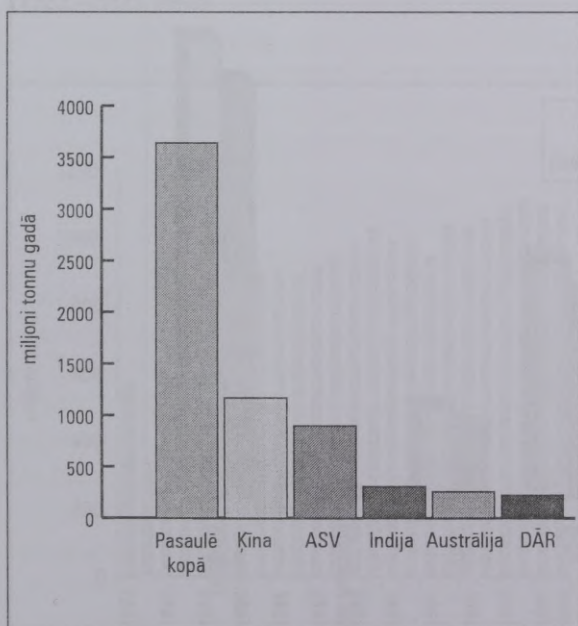


2. attēls. Pasaulē zināmo akmeņogļu krājumu koncentrācija

### Krājumi un revīzijas

Krājumi ir ekonomiska kategorija, tāpēc tos regulāri izvērtē. Ir vairāki ļoti pamatoti krājumi novērtējumi. Pat valstiskā līmenī krājumi un to pieejamība ekspluatācijai nereti tiek pārskatīti. Tas ir īpaši jutīgi attiecībā uz energoresursiem – neatkarīgi no ekonomiskajām vajadzībām un ģeoloģiskajiem apstākļiem var tikt pieņemti politiski lēmumi. Tā attiecībā uz ogļu krājumiem 2005. gadā Vācijas valdība pārskatīja esošos ogļu krājumus un noteica maksimālo ogļu ieguves dziļumu, kas bija atšķirīgs no iepriekš noteiktā minimālā ogļu slāņu biezuma to ieguvei, kā arī reģionus, kuros ogles nākotnē netiks iegūtas. Tādējādi Vācijas deklarētie izpētītie ogļu krājumi, kurus ekonomiski ir lietderīgi apgūt, samazinājās no 73 miljardiem tonnu līdz septiņiem miljardiem tonnu! Līdzīgi arī Lielbritānijā ir noteikts, ka atklātai ogļu ieguvei karjeros drīkst izmantot slāņus tikai līdz 20 metru dziļumam un tikai senos kalnrūpniecības rajonos.

Lai arī ogles nereti tiek uzskatītas par vispārīplatītu derīgo izrakteņi un tās ir sastopamas visos kontinentos komerciālos mērogos, tomēr 67% krājumu, kuru ieguve ir ekonomiski pamatota, ir koncentrēti tikai četrās lielvalstīs – ASV (27%), Krievijā (17%), Ķīnā (13%) un Indijā (10%). Šīs valstis kopš 2000. gada nodrošina 63–65% no ogļu ieguves pasaulē.



3. attēls. Augstas kvalitātes ogļu ieguve pasaulē (2005)

### Izpētītie krājumi un ekonomiski pamatota ieguve

Akmeņogles komerciāliem mērķiem aktīvi iegūst 50 valstīs, un ogļu kopējais iegūstamais apjoms pastāvīgi pieaug. Tā augstas kvalitātes ogļu ieguve pēdējos 25 gados ir pieaugusi par 50%, sasniedzot 3639 miljonus tonnu gadā, tajā skaitā Ķīnā – 1171 miljonu tonnu, ASV – 899 miljonus, Indijā – 310 miljonus, Austrālijā – 259 miljonus, Dienvidāfrikā – 225 miljonus tonnu gadā (sk. 3. attēlu).

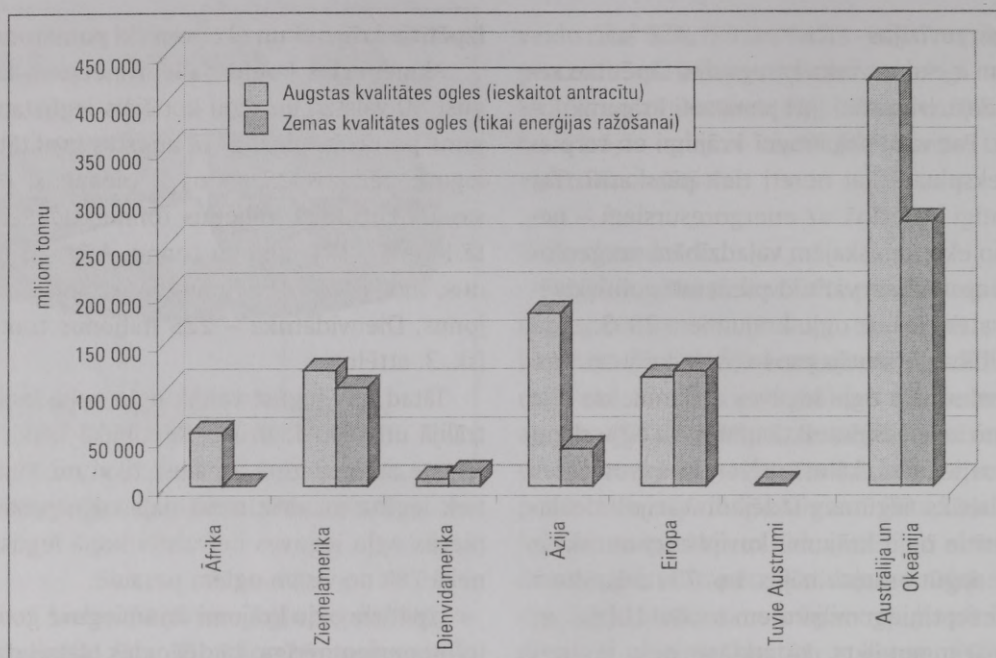
Tāpat ASV iegūst vairāk ogļu nekā Indijā, Austrālijā un Dienvidāfrikas Republikā kopā, un šeit ieguve apjoma ziņā atpaliek tikai no Ķīnas. Ķīnā tiek iegūta gandrīz trešā daļa ogļu pasaulē, bet piecās ogļu ieguves lielvalstīs kopā iegūst vairāk nekā 78% no visām oglēm pasaulē.

Izpētītie ogļu krājumi un to ieguve ģeogrāfiski ir ļoti nevienmērīga, kā dēļ ogles blakus dzelzs un alumīnija rūdām ietilpst komerciālo pārvadājumu pirmajā trijniekā un ir ļoti nozīmīgs pasaules tirgus globalizācijas dzinulis.

2005. gadā pasaulē izpētītie ogļu krājumi kopā bija 795 miljardi tonnu, bet, ņemot vērā to ļoti atšķirīgos izmantošanas veidus, atsevišķi ir novērtējami krājumi, izdalot divas pamata grupas – augstas kvalitātes ogles (ieskaitot antracītu) un zemas kvalitātes ogles (tikai enerģijas ražošanai). Ģeogrāfiski šie krājumi ir izvietoti ļoti nevienmērīgi (sk. 4. attēlu). Visbagātākā ar abu veidu oglēm ir Austrālija un Okeānija. Augstas kvalitātes ogļu krājumi lieli ir arī Āzijā (Indijā, Ķīnā) un Ziemeļamerikā (ASV), zemas kvalitātes ogļu krājumi – Eiropā (Krievijā, Ukrainā) un Ziemeļamerikā (ASV).

Ogļu ieguve un izmantošana (sk. 5. attēlu) pasaulē ir līdzīga iepriekš apskatītajam ogļu krājumu izvietojumam. Likumsakarīgi, ka šos ekonomiski un sociāli jutīgos resursus – enerģijas avotus – visvairāk iegūst tur, kur ir to lielākie zināmie krājumi. Šī tendence ogles atšķir, piemēram, no metālu rūdu ieguves. Attēlā ir atspoguļoti dati arī par ogļu izmantošanu. Starpība starp izmantošanu un iegūvi norāda galvenās ogļu eksporta un importa plūsmas starp dažādiem pasaules reģioniem.

Detalizētāki dati par ogļu iegūvi un izmantošanu liecina, ka 2000.–2003. gadā pasaulē tika likvidēti iepriekšējo gadu uzkrājumi. To atjaunošanai vajadzēja sākties jau 2004. gadā, kas tomēr nenotika, un, atjaunojot ogļu uzkrājumus 2005. gadā, tas izraisīja papildus cenas celšanos ne tikai

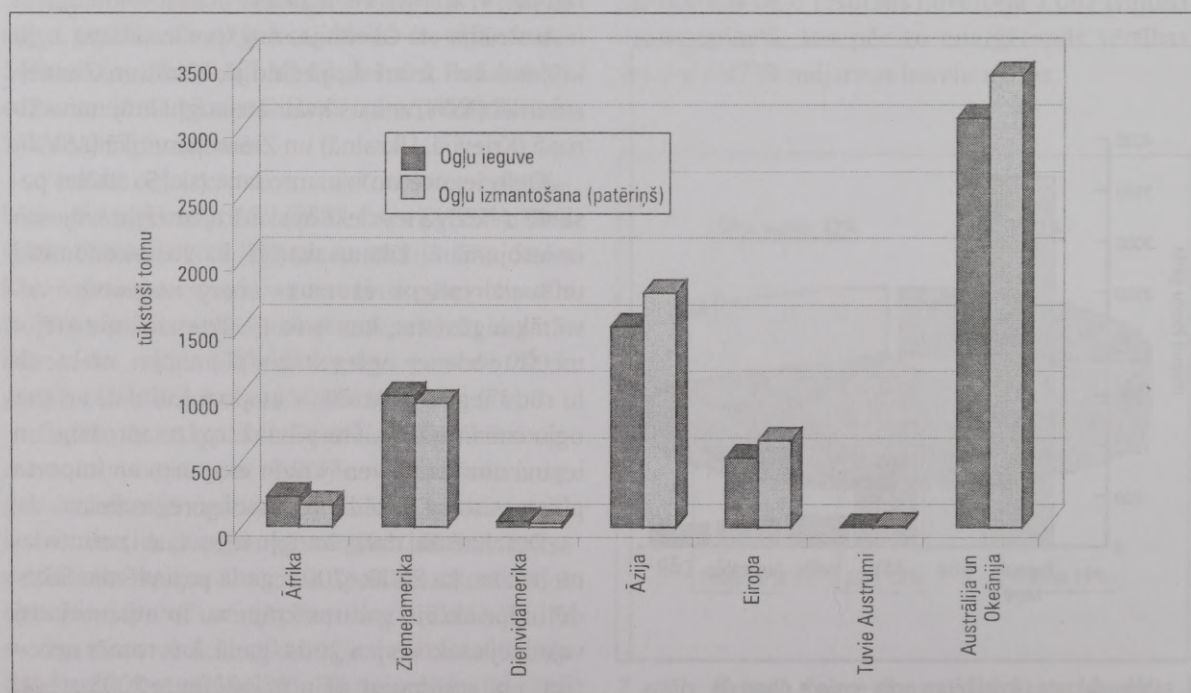


4. attēls. Apstiprinātie ogļu krājumi pasaulē, kuru ieguve ir ekonomiski pamatota (bez brūnoglēm un lignīta)

ogļēm, bet arī degvielai, jo kalnrūpniecība ir viens no lielākajiem tās patērētājiem.

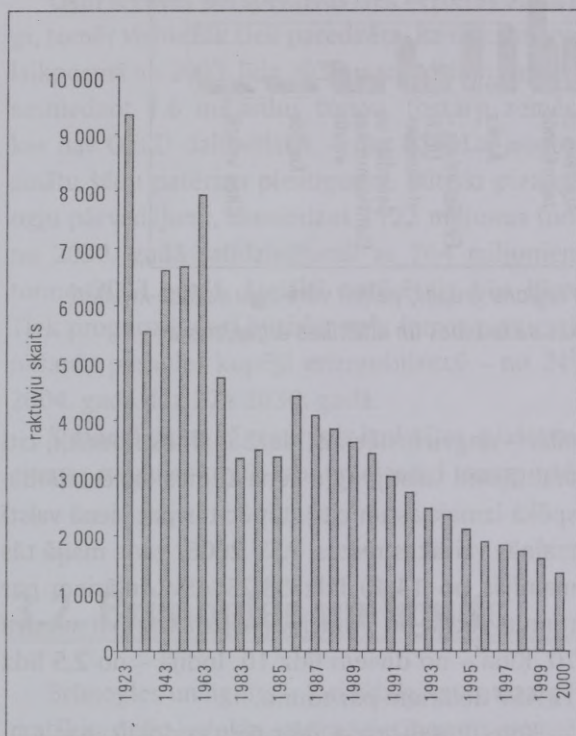
Mūsdienās ogļu ieguves industrija ļoti būtiski atšķiras no kinofilmās redzētiem kadriem, kuros šaurās šahtās ogļu racēji paši gluži melni sasniedz jaunus un jaunus ieguves rekordus un tamlīdzīgi.

Taisnības labad gan jāsaka: šādu šahtu joprojām ļoti daudz ir Ķīnā, arī Ukrainas dienvidos, tomēr tādā veidā tiek iegūts ļoti maznozīmīgs akmeņogļu daudzums (mazāk par 0,2% no kopējās ieguves). Uzskatāmi par darba intensifikāciju liecina akmeņogļu ieguves statistika ASV (sk. 6. attēlu).

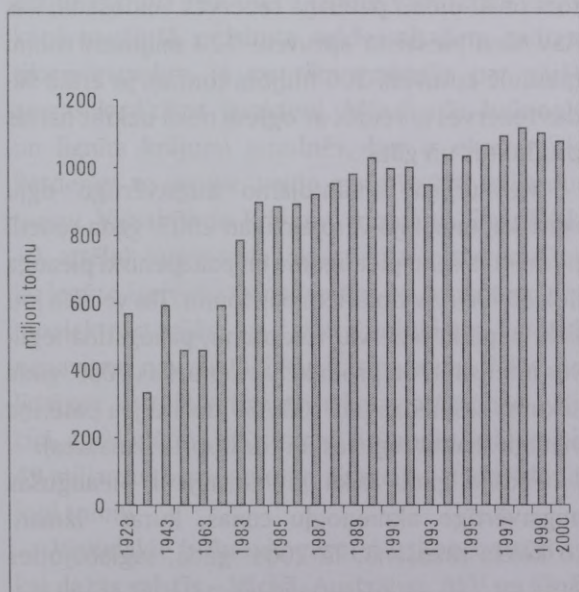


5. attēls. Akmeņogļu ieguve (bez brūnoglēm un lignīta)

Tātad raktuvju skaits ASV pagājušajā gadsimtā ir bijis ļoti dinamisks lielums, un kopš gadsimta sākuma, kad kopējais raktuvju skaits sasniedza gandrīz 10 000, tas gadsimta nogalē ir samazinājies aptuveni par 1300, tas ir, gandrīz 7,7 reizes. Grafikā redzami vairāki raktuvju skaita samazi-



6. attēls. Akmeņogļu raktuvju skaits ASV (1923.–2000. gads)

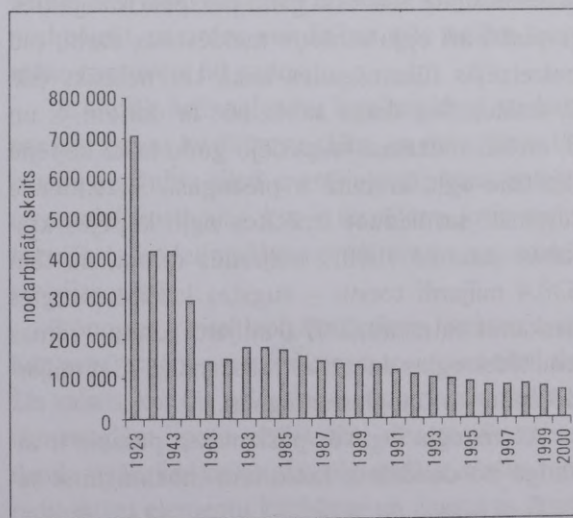


7. attēls. Kopējais saražoto ogļu daudzums ASV

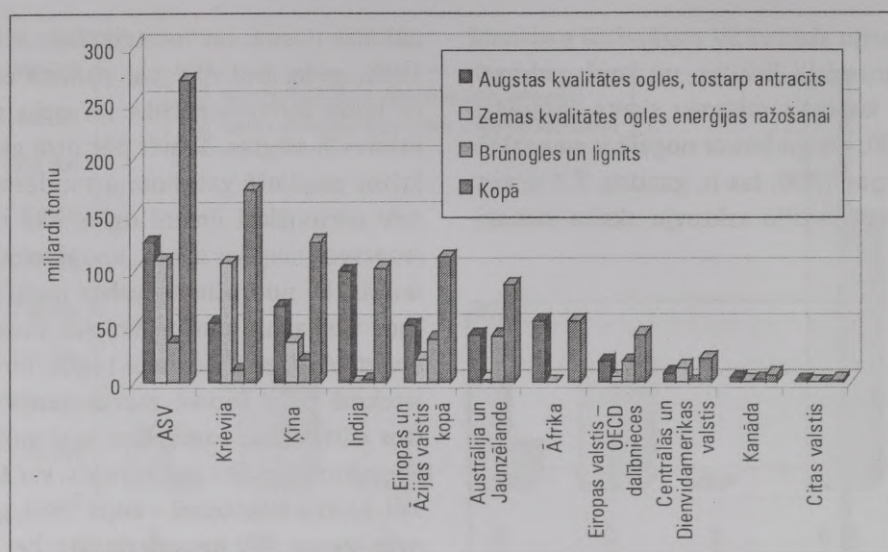
nāšanās posmi, un vizizteiktākās ir izmaiņas pēc 1965. gada, kad ASV par pamata enerģijas avotu kļuva atomenerģētika un ogļu raktuves tika masveidā slēgtas. Tomēr pēc otrā globālās naftas krīzes pagājušajā gadsimta astoņdesmitajos gados ASV nacionālajā līmenī ogles tika noteiktas par rezerves enerģijas avotu, un raktuvju skaits palielinājās, lai nodrošinātu valsts pasūtījumu izpildi. Taču vienlaikus starptautiskajai tirdzniecībai tika atvērts ASV iekšējais ogļu tirgus, un konkurences ietekmē ogļu ieguve mazāk rentablās atradnēs tika pārtraukta, uzņēmumi apvienojās, un kopējais raktuvju skaits samazinājās. Var šķist paradoksāli, ka šajā laikposmā – kopš 1983. gada – kopējā ogļu ieguve ASV nesamazinājās, bet pat nedaudz pieauga (sk. 7. attēlu).

Tāpēc ir svarīgi salīdzināt raktuvju skaitu (sk. 6. attēlu) ar ieguves apjoma izmaiņām (sk. 7. attēlu) un nozarē strādājošo skaitu (sk. 8. attēlu), kas skaidri norāda vispirms uz ļoti lielo nodarbināto skaitu, kā arī ražošanas koncentrācijas un ieguves palielināšanos darba ražības (produktivitātes) pieauguma dēļ.

Nodarbināto skaits visvairāk samazinājās pagājušajā gadsimta divdesmitajos gados, kad slēdza ļoti daudz mazo ogļu raktuvju. Šajā laikā ASV praktiski tika pārtraukta ogļu ieguve šahtās. Otrs kritums atspoguļo posmu pēc Otrā pasaules kara, kad ogļu raktuves līdztekus mežizstrādei ir svarīgākie tautsaimniecības sektori, kuros tika nodarbināti no dienesta armijā atvaļinātie kareivji. Ogļu raktuvēm šajā laikā bija ļoti svarīga sociālā funkcija. Nākamo



8. attēls. Ogļu raktuvēs nodarbināto strādnieku skaits ASV



9. attēls. Nodrošinājums ar ogļu krājumiem dažādās valstu un reģionu grupās, ņemot vērā ogļu dažādo kvalitāti, miljardos tonnu (2006. gada nogales dati). OECD – Ekonomiskās sadarbības un attīstības organizācija

kritumu iezīmē atomenerģētikas attīstība, tai seko neliels kāpums pēc otrās naftas krīzes, un turpmāk vērojama pakāpeniska nodarbināto skaita samazināšanās, arvien pieaugot darba ražībai. Viens nodarbinātais ASV ogļrūpniecībā saražo vairāk ogļu nekā 18 nodarbinātie Ķīnā vai 13 nodarbinātie Ukrainā un divi nodarbinātie Austrālijā.

Ogļu krājumu pietiekamība tautsaimniecības attīstībai, esot pašreizējiem to izmantošanas tempiem, ir nodrošināta aptuveni 180–300 gadu (atkarībā no iedzīvotāju skaita pieauguma scenārijiem), ja netiek turpināta jaunu atradņu izpēte un meklēšana. Ja tiek turpināta izpēte jau zināmajos ogļu resursu laukos, tad šis nodrošinājums palielinās līdz 500–600 gadu perspektīvai. Ja tiek turpināti arī ogļu atradņu meklēšanas darbi, tad pašreizējās tūkstošgades laikā tās neizsīks (sk. 9. attēlu). Šos datus salīdzinot ar datiem 4. un 5. attēlā, redzams, ka pēdējo gadu laikā kopējie izpētītie ogļu krājumi ir pieauguši. Šī tendence turpinās, sasniedzot izpētītos ogļu kopējos krājumus pasaulē 1000,9 miljardus tonnu, no tām 530,4 miljardi tonnu – augstas kvalitātes ogles (ieskaitot antracītu), 297,0 miljardi tonnu – zemas kvalitātes ogles enerģijas ražošanai, 173,4 miljardi tonnu – brūnogles un lignīts.

Akmeņogļu ieguves pašizmaksa pasaulē ir atkarīga no daudziem faktoriem (nozīmīguma se-

cībā – degvielas cenas, dažādi vides nodokļi, citi maksājumi valstij, ogļu cena Zemes dzīlēs, darbaspēka izmaksas un citi), tāpēc tās pat vienā valstī mainās vairākas reizes. ASV 2006. gada maijā tās mainījās no 14,40 līdz 58,25 ASV dolāriem par tonnu, Vācijā un Francijā pašizmaksa pārsniedza 70, Ķīnā – no diviem līdz 10, Indijā – no 2,5 līdz 12 ASV dolāriem par tonnu.

Kopš 2006. gada februāra nodoklis par CO<sub>2</sub> emisijām tika paaugstināts līdz 26 ASV dolāriem par tonnu emisijām no oglēm, kā dēļ ogļu cena gandrīz dubultojās. Otrs cenu ietekmējošais faktors ir 40 dienu patēriņa rezerves veidošana, kas ASV vien piesaista aptuveni 120 miljonus tonnu (pasaulē aptuveni 300 miljoni tonnu), jo ērtāk šādas rezerves ir veidot ar oglēm nekā uzkrāt naftas produktus un gāzi<sup>1</sup>.

Metalurģijā izmantojamo augstvērtīgo ogļu cenu kāpums bija vērojams jau 2005. gada rudenī pēc naftas cenu pieauguma un pakāpeniski pieauga līdz 80–90 ASV dolāriem par tonnu. Tas veicina ļoti lielu papildu rezervju veidošanu, paaugstina ieguves intensitāti un produkcijas cenu, kas 2006. gada sākumā sasniedza pat 100 ASV dolāru jau patēriņa vietā (ieskaitot ieguves un transporta izmaksas).

Pēdējo gadu laikā ļoti strauji ir pieaugušas augstvērtīgo akmeņogļu cenas, kuras izmanto koksa ražošanā. Tā 2004. gadā, saglabājoties

<sup>1</sup> Skatīt <http://www.eia.doe.gov/fuelcoal.html>

stabilam koksējamo ogļu ieguves apjomam (piemēram, ASV – 93–95 miljoni tonnu mēnesī), cenas no iepriekš ļoti stabilām – 40–50 ASV dolāru par tonnu – turpināja pieaugt vidēji par 1,5–2% mēnesī, 2006. gada vidū sasniedzot 93–95 ASV dolārus par tonnu. Par šādu cenu to vairumā iepērk lielle metalurģijas uzņēmumi ASV un Ķīnā.

Ogļu ieguves perspektīvas tiek vērtētas atšķirīgi, tomēr visbiežāk tiek paredzēts, ka ogļu ieguve laikposmā no 2003. līdz 2030. gadam dubultosies, sasniedzot 1,6 miljardus tonnu, tostarp zemēs, kas nav OECD dalībvalstis, – par 81%. Lai nodrošinātu šādu patēriņa pieaugumu, būtiski pieaugs ogļu pārvaldājumi, sasniedzot 1122 miljonus tonnu 2030. gadā salīdzinājumā ar 764 miljoniem tonnu 2003. gadā. Lielākā patērētāja būs Ķīna. Tiek prognozēta arī būtiska ogļu lomas paaugstināšanās pasaules kopējā energobalancē – no 24% 2004. gadā līdz 27% 2030. gadā.

Kopumā ogles kā resurss ir izplatītas, plaši pieejamas pasaules tirgū, labi un elastīgi transportē-

jamas un uzkrājamas. To priekšrocība ir iespējas tās sadedzināt kopā ar biomasu un citiem cietā kurināmā veidiem, samazinot ietekmi uz vidi un paplašinot atjaunojamo resursu izmantošanu.

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ogļu ieguve un skaidrojumi  
<http://www.infomine.com/commodities/coal.asp>
- ✓ Energoresursu novērtējums  
<http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/reports/ser/coal/coal.asp>
- ✓ Ogļu krājumi un resursi  
<http://www.mineralsuk.com/britmin/mp1coalnov05.pdf>
- ✓ Ogļu patēriņa statistika ASV  
[http://www.dtistats.net/energystats/dukes2\\_1-2\\_3.xls](http://www.dtistats.net/energystats/dukes2_1-2_3.xls)
- ✓ Minerālu ieguve Eiropā  
<http://www.mineralsuk.com/britmin/ems2000-2004.pdf>
- ✓ Cenas  
<http://www.eia.doe.gov/emeu/international/coalprice.html> <http://www.eia.doe.gov/emeu/international/stmforelec.html>

## 3.2. Brūnogles un lignīts

Brūnogles un lignīts ir ļoti līdzīgi un savstarpēji atšķiras pēc oglekļa satura, cietības un enerģētiskās vērtības. Dabā šie abi ieži gandrīz vienmēr ir sastopami kopā, un, pat aprēķinot krājumus, tie netiek nodalīti. Līdzšinēji apzinātie un izpētītie krājumi ir ļoti lieli, un to izpēte vairākumā valstu kopš pagājušā gadsimta sešdesmitajiem gadiem tika pārtraukta, jo tas tika uzskatīts par pārāk zemas kvalitātes izrakteni. Mūsdienās brūnogļu un lignīta krājumi atradnēs, kur ir ekonomiski lietderīga to ieguve, veido gandrīz 190 miljardus tonnu. Visvairāk šo krājumu ir zināms Eiropā (sk. 10. attēlu), kur ir vislabāk attīstīta infrastruktūra, lai iegūto izejvielu transportētu un izmantotu termoelektrostacijās, kaut gan ģeoloģiskie apstākļi nepavisam nav sliktāki kā citās pasaules daļās. Arī līdzīgos apstākļos Eiropā ir lielas atšķirības – Vācijā aprēķinātie iegūstamie brūnogļu krājumi ir 49 miljardu tonnu apjomā, Francijā – tikai 14 miljoni tonnu.

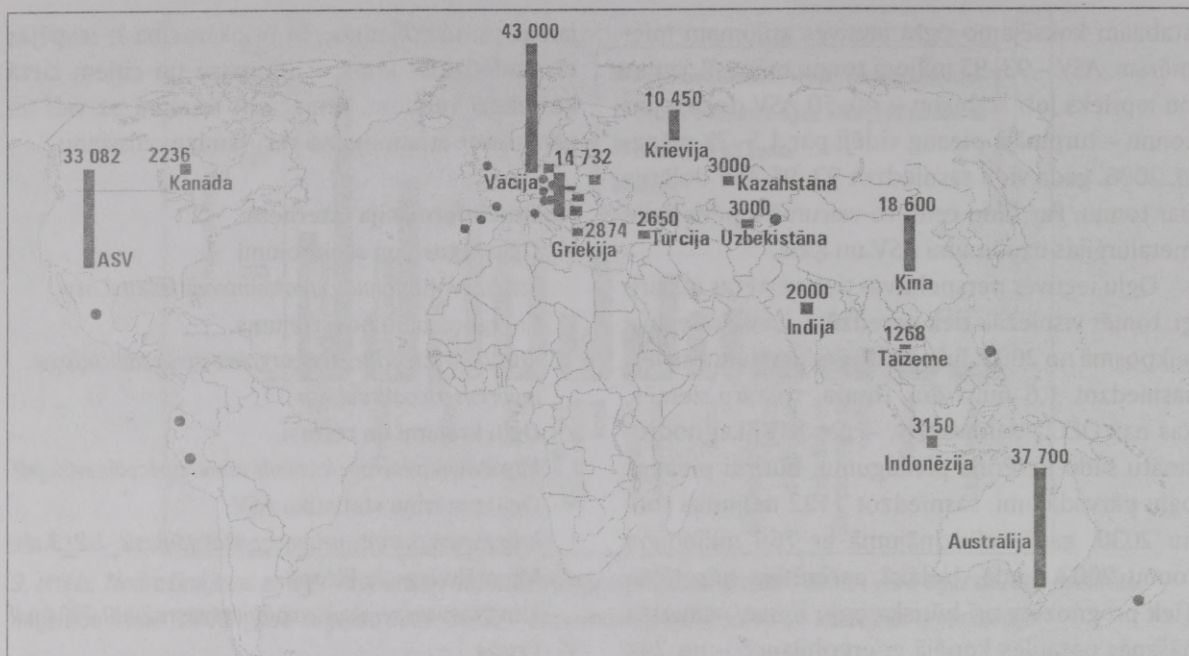
Vislielākie brūnogļu resursi ir koncentrēti tikai dažās valstīs – Vācijā, Austrālijā, ASV un Ķīnā, arī attiecībā uz kontinentiem (sk. 11. attēlu) si-

tuācija atšķiras tikai nedaudz, jo pārējās valstīs zināmie brūnogļu krājumi ir visai maznozīmīgi globālā mērogā.

Interesanti, ka, salīdzinot kopējos zināmos brūnogļu resursus pasaulē (189,09 miljardi tonnu) ar zināmajiem ogļu krājumiem, tie aptuveni atbilst augstas kvalitātes ogļu krājumiem Āzijā, bet daudzuma ziņā zināmie brūnogļu krājumi spētu nodrošināt pasaules vajadzības pēc ogļēm turpmākos aptuveni 60 gadus.

Visbiežāk brūnogles un lignītus kopā uzskata par ļoti zemas kvalitātes ogļēm, un mūsdienās tās izmanto gandrīz tikai enerģijas ražošanai lielajās termoelektrostacijās, kur ir iespējams ļoti precīzi regulēt to sadedzināšanas režīmu un samazināt emisijas gaisā.

Brūnogles ir visai izplatīts derīgais izraktenis, un līdz pat Otrajam pasaules karam to ieguva tikai dažās valstīs, kur tās spēja konkurēt ar kvalitatīvākām akmeņogļēm. Īpaša vērtība tām tika pievērsta nedaudz vēlāk, kad brūnoglēs tika atklāta vairāku retu radioaktīvu elementu klātbūtne un augsta to (īpaši rādija un torija) koncentrācija, vēlāk – arī rūpniec-

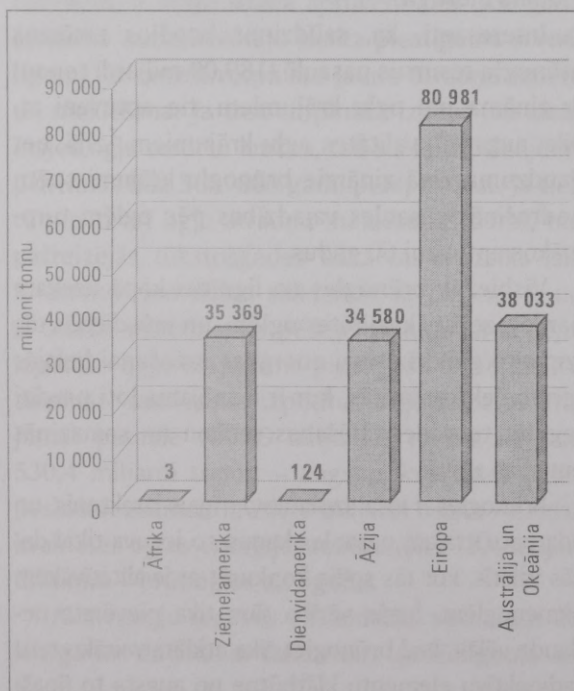


10. attēls. Apzinātie brūnogļu resursi pasaulē (2005), miljonos tonnu

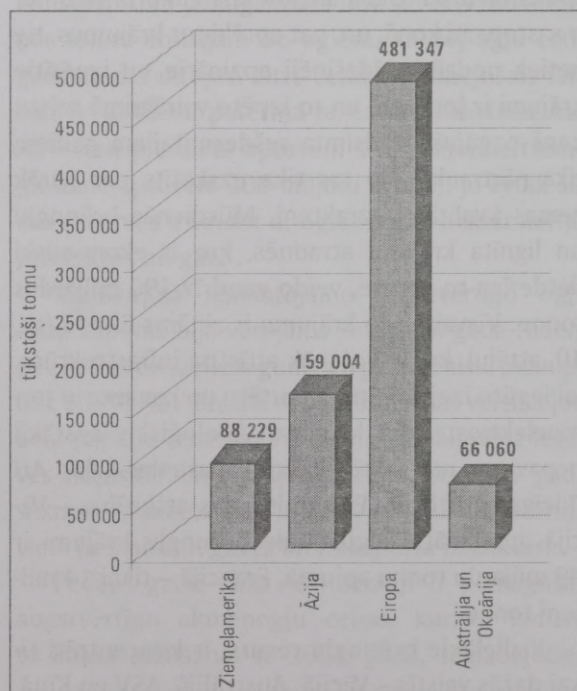
ka hafnija, tallija un bismuta koncentrācija. Tomēr jo-  
projām tas ir svarīgs enerģijas avots (sk. 12. attēlu).

Brūnogles pasaulē visvairāk iegūst Eiropā un  
Āzijā, daudz mazāk – Austrālijā, ļoti maz – Zie-  
meļamerikā, bet Dienvidamerikā un Āfrikā to rūp-  
nieciska ieguve nenotiek.

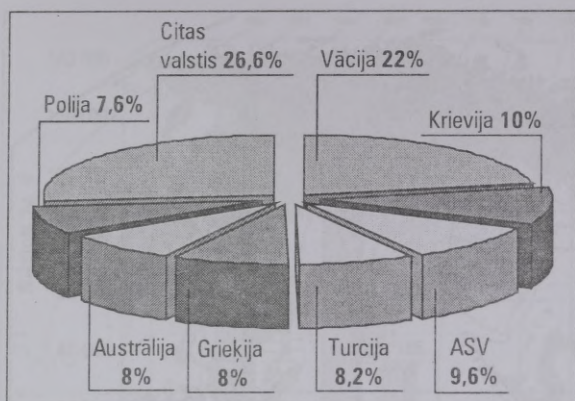
Valstu skatījumā brūnogļu ieguve tiek summēta  
ar lignīta ieguvi (šāda vēsturiskā ieguves dalījuma  
prakse ir tikai Apvienotajā Karalistē un bijušajās  
tās kolonijās). Brūnogļu un lignīta ieguvē pasaulē  
jau ilgi dominē Vācija (22% no ieguves pasaulē),  
Krievija (10%), ASV (9,6%), Turcija (8,2%), Grieķija



11. attēls. Apzinātie brūnogļu resursi pasaulē (2005)



12. attēls. Brūnogļu ieguve pasaulē



13. attēls. Brūnoglū un lignīta ieguve pasaulē (2006)

(8%), Austrālija (8%) un Polija (7,6%; sk. 13. attēlu). Paredzams, ka nākotnē brūnoglū ieguve pieaugs Krievijā un Austrālijā.

Brūnoglū nav lēts enerģijas avots, un to cena ir atkarīga no vietējiem apstākļiem (nodokļi, transportēšanas attālums, patērētāju pieejamība

utt.). Tas tiek uzskatīts par vietējo un reģionāla mēroga kurināmo enerģijas ražošanai, tāpēc arī cenu līmenis ir reģionam specifisks. Viena tonna brūnoglū (arī lignīta) 2005.–2006. gadā maksāja vidēji 25–40 ASV dolārus.

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ģeoloģiskā informācija  
<http://www.sdas.cz/showdoc.do?docid=742>,  
<http://www.uni-tuebingen.de/geo/gpi/ag-luterbacher/mitarbeiter/Ligujs/seiten/research.html>
- ✓ Statistikas informācija  
<http://www.mineralsuk.com/britmin/ems2000-2004.pdf>
- ✓ Tirdzniecības informācija  
<http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/reports/coal/intro/intro.asp>
- ✓ Skolām  
[http://www.powernaturally.org/Programs/pdfs\\_docs/37\\_Fossil\\_Fuels\\_PartIII.doc](http://www.powernaturally.org/Programs/pdfs_docs/37_Fossil_Fuels_PartIII.doc)  
<http://www.worldenergybook.com/>

### 3.3. Kūdra

Kūdra ir melns, brūns vai dzeltenīgi brūns nogulumiežis, kas sausā veidā satur vairāk nekā 50% organisku vielu. To veido vairāk vai mazāk sadalījušās, palielināta mitruma apstākļos uzkrājušās augu atliekas. Kūdra veidojas lēni, un tiek pieņemts, ka tūkstoš gados izveidojas aptuveni vienu metru biezs kūdras slānis. Kūdras veidojošo augu botāniskais sastāvs, pašas kūdras veidošanās apstākļi un kūdras sadalīšanās pakāpe nosaka tās ķīmisko sastāvu, fizikālās īpašības un struktūru.

Kūdras klasificē pēc vairākām pazīmēm. Pēc kūdras sadalīšanās pakāpes izšķir maz sadalījušos (sadalīšanās pakāpe < 20%), vidēji sadalījušos (20–35%) un labi sadalījušos (> 35%) kūdras. Kūdras klasificē arī pēc kūdras veidojošajiem augiem, tas ir, pēc botāniskā sastāva, un izšķir vairāk nekā 40 veidu kūdras. Tomēr visplašāk tiek lietota klasifikācija pēc kūdras veidošanās apstākļiem.

Ziemeļvalstīs izplatīti ir divi galvenie purvu veidošanās veidi – pārpurvojoties sauszemei un

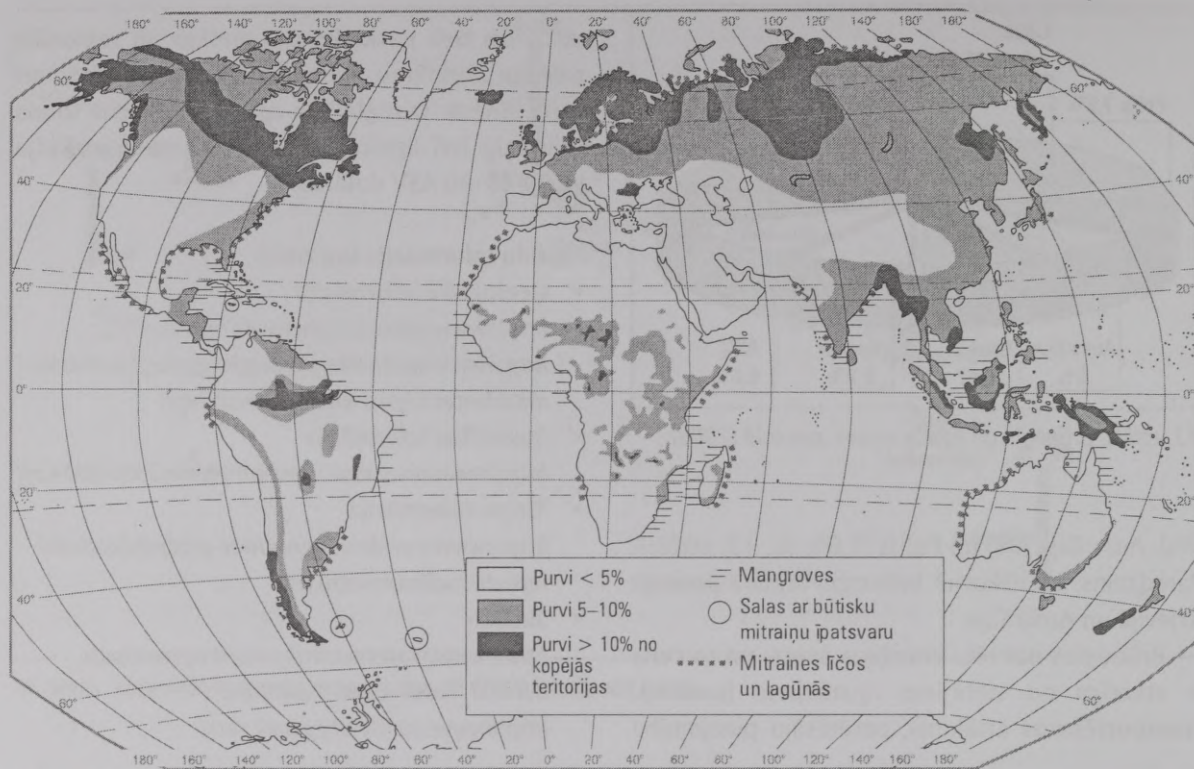
aizaugot ūdenstilpēm. Purvus iedala zemajos jeb zāļu purvos, augstajos jeb sūnu purvos un pārejas purvos.

Zemie purvi parasti ir upju ielejās, avotu iztekās vai ezeru malās, tas ir, reljefa pazeminājumos, kuros satek ūdens arī no apkārtnes. Tomēr visvairāk ūdens un barības vielu šeit augi saņem no sekli iegulošiem pazemes ūdeņiem. Zemajos purvos parasti aug dažādi grīšļi, tāpēc zemos purvus sauc arī par zāļu purviem.

Augstie purvi parasti ir veidojušies no zāļu un pārejas purviem. Šeit ir bagātīgi augu barošanās apstākļi, bet lielā mitruma dēļ augu atlieku sadalīšanās ir lēna, tāpēc uzkrājas kūdra. Sūnu purva augu sega ūdeni un minerālvielas saņem tikai no nokrišņiem. Mitrā klimatā sfagni strauji aug, un visa purva virsma paceļas pār apkārtni, tāpēc dažreiz sūnu purva virsma atgādina kupolu vai lēcu, vienam purvam var būt vairāki šādi kupoli. Pārejas purvi ir pārejas stadija no zāļu purva uz sūnu purvu<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Znotiņa, V. Purvi. <http://latvijas.daba.lv/biotopi/purvi.shtml#v191>

Nomals, P. *Latvijas purvi*. Latvijas zeme, daba un tauta. II. Latvijas daba. Rīga: Valtera un Rapas akciju sabiedrības apgāds, 1936. 259.–320. lpp.



14. attēls. Kūdras resursu izplatība

Citās dabas zonās kūdras veidošanās ir atšķirīga, tomēr tajās veidojas salīdzinoši zemākas vērtības zemā tipa kūdra. Kūdra ir atjaunojams resurss, un tas veidojas arī mūsdienās pārmitrās vietās un purvos.

Kūdra tika izmantota jau vēlajā akmens laikmetā, un kopš tā laika tās nozīme kā kurināmajam un vēlāk arī kā vērtīgai rūpniecības izejvielai ir pieaugusi. Kūdras ieguve un meklēšana sākās līdz ar manufaktūru attīstību. Interese par kūdru samazinājās 19. gadsimta otrajā pusē. Tās nozīme (kā kurināmā avotam) strauji pieauga Pirmā pasaules kara laikā un vēlāk (valsts garantētas darba vietas tautsaimniecības atjaunošanas posmā).

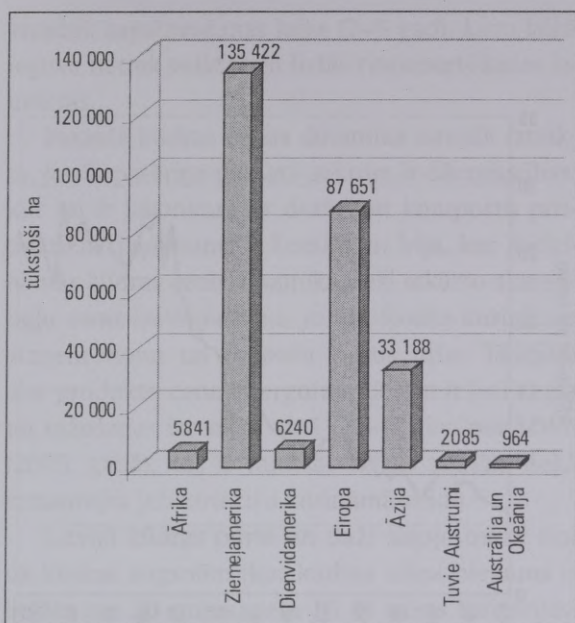
Pēc Otrā pasaules kara būtiski palielinājās kūdras kā enerģijas avota loma, īpaši Eiropā, un to sekmēja nacionālās programmas Īrijā, Zviedrijā, Vācijā, Dānijā, Somijā, arī bijušajā Padomju Savienībā. Tomēr jau pagājušā gadsimta sešdesmito gadu sākumā kūdra kā enerģijas avots savu lomu zaudēja, izņemot Padomju Savienību (arī lauku uzlabošanai, kā pakaišu kūdra) un Īriju. Arī Somija kopš 1971. gada realizē plašu kūdras ieguves programmu, vienlaikus attīstot mežsaimniecību. Izvērsti kūdras resursu novērtējumi tika veikti arī citās Eiropas Sa-

vienības valstīs, ASV un Kanādā. Izņemot Somiju, nevienā citā valstī šie resursi netiek atzīti par pietiekami kvalitatīviem un ekonomiski pamatotiem salīdzinājumā ar zemas kvalitātes oglēm. Kanādas pētījumi tika papildināti ar izmantošanas dažādošanas programmu, un jau divdesmit gadus Kanāda ir vadošā valsts pasaulē horikultūras kūdras produktu ražošanā un eksportā.

Kopš pagājušā gadsimta sešdesmitajiem gadiem ir bijuši vairāki mēģinājumi rūpnieciskos mērogos izmantot kūdru, lai iegūtu enerģiju (Centrālāfrikā un Dienvidaustrumāzijā). Kūdras izmantošana šādiem nolūkiem sekmīga bija tikai Indonēzijā un Malaizijā gadsimta pašā nogalē, bet bez īpašas valsts un ārvalstu palīdzības šādas ražotnes nebija konkurētspējīgas un tika slēgtas.

Kūdras resursi pasaulē ir izplatīti nevienādi (sk. 14. attēlu), tos atzīst par piemērotiem izmantošanai, nosakot kūdras slāni, ja tas dabiskā vidē ir biežāks par 30 centimetriem. Kūdras aizņemtās platības pasaulē sasniedz 271,391 miljonu hektāru, un tā starp pasaules dažādiem reģioniem sadalās nevienādi (sk. 15. attēlu).

Visvairāk kūdras resursu ir Ziemeļamerikā, gandrīz divas reizes mazāk to ir Eiropā, seko



15. attēls. Kūdras purvu teritoriju izvietojums pasaulē

kūdrāju aizņemtās platības Āzijā, bet vismazāk (nevērtējot Antarktīdu) šādu platību ir Austrālijā un Okeānijā.

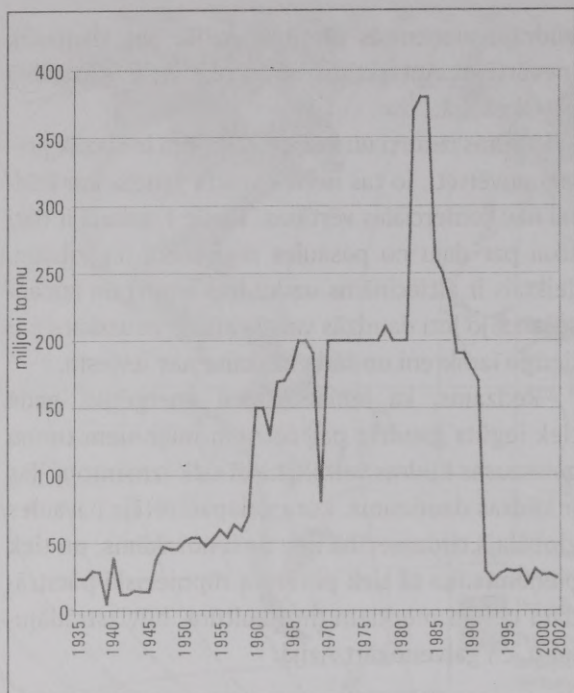
Kūdras resursi un krājumi līdz šim ir mazāk precīzi novērtēti, jo tas netiek veikts valstīs, kur kūdrai nav komerciālas vērtības. Tāpēc 1. tabulā ir dati tikai par daļu no pasaules reģioniem un valstīm. Teiktais ir attiecināms uz kūdras ieguvu un izmantošanu, jo ļoti daudzās valstīs kūdras neuzskata par derīgo izrakteni un šāda uzskaitē nav ieviesta.

Redzams, ka izmantošanai enerģētikā gadā tiek iegūts gandrīz par četriem miljoniem tonnu gaissausas kūdras vairāk, nekā tiek izmantots. Tas ir kūdras daudzums, kura galapatērētājs pasaules globālajā tirdzniecībā nav tieši nosakāms, un tiek pieņemts, ka tā tiek patērēta rūpnieciski pārstrādāta citiem mērķiem (horikultūra, būvuzstrādājumi u. c.) galvenokārt Āzijā.

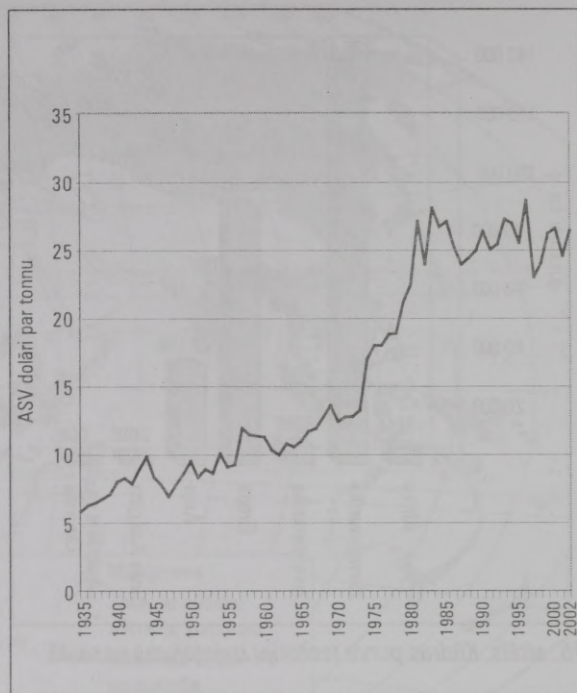
1. tabula. Novērtētie kūdras resursi pasaulē (2000), gaissausa kūdra<sup>1</sup>

Reģions	Izpētītie un akceptētie krājumi, milj. t	Krājumi, kuru ieguve ir ekonomiski pamatota, milj. t	Nepietiekami izpētīti un novērtēti resursi, milj. t	Resursi, kuru izmantošana pagaidām nav iespējama, milj. t	Izmantošana enerģijas ražošanai	
					Kūdras ieguve gadā, tūkst. t	Kūdras patēriņš gadā, tūkst. t
<b>Āfrika</b>	<b>17</b>				<b>12</b>	<b>12</b>
<b>Ziemeļamerika</b>	<b>7492</b>	<b>15</b>	<b>440 508</b>			
Tajā skaitā ASV	6400	15	103 600			
Kanāda	1092		336 908			
<b>Dienvidamerika</b>	<b>90</b>	<b>80</b>	<b>50</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>
<b>Āzija</b>	<b>53</b>					
<b>Eiropa</b>					<b>20 105</b>	<b>16 288</b>
Tajā skaitā Igaunija	2370	1520			575	345
Īrija	138	98	140	120	2927	2232
Krievija					3220	2847
Latvija	473	190	324	194	383	139
Nīderlande		120				
Polija	40		5400			
Rumānija	25	13	10	10	11	11
Somija	850	420	2200	1 000	7927	6849
Ungārija	28	24	159	121		
Vācija	157	36			20	8
Zviedrija	700	70			1117	1100

<sup>1</sup> Detalizētāki dati pieejami <http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/reports/ser/peat/peat.asp>



16. attēls. Kūdras ieguves apjoma izmaiņas pagājušajā gadsimtā pasaulē (izņemot Āfriku), gaissausa kūdra



17. attēls. Gaissausas kūdras cenas izmaiņas pagājušajā gadsimtā

Kūdras ieguve pasaulē pagājušajā gadsimtā ir būtiski mainījies – no nepilniem 15 miljoniem tonnu gadā pēc Pirmā pasaules kara līdz 31 miljoniem tonnu trīsdesmitajos gados. Straujš kāpums bija pagājušā gadsimta piecdesmito gadu beigās, attīstoties lauksaimniecībai, un pēc 1974. gada, tūlīt pēc pirmās naftas krīzes (sk. 16. attēlu).

Pēdējais kāpums – 370 miljoni tonnu gaissausas kūdras gadā – bija ieguves absolūtais maksimums, un tik augsts tas saglabājās nepilnus desmit gadus. Tad kūdras iegūt kļuva ekonomiski neizdevīgi, jo daudz vieglāk un lētāk ir pieejami naftas produkti, kopš astoņdesmitajiem gadiem – arī dabasgāze. Šajā laikā palielinājās sabiedrības interese par dabas aizsardzību, kā dēļ ne tikai samazinājās kūdras ieguve un dabas aizsargājamo platību skaits purvos, bet arī daudzās valstīs termocentrālēm tika noteikti tik augsti izmešu normatīvi, ka kūdras izmantošana šādiem mērķiem praktiski bija jāpārtrauc. Līdz ar to kopš pagājušā gadsimta deviņdesmito gadu vidus kūdras ieguve pasaulē tikai nedaudz pārsniedz daudzumu, kāds bija gadsimta sākumā.

Mūsdienās kūdra visvairāk tiek izmantota dārzniecībā, apstādījumu un meža stādu ieaudzēšanai. Kūdra tiek iegūta komerciāliem mērķiem vi-

sos kontinentos, izņemot Antarktīdu, un vairāk nekā 95% no kopapjoma iegūst ap 800 kompāniju, kas saražo aptuveni 55 miljonus tonnu gaissausas kūdras gadā. Eiropā visvairāk kūdras iegūst Somijā (35% no iegūtā daudzuma Eiropā), Īrijā (22%), Krievijā (17%), Baltkrievijā, Zviedrijā un Igaunijā.

Kūdras cena nav augsta, un tā pēdējos gados ir paaugstinājusies (sk. 17. attēlu), palielinoties ražošanas izmaksām, kurās dominē degviela (5–7 litri degvielas uz vienu tonnu kūdras).

Latvijā vēl pirms 4–5 gadiem tonna gaissausas kūdras maksāja 9–10 latus, tonna gabalkūdras – aptuveni 12 latu, briketēs – aptuveni 15 latu tonnā (malkas cena bija 3–8 Ls/m<sup>3</sup>). Mūsdienās (2007. gada augustā) cenas ir būtiski mainījušās, un malkas cena ir pieaugusi aptuveni trīs reizes. Gandrīz proporcionāli ir mainījusies kūdras cena vietējā tirgū, un patlaban Latvijā tā ir līdzīga vai pat augstāka nekā ASV un Kanādā (aptuveni 60 ASV dolāru par tonnu sūnu kūdras un 20 ASV dolāru par tonnu zāļu kūdras).

Kūdras ieguves pašizmaksa ir zema, un Ziemeļeiropā tā vidēji nepārsniedz 25–30% no kūdras realizācijas cenas, bet papildu izmaksas veido kūdras ieguves sezonālais raksturs (kūdras iegūst ne vairāk kā 5–6 mēnešus gadā), kā arī ļoti ilga

atradņu sagatavošanas laiks (2–5 gadi, kuru laikā ieguve netiek veikta) un lielās transportēšanas izmaksas.

Pasaulē kūdras cenas dinamika nav tik izteikta, jo tās patēriņa pamata sektors ir dārzniecības, kur tai ir jākonkurē ar dotētiem kompostu produktiem. Izņēmums ir Somija un Īrija, kur dedzīnāmās kūdras cenu dinamika tieši atkārto akmeņogļu cenu izmaiņu līkni, jo abi fosīlie kurināmie aizņem vienu un to pašu tirgus nišu. Tādējādi abu produktu cena energoražotājiem ir ļoti zema un ražošanas izmaksu ziņā ir 5–7 eiro par MWh (2005. gadā), kas ir vairākas reizes zemāk, nekā izmantojot jebkuru citu kurināmā veidu.

Latvijā kūdras purvi un daži slapjo mežu tipi uz kūdras augsnēm (kur kūdras slāņa biezums ir lielāks par 30 cm) aizņem 10,4% valsts teritorijas. Patlaban kūdras ieguves lauku platība veido 0,4% no valsts teritorijas, bet tiek izmantoti aptuveni 25% no kūdras iegūšanai jau sagatavotajiem kūdras laukiem (0,03% no valsts sauszemes teritorijas), un lielu jaunu lauku izveidošana nav paredzēta. Vienlaikus Eiropas Savienība savā enerģētikas attīstības programmā orientējas uz vietējo biomasu, pie kuras pieder arī kūdra, tomēr kūdras kā kurināmā izmantošana ir visai ierobežota, jo izmešos ir ļoti daudz sēra savienojumu.

Tomēr purvi ir nozīmīgi gan klimata, gan ūdens režīma uzturēšanas ziņā un kā ekosistēma aizņem 4,9% valsts teritorijas. Taču, tā kā biotopus klasificē pēc augu sabiedrībām, par purvu var saukt ikvienu tādu vietu, kurā ir purvam raksturīgā augu valsts. Tā purvos ar tikai piecus centimetrus biezu kūdras slāni var sastapt purviem raksturīgās augu sugas. Purvos ir izveidojusies specifiska augu un dzīvnieku valsts, tajos ir saglabājušās sugas –

pēcleduslaikmeta relikti. Kopumā 12% purvu ekosistēmu pašlaik tiek aizsargātas kā dabas liegumi un rezervāti, un šo teritoriju skaits pastāvīgi tiek papildināts.

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Joosten, H. & Clarke, D. Wise use of mires and peatland – Background and principles including a framework for decision-making. International Mire Conservation Group/International Peat Society, Jyväskylä, 2002. 304 p.  
<http://www.mirewiseuse.com/>  
<http://www.peatsociety.org/index.php?id=1>  
[www.ezeri.lv/ar/GetDocument?id=341](http://www.ezeri.lv/ar/GetDocument?id=341)  
<http://latvijas.daba.lv/biotopi/purvi.shtml>
- ✓ Statistikas dati  
<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/peat.pdf#search=%22peat%20statistics%20world%22>  
<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/peat.xls>  
[http://www.indexmundi.com/en/commodities/minerals/peat/peat\\_t1.html](http://www.indexmundi.com/en/commodities/minerals/peat/peat_t1.html)  
<http://www.enerdata.fi/enerdatauk/products/globalstat.html>
- ✓ Resursi un krājumi  
[http://www.enerdata.fi/enerdatauk/products/demo/yearbook/yearbook\\_index.html](http://www.enerdata.fi/enerdatauk/products/demo/yearbook/yearbook_index.html)  
<http://unstats.un.org/unsd/energy/yearbook/default.htm>  
<http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/reports/ser/peat/peat.asp>
- ✓ Cenas  
[http://www.scb.se/templates/Publikation\\_168352.asp](http://www.scb.se/templates/Publikation_168352.asp)  
<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/peat.pdf#search=%22peat%20commodity%20price%22>  
<http://www.advfn.com/p.php?pid=commodities&cb=1156457488&btn=allcomms&gid=EN>

## 3.4. Nafta un naftas slānekļi (degslānekļi)

### 3.4.1. Nafta

Nafta (grieķu valodā *naphtha*) ir derīgais izrakteņš, viens no galvenajiem fosilās enerģijas avotiem mūsdienās. Parasti tas ir eļļains šķidrums ar specifisku smaržu, krāsa – no gaiši brūnas līdz melnai. Naftas blīvums visbiežāk ir no 820 līdz 950 kg/m<sup>3</sup>, viršanas sākuma temperatūra ir augstāka par +28 °C, sadedzes

siltums – 43,7–46,2 KJ/kg. Nafta ir sarežģīts ogļūdeņražu maisījums, kura galvenās sastāvdaļas ir alkāni, alicikliskie savienojumi un to atvasinājumi, kā arī arēns un 4–7% piemaisījumu – skābekļi, sēru un slāpekļi saturoši atvasinājumi, arī tādi, kuros ir līdz 20% izšķīdušas gāzes, ūdens un minerālsāļi.

Vēsturiski naftas daudzumu mēra mucās jeb barēlos, vienkāršotos aprēķinos pieņemot, ka 1 barrels = 0,1589873 m<sup>3</sup>.

Naftas izcelšanās nav droši zināma, tomēr vairākums zinātnieku sliecas atzīt, ka naftas sastāva veidošanā ir piedalījušās organiskas izcelsmes vielas. Eksperimentāli ir pierādīts, ka dabā sastopamus naftai līdzīgus savienojumus ir iespējams iegūt no neorganiskas izcelsmes vielām.

Dabā nafta sastopama kā šķidrums, kas aizņem tukšumus, plaisas un kavernas iežos, veidojot iegulas antiklinālās krokās, ieliecēs platformas nomalēs, priekškalnu ieliecēs, retāk – reģenerēto kalnu ieplakās. Nafta sastopama arī saistītā veidā, aizpildot poras vai klājot iežu graudiņus, šāda nafta var veidot ar naftu piesātinātus smilšakmeņus un kaļķakmeņus vai arī plastiskas un cietas garozas, slāņus, un tad to visbiežāk sauc par dabisko asfaltu vai naftas slānekli.

Zemes dzīlēs nafta kā šķidrums parasti ir 0,3–5 km dziļumā, dziļāk nafta sastopama tikai kā piemaisījums dabasgāzes atradnēs. Seklāk iegulošos slāņos nafta visbiežāk ir oksidējusies un ir zaudējusi savas šķidruma īpašības. Zemes dzīlēs nafta dažādā koncentrācijā ir atklāta visos kontinentos un slāņos zem visiem okeāniem, tomēr tās daudzums un komerciālā vērtība ir visai atšķirīgi. Nafta ir dinamisks resurss, kas maina savu atrašanās vietu un īpašības laikā un telpā, kas nozīmīgi ietekmē dažādas prognozes.

Mūsdienās nafta ir atrasta visos kontinentos un arī visos okeānos, tomēr tās izvietojums pasaulē ir ļoti nevienāds. Pasaulē zināmas un ar urbumiem

pārbaudītas ir vairāk nekā 100 tūkstoši naftas iegulu. Daudzas no tām nesatur pietiekami daudz naftas, vai kādi citi apstākļi neļauj atklāto naftu iegūt un vērtēt kā tirgus produktu. Par derīgo izrakteņu, arī naftas, atradni tiek saukts dabisks derīgo izrakteņu sakopojums, kuru daudzums, kvalitāte un ieguves apstākļi ir izvērtēti un kuru praktiska izmantošana ir iespējama. Šādām prasībām atbilstošas un reģistrētas ir tikai 37 000 naftas atradņu, no tām tiek izmantotas tikai nedaudz vairāk kā astoņi simti.

Ļoti atšķirīga ir arī naftas resursu izpētes detalitāte, daudzās valstīs ir arī noteikti dažādi naftas izpētes un ieguves papildu ierobežojumi un apgrūtinājumi. Tādējādi no zināmajiem aptuveni 14,7–17 triljoniem barelu naftas ar pētījumiem ir apstiprināti tikai 12,9 triljoni barelu, un no tiem pat pašreizējos ļoti augstās naftas produktu cenas apstākļos ekonomiski pamatoti ir iegūt tikai deviņus triljonus barelu. Tomēr naftas ieguvei nepieciešamie izpētes darbi ir veikti un atbilstošā infrastruktūra ir izveidota tikai aptuveni 800 naftas atradnēs, un tajās ir koncentrēti tikai 1,05 triljoni barelu naftas. Vairākās atradnēs, ņemot vērā dabas aizsardzības prasības, pēdējo 10 gadu laikā ieguve ir slēgta. Šajās atradnēs neizmantojie iegūstamie naftas krājumi kopā ir 0,15–0,20 triljoni barelu.

Detalizētāks pārskats par naftas krājumiem atradnēs dažādās pasaules valstīs un reģionos redzams 2. tabulā. Tajā atspoguļoti trīs atšķirīgi visrespektablākie naftas krājumu novērtējumi.

Lai arī dati tabulā nebūtiski atšķiras plašāku reģionu vērtējumā, dažu valstu līmenī tie atspoguļo

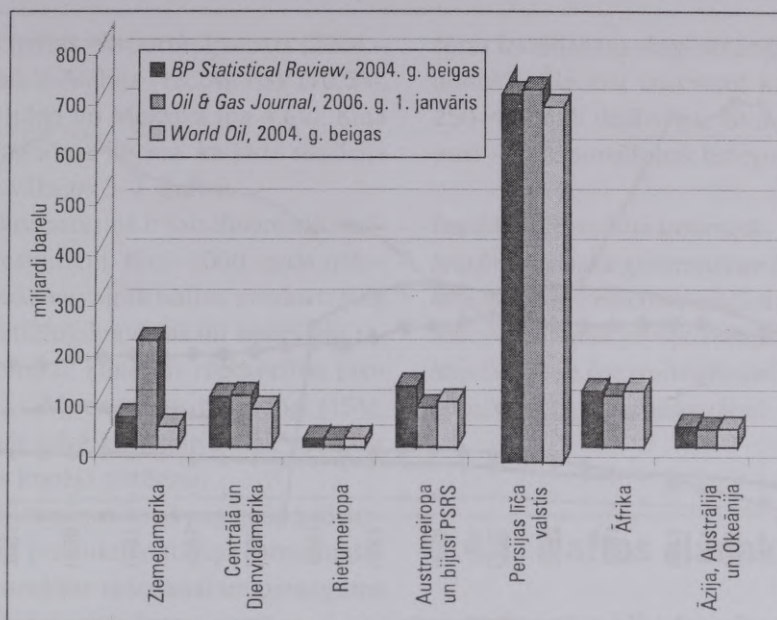
2. tabula. Naftas krājumi izpētītajās atradnēs, kurus ir ekonomiski lietderīgi iegūt. Trīs atšķirīgi vērtējumi par 2004.–2006. gadu

Valstis un reģioni	Pieejamo naftas krājumu novērtējums, miljardos barelu		
	<i>BP Statistical Review</i>	<i>Oil &amp; Gas Journal</i>	<i>World Oil</i>
	2004. gada beigas	2006. gada 1. janvāris	2004. gada beigas
ASV	29,299	21,371	21,371
Kanāda	16,802	178,792	4,700
Meksika	14,803	12,882	14,803
<b>Ziemeļamerika kopā</b>	<b>60,904</b>	<b>213,046</b>	<b>40,874</b>
Argentīna	2,675	2,320	2,321
Barbadosa	ND	0,003	ND
Bolīvija	ND	0,441	0,465

Brazīlija	11,243	11,243	11,243
Čīle	ND	0,150	0,010
Ekvadora	5,060	4,630	5,500
Gvatemala	ND	0,526	ND
Kolumbija	1,542	1,542	1,495
Kuba	ND	0,750	0,585
Peru	0,930	0,930	0,961
Surinama	ND	0,111	ND
Trinidāda un Tobāgo	0,990	0,990	0,776
Venecuēla	77,226	79,729	52,400
Citas reģiona valstis kopā	1,500	ND	0,218
<b>Centrālā un Dienvidamerika kopā</b>	<b>101,165</b>	<b>103,364</b>	<b>75,973</b>
Apvienotā Karaliste	4,487	4,029	3,908
Austrija	ND	0,062	0,081
Dānija	1,327	1,328	1,328
Francija	ND	0,158	0,160
Grieķija	ND	0,007	ND
Horvātija	ND	0,069	0,069
Itālija	0,739	0,622	0,729
Nīderlande	ND	0,106	0,212
Norvēģija	9,673	7,705	9,863
Serbija un Melnkalne	ND	0,078	ND
Spānija	ND	0,158	ND
Turcija	ND	0,300	0,279
Vācija	ND	0,367	0,225
Citas reģiona valstis	1,146	ND	0,010
<b>Rietumeiropa kopā</b>	<b>17,372</b>	<b>14,989</b>	<b>16,864</b>
Albānija	ND	0,198	0,197
Azerbaidžāna	7,000	7,000	ND
Baltkrievija	ND	0,198	ND
Bulgārija	ND	0,015	0,002
Čehija	ND	0,015	0,023
Gruzija	ND	0,035	ND
Kazahstāna	39,620	9,000	ND
Kirgizstāna	ND	0,040	ND
Krievija	72,277	60,000	67,138
Lietuva	ND	0,012	ND
Polija	ND	0,096	0,309
Rumānija	0,471	0,956	0,468
Slovākija	ND	0,009	ND
Tadžikistāna	ND	0,012	ND
Turkmenistāna	0,546	0,546	ND
Ungārija	ND	0,102	0,161
Ukraina	ND	0,395	ND
Uzbekistāna	0,594	0,594	ND
Citas bijušās PSRS teritorijas	0,749	ND	22,760
Citas reģiona valstis kopā	0,614	ND	0,102
<b>Austrumeiropa un bijusi PSRS</b>	<b>121,871</b>	<b>79,224</b>	<b>91,160</b>
Apvienotie Arābu Emirāti	97,800	97,800	69,910
Bahreina	ND	0,125	ND
Irāka	115,000	115,000	115,000

Irāna	132,460	132,460	130,800
Izraēla	ND	0,002	ND
Jemena	2,850	4,000	3,000
Jordānija	ND	0,001	ND
Katara	15,207	15,207	20,000
Kuveita	99,000	104,000	99,675
Omāna	5,572	5,506	4,803
Saūda Arābija	262,730	266,810	262,075
Sīrija	3,159	2,500	2,285
Citas reģiona valstis kopā	0,081	ND	0,740
<b>Vidējie Austrumi kopā</b>	<b>733,859</b>	<b>743,411</b>	<b>708,289</b>
Alžīrija	11,800	11,350	15,303
Angola	8,801	5,412	9,035
Benina	ND	0,008	ND
Čada	0,900	1,500	0,000
Dienvīdāfrikas Republika	ND	0,016	ND
Ekvatoriālā Gvineja	1,280	0,012	1,765
Etiopija	ND	0,0004	ND
Ēģipte	3,565	3,700	3,565
Gabona	2,285	2,499	2,205
Gana	ND	0,017	ND
Kotdivuāra	ND	0,100	ND
Kamerūna	ND	0,400	ND
Kongo Republika	1,784	1,506	1,784
Kongo (Zaira)	ND	0,187	ND
Lībija	39,126	39,126	33,550
Maroka	ND	0,001	ND
Nigērija	35,255	35,876	36,630
Sudāna	6,313	0,563	6,405
Tunisija	0,640	0,308	0,681
Citas reģiona valstis kopā	0,483	ND	1,488
<b>Āfrika kopā</b>	<b>112,233</b>	<b>102,580</b>	<b>112,410</b>
Austrālija	4,046	1,437	3,556
Bangladeša	ND	0,028	ND
Birma	ND	0,050	0,191
Bruneja	1,050	1,350	1,120
Filipīnas	ND	0,139	0,103
Indija	5,565	5,848	4,936
Indonēzija	4,722	4,301	5,295
Japāna	ND	0,059	ND
Jaunzēlande	ND	0,053	0,068
Ķīna	17,070	18,250	15,443
Malaizija	4,300	3,000	3,034
Pakistāna	ND	0,289	0,307
Papua-Jaungvineja	ND	0,240	0,194
Taivāna	ND	0,002	ND
Taizeme	0,500	0,291	0,527
Vjetnama	2,960	0,600	1,350
Citas reģiona valstis kopā	0,888	ND	0,120
<b>Āzija un Okeānija kopā</b>	<b>41,100</b>	<b>35,936</b>	<b>36,244</b>
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>1 188,505</b>	<b>1 292,550</b>	<b>1 081,813</b>

ND – dati nav pieejami.



18. attēls. Naftas krājumi izpētītajās atradnēs, kurus ir ekonomiski lietderīgi iegūt. Trīs atšķirīgi vērtējumi par 2004.–2006. gadu

informāciju par potenciālajiem naftas ieguves aprobežojumiem konkrētajos apstākļos nākotnē.

Tabulas dati uzskatāmāki ir grafiskā veidā pa reģioniem (sk. 18. attēlu). Tie norāda, ka trīs atšķirīgie naftas krājumu novērtējumi ir ļoti līdzīgi un galvenā atšķirība ir Ziemeļamerikas potenciāla vērtējumā.

Atšķirību (4–10 reizes) nosaka nenoteiktās naftas atradnes Kanādā, kuras apjoma ziņā pārsniedz visus zināmos naftas krājumus Āfrikā vai Centrālajā un Dienvidamerikā kopā. Tie ir gandrīz pašā Zemes virsū sastopamie naftu saturošie smilšakmeņi (naftas slānekļi), no kuriem lielākā daļa tiek klasificēti kā naftas atradnes. Tomēr daļa šo atradņu atrodas dabas liegumos, vai šeit tādi var tikt izveidoti, bet daļai potenciālās ieguves ekonomiskie radītāji nav pietiekami labvēlīgi, tāpēc citi naftas krājumu vērtētāji šīs atradnes ir izslēguši no kopējās bilances. Otra šo nenoteikto naftas krājumu daļa ir jūrā starp Kanādu un Grenlandi, par kuru piederību ir starptautisks strīds, un līdz tā atrisināšanai šie naftas krājumi dažos novērtējumos netiek ņemti vērā.

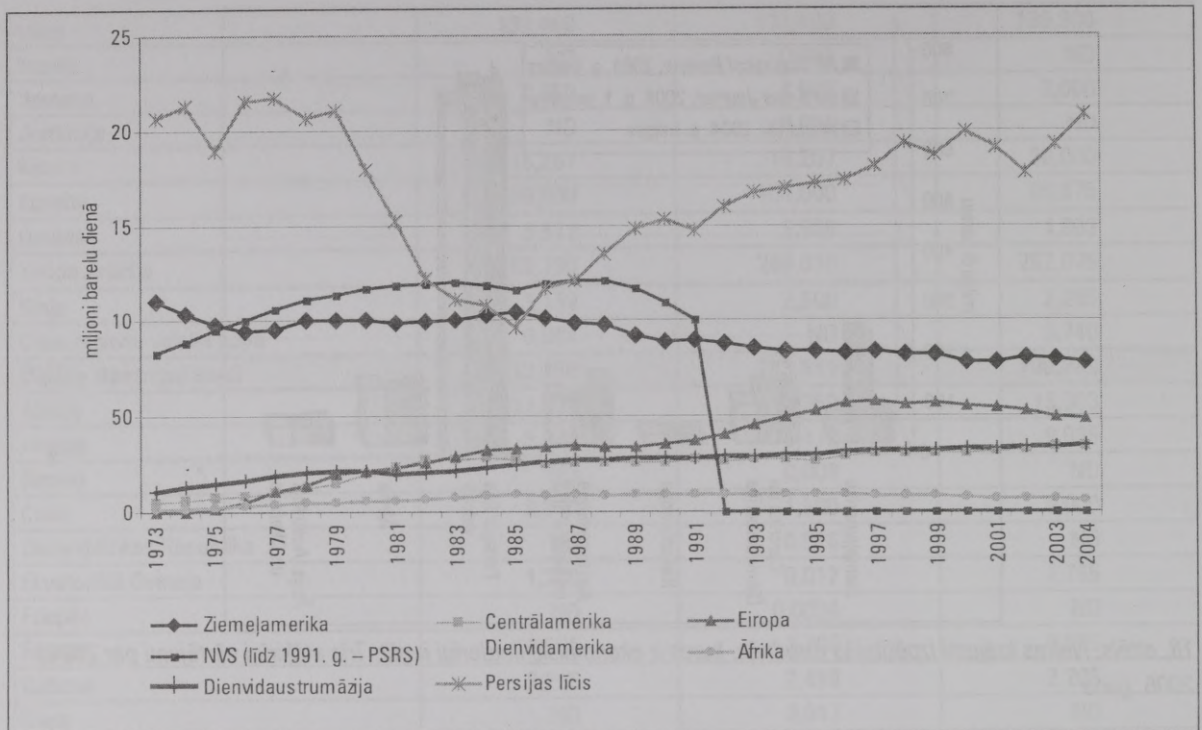
Ja tiek vērtēta perspektīva laikposmam pēc 2050. gada, tad svarīgi ir ņemt vērā arī tos naftas resursus, kas nav pietiekami izpētīti (to ir 14–15 reizu vairāk nekā iepriekšējā tabulā apskatītie naftas krājumi), un tad galvenie potenciālie naftas ie-

guves reģioni ir Persijas līcis un Arābijas pussala, kam seko Rietumāfrika, ASV ziemeļi un Kanāda, ceturtajā vietā ir Dienvidķīna, piektajā – Karību baseins.

Naftas ieguves daudzums un atradņu ekspluatācijas intensitāte ir tikai ekonomiska kategorija, un to nosaka naftas pārstrādes uzņēmumi, pārstrādei iepērkot noteiktas kvalitātes naftu. Maksimālā peļņa ir iespējama, pārstrādājot gaišo Persijas līča valstu un Saūda Arābijā iegūto naftu. Tās ir dabiski ļoti tīras izejvielas (piemaisījumi nepārsniedz 1%), tajās ir daudz benzīna frakciju (līdz 95%), un šādu naftu ļoti viegli var pārstrādāt. Daudz grūtāk ir pārstrādāt ASV, Ziemeļjūrā, arī Ķīnā un Krievijā iegūto naftu. Kopš 2005. gada otrās puses pasaulē naftas ieguve ir sasniegusi pilnīgu esošo pārstrādes rūpniecības līmeni – tiek izmantotas visas pārstrādes jaudas, tas ir, 83–84 miljoni barelu diennaktī.

Reģionu skatījumā pēdējo 30 gadu laikā to nozīme naftas ieguves apjoma ziņā ir mainījusies (sk. 19. attēlu), tomēr skaidri iezīmējas visu septiņu naftas ieguves pamata reģionu noteiktā loma.

Naftas ieguve samazinājās Persijas līča reģionā pagājušā gadsimta astoņdesmitajos gados un nākamajos desmit gados arī Krievijā un NVS. Pēdējos gados ieguve palielinājusies tikai Persijas līča, Centrālās un Dienvidamerikas reģiona valstīs. Pat

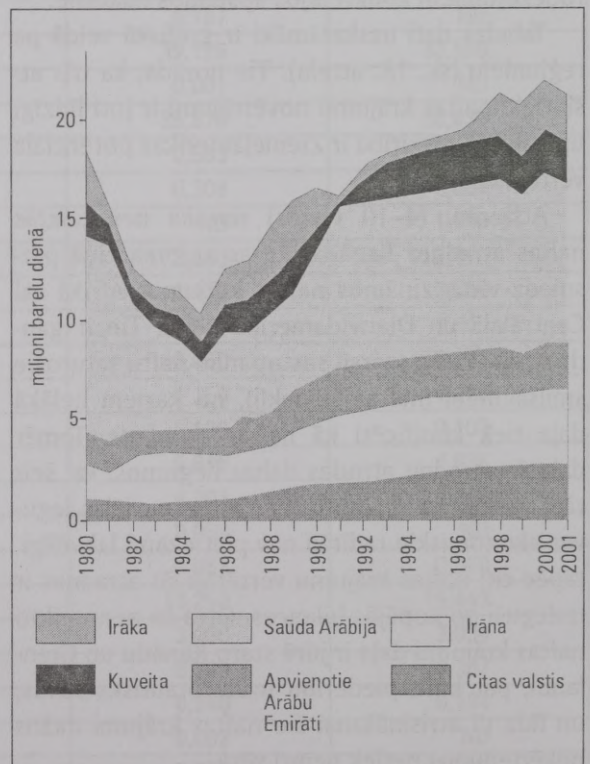


19. attēls. Naftas ieguves reģionu nozīme kopējā naftas ieguvē pasaulē

strauji augošās naftas cenas dēļ naftas ieguve Ziemeļamerikā tikai stabilizējas, bet nepieaug.

Tradicionāli jau gandrīz pusgadsimtu Tuvie Austrumi ir lielākais jēlnaftas piegādātājs pasaules tirgū, bet dažu valstu loma (sk. 20. attēlu) pēdējo 20 gadu laikā ir mainījusies. Vienlaikus šajā laikposmā izteikti dominē Saūda Arābija, bet maznozīmīga ir Kuveitas un Irākas loma. Vienīgais izņēmums ir Kuveita – tās loma pēdējos piecos gados tomēr ir pieaugusi, pateicoties jaunām pārstrādes rūpnīcām un vairāku jaunu atradņu iekļaušanai ekspluatācijā.

Tikai neliela daļa no iegūtās naftas tiek pārstrādāta tajās valstīs, kur tā tiek iegūta. Tam ir vairāki iemesli – vieglāk un daudz drošāk ir transportēt naftu kā iegūtos pārstrādes produktus (drošības apsvērumi), pārstrādes produktiem ir ierobežots realizācijas laiks (produkta derīguma nosacījumi), attālums līdz patērētājiem (koncentrēšanās megapolisu perifērijā), kā arī pārstrādes uzņēmumos izmantotās tehnoloģijas (uzņēmumi specializējas noteiktas naftas šķirnes pārstrādē). Līdz ar to blakus ogleņiem naftas un naftas produktu tranzīta pārvadājumi ir grandiozi (2005. gadā nedaudz vairāk par 2,5 miljardiem tonnu jeb 7 miljoni tonnu dienā).



20. attēls. Naftas ieguves dinamika Tuvajos Austrumos laikposmā no 1980. līdz 2001. gadam

Dominējošās naftas eksportētājvalstis (2004.–2005. gadā) ir Saūda Arābija (12,2%), ASV (10,5%), Krievija (10,2%), Irāna un Meksika (pa 4,6%), Ķīna un Norvēģija. Prognozes liecina, ka šāda situācija saglabāsies arī tuvākajos 5–7 gados.

Naftas produktu patēriņš ir ļoti dinamisks, mērot to pa gadu desmitiem. Kopš 2000. gada nākamo piecu gadu laikā visvairāk naftas produkti tiek patērēti (sk. 21. attēlu) degvielas un smērvielu ražošanai (62% patēriņa), ķīmiskās rūpniecības produktu ražošanai (17%), enerģijas ražošanai (15%), apkurei (5%). Visās pārējās nozarēs tiek patērēti tikai 1% no naftas kopējā patēriņa.

Raksturīgākās izmaiņas kopš pagājušā gadsimta beigām ir naftas produktu patēriņa samazināšanās apkurei un enerģijas ražošanai un pieaugums degvielas un smērvielu ražošanai.

Kopš 2005. gada vasaras naftas cena ir būtiski palielinājusies un ir ļoti dinamiska – no 65 līdz 85 ASV dolāriem par barelu jeb 0,4–0,5 ASV dolāri par litru. Aktualizēta informācija iegūstama ziņu aģentūrās *Reuters*, *BBC*, *Financial Times* un citās. Pārskatu un novērtējumu latviski piedāvā *Parex bankas* analītisko pētījumu daļa<sup>1</sup>. Ir pamats domāt, ka naftas cena būtiski nemainīsies tuvākā gada laikā. Plašāk par to – 3.7.1. nodaļā.

Naftas ieguves pašizmaksa ir ļoti nopietns komerciāls noslēpums, vienīgi droši zināms, ka tā nepārsniedz 100 ASV dolāru par tonnu. Tās ir izmaksas, kurās iekļauta jēlnaftas attīrīšana un transportēšana līdz pārstrādes rūpnīcai, kā arī naftas atradnes meklēšanas, izpētes un infrastruk-

tūras izveides un ekspluatācijas izdevumi, tostarp nodokļi. Šie visi izdevumi kopā papildus veido 250–400 ASV dolāru par tonnu, no tiem aptuveni pusi – transportēšanas izdevumi un nodokļi.

#### Papildu informācija internetā

<http://www.eia.doe.gov/emeu/international/petroleu.html>

[http://www.worldoil.com/InfoCenter/statistics\\_main.asp](http://www.worldoil.com/InfoCenter/statistics_main.asp)

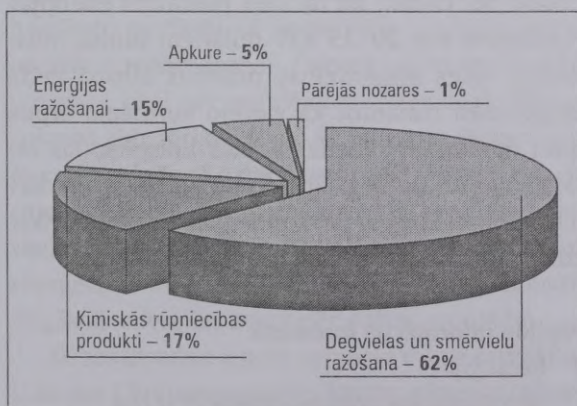
<http://www.census.gov/ipc/www/worldpop.html>

<http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/oil.html>

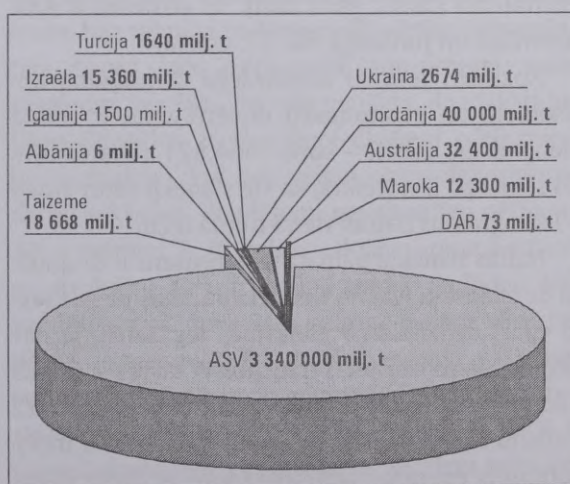
<http://www.sjgs.com/history.html>

### 3.4.1. Naftas slānekļi

Naftas slānekļi jeb naftas smilšakmeņi satur līdz 200 litru naftas produktu tonnā iežu, un tos iegūst ar pārkarsēta tvaika palīdzību. Īpaši daudz šo smilšakmeņu ir Jordānijā, Marokā, Brazīlijā, Ķīnā, Francijā, Krievijā, Skotijā, Spānijā, Zviedrijā, ASV, Kanādā un Austrālijā (sk. 22. attēlu). Jau pagājušā gadsimta septiņdesmitajos gados pēc pirmās naftas krīzes ASV iztērēja vairākus miljardus dolāru, mēģinot izstrādāt tehnoloģijas naftas iegūšanai no šiem slānekļiem, tomēr nesekmīgi. Tāpēc joprojām pasaulē naftas slānekļi tiek iegūti tikai kā zemas kvalitātes kurināmais, dažās valstīs tiek veikta daļēja iegūto naftas produktu ķīmiska pārstrāde. Mūsdienās komerciāla naftas ieguve no



21. attēls. Naftas izmantošanas galvenie sektori pasaulē (vidēji 2000.–2005. gadā)



22. attēls. Apstiprinātie slānekļa krājumi naftas ekvivalentā

<sup>1</sup> Skatīt iknedēļas naftas tirgus novērtējumu un analīzi <http://www.parex.lv/lv/research/oil/>

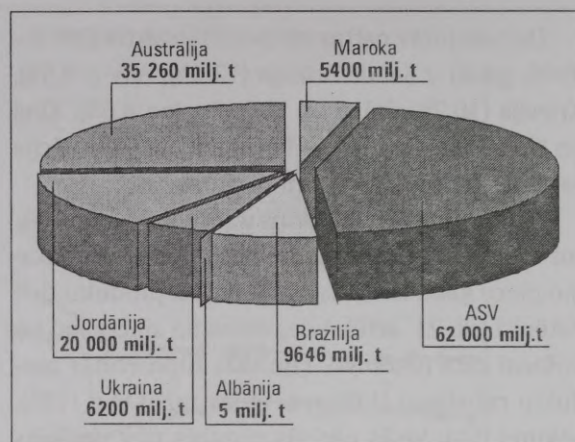
smilšakmeņiem ir organizēta tikai ASV (*Shell* kompānijas izmēģinājumu projekts<sup>1</sup>), līdzīgs projekts Austrālijā tiks realizēts līdz 2010. gadam.

Nosacīti pie šīs grupas pieder arī Brazīlijas un Igaunijas degslānekļi, kurus iegūst līdz pat 239 miljoniem un 185 miljoniem tonnu gadā attiecīgi. Degslānekļis ir zemas kvalitātes enerģijas avots (tiek pielīdzināts zemas kvalitātes bituminozām ogleņiem un brūnogleņiem), bet to ieguve ir saistīta ar visai lielu ietekmi uz vidi, kuras ierobežošanas izmaksas ir neproporcionāli augstas salīdzinājumā ar citiem kurināmā veidiem.

Naftas slānekļi pagājušā gadsimta otrajā pusē vairākkārt tika meklēti visā pasaulē gan kā valstu stratēģiskās kurināmā rezerves, gan – lai samazinātu atkarību no ārvalstu piegādēm, bet visvairāk – mēģinot atrast jaunus universālus fosilos kurināmos ar īpašībām, kas to padarītu par augstvērtīgu ķīmiskās rūpniecības izejvielu. Tomēr lielākā daļa šo meklējumu ir bijuši nesekmīgi – atklātie bitumizētie slāņi ir nelieli, izplatīti ierobežotā platībā, derīgā viela ir ļoti stipri oksidējusies un ekonomiski mazvērtīga, arī pārstrādes tehnoloģijas nav iespējams izstrādāt pietiekami efektīvas. Tādējādi daudzus tūkstošus sīku atradumu, vāji bagātinātus slāņus un pat ļoti lielas atradņu sānu daļas atzina par neperspektīvām un “izbrāķēja”. Mūsdienās par perspektīvām, lai turpinātu pētniecības darbus un aprēķinātu krājumus, ir atzītas mazāk nekā 50 atradnes septiņās valstīs, un tajās ir apzināti resursi 138,511 miljardu tonnu naftas ekvivalentā (2005. gada dati). To visvairāk ir ASV, Austrālijā un Jordānijā (sk. 23. attēlu).

Apzināto resursu detalizācija ar krājumu aprēķiniem un ekonomisko novērtējumu ir veikta vienpadsmit valstīs – kopā 3464,621 miljards tonnu slānekļa. Ir noteikts, ka šie slānekļi satur vidēji 59 kilogramus naftas vienā tonnā iežu.

Naftas slānekļu pamata izmantošana ir drupinātu degslānekļu (vai no tiem ekstrahētas degslānekļu eļļas) dedzināšana elektrības iegūšanai, ja nav nepieciešams izejvielas transportēt tālāk par 20–25 kilometriem. Igaunijā tādā veidā tiek iegūts 10–12 miljonu tonnu degslānekļa gadā, tomēr tā ir daļēji subsidēta enerģijas ražošana (dotētas darba vietas un atviegloti nodokļi, lai samazinātu bezdarbu ziemeļaustrumu Igaunijā). Alternatīvā degakmens iz-



23. attēls. Apzinātie resursi naftas ekvivalentā

mantošana ir degvielas iegūšana, kas ekonomiski ir izdevīga, ja jēlnaftas cena vairāku gadu perspektīvā būs augstāka par 40 ASV dolāriem barelā (tiks sākti projekti Brazīlijā un ASV) vai 70 ASV dolāriem barelā (kļūst ekonomiski izdevīga Igaunijā, Izraēlā, Austrālijā, Turcijā). Līdz pat 1992. gadam ekonomiski izdevīga bija naftas slānekļu ieguve arī šahtās Dienvidāfrikā, Taizemē, Igaunijā, Ukrainā un Austrālijā, mūsdienas visas naftas slānekļu ieguves šahtas ir slēgtas. Karjeros to turpina iegūt tikai Brazīlijā, Igaunijā un ļoti nedaudz arī Austrālijā, kopā 351 tūkstoši tonnu naftas ekvivalentā (2005. gadā).

Tikai Igaunijā degslāneklim ir nozīme reģionālajā un nacionālajā mērogā. Igaunijā no tiem iegūst 60–62% primārās enerģijas, un līdz 2010. gadam ir paredzēts šo daļu samazināt līdz 47–50 procentiem.

Degslānekļis nav tirgus prece, un tā tiek izmantota tikai uz vietas. Tā pašizmaksa ir 10–12 ASV dolāru par tonnu, un tas tiek piedāvāts enerģijas ražotājiem par 20–25 ASV dolāriem tonnā. Mūsdienās vides aizsardzības prasības Eiropā liedz degslānekli izmantot kā vietējo kurināmo ārpus īpaši aprīkotām sadedzināšanas krāsnīm. Tas attiecināms arī uz degslānekļu un naftas eļļām, kas ir toksiskas. Eiropas Savienības valstīs tās nedrīkst izmantot kā cita kurināmā veida aizstājējus.

#### Papildu informācija internetā

✓ Ģeoloģija

[http://www.spe.org/spe/jsp/basic/0,,1104\\_1716,00.html](http://www.spe.org/spe/jsp/basic/0,,1104_1716,00.html)

<http://www.geologyshop.co.uk/oil&ga~1.htm>

<sup>1</sup> Skatīt <http://www.search.shell.com/cgi-bin/rsearch.cgi>

✓ Resursi un krājumi

[http://www.spe.org/web/ogr/OGR\\_Mapping\\_Final\\_Report\\_15Dec05.pdf](http://www.spe.org/web/ogr/OGR_Mapping_Final_Report_15Dec05.pdf)

[http://certmapper.cr.usgs.gov/rooms/we/index.jsp?thePage=include\\_results.jsp&subSetDocId={EA23CD2C-DC9E-4BE2-8653-598F6CAB8B98}&folderToggle=true](http://certmapper.cr.usgs.gov/rooms/we/index.jsp?thePage=include_results.jsp&subSetDocId={EA23CD2C-DC9E-4BE2-8653-598F6CAB8B98}&folderToggle=true)

<http://pubs.usgs.gov/dds/dds-060/>

[http://certmapper.cr.usgs.gov/data/we/graphic/fut\\_oilp\\_03.pdf](http://certmapper.cr.usgs.gov/data/we/graphic/fut_oilp_03.pdf)

✓ Statistika un analīze

<http://www.hubbertpeak.com/laherrere/OilShaleReview200509.pdf#search=%22estonian%20shale%20price%22>

[OilShaleReview200509.pdf#search=%22estonian%20shale%20price%22](http://www.hubbertpeak.com/laherrere/OilShaleReview200509.pdf#search=%22estonian%20shale%20price%22)

✓ Cenas

<http://www.advfn.com/p.php?pid=commodities&cb=1156464465&btn=allcomms&gid=EN>

<http://money.cnn.com/data/commodities/>

[http://www.econstats.com/fut/xj\\_toc\\_ew9.htm](http://www.econstats.com/fut/xj_toc_ew9.htm)

✓ Skolām

<http://www.geomore.com/Oil%20and%20Gas%20Traps.htm>

[http://www.spe.org/spe/jsp/basic/0,,1104\\_1712,00.html](http://www.spe.org/spe/jsp/basic/0,,1104_1712,00.html)

<http://www2.nature.nps.gov/GEOLOGY/usgsnps/oilgas/oilgas.html>

<http://www2.nature.nps.gov/GEOLOGY/usgsnps/oilgas/oilgas.html>

[oilgas/oilgas.html](http://www2.nature.nps.gov/GEOLOGY/usgsnps/oilgas/oilgas.html)

<http://www.priweb.org/ed/pgws/index.html>

<http://www.eia.doe.gov/kids/>

## 3.5. Dabasgāze

Dabasgāze pazīstama vismaz jau 2500 gadu Ķīnā, kur to izmantoja ne tikai ēdienu gatavošanā un dažādiem rituāliem, bet arī metālu kausēšanai un keramikas izstrādājumu apdedzināšanai. Mūsu ēras pirmajā gadsimtā gāzi sāka izmantot arī Persijā ēdiena gatavošanā un apgaismojumam. Viduslaikos dabasgāzi biežāk saistīja ar dažādiem mistiskiem notikumiem un parādībām. Arī Latvijā zināms ne mazums nostāstu par maldugunīm purvos.

Pirmo reizi dabasgāze kā indiāņu atklājums dokumentēta 1626. gadā. Pēc dažiem gadiem, pētot Ēri ezera dziļākos nogulumus, franču pētnieki atklāja degošu gāzi Britānijā. 17. gadsimtā pētīja ne tikai raktuvju gāzi, bet arī iespējas maksliģi to iegūt no akmeņoglēm, un tas ļāva jau gadsimta beigās to piedāvāt kā komerciālu produktu māju un ielu apgaismošanai. Dabasgāzi intensīvi sāka izmantot tikai pēc regulējama gāzes degļa izgudrošanas (M. Faradejs) un R. Bunsena (*Robert von Bunsen*) veiktās tā uzlabošanas 1885. gadā. Izgudrojums ļāva desmit gados ne tikai apgaismot pasaules lielākās pilsētas, bet arī sākt gāzi izmantot rūpniecībā. Mūsdienās dabasgāze ir trešais nozīmīgākais enerģijas avots pēc naftas un oģlēm.

Gāzes atradņu izpēte tehniski ir ļoti sarežģīta. Līdz pat Otrajam pasaules karam gāzes atradnes atsevišķi netika meklētas un izmantoja naftas atradnēs bieži sastopamo dabasgāzi kā blakus produktu. Mūsdienās ir izpētītas un tiek izmantotas vai tiek gatavotas izmantošanai atradnes no

100 metru līdz pat 9,15 kilometru dziļumā, un to platība ir no dažiem desmitiem hektāru līdz pat simtiem kvadrātkilometru. Kopumā ir zināmi vairāki desmiti tūkstoši komerciālas nozīmes dabasgāzes koncentrācijas vietu un atradņu, no tām vairāk nekā 6000 atradnēm ir tautsaimnieciska nozīme.

Atradņu meklēšana un izpēte līdz to ekspluatācijai nepieciešamo inženierdarbu veikšanai ir ilgs process un var aizņemt pat vairākus gadu desmitus. Ir jāņem vērā, ka nebūt ne visas perspektīvas struktūras satur dabasgāzi, un arī tehnoloģiski ne visas struktūras ir iespējams izmantot. Vēl pirms 30 gadiem tikai septītā daļa gāzes meklēšanas urbumu bija sekmīgi un komerciāli vērtīga dabasgāze tika atrasta, taču 2003. gadā šādu urbumu skaits sasniedza jau 56%. Tas tika panākts, daudzkārt lielākus līdzekļus atvēlot ģeofizikāliem pētījumiem un to analīzei, kas tiek veikta pirms dziļurbšanas darbu sākšanas. Zaudējumi neveiksmīgu pētījumu dēļ ir mērāmi 5–20 miljonu dolāru apjomā uz vienu struktūru, taču ir zināmi vairāki gadījumi, kad zaudēti vairāk nekā 100 miljonu dolāru vērti pētījumi, ja perspektīvā struktūrā esošajai gāzei nav komerciālas vērtības. Savukārt vidēji lielas atradnes atrašana, izpēte un ekspluatācijas sākšana kopā ar nepieciešamajiem cauruļvadiem un gāzes priekšattīrīšanas iekārtu izveidi izmaksā vidēji 50–80 miljonu dolāru (2005. gada cenās).

Dabasgāzes atradņu uzskaitē netiek veikta, bet tiek uzskaitīti ekonomiski pamatoti iegūstamie

gāzes daudzumi. Izņemot bijušās plāna ekonomikas zemes, visā pasaulē dabasgāzes daudzumu mēra kubikpēdās (aprēķinos 1 kubikpēda = 0,02831685 m<sup>3</sup>), gāzes enerģētiskā vērtība tiek noteikta kā 38 megadžouli (10,6 kWh). Sadedzinātas gāzes enerģija tiek mērīta britu termālajās vienībās (1 kubikpēda dabasgāzes sadedzinot dod 1031 britu termālo vienību jeb Btu). Analizējot dabasgāzes resursus un patēriņa statistiskos datus, ir jāņem vērā, ka valstu piederība pie konkrēta reģiona ir noteikta vairāk nekā pirms pusgadsimta un tā neatbilst mūsdienu dalījumam. Tā vēsturiski dabasgāzes statistiskajā novērtējumā Eiropā ietilpst tikai Rietumeiropas valstis, bet Eirāzijā – bijušās sociālisma zemes, PSRS un Āzijas valstis, izņemot Vidējos Austrumus. Detalizētāk šī klasifikācija redzama turpmākajās tabulās, kurās norādītas konkrētas valstis pēc to piederības pie kāda no dabasgāzes ieguves statistiskajiem reģioniem.

Dabasgāzes atradnēs iegūstamais gāzes apjoms dažādos pētījumos novērtēts atšķirīgi (sk. 3. tabulu). Šie ir visrespektablākie vērtējumi pasaulē, un tie savstarpēji atšķiras visvairāk tieši atsevišķu valstu novērtējuma līmenī, bet ir tuvināti reģionālajos novērtējumos. Katra šā vērtējuma pamatā ir neatkarīgi pētījumi, apskatot dabasgāzi gan kā resursu, gan tās ieguves ekonomisko pamatojumu, konkrētās valsts infrastruktūras attīstību, politisko stabilitāti un tamlīdzīgi, tas ir, šie vērtējumi ir kom-

pleksi, jo dati atspoguļo ekonomiski lietderīgos dabasgāzes krājumus atradnēs, nevis Zemes dzīlēs atrodamos un nepietiekami izpētītos dabasgāzes resursus. Tātad, uzlabojoties “politiskajam klimam”, izveidojot infrastruktūru un attīstot esošo atradņu pieejamību, dabasgāzes krājumi pieaug. Un pretēji – atradnes politisko konfliktu zonās tiek izslēgtas no krājumu bilances.

3. tabulā nav iekļauti dati par gāzi, kas tiek iegūta papildus no naftas atradnēm, ogļu atradnēm, atkritumu izgāztuvēm, kūtsmēsliem un citiem biogāzes avotiem. Dati par šādā veidā iegūstamo dabasgāzes daudzumu netiek apkopoti pat kompāniju un valstu statistiskajos ziņojumos, un pētījumi rāda, ka tās daudzums ir nebūtisks (mazāk par 0,01% no gāzes ieguves pasaulē).

Kā redzams no tabulas, starp veiktajiem novērtējumiem nav būtisku atšķirību, tomēr mūsdienās par pamatotākiem tiek uzskatīti *Oil & Gas Journal* 2006. gada pētījumi, kas norāda uz ekspluatācijai pieejamiem 6112,144 triljoniem kubikpēdu dabasgāzes.

Dažāda aprēķinātais dabasgāzes krājumu daudzums reģionālā skatījumā (sk. 24. attēlu) norāda, ka atšķirības novērtējumos attiecas galvenokārt uz bijušās PSRS teritorijā esošajām atradnēm, no kurām daļa vairākos pētījumos atzīta par patlaban neizmantojamām nepietiekami attīstītās infrastruktūras dēļ.

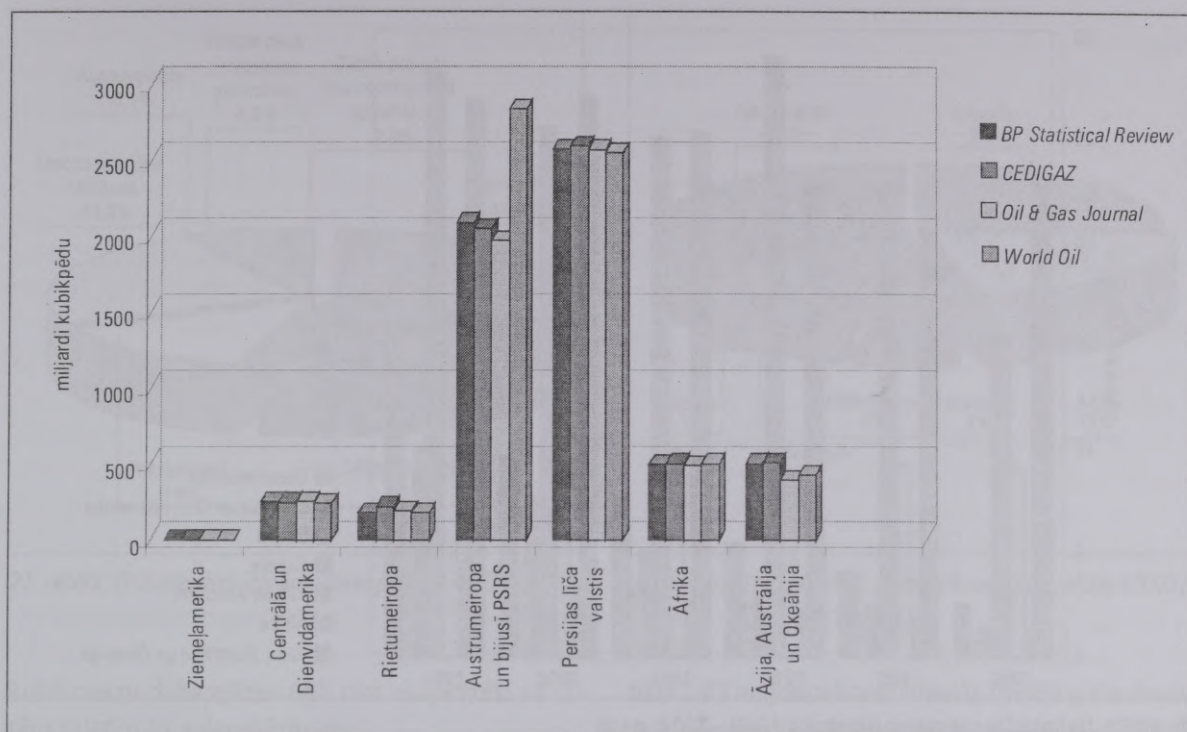
3. tabula. Dabasgāzes atradnēs aprēķināto un ieguvei ekonomiski pamatoto krājumu četri neatkarīgi novērtējumi, triljonus kubikpēdu

Valsts un reģioni	BP Statistical Review 2004. gada decembris	CEDIGAZ 2005. gada 1. janvāris	Oil & Gas Journal 2006. gada 1. janvāris	World Oil 2004. gada beigās
ASV	192,513	192,513	192,513	192,513
Kanāda	56,586	55,798	56,577	60,715
Meksika	14,861	14,797	15,985	20,433
<b>Ziemeļamerika kopā</b>	<b>263,960</b>	<b>263,108</b>	<b>265,075</b>	<b>273,661</b>
Argentīna	21,357	21,366	18,866	18,866
Barbadosa	ND	0,000	0,005	ND
Bolīvija	31,417	26,733	24,000	27,172
Brazīlija	11,508	9,005	11,515	11,513
Čīle	ND	1,589	3,460	0,905
Ekvadora	ND	3,779	0,345	0,350
Gvatemala	ND	0,000	0,109	ND
Kolumbija	3,883	4,202	4,040	3,950

Kuba	ND	0,636	2,500	0,559
Peru	8,684	8,687	8,723	8,725
Trinidāda un Tobāgo	18,815	18,823	25,880	18,810
Venecuēla	148,931	149,135	151,395	150,500
Citas reģiona valstis kopā	6,001	0,000	ND	0,006
<b>Centrālā un Dienvidamerika kopā</b>	<b>250,595</b>	<b>243,956</b>	<b>250,838</b>	<b>241,355</b>
Apvienotā Karaliste	20,827	30,018	18,750	18,752
Austrija	ND	0,706	0,530	0,819
Dānija	3,106	4,662	2,786	2,649
Francija	ND	0,247	0,378	0,378
Griekija	ND	0,035	0,035	ND
Horvātija	ND	0,812	1,000	0,999
Īrija	ND	1,201	0,350	ND
Itālija	5,863	4,414	8,000	6,346
Nīderlande	52,668	51,171	62,000	55,515
Norvēģija	84,226	116,045	84,260	84,261
Serbija un Melnkalne	ND	1,483	1,700	ND
Spānija	ND	0,000	0,090	ND
Turcija	ND	0,141	0,300	0,261
Vācija	6,989	6,992	9,076	7,098
Citas reģiona valstis kopā	4,626	ND	ND	0,750
<b>Rietumeiropa kopā</b>	<b>178,305</b>	<b>217,929</b>	<b>189,255</b>	<b>177,828</b>
Albānija	ND	0,071	0,030	0,140
Armēnija	0,000	6,215	0,000	0,000
Azerbaidžāna	48,361	48,382	30,000	ND
Baltkrievija	ND	ND	0,100	ND
Bulgārija	ND	0,141	0,210	0,061
Čehija	ND	0,106	0,140	0,105
Gruzija	ND	ND	0,300	ND
Kazahstāna	105,900	67,099	65,000	ND
Kirgizstāna	ND	ND	0,200	ND
Krievija	1694,400	1695,120	1680,000	2361,053
Polija	4,060	3,885	5,820	5,299
Rumānija	10,414	10,418	3,550	4,775
Slovākija	ND	0,494	0,530	ND
Tadžikistāna	ND	ND	0,200	ND
Turkmenistāna	102,370	102,414	71,000	ND
Ukraina	39,183	39,200	39,600	ND
Ungārija	ND	0,812	1,210	2,369
Uzbekistāna	65,658	65,686	66,200	ND
Citas bijušās PSRS republikas	9,358	3,708	ND	462,205
Citas reģiona valstis kopā	1,730	ND	ND	0,722
<b>Austrumeiropa un bijusi PSRS</b>	<b>2081,433</b>	<b>2043,750</b>	<b>1964,090</b>	<b>2836,728</b>
Apvienotie Arābu Emirāti	213,918	213,409	214,400	204,050
Bahreina	3,177	3,178	3,250	ND
Irāna	970,750	995,883	971,150	944,670
Irāka	111,901	108,770	111,950	112,600
Izraēla	ND	1,660	1,375	ND
Jemena	16,909	16,916	16,900	17,000
Jordānija	ND	0,212	0,220	ND
Katara	910,140	910,527	910,520	913,400

Kuveita	55,492	54,985	56,015	56,600
Omāna	35,124	35,138	29,280	24,240
Saūda Arābija	238,416	235,904	241,840	238,500
Sīrija	13,096	13,067	8,500	18,000
Citas reģiona valstis kopā	1,871	ND	ND	13,631
<b>Vidējie Austrumi kopā</b>	<b>2570,793</b>	<b>2589,649</b>	<b>2565,400</b>	<b>2542,691</b>
Alžīrija	160,439	161,743	160,505	171,500
Angola	ND	13,067	1,620	4,000
Benina	ND	0,000	0,040	ND
Dienvīdāfrikas Republika	ND	0,353	0,001	ND
Ekvatoriālā Gvineja	ND	2,472	1,300	3,400
Etiopija	ND	0,883	0,880	ND
Gabona	ND	1,059	1,200	3,425
Gana	ND	0,848	0,840	ND
Gvineja	0,000	0,000	0,000	0,000
Kotdivuāra	ND	0,918	1,000	ND
Kamerūna	ND	3,496	3,900	ND
Kongo Republika	ND	4,061	3,200	4,150
Kongo (Zaira)	ND	0,000	0,035	ND
Lībija	52,632	51,313	52,650	51,500
Maroka	ND	ND	0,060	ND
Mozambika	ND	2,190	4,500	0,000
Namībija	ND	2,472	2,200	0,000
Nigērija	176,394	178,517	184,660	180,000
Ruanda	ND	2,013	2,000	ND
Somālija	ND	0,212	0,200	ND
Sudāna	ND	3,037	3,000	4,000
Tanzānija	ND	0,989	0,800	ND
Tunisija	ND	2,649	2,750	3,885
Citas reģiona valstis kopā	41,513	0,177	ND	8,899
<b>Āfrika kopā</b>	<b>496,430</b>	<b>498,860</b>	<b>485,841</b>	<b>500,759</b>
Afganistāna	ND	3,532	1,750	ND
Austrālija	86,923	89,983	27,640	128,610
Bangladeša	15,391	15,397	5,000	ND
Bruneja	12,108	12,113	13,800	8,500
Birma	18,533	18,540	10,000	8,929
Ķīna	78,679	77,693	53,325	51,377
Indija	32,582	31,960	38,880	28,605
Indonēzija	90,262	91,996	97,786	63,000
Japāna	ND	1,377	1,400	ND
Malaizija	86,979	87,016	75,000	56,562
Jaunzēlande	ND	2,225	0,900	1,442
Pakistāna	28,169	28,181	28,153	30,131
Papua–Jaungvineja	15,108	15,115	12,200	13,646
Filipīnas	ND	3,673	3,960	1,979
Taivāna	ND	2,578	0,297	ND
Taizeme	15,108	15,115	14,754	12,508
Vjetnama	8,296	8,299	6,800	7,200
Citas reģiona valstis kopā	13,379	0,000	ND	12,257
<b>Āzija un Okeānija kopā</b>	<b>501,517</b>	<b>504,793</b>	<b>391,645</b>	<b>424,745</b>
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>6343,032</b>	<b>6362,044</b>	<b>6112,144</b>	<b>6997,767</b>

ND – dati nav pieejami.



24. attēls. Dabaszāģes atradnēs aprēķināto un ieguvei ekonomiski pamatoto krājumu četri neatkarīgi novērtējumi

Tātad pasaulē visnozīmīgākie dabaszāģes krājumi ir koncentrēti tikai divos pasaules reģionos – bijušajā PSRS (Krievijā, Turkmenistānā un Uzbekistānā) un Persijas līča reģionā (Irānā, Katarā, Saūda Arābijā un Apvienotajos Arābu Emirātos). Katrā šajā reģionā atradnēs ir vairāk gāzes nekā visā pārējā pasaulē kopā.

3. tabulas parādīts tas dabaszāģes daudzums, ko ir ekonomiski lietderīgi iegūt, tomēr šie dati nav tieši saistīti ar faktiski iegūto dabaszāģes daudzumu, jo atradnes tiek ekspluatētas ar dažādu intensitāti un atkarībā no gāzes patēriņa tirgus, bet tas, īpaši rūpniecībā, ir visai mainīgs. Tāpēc dabaszāģi iegūst tikai tik daudz, cik to ir iespējams pārdot (sk. 25. attēlu).

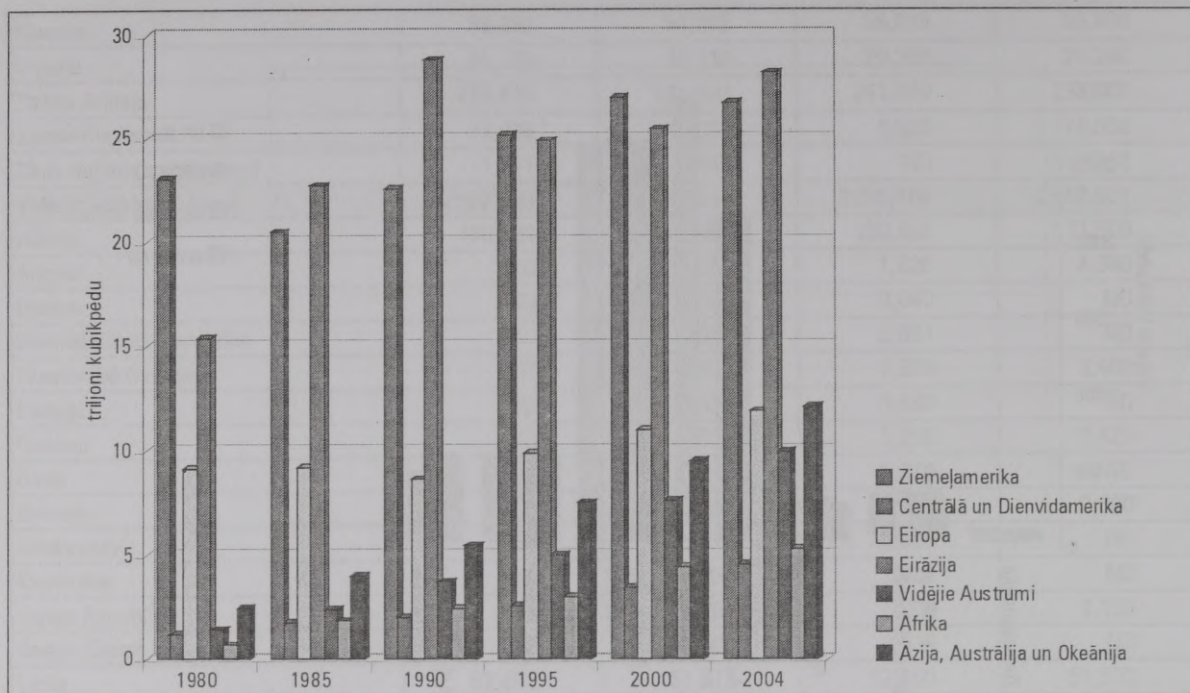
Gāzes ieguve pieaug visos pasaules reģionos, visstraujāk – Āzijā, Austrālijā un Okeānijā, kā arī ieguve stabilizējas lielākajos patēriņa reģionos – Ziemeļamerikā un Eirāzijā. Pasaulē dabaszāģes ieguve un patēriņš attiecībā uz vienu iedzīvotāju ir ļoti atšķirīgs (25. attēlā atspoguļotos datus dalot ar atbilstošā reģiona iedzīvotāju skaitu).

Vispārīgā pārskaits par dabaszāģes patēriņu pa gadiem reģionu skatījumā redzams 26. attēls. Svarīgākā tendence – gāzes patēriņš pieaug pasaulē kopumā un visos tās reģionos. Pēc stabilizācijas

pagājušā gadsimta deviņdesmitajos gados gāzes patēriņš pasaulē pieaug, un tiek prognozēts, ka tas turpināsies arī nākotnē.

Dabaszāģes, tāpat kā citu Zemes dzīļu resursu, ieguve un patēriņš ir tieši saistīti daudzuma ziņā, bet to ģeogrāfiskais izvietojums ir visai atšķirīgs. Valstīs, kurās notiek dabaszāģes ieguve, ne vienmēr ir pieejami arī šie resursi adekvātam patēriņam. Piemēram, Venecuēlā, Saūda Arābijā, Malaizijā, arī Indonēzijā un Argentīnā mazāk nekā 10% iedzīvotāju ir pieejama dabaszāģe māj-saimniecības vajadzībām, un rūpniecībā nepieciešamā enerģija no dabaszāģes nesasniedz pat 20%. Tam ir divi galvenie iemesli – nav pietiekami attīstīts vietējais gāzes pārvades un sadales cauruļvadu tīkls, kā arī salīdzinoši augstā dabaszāģes cena eksporta tirgos, kas ir daudz augstāka par vietējo maksātspēju. Papildus ir jāņem vērā iedzīvotāju izvietojuma blīvuma neviendabība un attālumi no gāzes ieguves vietām līdz konkurējošiem vietējiem patēriņa centriem un eksporta ostām

Dabaszāģes patēriņš pasaulē ir ļoti diversificēts – tie ir gandrīz visi ražošanas un pakalpojumu sektori (sk. 27. attēlu). Nedaudz vairāk dabaszāģi patērē rūpniecībā (32,3%), elektroenerģijas

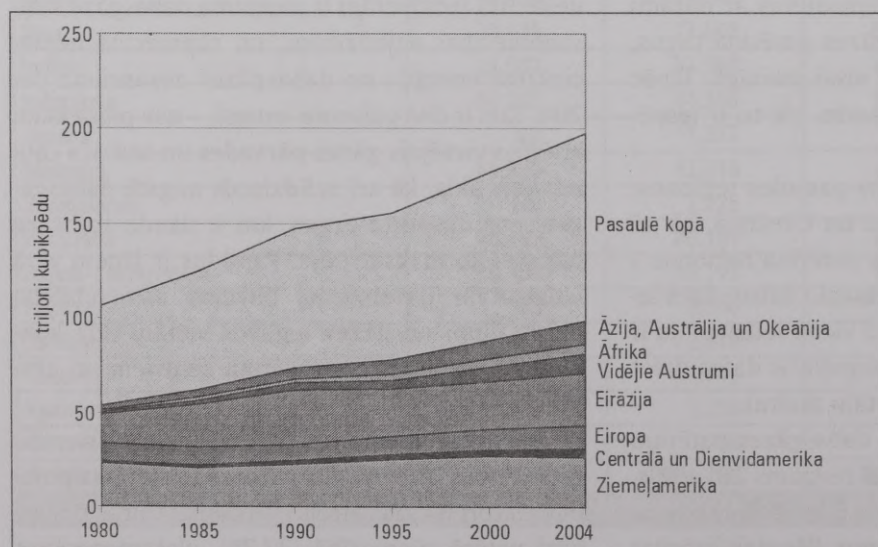


25. attēls. Dabaszāzes ieguves dinamika 1980.–2004. gadā

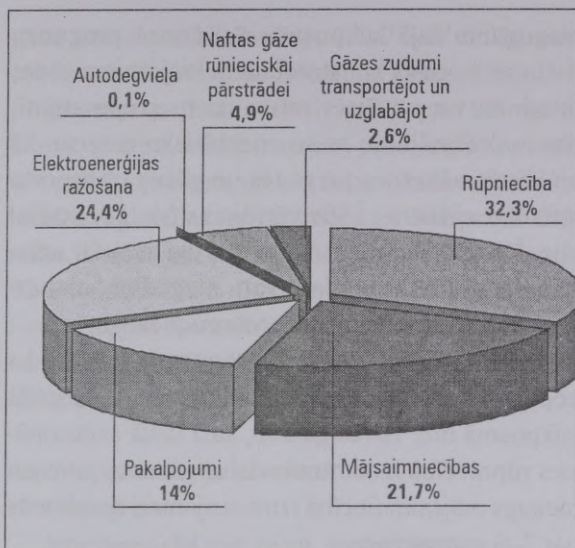
ražošanā (24,4%) un mājsaimniecībā (21,8%), citi izmantošanas veidi ir mazāk nozīmīgi. Vairāk nekā 62,5 miljoni mājsaimniecību pasaulē lieto dabaszāzi gāzes plūm, apkurei, ūdens sildīšanai, drēbju žāvēšanai un citām mājsaimniecības vajadzībām. Mājsaimniecības lieto dabaszāzi arī kafijas grauzdēšanai, gaļas kūpināšanai, maizes cepšanai un daudz kur citur.

Kopš tūkstošgades mijas lielākās dabaszāzes eksportētājvalstis un to loma globālajā tirgū bū-

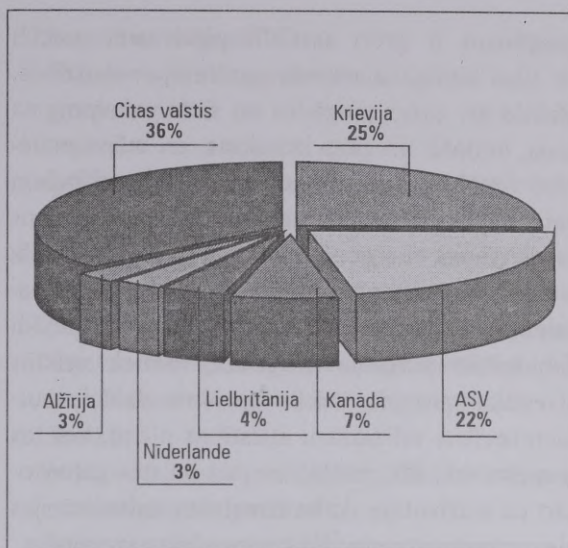
tiski atšķiras no tradicionālās iepriekšējos gadu desmitos. Pēdējos gados (sk. 28. attēlu) Krievija aizņem 25% dabaszāzes eksporta pasaulē, ASV – 22%, Kanāda – 7%, Lielbritānija – 4%, mazāk – Alžīrija un Nīderlande, pārējās valstis – mazāk par vienu procentu. Raksturīgi, ka ASV, Kanāda un Lielbritānija ir arī vienas no lielākajām dabaszāzes importētājām, kas apstiprina mūsdienu pasaules globalizācijas tendences. Tā jau 2005. gadā no 91 pasaules valstī iegūtajiem 2571 miljarda



26. attēls. Dabaszāzes patēriņa dinamika pasaulē 1980.–2004. gadā



27. attēls. Dabasgāzes izmantošana pasaulē (2005)



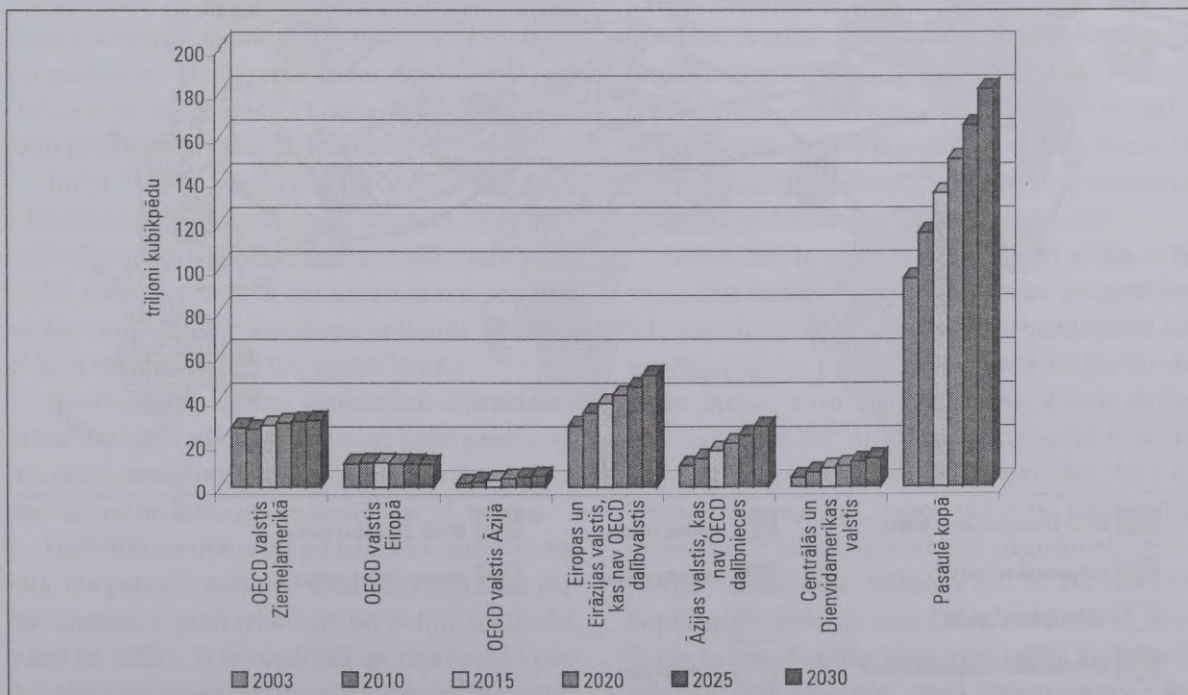
28. attēls. Dominējošās gāzes eksportētājvalstis (2005)

kubikmetru dabasgāzes 68% tika eksportēti uz citām valstīm to galapatēriņam.

Mūsdienās ir tikai divi veidi, kā var veidot dabasgāzes uzkrājumus. Tās ir mākslīgi veidotas pazemes gāzes krātuves (mums pazīstamākā ir Inčukalnā Latvijā, bet pasaulē tādu ir vairāki simti ar kopējo ietilpību aptuveni  $30 \cdot 10^{12}$  kubikpēdas) un gāzes sašķidrināšana zem augsta spiediena (nozīmīgu daudzumu līdz šim sašķidrina tikai sešās valstīs pasaulē – kopā

tikai 7,63 miljonus barelu dienā). Pēdējā gadu desmita tendence ir nozīmīgas izmaiņas dabasgāzes patēriņa struktūrā – izteikti dominē enerģētika, tai seko ķīmiskā rūpniecība, krietni atpaliek apkure, degviela un citi izmantošanas veidi.

Nākotnes patēriņa prognozes ir ļoti svarīgas, jo tās ļauj novērtēt dabasgāzes ieguves vajadzības nākotnē, arī investīcijas jaunos meklēšanas darbos, gāzesvadu attīstībā un tam līdzīgi. Šādas



29. attēls. Dabasgāzes patēriņa prognoze dažādos reģionos un valstu grupās 2003.–2030. gadā

prognozes ir grūti sastādīt pietiekami precīzi ne tikai tāpēc, ka mainās patērētāju vajadzības. Mainās arī gāzes piegādes un šāda pakalpojuma cena, nodokļi un citas izmaksas, arī mājsaimniecību ienākumi un tehnoloģijas industriālajiem patērētājiem. Svarīgi ir ņemt vērā arī iespējamus sasniegumus energoefektivitātes paaugstināšanā, pieaugošās vides aizsardzības prasības, gāzes pakalpojumu tīkla attīstību un tam līdzīgi. Tādējādi dabasgāzes patēriņa prognozes netiek veiktas atsevišķu valstu līmenī (to apraksta dažādi tautsaimniecības vai nozaļu attīstības plāni), bet tās grupējot (sk. 29. attēlu), un tās balstās galvenokārt uz iedzīvotāju skaita izmaiņām, urbanizācijas pieaugumu un nacionālā kopprodukta izmaiņām.

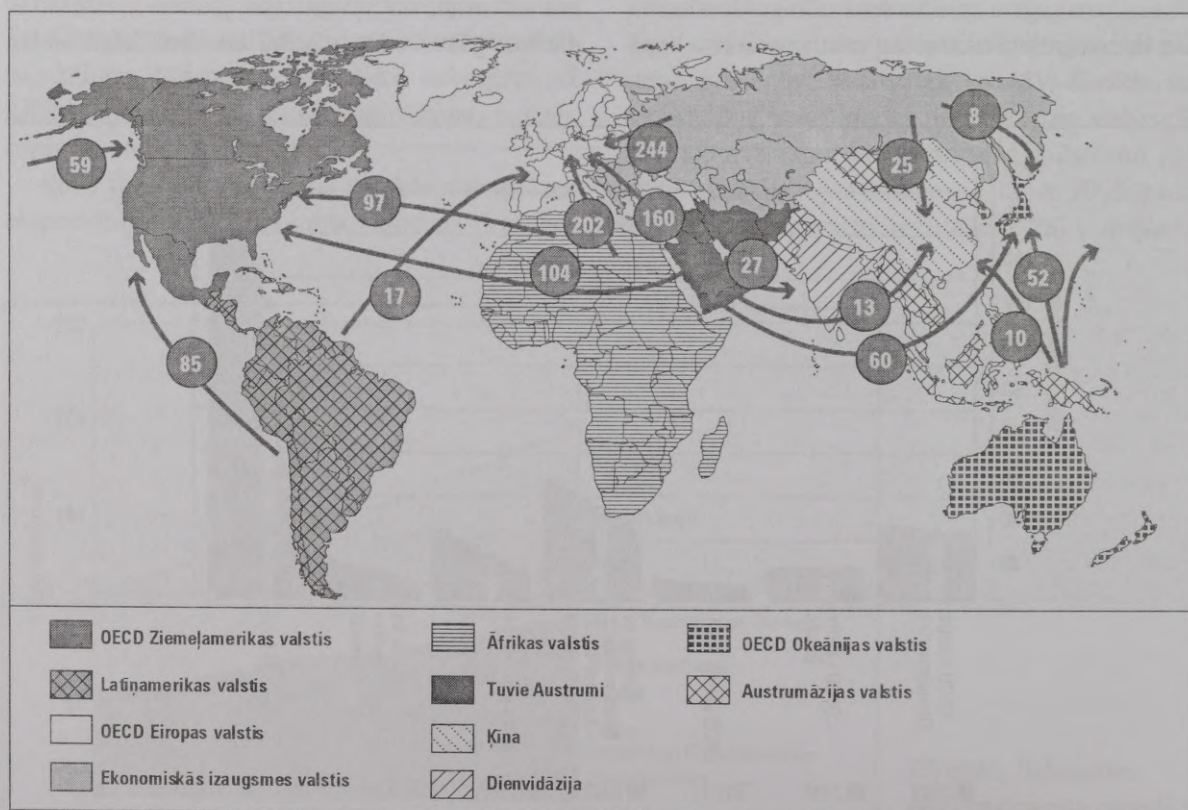
Tātad dabasgāzes patēriņš 2030. gadā salīdzinājumā ar 2003. gadu pieaugs gandrīz divas reizes. Visstraujākais patēriņa pieaugums tiek prognozēts Eiropā, Āzijā, Karību baseinā, Austrālijā un Jaunzēlandē, tomēr iemesli ir atšķirīgi. Eiropā, Austrālijā un Jaunzēlandē tas ir labklājības pieauguma rādītājs un enerģijas avotu dažādošanas rezultāts, taču Āzijā un Karību baseina valstīs prognozes balstās uz strauju rūpnieciskās ražošanas

pieaugumu šajā laikposmā. Salīdzinot prognožu datus ar iepriekš konstatētajiem krājumiem gāzes atradnēs, var novērtēt valstu un to grupu attīstības nodrošinājumu ar šo enerģētisko resursu, kā arī vērtēt nākotnes piegādes un gāzes transporta attīstību nākotnē. Šāds vērtējums (sk. 30. attēlu) visnelabvēlīgākais ir Eiropai, kas jau tagad ir atkarīga no ārējām enerģijas avotu piegādēm, un perspektīvā šī atkarība nepārprotami pieaugs.

Īsāka termiņa patēriņa prognozes liecina, ka kopējais patēriņš pieaugs vidēji par 1,3% gadā laikposmā līdz 2010. gadam, šajā laikā samazināsies rūpniecībā izmantotās dabasgāzes apjoms un pieaugs mājsaimniecībā izmantojamais daudzums par 7–9 procentiem.

Iegūtās dabasgāzes pašizmaksa ir zema un nepārsniedz 2–3 ASV dolārus par 1000 kubikmetriem, bet tā ir cena par gāzi tieši no urbuma, un to būtiski sadārdzina tās atbrīvošana no mehāniskiem piemaisījumiem, attīrīšana pirms transportēšanas vai sašķidrināšanas un ar to saistītās infrastruktūras izmaksas.

Dabasgāzes cenas ir globālas. Gāzi iepērk biržās vai uz ilgtermiņa līgumu pamata, un tās cena 2006.



30. attēls. Prognozētās dabasgāzes tirgus plūsmas 2030. gadā, miljardos kubikpēdu

gada deviņos mēnešos bija 6,5–7 ASV dolāri par britu termālo vienību. Īstermiņa perspektīvā tiek prognozēta sadārdzināšanās vidēji par 10% gadā. Tomēr gāzi patērētāji ir spiesti pirkt kopā ar piegādes pakalpojumiem, un tad dabasgāzes cenas kļūst izteikti reģionālas un var atšķirties līdz pat desmit reizi. Vidējā gāzes cena Latvijai 2006. gadā bija 92–94 dolāri (52,8–54,0 lati) par 1000 kubikmetriem. Eiropas Savienībā dabas gāzes cena ir aptuveni 128–134 ASV dolāri, ASV vidēji valstī – 55–70 ASV dolāri par 1000 kubikmetriem.

#### Papildu informācija internetā

##### ✓ Ģeoloģija

[http://www.ch4.com.au/ng\\_geology.html](http://www.ch4.com.au/ng_geology.html)

<http://www.naturalgas.org/naturalgas/exploration.asp>

[http://www.martindalecenter.com/GradGeoscience\\_2\\_G.html](http://www.martindalecenter.com/GradGeoscience_2_G.html)

##### ✓ Resursi un krājumi

<http://www.eia.doe.gov/emeu/international/gasreserves.html>

##### ✓ Ieguve

[http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/nat\\_gas.html](http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/nat_gas.html) <http://www.eia.doe.gov/emeu/international/>

##### ✓ Cenas

<http://www.eia.doe.gov/emeu/international/gasprice.html>

<http://tonto.eia.doe.gov/oog/info/ngw/ngupdate.asp>

<http://www.wtrg.com/daily/oilandgasspot.html>

[http://tonto.eia.doe.gov/dnav/ng/ng\\_pri\\_top.asp](http://tonto.eia.doe.gov/dnav/ng/ng_pri_top.asp)

##### ✓ Skolām

<http://www.eia.doe.gov/kids/energyfacts/sources/non-renewable/naturalgas.html>

<http://www.eia.doe.gov/kids/history/timelines/naturalgas.html>

<http://www.adventuresinenergy.org/>

## 3.6. Urāna un torija rūdas

Ķīmisko elementu urānu 1789. gadā atklāja M. Klaprots (*Martin Heinrich Klaproth*) Berlīnē un nosauca to planētas Urāna vārdā. Pirmo reizi to ķīmiski tīru ieguva tikai 1841. gadā franču ķīmiķis E. Peligo (*E. M. Peligot*). Urāna un torija rūdas kā paaugstināta šo ķīmisko elementu koncentrācija dabā ir sastopama salīdzinoši bieži, bet rūpnieciskai pārstrādei piemērotas rūdas dabā ir ļoti reti. Dabā urāns sastopams 231 minerāla veidā, no kuriem izplatītāki ir tikai 26 minerāli.

Toriju 1815. gadā atklāja zviedru ķīmiķis J. Bercēliuss (*Jöns Berzelius*) un nosauca to zviedru folklorā minētā kara dieva Tora vārdā. Dabā zināmi 57 toriju saturoši minerāli. Visi tie ir ļoti reti, biežāk torijs ir minerālos kopā ar urānu. Saimnieciskām vajadzībām arī tos iegūst kopā.

Asociācijās ar citiem ķīmiskajiem elementiem urāns var veidot anjongrupas un arī katjongrupas, tāpēc urāns sastopams ļoti daudzos minerālos dažādu anjongrupu un katjongrupu sastāvā (sk. 4. tabulu).

Izplatītākais urāna un arī torija minerāls ir urānīts, tas gandrīz vienmēr satur reto minerālu piemaisījumus, it īpaši tehnēciju un rādiju, arī dzelzi, svīnu un hēliju. Tā ir bagātākā un rūpnieciski gandrīz vienīgā izmantojamā urāna rūda (urāna saturs 50–65%), vienīgā rādija rūda.

Lielākās zināmās atradnes pasaulē ir Trans-Pekos un Beringerhila (Teksasa, ASV), Eliotas ezera atradnes (Kanāda), Vītatersranda (Dienvidāfrika) un Olimpikdama (Austrālija). Pēc veidošanās apstākļiem atradnes iedala dzīslu atradnēs (lielākās ir Jačimova Čehijā, Šinkolobve Zairā), metasomatītu atradnēs (Espināra Brazīlijā, Žoltije vodi Ukrainā), intruzīvajās (Rosinga Namībijā, Ilmausaka Grenlandē, Palabora Dienvidāfrikā, Krokettella Austrālijā) un vulkāniskajās (ļoti bagātīgas atradnes ir Ķīnā, Krievijā, Kazahstānā, Meksikā). Ļoti lielas eksogēnas cilmes atradnes ir Austrālijā un Namībijas Centrālajā tuksnešī.

Urāna izmantošana ir salīdzinoši plaša – no speciālām krāsvielām un medicīnas preparātiem līdz kodoldegvielai. Ceļu urāna izmantošanai par enerģijas avotu pavēra 1934. gadā fiziķis Enriko Fermī Romā, pētot iespējas panākt atomu dalīšanos, bombardējot urānu ar neitroniem. Otro atklājumu daļu veica vācu zinātnieki Oto Hāns un Fricis Stramans, kad, pētot rādija un berilija mijiedarbību ar urānu, tika atklāta vieglāku elementu (bārija) veidošanās. Nākamo soli E. Fermī spēra kopā ar Leo Szilardu (*Leó Szilárd*) tikai 1942. gada 2. decembrī, demonstrējot kontrolētu kodolreakciju ķēdi, kas ļāva 1955. gadā viņiem patentēt kodolreaktoru (ASV patents 2.708.656).

4. tabula. Urānu saturošu minerālu skaits un tā ķīmiskā savienojuma forma

Anjongrupās		Katjongrupās			
Anjongrupas	Minerālu skaits	Katjongrupa	Minerālu skaits	Katjongrupas	Minerālu skaits
Bo	5	Al	23	Ni	1
Karbonāti	31	(NH <sub>4</sub> )	1	Nb	29
Cl	1	AsO <sub>4</sub>	28	[SeO <sub>3</sub> ] <sup>2-</sup>	6
F	17	Ba	16	K, Na	36
Hidroksīdi	117	Bi	7	Sr	3
Oksīdi	80	Ca	89	Ta	18
Fosfāti	62	Co	3	Te	3
Silikāti	60	Cu	16	Ti	27
Sulfāti	20	Fe	28	W	1
Sulfīdi	1	Pb	33	V	15
		J	1	Y	22
		Mg	17	Zn	3
		Mn	6	Zr	3
		Mo	9	Ar organiskajām vielām	1
				Retzemes	22

Pirmie kodolreaktori tika radīti, lai izstrādātu plutoniju kodolieročiem, un tikai pagājušā gadsimta piecdesmito gadu vidū tika izstrādāti pirmie kodolreaktoru projekti nemilitāriem mērķiem. Tomēr jau 1951. gada 20. decembrī pirmo reizi tika izstrādāta elektriskā strāva Arko kodolreaktorā Aidaho pavalstī ASV. 1954. gadā Obņinskā Krievijā tika iedarbināta pirmā atomelektrostacija (tās jauda bija 5 megavati, un ar to tajā laikā pietika 2000 māju elektroapgādei). Pirmā komerciālā atomelektrostacija darbu sāka 1956. gadā Kalderholā. 1957. gadā tai pievienojās Šīpingportas atomstacija Pensilvānijas pavalstī ASV. Turpmākā atomelektrostaciju un reaktoru izbūve noritēja strauji – līdz pat Černobilas katastrofai. Patlaban pasaulē darbojas vairāk nekā 400 atomreaktoru enerģijas ražošanai (nēskaitot militārām vajadzībām izveidotos).

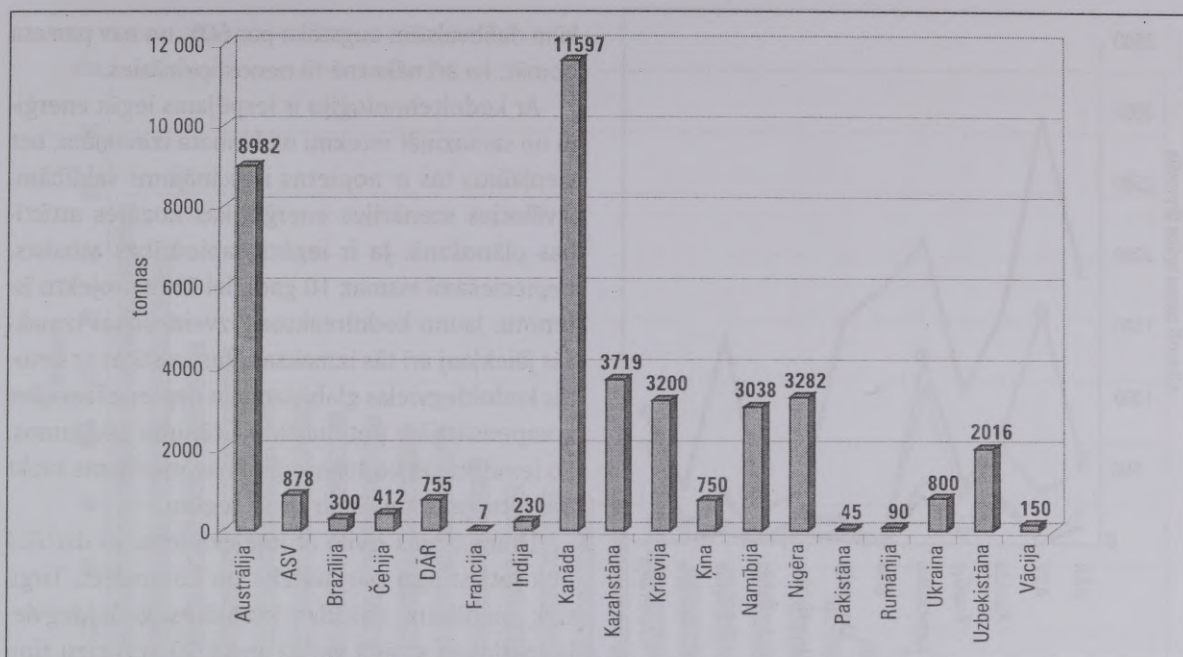
Lai cik dīvaini tas arī būtu, cilvēki kodolenerģiju sāka apgūt tikai pirms pusgadsimta, bet dabas veidoti kodolreaktori mums apkārt ir bijuši jau ļoti sen. Piecpadsmit šādi reaktori ir atrasti trīs dažādās rūdu atradnēs Oklo raktuvju rajonā (Gabonā, Rietumāfrikā). Pirmo 1972. gadā atklāja franču fiziķis Francis Perī (*Francis Perrin*), un šī vieta mūsdienās tiek saukta par Oklo fosiliem reaktoriem<sup>1</sup>. Tie darbojas jau aptuveni 150 miljonus gadu, un to jauda ir aptuveni 100 kilovatu!

Urāna ieguve 2006. gadā tika veikta 61 pasaules valstī, tomēr daudzas valstīs ieguve ir apstājusī saražotās rūdas pārprodukcijas dēļ. Lai arī faktiskais kodolenerģijas avotu patērētais daudzums pieaug (2004. gadā kopējais urāna patēriņš sasniedza 76 tūkstošus tonnu), tikai daļa no šīm izejvielām tiek iegūtas raktuvēs, jo intensīvi tiek pārstrādāti kodolieroču uzkrājumi (no kopējā enerģijas izejvielu daudzuma tie patlaban veido līdz 65%). Šie avoti ir ļoti lēti un būtiski ietekmē ieguves rūpniecības konkurētspēju, tomēr ir paredzams, ka šie enerģijas avoti tiks pārstrādāti līdz 2020. gadam, un, tuvojoties šim termiņam, tiek prognozēta nopietna krīze atomreaktoru darbības nodrošināšanā ar izejvielām.

2004. gadā tikai 34 pasaules valstīs tika iegūta urāna rūda komerciālos nolūkos, bet 2005. gadā – tikai 18 valstīs. 2005. gadā (sk. 31. attēlu) kopā ieguva 40 251 tonnu urāna rūdas (pārrēķinot tīru urānā), visvairāk – Kanādā (28,8% no pašreizējās ieguves pasaulē).

Tas ir daudz mazāk nekā pirms desmit gadiem, tomēr ieguve ir nedaudz pieaugusi kopš 2001. gada. Tā pieaug vidēji par 4% gadā. Tomēr tas ir salīdzinošs neliels daudzums salīdzinājumā ar to, ko pasaulē ieguva līdz šim (sk. 31. attēlu). No 1945. līdz 2005. gadam pasaulē ir iegūta 2 087 231 tonna urāna tīrmetāla izteiksmē

<sup>1</sup> Vairāk lasīt <http://www.ocrwm.doe.gov/factsheets/doeymp0010.shtml> un <http://www.physics.isu.edu/radinf/Files/Okloreactor.pdf>



31. attēls. Pasaulē iegūtā urāna daudzums 2005. gadā, tonnās tīra urāna

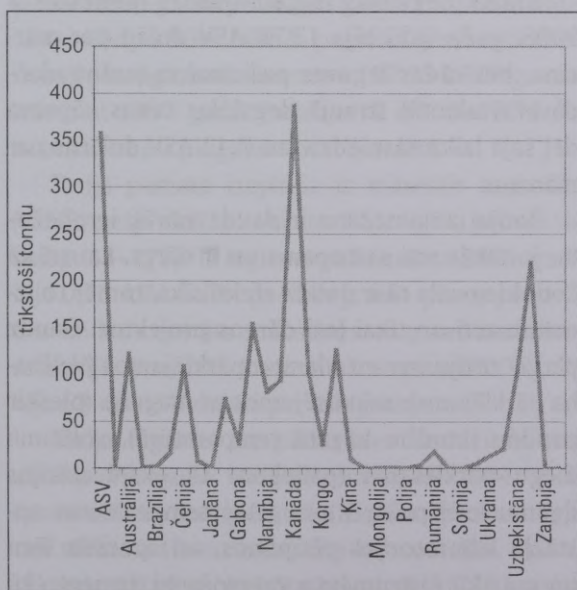
(sk. 32. attēlu), visvairāk – Kanādā (18,5%), ASV (17,1%) un Vācijā (10,5%).

Pa reģioniem (sk. 33. attēlu) visvairāk urāna ir iegūts Ziemeļamerikā un Eiropā.

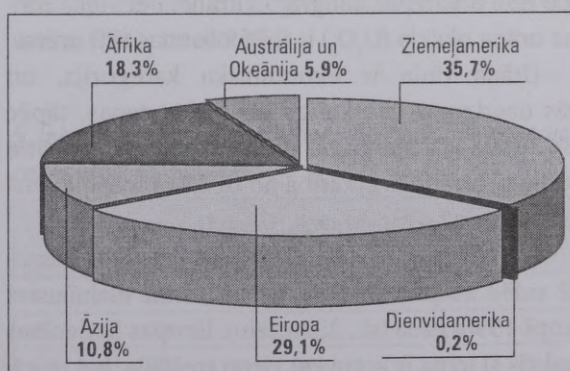
Ieguves koncentrēšanās bija saistīta ar pamatotām bažām līdz pat 1965. gadam, ka urāna rūdas, to koncentrāti un kodoltehnoloģijas varētu nonākt daudzu valstu rīcībā, kuru savstarpējās attiecības

tiktu risinātas ar jauno ieroču palīdzību. Pat ļoti bagātas rūdas atradnes Āfrikā, Āzijā un Dienvidamerikā tika pētītas, bet to krājumi un atrašanās vietas ne vienmēr bija zināmas pat šo valstu valdībām. Urāna rūdu ieguve šeit sākās tikai pagājušā gadsimta sešdesmito gadu beigās, bet rūdu koncentrātu izgatavošana tiek veikta citās valstīs.

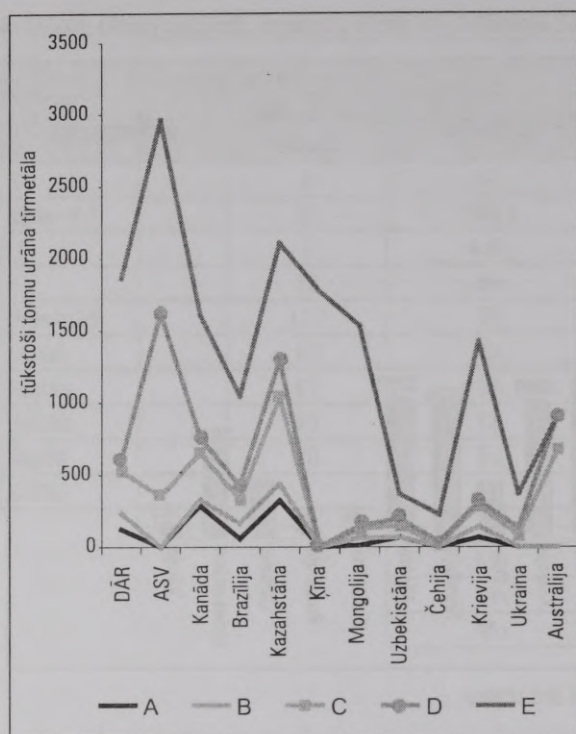
Summārie dati norāda uz ļoti lielu līdz šim iegūtā urāna daudzumu, un tiek vērtēts, ka viss daudzums – aptuveni 860 000 tonnu urāna – tika izmantots civilajiem mērķiem, galvenokārt elektroenerģijas ražošanai. Zināms, ka militāriem mērķiem ir izmantots 720 000 tonnu urāna, bet 140 000 tonnu urāna izmantošanas mērķis joprojām nav zināms.



32. attēls. Pasaulē iegūtā urāna daudzums no 1945. līdz 2005. gadam kopā, tīrmetāls



33. attēls. Pasaulē iegūtā urāna daudzums no 1945. līdz 2005. gadam pa reģioniem, %



34. attēls. Urāna apstiprinātie krājumi un to ieguves ekonomiskā lietderība tūkstošos tonnu urāna (salīdzinājumā ar citiem enerģijas avotiem, kuru vidēji svērtā lietderība ir noteikta 130 ASV dolāru par kilogramu)

Apzīmējumi: ieguve ekonomiski pamatota, ja urāna cena ir: A – < 40 USD/kg; B – 40–80 USD/kg; C – > 130 USD/kg; D – papildus iegūstamais rūdas daudzums, paplašinot atradnes, ja cena ir augstāka par 130 USD/kg; E – papildus iegūstamais rūdas daudzums daļēji izpētītās atradnēs, ja cena ir augstāka par 130 USD/kg

Izmantojot statistiskos materiālus par urāna rūdu, ir jāņem vērā, ka viena tonna urāna ir aptuveni 1,3 tonnas urāna oksīda. Izmaksu aprēķinos viens ASV dolārs par mārciņu urāna oksīda ir 2,6 ASV dolāri par kilogramu urāna, bet viena tonna urāna oksīda ( $U_3O_8$ ) ir 0,769 tonnas tīra urāna.

Urāna rūda ir ekonomiska kategorija, un tās daudzums ir atkarīgs no tirgus cenas, tāpēc 34. attēlā ir atspoguļoti urāna rūdas apstiprinātie krājumi atradnēs atkarībā no tā, kāda ir iespējamā urāna cena tirgū.

Atomenerģijas loma elektrības ražošanā pasaulē vidēji ir aptuveni 17%, un tā ir maz mainījiesies kopš 1990. gada (sk. 35. attēlu). Eiropas Savienības valstīs šī loma ir aptuveni viena trešdaļa, bet vairāk

kām dalībvalstīm augstāka par 60%, un nav pamata domāt, ka arī nākotnē tā nenostiprināsies.

Ar kodoltehnoloģiju ir iespējams iegūt enerģiju un samazināt ietekmi uz klimata izmaiņām, bet vienlaikus tas ir nopietns izaicinājums valdībām, izvēloties scenārijus enerģētikas nozares attīstības plānošanā. Ja ir iegūts sabiedrības atbalsts, nepieciešami vismaz 10 gadi, lai šādu projektu īstenotu. Jaunu kodolreaktoru izveidošanas izmaksas jāiekļauj arī tās izmaksas, kas saistītas ar lietotās kodoldegvielas glabāšanu un nepieciešamajām kompensācijām potenciālo kaitējumu gadījumos. Šo iemeslu dēļ kodolenerģiju nav iespējams saukt par lētu, ja tā tiešām ir droši iegūta.

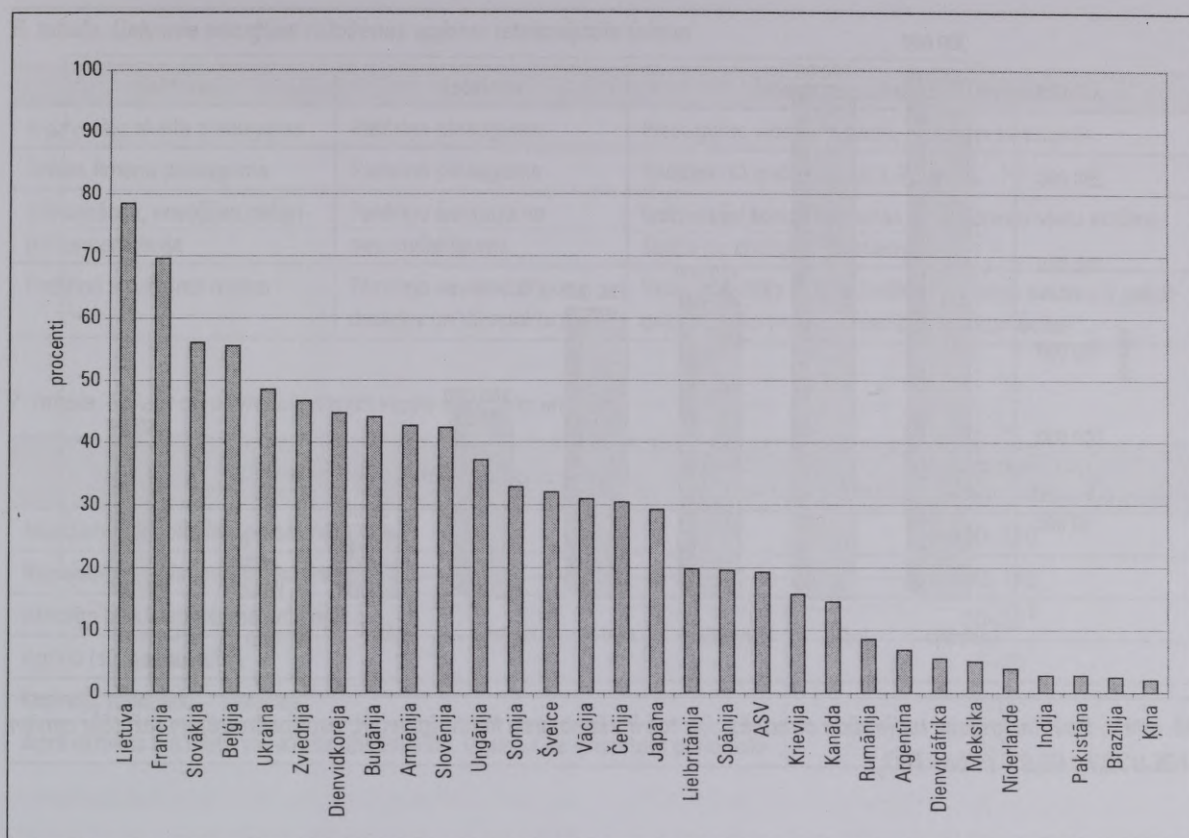
Urāna tirgus civilo atomelektrostaciju darbībā tiek ļoti stingri pārraudzīts un kontrolēts. Tirgū tiek piedāvāta dažādas kvalitātes kodoldegviela (patlaban strādā vairāk nekā 20 atšķirīgu tipu reaktori), un degviela savstarpēji tiek salīdzināta, izmantojot īpašu mērvienību  $U_3O_8e$  (urāna oksīda ekvivalents). To parasti nenorāda, bet tas ir jāņem vērā, veicot dažādus aprēķinus un novērtējumus.

Urāna kodoldegviela atomelektrostacijām nav dārga. 2004. gadā tā maksāja 14,36 ASV dolārus par mārciņu  $U_3O_8e$ , bet 2005. gadā tā bija jau par 17% dārgāka. Turpmāk cena vēl pieaugs, un 2006. gada vidū tā sasniedza 20,04 ASV dolārus par mārciņu urāna kodoldegvielas, turpmākajos mēnešos tā pieaugs līdz pat 48 ASV dolāriem par mārciņu<sup>1</sup>, kas ir augstākā cena kopš 1962. gada.

Urāna degvielas sagatavošanas pašizmaksa 2006. gada vidū bija 13,70 ASV dolāri par mārciņu, bet rūdas ieguves pašizmaksa (urāna oksīda ekvivalentā) straujā degvielas cenas kāpuma dēļ šajā laikā sasniedza jau 7,42 ASV dolārus par mārciņu.

Torija izmantošana ir daudz vairāk ierobežota, jo tas ir reti sastopams un ir dārgs. Lai arī kā kodoldegviela tā ir daudz efektīvāka, tomēr to izmanto reti un tikai ļoti dārgos projektos. Daudz plašāk toriju izmanto lampu pārklājumos (Velšba ha pārklājums), sakausējumos ar magniju (piešķir papildu izturību augstā temperatūrā), volframa diegu pārklāšanai (palielinot tā ekspluatācijas ilgumu kvēlspuldzēs), augstas temperatūras apstākļu laboratorijas pētījumos, arī speciālu lēcu un optisku instrumentu gatavošanai, izmanto kā

<sup>1</sup> Ikdienas urāna degvielas cenas izmaiņas skatīt [http://www.uxc.com/review/uxc\\_Prices.aspx](http://www.uxc.com/review/uxc_Prices.aspx)



35. attēls. Kodolenerģijas loma elektrības ražošanā atsevišķās valstīs (2005)

katalizatoru amonjaka pārvēršanā par slāpekļskābi, naftas krēkingā un sērskābes ražošanā.

Torija (99,9% tīrības) cena ir maz mainījusies no 1959. gada (43,10 USD/kg) līdz pat 1979. gadam (33,07 USD/kg). Turpmākajos gados torija izmantošana aviācijas būvē būtiski paplašinājās, un tā cena strauji pieauga, maksimumu – 107,25 USD/kg – sasniedzot 1997. gadā. Patlaban tā ir 100–120 dolāru atkarībā no piegāžu nosacījumiem.

Torija pamata izejviela ir minerāls monačīts (vidējā torija oksīda koncentrācija 6–7%, bet var sasniegt 14–17%). Tā ieguves pašizmaksa 2005. gadā bija 0,73 ASV dolāri par kilogramu pirms pārstrādes un koncentrāta ražošanas. Augstas kvalitātes retzemju monačīta koncentrāta cena 2005. gadā bija 63–65 ASV dolāri par kilogramu.

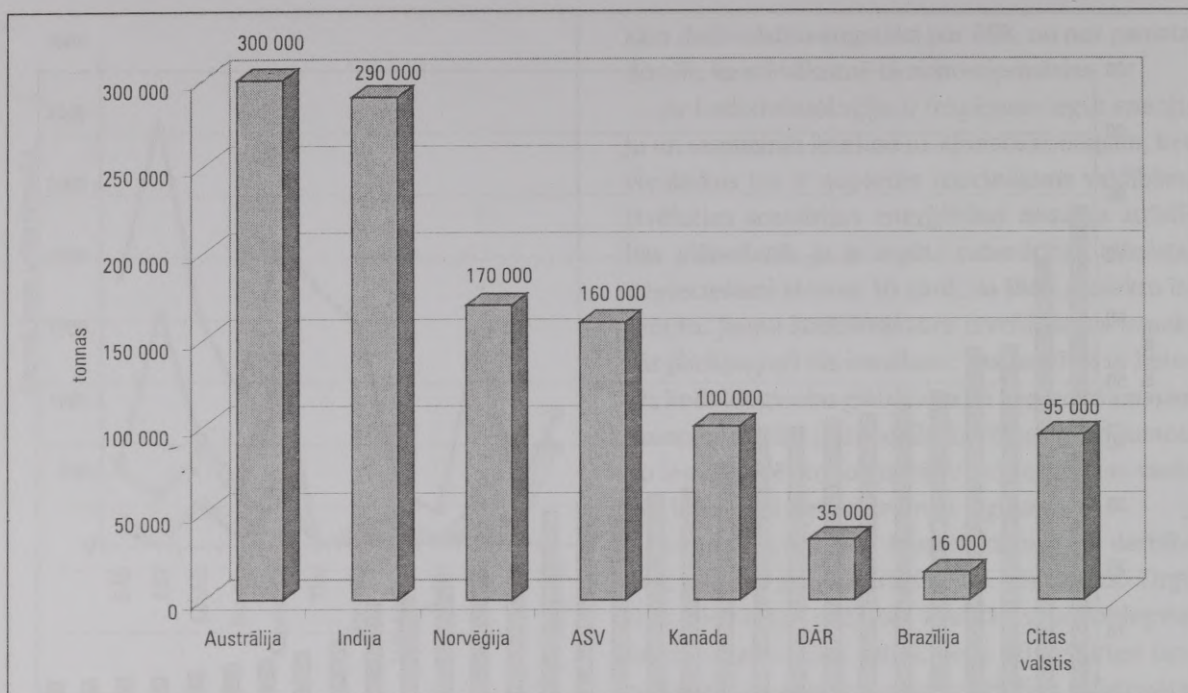
Torija ieguves un pārstrādes daudzums nav zināms. Pieejamā statistika rāda, ka 2004. gadā komerciāliem mērķiem tika iegūts aptuveni septiņi tūkstoši tonnu monačīta koncentrāta. Visvairāk monačīta koncentrāta ražo Indijā (71% no visā pasaulē saražotā daudzuma) un Austrālijā (20%), daudz mazāk – Ķīnā, Šrilankā, Malaizijā.

Atradrnēs torija rūda ir ekonomiska kategorija, un tās novērtētie krājumi mainās no iespējamās torija cenas tirgū (sk. 5. tabulu).

Kopējie torija resursi pasaulē 2005. gadā tika vērtēti aptuveni 4,51 miljona tonnu apjomā, kuru ievērojamākā daļa koncentrēta tikai dažās valstīs – Austrālijā, Brazīlijā, Kanādā, Grenlandē, Indijā, Dienvidāfrikā un ASV (sk. 36. attēlu). Izpētītie krājumi torija rūdu atradrnēs pasaulē, kur to ekonomiski ir lietderīgi iegūt, esot pašreizējām ražotāju cenām, 2005. gadā sasniedza 1 200 000 tonnu (ThO<sub>2</sub> izteiksmē).

5. tabula. Torija krājumi atradrnēs ASV atkarībā no torija cenas tirgū

Torija cena tirgū, USD par mārciņu ThO <sub>2</sub>	Torija rūdas krājumi miljonos tonnu
10	0,6
30	0,8
50	11
100	36
500	3000



36. attēls. Izpētītie krājumi torija rūdu atradnēs, kur tos ir ekonomiski lietderīgi iegūt, esot pašreizējām ražotāju cenām (105 USD/kg 99,9% tīrības ThO<sub>2</sub>)

### 3.7. Enerģētikas nākotnes scenāriji

Enerģētikai ir ļoti liela nozīme tautsaimniecības un labklājības attīstībā, tāpēc cilvēci jau vairāk nekā gadsimtu uztrauc enerģijas avotu nepietiekamība un to izsīkšana, kā dēļ var tikt apdraudēta dzīves līmeņa izaugsme un drošība nākotnē, tāpēc par to daudz diskutē. Pirmo reizi ļoti plaši tas tika apspriests un vērtēts Pirmā pasaules kara laikā. Eiropas saimniecībai svarīgās ogļu atradnes Silēzijā un Vestfālē tika izmantotas par karadarbības lauku, un tās nespēja atjaunot savu saimniecisko darbību un radīja pirmo nopietno enerģētisko krīzi Eiropā. Visa gadsimta laikā šādas krīzes situācijas un apstākļi dažādu iemeslu dēļ atkārtojās vairākkārt, taču neviena valsts vai kādu valstu grupa no tā neko nav mācījusās, lai nepieļautu šādas situācijas nākotnē. Tāpēc jau vairākus gadus desmitus nerimstas diskusijas gan speciālistu, gan plašsaziņas līdzekļu un dažādu sabiedrisko organizāciju vidē.

Šādu diskusiju objekts ir iespējami saudzīga un tālredzīga neatjaunojamo (fosilo) enerģijas avotu izmantošana, enerģijas avotu pieejamība un enerģijas piegāžu drošība. Šos jautājumus dažādās organizācijās un arī valsts iestādes skaidro visai

atšķirīgi, nereti ne tik nepareizi, cik tendenciozi, un šādi dati vienmēr ir rūpīgi jāpārbauda.

Iepriekš apskatītie dati un to novērtējums rāda, ka attiecībā uz fosilo kurināmo pasaulē turpmākos 500 gadus nav pamata uztraukties (bet nepārstrukturējot enerģijas avotus, kas patlaban jau notiek, – aptuveni 350 gadu). Nav ne mazākā priekšstata par sabiedrības vajadzībām šādā laika perspektīvā. Piemēram, var tikai aptuveni nojust, ko enerģētikas attīstībā būtu piedāvājuši senie domātāji, teiksim, 1506. gadā vai 1656. gadā. Tieši tāda pati varētu būt ticamība tiem priekšstatiem un prognozēm, ja tagad mēģinātu to darīt attiecībā uz 2356. vai 2506. gadu.

Otrs diskusiju objekts ir enerģijas pietiekamība, kas ir daudz komplicētāks jautājums. Ir vairāki svarīgi pasaules enerģētikas attīstību ietekmējoši faktori (sk. 6. tabulu).

Tie nepavisam nav vienīgie faktori, patiesībā to ir daudz vairāk, tostarp enerģijas cena un patērētāju maksātspēja. Vēl visai atšķirīgs ir enerģijas patēriņš dažādās saimniekošanas formās, atšķirīgas ir tradīcijas un dzīvesveids, kas

6. tabula. Galvenie enerģijas ražošanas apjomu ietekmējošie faktori

Faktors	Ietekme	Ietekmes nozīmīgums, komentāri
Iedzīvotāju skaita pieaugums	Patēriņa pieaugums	Pieaugums vidēji 2% gadā, patlaban samazinās
Dzīves līmeņa pieaugums	Patēriņa pieaugums	Pēdējos 30 gados vidēji 3,3% gadā
Urbanizācija, enerģijas patēriņa koncentrācija	Patēriņa izvietojuma nevienmērīgums	Iedzīvotāju koncentrēšanās un apdzīvoto vietu attālināšanās no enerģijas avotiem
Patēriņa struktūras maiņa	Patēriņa nevienmērīgums nedēļas un diennakts ciklā	Visās attīstītās valstīs lielākais patēriņa sektors ir pakalpojumi, seko mājsaimniecības un rūpniecība

7. tabula. Dzīves un saimniekošanas veida enerģijas ietilpība

Dzīves un saimniekošanas veids	Enerģijas patēriņš, gigadžouli uz vienu iedzīvotāju gadā
Mūsdienu tehnoloģiski piesātinātā vide	330–350
Rūpniecības attīstība, manufaktūras	100–110
Attīstīta lauksaimniecība, lopkopība	20–35
Agrīnā lauksaimniecība	10–20
Klejojotāji, mednieki – savācēji	2–15
Agrā akmens laikmeta vienkāršs dzīvesveids. Uguns tiek izmantota periodiski	0–5

ļoti būtiski ietekmē enerģijas patēriņu. Dzīvesveidus var grupēt arī pēc to enerģijas ietilpības (sk. 7. tabulu).

Katrā sabiedrībā cilvēkiem ir atšķirīgas intereses, attieksme un dzīvesveids, tomēr tabulas dati pietiekami skaidri rāda noteiktas konsekvences enerģijas patēriņā, pastāvīgi pieaugot dzīves līmenim visā pasaulē. Piemēram, ja Indijā miljards iedzīvotāju īsā laikposmā no lauksaimniecības un lopkopības dzīves veida pēkšņi pārveidotu dzīvi mūsdienu tehnoloģiski piesātinātā vidē, sekas varētu būt enerģijas patēriņa pieaugums, kas enerģijas izteiksmē būtu līdzvērtīgs visam Eiropas Savienības valstu enerģijas patēriņam. Diemžēl šis piemērs nav izdomāts un atspoguļo pamatotas bažas par enerģijas pietiekamību un, galvenais, piegāžu drošumu.

Enerģijas patēriņa prognozes tiek izstrādātas jau vairāk nekā pusgadsimtu, un tas bija viens no pirmajiem tikko izveidotās Apvienoto Nāciju Organizācijas pasākumiem. Mūsdienās šādas prognozes izstrādā desmitiem starptautisku organizāciju (ANO, Pasaulē Banka, Eiropas Savienības

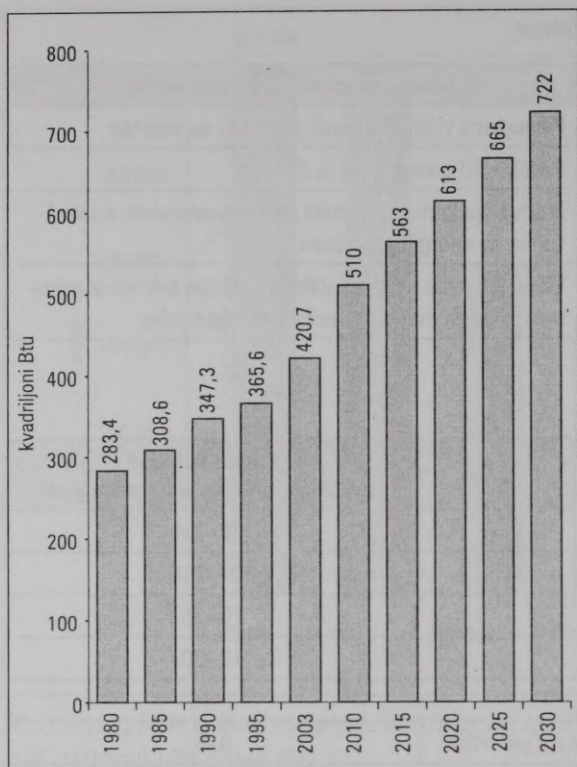
struktūras u. c.), profesionālas un nozaru apvienības (ICC, ASV Enerģētikas departaments u. c.) un lielās energoapgādes kompānijas (*Shell, British Petroleum* u. c.). Prognozes tiek izstrādātas, balstoties uz daudziem faktoru un ietekmju attīstības scenārijiem, kurus matemātiski apraksta kā datormodeļus. Patlaban no vairākiem desmitiem šādu scenāriju aprēķiniem par pamatotākiem tiek atzīti *SAGE* un *MARKAL* modeļu grupās iegūtie rezultāti<sup>1</sup>. Tos ik gadu detalizēti novērtē (sk. 37. attēlu) un papildina. Šādu novērtējumu sauc par Starptautisko enerģijas pārskatu jeb *International Energy Outlook (IEO)*<sup>2</sup>.

*IEO* pārskatos vienmēr prognozes tiek izteiktas scenāriju jeb iespējamās attīstības ceļu formā. Kopš 1992. gadā šādi scenāriji balstās uz šādiem pamata datiem: iedzīvotāju skaita pieaugums, nacionālais kopprodukts, tehnoloģiju attīstība, urbanizācija, patēriņa struktūra un Kioto protokola ietekmes.

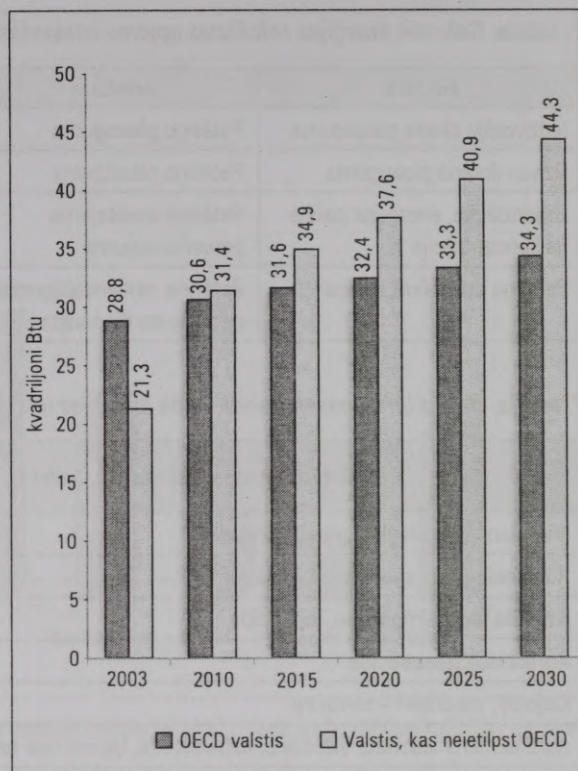
Šajos scenārijos lielākā atšķirība ir starp mājsaimniecībās izmantotās enerģijas kopapjomu un tās daļu kopējā enerģijas patēriņa bilancē.

<sup>1</sup> Detalizēti skatīt <http://www.eia.doe.gov/bookshelf/docs.html> un [http://www.etsap.org/MRKLDOC-III\\_SAGE.pdf](http://www.etsap.org/MRKLDOC-III_SAGE.pdf)

<sup>2</sup> Jaunāko pieejamo novērtējumu skatīt <http://www.eia.doe.gov/oiaff/ieo/index.html>, ziņojums: DOE/EIA-0484(2006)



37. attēls. Enerģijas komerciālā patēriņa vēsturisks apskats un prognozes (1980.–2030. gadam), kvadriljoni (kvadriljons =  $10^{12}$ ) britu termālo vienību (Btu)



38. attēls. Mājsaimniecībās patērētās enerģijas daudzums 2003.–2030. gada perspektīvā

Patlaban (IEO 2006) tiek prognozētas šādas izmaiņas periodā līdz 2030. gadam (sk. 38. attēlu).

Šie scenāriji nav optimistiski, jo patēriņa stabilizācija tiek prognozēta tikai OECD valstīs, kurās dzīvo mazāk par 15% pasaules iedzīvotāju.

#### Papildu informācija internetā

[http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/special\\_topics.html](http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/special_topics.html)

<http://www.eia.doe.gov/emeu/international/energyproduction.html>

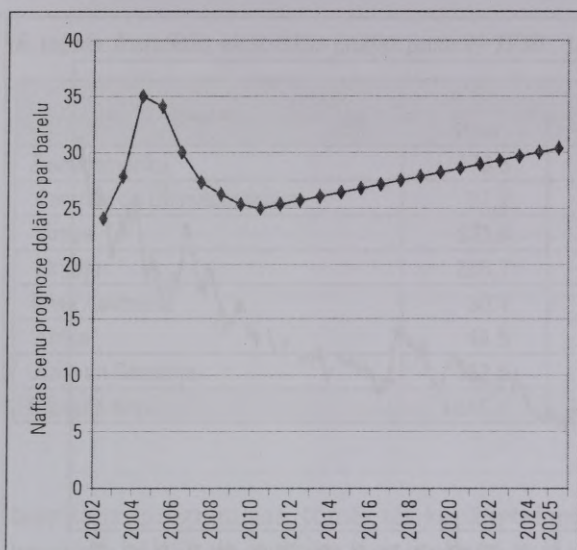
### 3.7.1. Naftas cena un tās prognozes

Naftas produkti visos pēdējo desmit gadu enerģijas patēriņa modeļos un prognozēs tiek uzskatīti par pamata enerģijas avotu laikposmam līdz 2030. gadam. Neviens enerģijas prognožu autors nešaubās, ka naftas produktu lomu noteiks galvenokārt to cena, oglēm – tehnoloģiskas iespējas modernizēt esošās ražotnes par labu būtiski mazākiem izmešiem atmosfērā, kodolenerģijai – politiski lē-

mumi un iespējas sākt miljardiem vērtus investīciju projektus, alternatīvajiem avotiem – politiska apņēmība pārorientēt dotācijas tradicionālai lauksaimniecības produktu ražošanai par labu enerģijas avotu ražošanai (eļļas kultūras, meži u. c.). Pārējie enerģijas avoti vismaz turpmāko 50 gadu laikā netiek uzskatīti nozīmīgāki par 1–2% pasaules enerģijas ražošanas bilancē to ļoti augsto izmaksu dēļ, ko nespēs segt lielākā daļa enerģijas patērētāju.

Tomēr prognozēt noteikti nav drošāks, ko degvielas ražošanas un cenu krīzes apstākļos (2005.–2006. gadā) darīt. Visi enerģētikas attīstības modeļi, kas izstrādāti pirms 2004. (2005.) gada, ir būtiski jāpārskata, jākorrigē, un uz tiem nedrīkst balstīties vairāk kā uz vēsturisku izziņu, jo tie pat dažu gadu laikā atšķiras no realitātes vairāk nekā par 10%, kas ir kritisks lielums attiecībā uz to ticamību. 2002. gadā liela zinātnieku grupa izstrādāja naftas cenu scenāriju, kas vairākus gadus tika izmantots par pamatu enerģētikas attīstības prognozēm (sk. 39. attēlu).

Nenoliedzami tā bija ļoti optimistiska prognoze, kas balstījās uz pieņēmumu, ka patēriņa

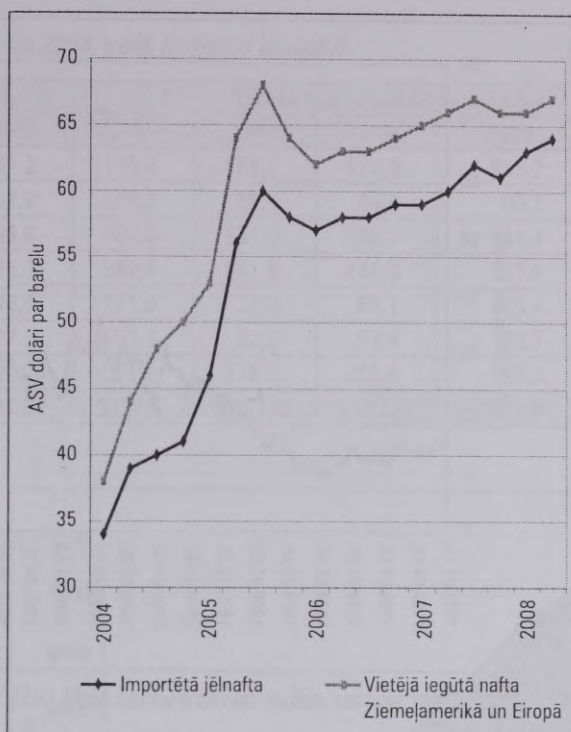


39. attēls. Jēlnaftas cenas prognoze, ņemot vērā pieaugušo Ķīnas, Indijas un Indonēzijas pieprasījumu pēc naftas produktiem un naftas pārstrādes jaudu pieaugumu (2003. gada ASV dolāra vērtības izteiksmē)

izaugsme ir tikai maksātspējīgajā Eiropā un Ziemeļamerikā. Pasaule ir mainījies, un 2005. gada vasaras pieredze skaidri liecina, ka ne mazāk maksātspējīgi ir jaunie patēriņa reģioni dienvidaustrumu Āzijā. Šajā laikā pasaules naftas ieguves apjoms pieauga no 56–58 miljoniem barelu dienā līdz 82–83 miljoniem barelu, par spīti patēriņu ierobežojošajam cenas pieaugumam no 32–38 dolāriem par barelu līdz pat 69 dolāriem par barelu. Šajā laikā tradicionālais patēriņš Amerikas un Eiropas ziemeļos nedaudz kritās, bet par tirgus maksimālo cenu visus naftas pārstrādes produktus iepirka jaunattīstības valstis. Tas lika 2005. gada nogalē izstrādāt jaunas koriģētas cenas prognozes (sk. 40. attēlu).

Īstermiņa jēlnaftas prognozes atspoguļo reālo situāciju tirgus pieprasījumā, kā arī salīdzinoši augstāku Ziemeļamerikā un Eiropā iegūtās jēlnaftas cenu, ņemot vērā paaugstinātās vides aizsardzības prasības un algu līmeni. Šīs prognozes skaidri norāda, ka, nepārskatot naftas cenas struktūru, tā būs salīdzinoši stabila vēl vismaz 18–20 mēnešus. Par šo prognožu ticamību liecina 41. attēlā fiksētās jēlnaftas cenas izmaiņas tirgū.

Šis attēls netieši norāda uz iespējam paaugstināt naftas produktu cenu vismaz par 50%, joprojām saglabājot pagājušā gadsimta astoņdesmito

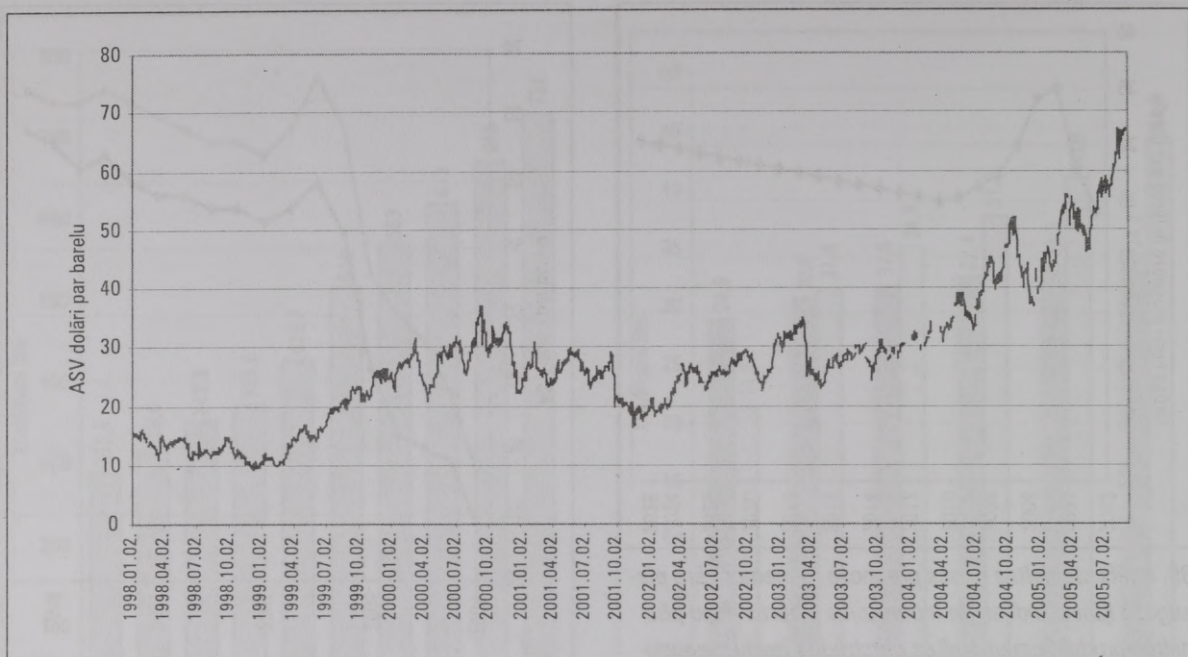


40. attēls. Īstermiņa naftas cenas prognozes līdz 2008. gada otrajam ceturksnim

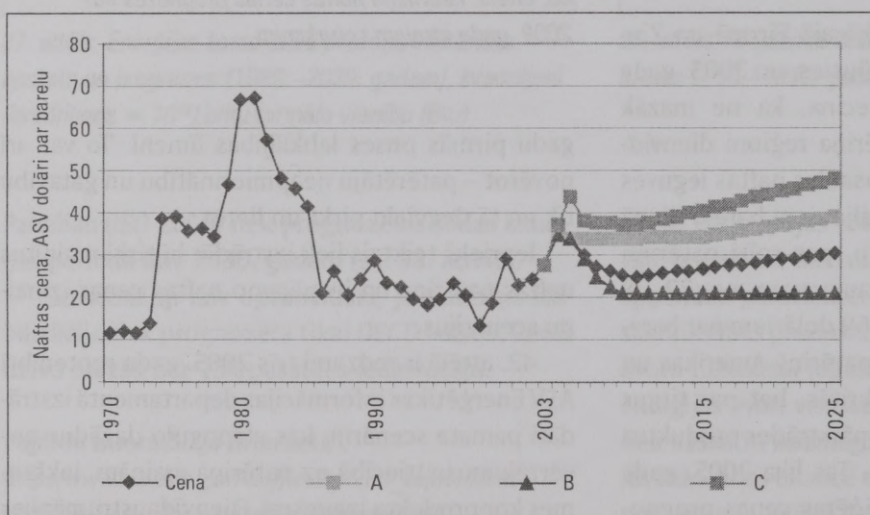
gadu pirmās puses labklājības līmeni. To var arī novērot – patērētāju neapmierinātību un gatavību tik un tā degvielu pirkt un lietot.

Iepriekš teiktais liek izstrādāt būtiski mainītus naftas patēriņa un iespējamo naftas cenas izmaiņu scenārijus.

42. attēlā ir redzami trīs 2005. gada septembrī ASV Enerģētikas informācijas departamentā izstrādāti pamata scenāriji, kas atspoguļo dažādus novērtējumus attiecībā uz patēriņa maiņām, iekšzemes kopprodukta izaugsmi, Dienvidaustrumāzijas patēriņa izmaiņām, kā arī esošo vides aizsardzības prasību pārskatīšanu. Prognožu autori paredzēja 2005.–2006. gadā lēcienvēda cenas pieaugumu, tomēr nenovērtēja to pietiekami augstu, un 2007. gada septembra prognozes grafikā iestrādātās līknes ceļ uz augšu vidēji par 10–15 dolāriem. Par reālistiskāko tiek uzskatīts par 15 dolāriem koriģētais A variants, kas paredz administratīvus pasākumus naftas tirgus regulēšanā, ierobežot pieaugošās vides aizsardzības prasības un pieņem, ka patērētāji Eiropā un Ziemeļamerikā būs ar mieru maksāt par naftas produktiem paaugstinātu cenu. Diemžēl par tālāku perspektīvu pamatotu naftas cenas novērtējumu pagaidām nav.



41. attēls. Brent šķirnes naftas cenas maiņas biržā (ASV Enerģētikas informācijas departamenta dati)



42. attēls. Pasaules naftas cenas prognozes laikposmā līdz 2025. gadam

### 3.7.2. Enerģijas ražošanas jaudas un to piesaiste enerģijas avotiem

Esošās enerģētiskās jaudas komerciālas enerģijas ražošanai blakus izejvielu cenām ir otrs svarīgākais elements enerģijas pietiekamības novērtējumā un prognozēs. Pašreizējais stāvoklis un vēsturiskās tendences enerģijas ražošanā no dažādiem avotiem dažādos pasaules reģionos sniegtas 8. tabulā.

Tabulas dati, kas aptver 99,2% no pasaulē saražotās komerciālās enerģijas, rāda, ka attiecībā pret iedzīvotāju izvietojumu uzstādītās elektriskās jaudas ir proporcionāli ļoti zemas reģionos, kuros iedzīvotāju skaits visstraujāk pieaug, un šeit ne vienmēr ir pietiekami daudz arī fosilā kurināmā zināmajās atradnēs (skatīt iepriekšējās nodaļas). No šo valstu attīstības viedokļa tieši nepietiekamas jaudas ir galvenais attīstības šķērslis, un tas ir risināms ar vienuviet iespējami lielu jaudu uzstādīšanu. Alternatīvs risinājums būtu energoefektivitātes paaugstināšana un enerģijas

8. tabula. Instalētās elektriskās jaudas pasaulē 1980., 1990. un 2004. gadā (miljonos kilovatu)

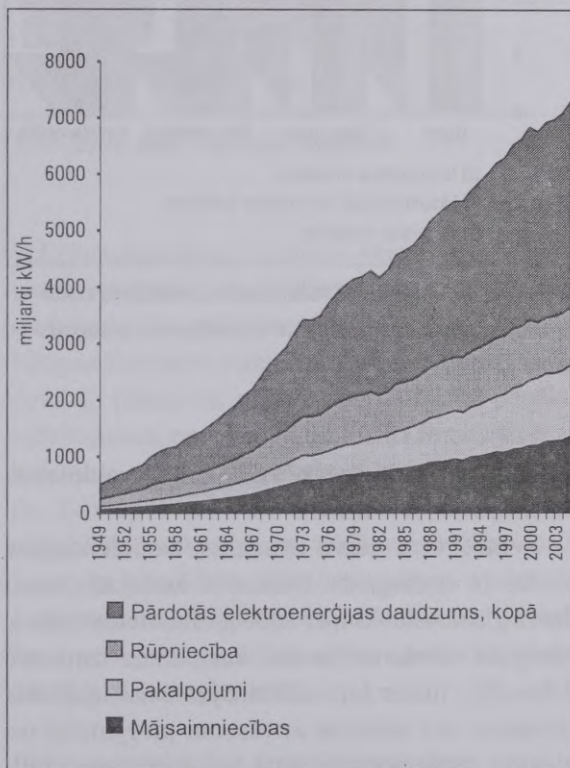
Reģioni	Kopā			Tajā skaitā – fosilais kurināmais		
	1980	1990	2004	1980	1990	2004
Ziemeļamerika	676,6	861,3	1130,9	481,7	574,9	818,2
Centrālā un Dienvidamerika	81,2	132,8	212,2	36,0	44,9	80,1
Eiropa	533,6	668,8	781,4	351,0	386,1	441,4
Eirāzija	266,7	343,7	342,4	201,9	240,8	237,9
Tuvie Austrumi	30,4	72,9	111,9	27,9	68,1	105,4
Āfrika	44,5	77,8	103,7	30,5	57,4	80,7
Āzija un Okeānija	312,5	520,2	1071,6	218,9	365,4	788,3
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>1945,5</b>	<b>2677,5</b>	<b>3754,1</b>	<b>1347,8</b>	<b>1737,6</b>	<b>2551,9</b>

taupīšanas programmas, tomēr tās kopā ietekmē ne vairāk kā 15% no patēriņa, kas ir pilnīgi nepietiekami valstīs, kurās iedzīvotāji maina savu dzīvesveidu.

### 3.7.3. Enerģijas patēriņš pa sektoriem

Enerģijas patēriņš ir ļoti jutīgs indikators, kas parāda ne tikai kopējā patēriņa izaugsmes intensitāti, bet arī patēriņa dinamiskās izmaiņas starp sektoriem. Pagājušā gadsimta deviņdesmito gadu sākumā mājsaimniecībās patērētās komerciālās enerģijas daudzums pārsniedza rūpniecībā izmantoto (sk. 43. attēlu), bet tikai dažus gadus vēlāk – mājsaimniecībās patērētās enerģijas daudzums pārsniedza arī pakalpojumos izmantoto daudzumu.

Pārmaiņas enerģijas patēriņā atspoguļo ne tikai izmaiņas ekonomiskajā vide, bet arī patērētāju vajadzībās, kuras mājsaimniecībā ir daudz kontrastainākas (diennakts ciklā) un kuras enerģijas ražotājiem ir daudz grūtāk nodrošināt (maksimumstundas, minimālie sezonālie patēriņi u. tml.). Vairākums valstu šādām strukturālām pārmaiņām gatavojas ļoti laikus un veido rezerves enerģētiskās jaudas (tradicionāla pieeja) vai arī papildu vajadzības nodrošina ar augstas reaģētspējas atomelektrostacijām (lielas jaudas termālās elektrostacijas var mainīt darba režīmu tikai vairāku desmitu stundu laikā). Tomēr šādi risinājumi ne vienmēr ir iespējami vidēja un ilgtermiņa perspektīvā.

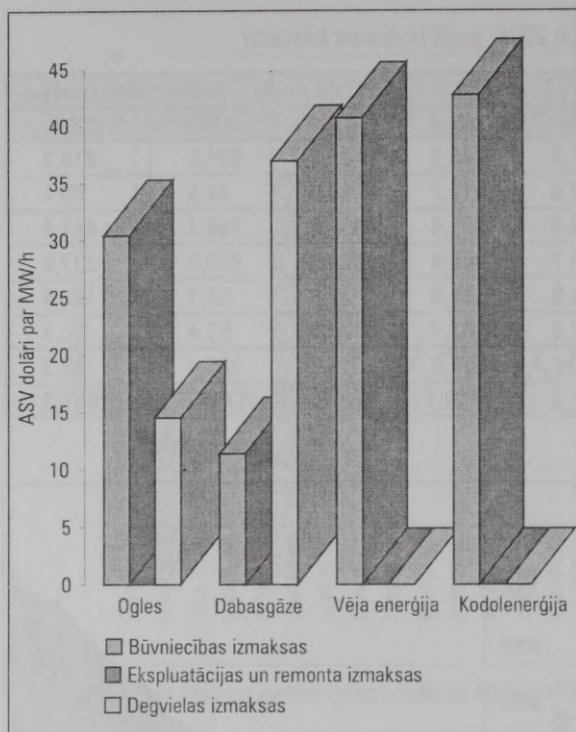


43. attēls. Elektroenerģijas izmantošanas struktūra un tās izmaiņas pasaulē 1949.–2005. gadā

### 3.7.4. Jauno enerģētisko jaudu izveides izmaksas

Nemot vērā strauji pieaugošo iedzīvotāju skaitu, enerģijas izejvielas ir pietiekamas vismaz tuvākajiem 300–500 gadiem. Visvājākais posms ir nepietiekamas enerģijas ražošanas jaudas un droša infrastruktūra. Nākotnes scenārijos<sup>1</sup> tiek

<sup>1</sup> Skatīt *International Energy Outlook Energy Information Administration. Office of Integrated Analysis and Forecasting. U.S. Department of Energy, Washington, DC, 2006. 202 pp*



44. attēls. Jaunu enerģētisko jaudu izveidošanas salīdzinošās izmaksas atkarībā no izmantojamā enerģijas avota (2004)<sup>1</sup>

salīdzinātas jaunu enerģētisko jaudu izveidošanas izmaksas (sk. 44. attēlu).

Ņemot vērā visas izmaksas, kodolenerģijas jaudas ir visdārgākās (ieskaitot kodolkritumu drošu glabāšanu vismaz 1000 gadu), bet lētākās ir enerģijas ražošanas jaudas, kas paredz izmantot dabaszāzi. Tomēr šajā salīdzinājumā nav iekļautas izmaksas, kas saistītas ar resursu pieejamību un piegāžu riskiem (transporta koridori, ostas, tehnoloģiju pārneses ierobežojumi un citi).

Vienlaikus Eiropas valstīs pēdējā gadu desmitā enerģētikas attīstībā dažādās valstīs tiek noteikti dažādi mērķi, bet pamatā tie ir divi:

- ✓ pašnodrošinājums ar primārajiem energoresursiem – vismaz 35–40% līmenī;
- ✓ mājsaimniecības maksājumi par enerģiju nedrīkst pārsniegt vidēji 10% no kopējiem ienākumiem.

Atbilstoši šiem pamata rādītājiem tiek arī veidoti nozares attīstības scenāriji, programmas un attīstības plāni.

<sup>1</sup> Pēc [http://www.eia.doe.gov/oia/foia/pdf/elec\\_boxtbl.pdf](http://www.eia.doe.gov/oia/foia/pdf/elec_boxtbl.pdf)

Pārējie ir vietējie mērķi, un vairākās Eiropas Savienības valstīs tie cits citu izslēdz. Piemēram, Vācijā perspektīvā ir paredzēts slēgt visas atomelektrostacijas, bet nekad nav protestēts pret ogļu elektrostacijām. Diametrāli pretēja nostāja ir Francijā, Zviedrijā un Somijā, kas nereti paziņo par atomstaciju slēgšanu, bet vienlaikus notiek jaunu reaktoru būvniecība, lai ierobežotu tieši sezonālā patēriņa pārslodzi (un pret to neviens neiebilst). Taču līdz šim neviena Eiropas Savienības valsts nav izteikusi gatavību samazināt enerģijas patēriņu un līdz ar to labklājības līmeni, ierobežot patēriņu vai veikt kādus būtiskus pārkārtojumus nolūkā paaugstināt energoefektivitāti.

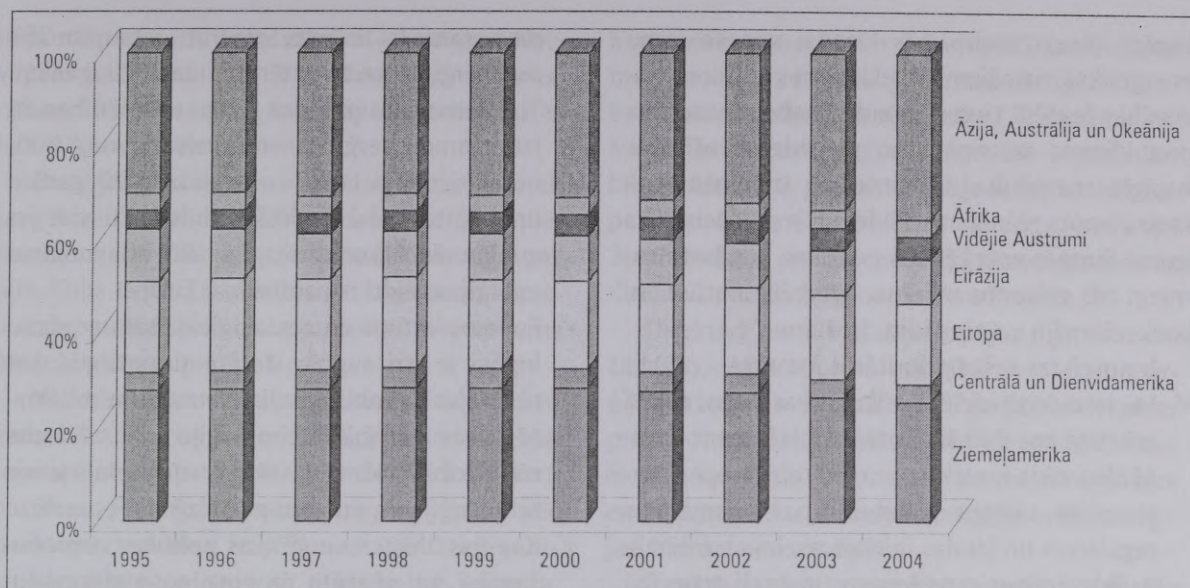
### 3.7.5. Ogļskābās gāzes emisijas no enerģijas ražošanas

Enerģijas ražošanai un tās pieaugumam nākotnē mūsdienās vairāk ierobežojumu nosaka vides aizsardzības prasības nekā fosilā kurināmā avoti un to pietiekamība Zemes dziļēs. Patlaban zināmie avoti spēj nodrošināt pasaules saimniecības attīstību droši vismaz 500 gadu perspektīvā, taču pašreizējās oglekļa dioksīda emisijas (sk. 45. un 46. attēlu) apdraud klimata izmaiņas jau daudz tuvākā perspektīvā.

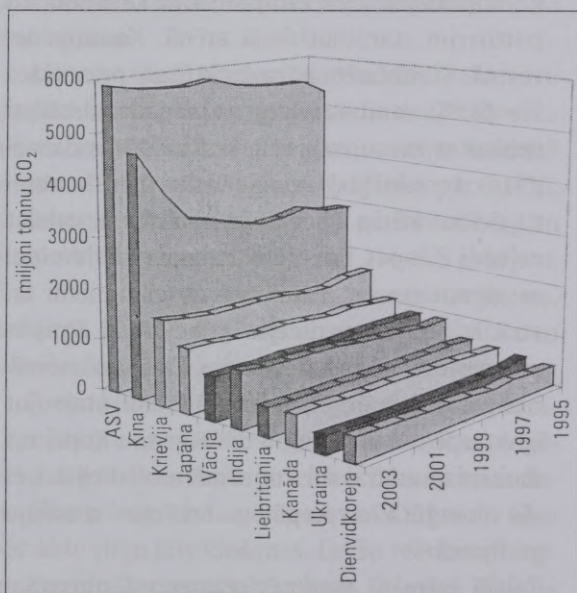
Šie apsvērumi tiek ņemti vērā, izstrādājot enerģētikas attīstības scenārijus un patēriņa prognozes nākotnē. Interesanti ir arī salīdzināt emisiju daudzuma izmaiņas ar nacionālo kopproduktu un iedzīvotāju skaitu, kas norāda uz dzīvesveidu un ienākumu izmaksām "CO<sub>2</sub> emisijas" vienībās.

### 3.7.6. Enerģētikas attīstības blakus apstākļi

Enerģētikas attīstības blakus apstākļi visbiežāk ir tie, kas atkarīgi no politiskajiem vai ģeogrāfiskajiem apstākļiem, kā arī kultūrvēsturiskajām tradīcijām.



45. attēls. Oglekļa dioksīda emisijas no enerģijas ražošanas 1995.–2004. gadā reģionālā skatījumā



46. attēls. Oglekļa dioksīda emisijas no enerģijas ražošanas 1995.–2004. gadā

## Eiropas Savienības politikas virzība

Ļoti dažādu iemeslu dēļ vienotajā Eiropas Savienības telpā nekad nav bijis kopīgas enerģētiskās politikas, ievirzes un apvienotas energosistēmas. Kopš 1974. gada pirmās enerģētiskās krīzes vienīgais, kas panākts, ir vienota standartizācija,

obligāto kurināmā rezervju veidošana, ieviests enerģijas patēriņa nodoklis un ļoti daudz dažādu darba grupu un pētījumu. Šajā laikposmā dažādas Eiropas Komisijas programmas finansējušas vairāk nekā 13 tūkstošus speciālu pētījumu, lai panāktu uzlabojumus enerģētikā, Komisija finansiāli ir atbalstījusi vairāk nekā divus tūkstošus konferenču, līdz aptuveni 75% ir palielinājusies Eiropas enerģētiskā atkarība no ārējām enerģijas fosilo izejvielu piegādēm. Tas ir nopietns apdraudējums saimnieciskās dzīves attīstībā visā Eiropā, ko uzskatāmi parādīja naftas produktu krīze 2005. gada otrajā pusē.

## Eiropas enerģētikas stratēģijas vīzija

Tikai 2006. gada sākumā Eiropas Komisija noteica Eiropas enerģētikas stratēģijas vīziju, balstoties uz enerģētikas politikas pamatiem, kas izklāstīti jaunajā Eiropas Komisijas zaļajā grāmatā<sup>1</sup>. Tajā izteikts aicinājums iesniegt savus apsvērumus par sešām prioritārām jomām un iekļauti vairāk nekā 20 konkrēti priekšlikumi turpmākai rīcībai, kas iecerēta pēc 2010. gada.

Tiek uzskatīts, ka Eiropas Savienība ir būtisks elements ilgtspējīgas, konkurētspējas un drošas enerģijas piegādē Eiropas pilsoņiem. Vienota un

<sup>1</sup> Zaļā grāmata. Eiropas stratēģija ilgtspējīgai, konkurētspējīgai un drošai enerģijai. COM (2006) 105 galīgā redakcija {SEK (2006) 317}. Teksts pieejams internetā latviski: [http://ec.europa.eu/energy/green-paper-energy/doc/2006\\_03\\_08\\_gp\\_document\\_lv.pdf](http://ec.europa.eu/energy/green-paper-energy/doc/2006_03_08_gp_document_lv.pdf)

kopīga pieeja nodrošinās Eiropai vadošo lomu enerģētikas risinājumu meklējumos. Eiropas Savienības iekšējā tirgus izveides pabeigšana, cīņa pret klimata izmaiņām un piegādes drošība ir kopīgie enerģētikas izaicinājumi, kam nepieciešams vienots risinājums. Tādējādi ir pienācis laiks jaunai Eiropas enerģētikas politikai, kas ļautu sasniegt trīs galvenos mērķus: ilgtspējīgu attīstību, konkurētspēju un piegādes drošumu.

Ir noteiktas sešas prioritārās jomas.

- ✓ Lai izveidotu iekšējo enerģētikas tirgu, zaļajā grāmatā apsvērti šādi pasākumi: Eiropas enerģētikas tīkla kodekss, prioritārais Eiropas savstarpējās saiknes plāns, Eiropas enerģētikas regulators un jaunas iniciatīvas, lai nodrošinātu līdzvērtīgus noteikumus, jo īpaši attiecībā uz pasākumiem tīklu atbīvošanai no konkurējošas darbības. Konkrēti priekšlikumi tiks iesniegti līdz 2007. gada beigām.
- ✓ Piegādes drošums iekšējā enerģētikas tirgū, nodrošinot solidaritāti starp dalībvalstīm. Arī Eiropas enerģijas piegādes novērošanas centra izveide un spēkā esošo Kopienas tiesību aktu pārskatīšana attiecībā uz naftas un gāzes krājumiem, lai nodrošinātu, ka ar to palīdzību varētu novērst iespējamās enerģijas piegādes pārtraukumus.
- ✓ Ilgtspējīgāks, efektīvāks un daudzveidīgāks enerģijas veidu izmantojums. Enerģijas veidu izvēle joprojām būs katras dalībvalsts subsidiaritāte, tomēr vienas dalībvalsts izvēle izmantot noteiktu enerģijas veidu var ietekmēt tās kaimiņvalstu un arī visas Kopienas enerģijas piegādes drošību. Eiropas Savienības stratēģiskajā enerģētikas pārskatā aplūkotas visas enerģētikas politikas jomas un analizēti dažādie enerģijas avoti, sākot ar oglēm un beidzot ar atomenerģiju, to plusi un mīnusi. Tas varētu palīdzēt sasniegt Kopienas līmenī noteiktos mērķus attiecībā uz dažādu enerģijas veidu izmantošanu Eiropas Savienībā, lai nodrošinātu piegādes drošību, vienlaikus ievērojot dalībvalstu tiesības pašām izvēlēties, kuru enerģijas veidu tās izmantos.
- ✓ Komisija piedāvā vairākus pasākumus attiecībā uz globālās sasilšanas izaicinājumu. Tiek piedāvāts iespējamais rīcības plāns attiecībā uz enerģijas efektivitāti, kas Komisijai jāpieņem 2007. gadā. Tajā tiks iekļauti pasākumi, kas ne-

pieciešami, lai Eiropas Savienība ietaupītu 20% no enerģijas, ko tā patērētu līdz 2020. gadam. Tiek ierosināts izveidot Eiropas Savienības atjaunojamo enerģijas avotu ceļvedi, kurā būtu norādīti mērķi laikposmam līdz 2020. gadam un pēc tam, lai nodrošinātu stabilu vidi ieguldījumiem konkurētspējīgāku atjaunojamo enerģijas veidu izmantošanai Eiropā.

- ✓ Energoefektīvas un zema oglekļa satura tehnoloģijas ir ātri augošs starptautisks tirgus, kas tuvākajos gados būs miljardiem eiro vērts. Stratēģiskais enerģijas tehnoloģiju plāns Eiropas rūpniecībai nodrošinās līderpozīcijas šajā jauno tehnoloģiju un procesu paaudzē visā pasaulē.
- ✓ Kopējas ārējās enerģētikas politikas nepieciešamība. Lai reaģētu uz pieaugošo pieprasījumu, augsto un nepastāvīgo enerģijas cenu, pieaugošo importa atkarību un klimata izmaiņu izaicinājumiem, Eiropai jābūt kā vienotam partnerim starptautiskajā arēnā. Komisija ierosina identificēt infrastruktūras prioritātes Eiropas Savienības enerģijas piegādes drošībai (ieskaitot cauruļvadus un sašķidrinātās dabasgāzes termināļus) un vienoties par konkrētu rīcību, kā šo uzdevumu realizēt; izstrādāt ceļvedi Eiropas Enerģētikas kopienas izveidei ar vienotiem regulējošiem noteikumiem; izstrādāt atjaunotu pieeju attiecībā uz Eiropas partneriem, ieskaitot Krieviju, Eiropas Savienības galveno enerģētikas piegādātāju, atainojot savstarpējo atkarību; piedāvāt jaunu Kopienas mehānismu ātrai un koordinētai reakcijai ārējās enerģētikas piegādes ārkārtas situācijū gadījumā.

Zaļajā grāmatā akcentēti galvenie Eiropas Savienības enerģētikas izaicinājumi:

*Neatliekami ir nepieciešami ieguldījumi.* Tikai Eiropā nākamo 20 gadu laikā prognozētā enerģijas pieprasījuma apmierināšanai un novecojušās infrastruktūras nomaiņai būs nepieciešams vairāk nekā viens triljons eiro.

*Importa atkarība pieaug.* Ja enerģijas piegādātāji nekļūs konkurētspējīgāki, nākamajos 20–30 gados aptuveni 70% no Eiropas Savienības enerģijas pieprasījuma, kas patlaban ir 50%, segs importētie produkti, turklāt daļa no tiem tiek importēti no nedrošiem reģioniem.

*Krājumi ir tikai dažās valstīs.* Patlaban aptuveni puse no Eiropas Savienības patērētās gāzes tiek

importēta tikai no trim valstīm – Krievijas, Norvēģijas un Alžīrijas. Ja šī tendence nemainīsies, nākamo 25 gadu laikā gāzes imports palielināsies līdz 80 procentiem.

*Enerģijas pieprasījums visā pasaulē pieaug.* Tiek prognozēts, ka līdz 2030. gadam enerģijas pieprasījums un CO<sub>2</sub> emisija pasaulē pieaugs par 60%. Kops 1994. gada naftas patēriņš pasaulē pieaudzis par 20%. Tiek lēsts, ka naftas pieprasījums pasaulē pieaugs par 1,6% gadā.

*Naftas un gāzes cena paaugstinās.* Pēdējo divu gadu laikā Eiropas Savienībā tā ir gandrīz dubultojusies, un tas pats gaidāms attiecībā uz elektrības cenu. Pieaugot pasaules pieprasījumam pēc izrakteņu degvielas, iespējams, saglabāsies garās iegādes ķēdes, pieaugošā atkarība no importa, augstā naftas un gāzes cena. Īstermiņa perspektīvā patērētājiem tā ir sarežģīta situācija, tomēr tādējādi var tikt veicināta energoefektivitāte un jauninājumi.

*Klimats kļūst siltāks.* Starpvaldību ekspertu grupa klimata pārmaiņu jautājumos (IPCC) secinājusi, ka siltumnīcefekta gāzu emisiju ietekmē temperatūra pasaulē paaugstinājusies par 0,6 °C. Ja nekas netiks veikts, līdz šā gadsimta beigām temperatūra paaugstināsies par 1,4–5,8 grādiem. Tam ir nopietnas sekas visos pasaules reģionos, ieskaitot Eiropas Savienību, gan attiecībā uz to ekonomiku, gan ekosistēmām.

*Eiropa vēl nav izveidojusi pilnvērtīgi konkurētspējīgus iekšējos enerģētikas tirgus.* Visas drošas piegādes un zemākas cenas priekšrocības Eiropas Savienības pilsoņi un uzņēmumi varēs izbaudīt tikai pēc šādu tirgu izveidošanas. Lai šo mērķi sasniegtu, jāveido savstarpējas saiknes, jāievieš efektīvi un praksē pilnā apjomā piemērojami tiesību akti un regulējoši mehānismi, kā arī stingri jārealizē Kopienas konkurences noteikumi. Lai Eiropa veiksmīgi varētu reaģēt uz daudzajiem izaicinājumiem un dot pienācīgu ieguldījumu nākotnē, enerģētikas nozares konsolidācijai jābalstās uz tirgus principiem.

### **Enerģijas patēriņa nodoklis**

Saskaņā ar Eiropas Savienības direktīvas prasībām arī Latvijā 2007. gadā tika ieviests jauns nodoklis elektroenerģijai, tomēr – izmantojot visas direktīvā paredzētās iespējas nodokļu atvieglojumiem. Direktīvā noteiktā minimālā nodokļa

likme elektroenerģijai ir 0,5 eiro (35 santīmi) par megavatstundu (MW/h), ja elektroenerģiju izmanto komercdarbībai, un viens eiro (70 santīmi) par MW/h, ja elektroenerģiju neizmanto komercdarbībai. Līdz 2010. gadam nodokļa likme var būt par pusi zemāka, nekā direktīvā noteikts, bet kopš 2010. gada 1. janvāra nodokļa likmei jāsasniedz direktīvā paredzētais minimālais līmenis.

Direktīva paredz plašas iespējas piemērot dažādas nodokļa atlaides atkarībā no elektroenerģijas ražošanas un patēriņa. Paredzētas iespējas piemērot nodokļa atbrīvojumus un atvieglojumus elektroenerģijai, kas ražota no atjaunojamiem energoresursiem – saules enerģijas, vēja enerģijas, hidroelektrostacijās.

Direktīva paredz iespēju piemērot nodokļa atbrīvojumus un atvieglojumus arī elektroenerģijai, kas iegūta koģenerācijā, ja izmantotās iekārtas ir videi draudzīgas. Attiecībā uz patēriņu nodokli nepiemēro elektroenerģijai, ko izmanto elektroenerģijas ražošanai, un elektroenerģijai, ko izmanto, lai saglabātu spēju ražot elektroenerģiju. Nodokļa atbrīvojumus vai atvieglojumus var piemērot mājsaimniecību patēriņam un elektroenerģijai, ko izmanto preču un pasažieru pārvadājumiem pa dzelzceļu, ar metro, tramvaju vai trolejbusu.

Direktīva pieļauj iespēju piemērot pazeminātu nodokļa likmi energoietilpīgam uzņēmumam, kurā elektroenerģija veido vismaz 3% no produkcijas vērtības, un nulles nodokļu līmeni elektroenerģijai, ko izmanto lauksaimniecībai, dārzkopībai vai zivkopībai un mežsaimniecībai.

Līdz šim Eiropas Savienības valstīs ir visai atšķirīga pieeja atvieglojumu piemērošanā. Lielbritānija, Vācija, Nīderlande un Somija plaši izmanto nodokļu atvieglojumus atkarībā no elektroenerģijas ražošanas, savukārt daudzas citas valstis atvieglojumus nepiemēro vai gatavojas tos nepiemērot, jo atvieglojumus ir sarežģīti administrēt.

Tā kā Latvijā lielu daļu elektroenerģijas ražo no atjaunojamiem energoresursiem, galvenokārt hidroelektrostacijās, un atjaunojamo energoresursu īpatsvars elektroenerģijas ražošanā Latvijā ir viens no lielākajiem Eiropas Savienībā, tiek uzskatīts, ka Latvijai būtu lietderīgi piemērot nodokļa atvieglojumus elektroenerģijai, kas ražota no atjaunojamiem energoresursiem. Elektroenerģijas nodokļa atbrīvojumu varētu

piemērot arī videi draudzīgās koģenerācijas stacijās ražotai elektroenerģijai, māsaimniecību un elektrificētā transporta patēriņam. Nodokļa atvieglojumi piemērojami arī elektroenerģijai, ko izmanto uzņēmumi, kas sniedz ielu apgaismošanas pakalpojumus.

Eiropas Savienības direktīva paredz, ka jāpieņem nodoklis arī dabasgāzei. Minimālās likmes ir 15 centi (11 santīmi) par GJ (gigadžoulu) bruto siltumietilpības, ja gāzi izmanto komercdarbībai, un 30 centi (21 santīms) par GJ bruto siltumietilpības, ja gāzi neizmanto komercdarbībai.

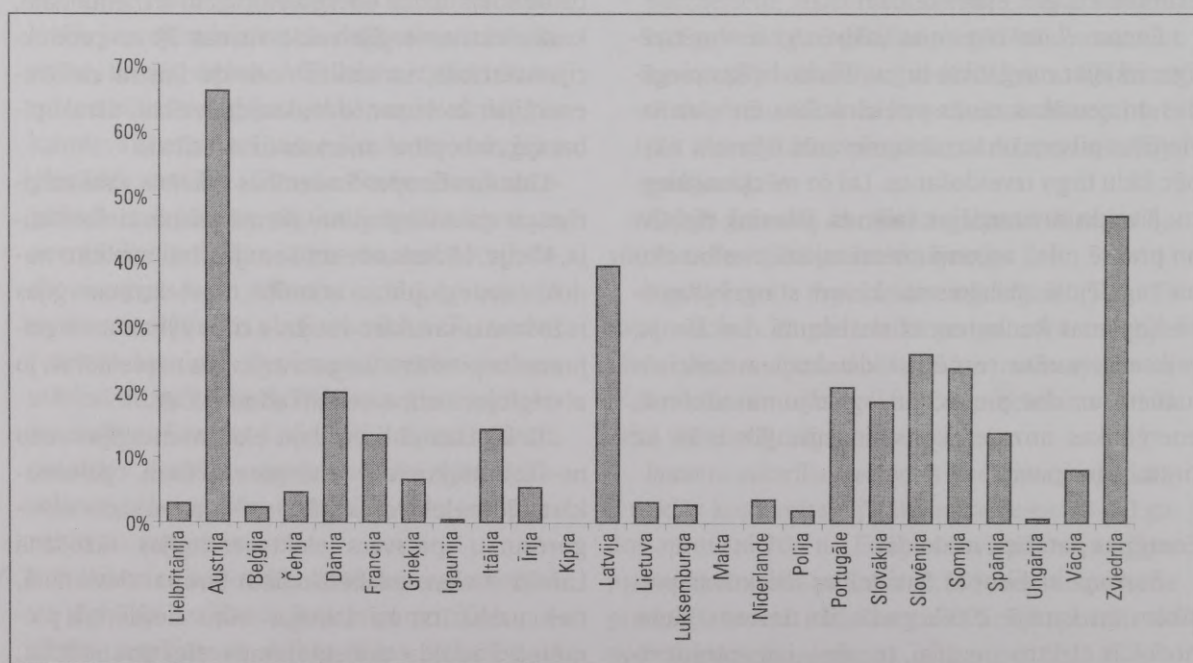
Pilnīgu vai daļēju nodokļa atbrīvojumu vai samazinājumu var piemērot dabasgāzei, ja 2000. gadā dabasgāzes daļa valsts energoresursu galapatēriņā bija mazāka par 15%. Nodokļa samazinājumu atļauts piemērot ne ilgāk kā desmit gadus pēc direktīvas spēkā stāšanās jeb līdz 2013. gada beigām, vai kamēr dabasgāzes daļa valsts energoresursu gala patēriņā sasniedz 25%. Nodoklis dabasgāzei jāpieņem, kad dabasgāzes īpatsvars valsts energoresursu kopējā galapatēriņā sasniedz 20%. Kamēr dabasgāzes īpatsvars valsts energoresursu patēriņā ir no 20 līdz 25%, minimālās nodokļa likmes nav noteiktas. Latvijā dabasgāzes īpatsvars kopējā energoresursu galapatēriņā 2000. gadā nerasniedza noteiktos

15% un bija 11%, bet 2006. gadā nav sasniedzis 20%, tāpēc nodokli dabasgāzei pagaidām drīkst nepiemērot.

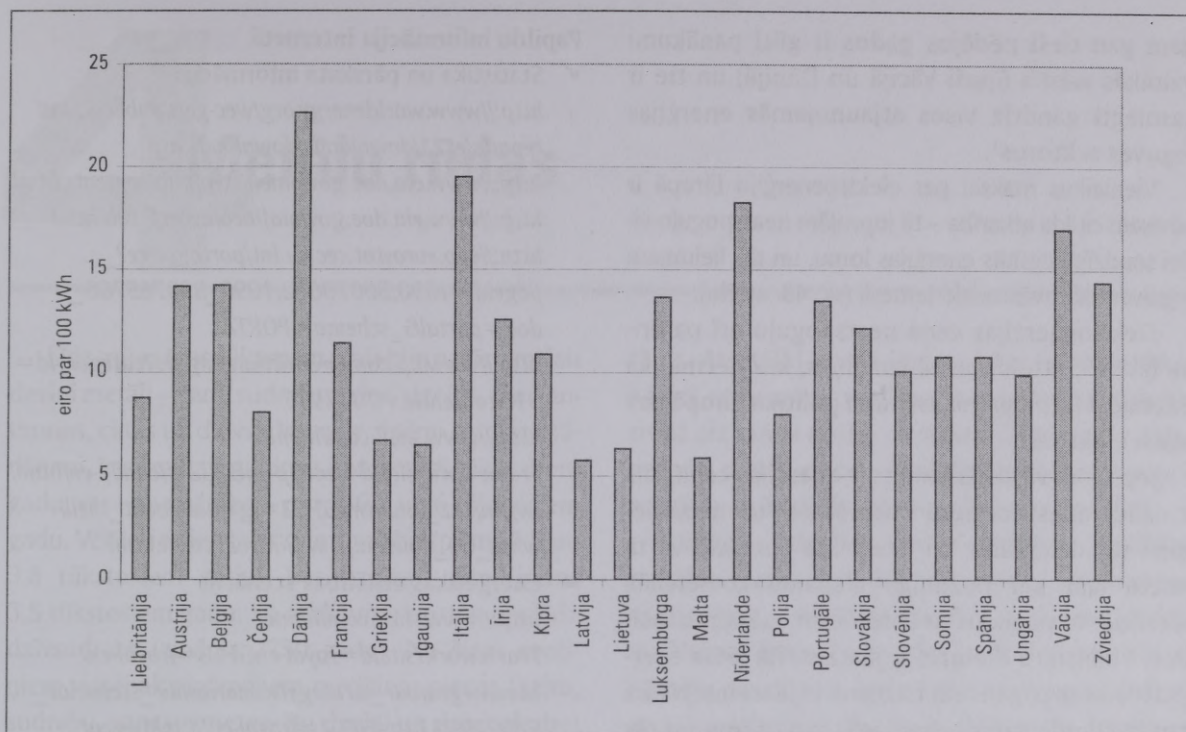
Direktīva paredz, ka 2007. gadā Latvijai ir jāpieņem nodoklis akmeņoglēm, koksam un lignītam jeb brūnoglēm. Saskaņā ar piešķirto pārejas periodu mūsu valsts akmeņoglēm, koksam un lignītam, ko izmanto komercdarbībai, var piemērot divreiz mazāku nodokļa likmi – 7,5 centus (piecus santīmus) par GJ, akmeņoglēm un koksam, ko neizmanto komercdarbībai, – 15 centus (11 santīmus) par gigadžoulu. Ir paredzēts, ka šis maksājums tiks iekļauts dabas resursu nodokļa maksājumā, kas atvieglos šīs daļas administrēšanu.

### Atjaunojamo enerģijas avotu loma un iespējas vidēja termiņa perspektīvā

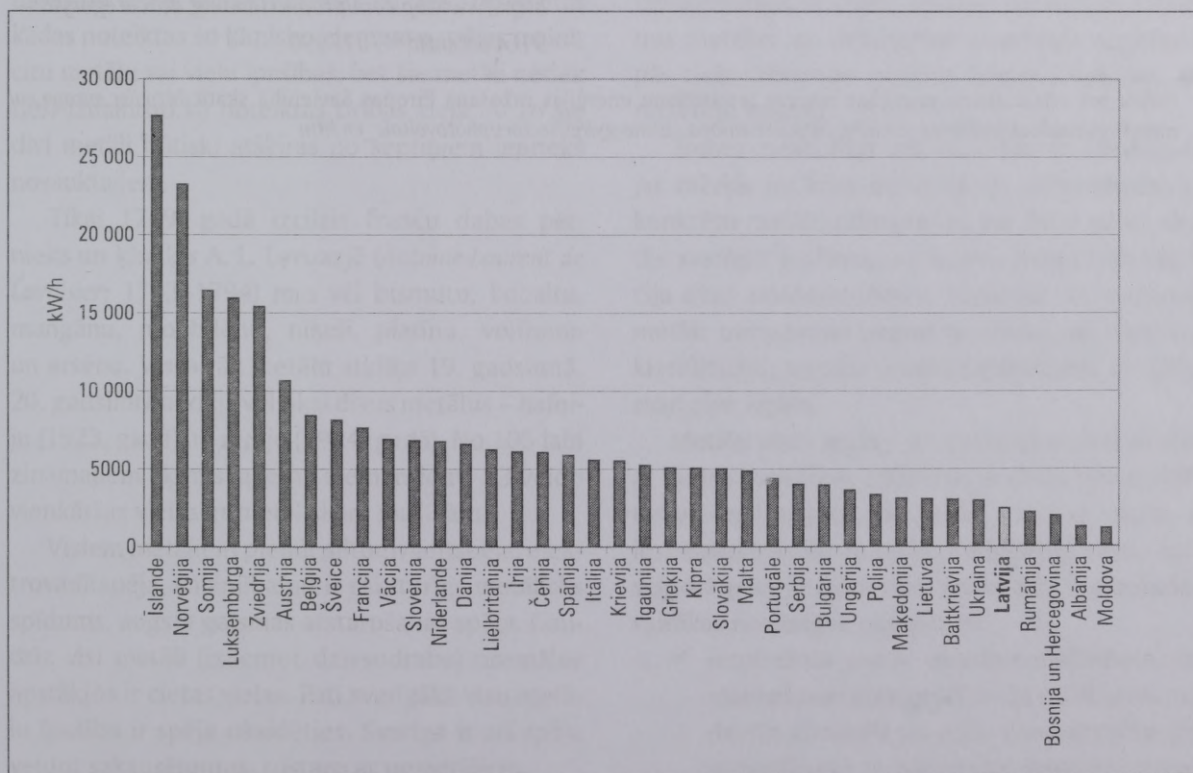
Atbilstoši gan ANO, gan Eiropas Savienības politikas nostādņēm attiecībā uz klimata pārmaiņu ierobežošanu un vides kvalitātes uzlabošanu gandrīz jau 10 gadus visā pasaulē tiek veikti dažādi papildu pasākumi, pētījumi, kā arī tiek realizēti izmēģinājumu projekti, kā varētu pilnīgi aizstāt fosilos enerģijas avotus ar alternatīviem. Diemžēl pašreizējie sasniegumi Eiropas Savienības valstīs ir visai pieticīgi (sk. 47. attēlu),



47. attēls. No atjaunojamiem enerģijas avotiem Eiropas Savienības dalībvalstīs saražotā komerciālā elektroenerģija (2002.–2004. gadā), procentos no kopējā patēriņa



48. attēls. Maksa par elektroenerģiju mājāsaimniecībā, ieskaitot visus nodokļus (2005)



49. attēls. Viena Eiropas valsts iedzīvotāja vidējais elektroenerģijas patēriņš 2003. gadā

kaut gan tieši pēdējos gados ir gūti panākumi vairākās valstīs (īpaši Vācijā un Dānijā) un tie ir sasniegti gandrīz visos atjaunojamās enerģijas ieguves sektoros<sup>1</sup>.

Vienlaikus maksai par elektroenerģiju Eiropā ir pavisam citāda atkarība – tā joprojām neatspoguļo vīdei saudzīgi iegūtās enerģijas lomu, un tās lielumam ir galvenokārt vēsturiski iemesli (sk. 48. attēlu).

Elektroenerģijas cena neatspoguļo arī patēriņu (sk. 49. attēlu) un tā izmaiņas, kas liecina, ka līdzšinējā tarifu un maksājumu politika Eiropā nav bijusi efektīva.

Joprojām vājākais punkts ir enerģijas cena, kas ir daudz augstāka nekā tradicionāli, un nepietiekami tās daudzumi, lai īstermiņa perspektīvā tā varētu kļūt par nozīmīgu atspaidu komerciālā patēriņā, to papildus nedotējot un citādi neatbalstot. Vienlaikus diemžēl ir jāatzīst, ka lētās enerģijas laiks ir pagājis un nākotnē ir jāorientējas uz daudz tālredzīgāku enerģijas izmantošanu un tās taupīšanu ekonomisku, bet ne enerģijas avotu nepietiekamības dēļ.

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Statistika un pārskata informācija  
<http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/reports/et21/downloads/downloads.asp>  
<http://www.eia.doe.gov/emeu/steo/pub/contents.html>  
[http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/aeoref\\_tab.html](http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/aeoref_tab.html)  
[http://epp.eurostat.cec.eu.int/portal/page?\\_pageid=1090,30070682,1090\\_33076576&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://epp.eurostat.cec.eu.int/portal/page?_pageid=1090,30070682,1090_33076576&_dad=portal&_schema=PORTAL)  
<http://www.bp.com/productlanding.do?categoryId=91&contentId=7017990>  
[http://www.shell.com/home/Framework?siteId=eandp-en&FC2=/eandp-en/html/iwgen/zzz\\_lhn.html&FC3=/global/about\\_shell/what\\_we\\_do/eandp\\_swf/introduction.html](http://www.shell.com/home/Framework?siteId=eandp-en&FC2=/eandp-en/html/iwgen/zzz_lhn.html&FC3=/global/about_shell/what_we_do/eandp_swf/introduction.html)
- ✓ Enerģētikas attīstības scenāriji  
[http://www.shell.com/home/Framework?siteId=royal-en&FC3=/royal-en/html/iwgen/our\\_strategy/scenarios/dir\\_scenarios\\_28022005.html&FC2=/royal-en/html/iwgen/leftnavs/zzz\\_lhn5\\_4\\_0.html](http://www.shell.com/home/Framework?siteId=royal-en&FC3=/royal-en/html/iwgen/our_strategy/scenarios/dir_scenarios_28022005.html&FC2=/royal-en/html/iwgen/leftnavs/zzz_lhn5_4_0.html)  
<http://www.eia.doe.gov/oiaf/forecasting.html>  
<http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/conf/index.html>  
<http://www.bp.com/productlanding.do?categoryId=91&contentId=7017990>

<sup>1</sup> Plašāk par atjaunojamo enerģijas resursu iesaistīšanu enerģijas ražošanā Eiropas Savienībā skatīt [http://ec.europa.eu/energy/res/publications/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/res/publications/index_en.htm), [http://ec.europa.eu/energy/res/sectors/photovoltaic\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/res/sectors/photovoltaic_en.htm)

# 4 Metālu rūdas

Līdz mūsu ēras sākumam plaši bija pazīstami jau deviņi metāli – varš, sudrabs, svins, dzelzs, alva, antimons, cinks un dzīvsudrabs. Ir zināmi zelta izstrādājumi, kas izgatavoti pirms aptuveni 8 tūkstošiem gadu, vara un sudraba – pirms 6,2 un 6 tūkstošiem gadu. Vēlāk tiek iepazīts svins un alva (pirms 5,5 un 3,8 tūkstošiem gadu), bet dzelzs – tikai pirms 3,5 tūkstošiem gadu. Šo atklājumu posmu noslēdz dzīvsudrabs (zināms 2750 gadu). No šiem septiņiem vissenāk zināmajiem metāliem piecus (zeltu, sudrabu, varu un meteorītu dzelzi un dzīvsudrabu) senajās Divupes, Ēģiptes, Grieķijas un Romas kultūrās saimnieciski izmantoja, tos apzināti meklēja un ieguva kā tīrradņus. Šajā laikā pazīstami ir arī antimons un cinks, taču ir zināmas un tiek izmantotas kādas noteiktas šo ķīmisko elementu spējas mainīt citu metālu vai vielu īpašības, bet šie metāli netiek tieši izmantoti kā noteiktas tīrības viela. Ar to šie divi metāli būtiski atšķiras no septiņiem iepriekš nosauktajiem.

Tikai 1789. gadā izcilais franču dabas pētnieks un ķīmiķis A. L. Lavuazjē (*Antoine-Laurent de Lavoisier*; 1743–1794) min vēl bismutu, kobaltu, mangānu, molibdēnu, niķeli, platīnu, volframu un arsēnu. Visvairāk metālu atklāja 19. gadsimtā. 20. gadsimtā atklāja vēl tikai divus metālus – hafniju (1923. gadā) un rēniju (1924. gadā). No 105 labi zināmajiem ķīmiskajiem elementiem 83 veido vienkāršas vielas ar metāliskām īpašībām.

Visiem metāliem piemīt siltumvadītspēja, elektrovadītspēja, kaļamība un ir raksturīgs metālisks spīdums, augsta gaismas atstarošanas spēja. Gandrīz visi metāli (izņemot dzīvsudrabu) normālos apstākļos ir cietas vielas. Pati svarīgākā visu metālu īpašība ir spēja oksidēties. Svarīga ir arī spēja veidot sakausējumus, tostarp ar nemetāliem.

Atkarībā no dažādām īpašībām metālus arī atšķirīgi klasificē. Ķīmijā visbiežāk metālus klasificē pēc to vietas ķīmisko elementu periodiskajā sistēmā un izdala IA, IB, IIA, IIB, IIIA un IIIB grupas me-

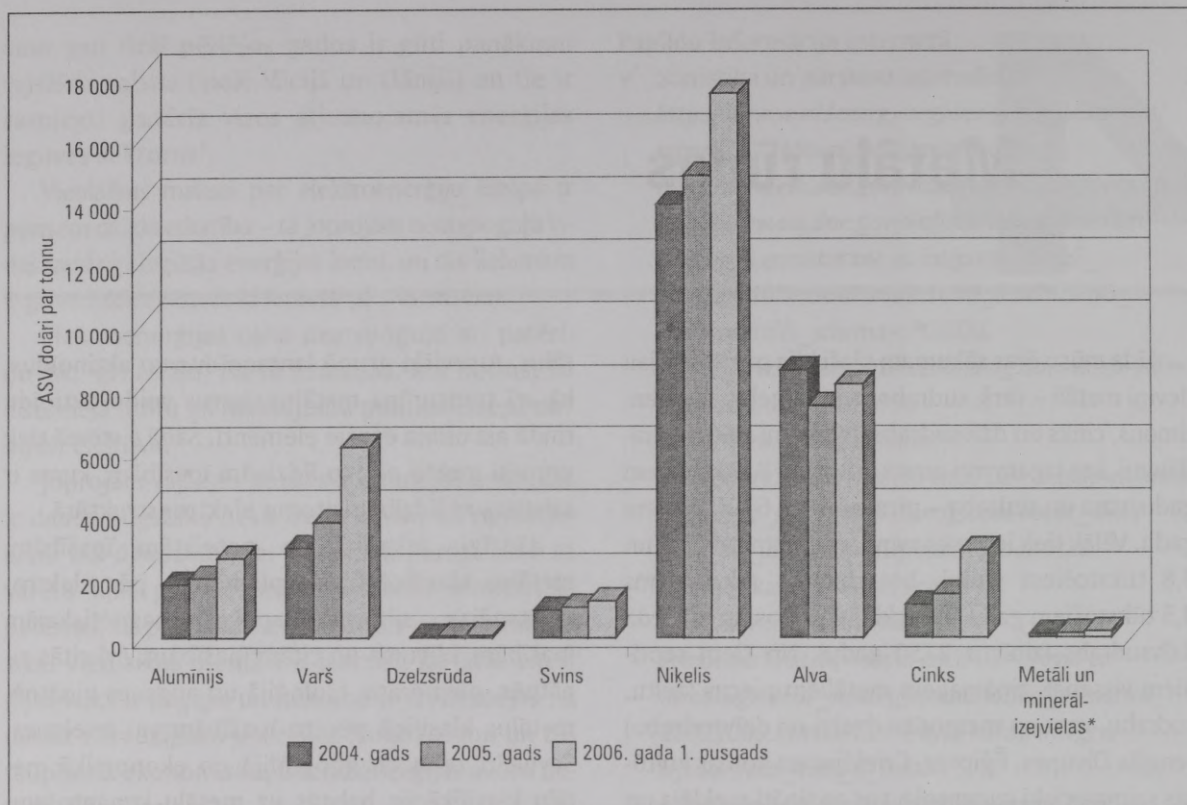
tālus. Atsevišķi grupē lantanoīdus un aktinoīdus, kā arī transurāna metālus, kurus veido aktinoīdu rindā aiz urāna esošie elementi. Šādā sistēmā tiek grupēti metāli pēc to līdzīgām īpašībām, kuras ir saistītas ar līdzībām atomu elektronstrukturā.

Līdzīgi, atkarībā no noteiktām īpašībām, metālus klasificē fizikā, piemēram, pēc elektrovadītspējas, siltumvadītspējas, magnētiskajām īpašībām, blīvuma un citām īpašībām. Arī citās zinātnēs, piemēram, bioloģijā un augsnes zinātnē, metālus klasificē pēc to īpašībām vai ietekmes. Savukārt tehnikā, ģeogrāfijā un ekonomikā metālu klasifikācija balstās uz metālu izmantošanu cilvēka saimnieciskajā dzīvē, galvenajiem metālu izmantošanas veidiem, nodalot melnos un krāsainos metālus un detalizējot atsevišķās apakšgrupās tieši krāsainos metālus (kuros ir iekļauti arī retzemju metāli).

Tomēr neatkarīgi no tā, kāds ir klasifikācijas mērķis un kuru klasifikāciju mēs piemērotu, konkrēto metālu raksturojot, svarīgi ir ņemt vērā tās svarīgās īpašības, uz kurām balstās klasifikācija citās zināšanu jomās. Turpmāk tiks apskatīti metāli, par pamatu ņemot saimnieciskās darbības klasifikāciju, metālu īpašības papildinot ar citām svarīgām ziņām.

Metālu rūdu ieguve un patēriņš ir tieši saistīti ar tautsaimniecības attīstību, jo rūdas tiek meklētas un iegūtas tikai tik daudz, cik to produktu ir iespējams pārdot mūsdienu globālajā tirgū. Šajā sektorā pēdējo divdesmit gadu laikā ir notikušas vairākas nozīmīgas pārmaiņas:

- ✓ ierobežota jaunu atradņu meklēšana, izmantošanas koncentrēšanās salīdzinoši nedaudz atradnēs un rūdu (koncentrātu) tāli pārvadājumi to pārstrādei konkrētā tirgus pieprasītā produktā (nevis metālā);
- ✓ ieguves rūpniecības koncentrēšanās Dienvidaustrumāzijā un ļoti straujš šīs nozares kritums Eiropā un lielākajā daļā Āfrikas valstu;



50. attēls. Rūdu un metālu cenas izmaiņu dinamika pēdējo gadu laikā, vidēji svērtās cenas pasaules tirgū

\*Pasaules Bankas izejvielu cenu indekss vidēji un vāji attīstītām valstīm (1990. gada cenas = 100)

- ✓ rūdu, koncentrātu un metālu cenas straujš pieaugums degvielas cenas izmaiņu dēļ.

Tieši degvielas cenas pieaugums ir izraisījis ļoti strauju gandrīz visu rūdu un metālu cenas

kāpumu (sk. 50. attēlu). Tas jāņem vērā, lasot turpmākās nodaļas, kurās ievietotā statistika raksturo salīdzinoši stabilāku cenu un izmaksu periodu.

## 4.1. Melno metālu izejvielas

Melnie metāli ir vēsturiski veidojies vārdu savienojums, kas apzīmē vairāk pašu izejvielu sagatavošanas un metalurģijas procesu nekā pašus metālus, lai arī šo metālu krāsa pēc atdzišanas ir pelēka, tumši pelēka vai tiešām melna. Pirmo reizi metālu dalījumu šādās grupās apraksta Georgs Agrikola (*Georgius Agricola*), norādīdams, ka no labas rūdas, ievērojot noteiktas tehnoloģijas, ir iespējams iegūt labu melnu metālu visai netīros darba apstākļos. Sava saistība varētu būt arī ar plašu akmeņogļu izmantošanu kausēšanā, kas kopā ar sārņiem un sodrējiem veido kopēju netīru darba vides un rezultātu iesaīdu. Mūsdienās šie darba un metāla ražošanas apstākļi būtiski atšķiras no

viduslaikiem, tomēr tik un tā tie nav tieši salīdzināmi, piemēram, ar pārtikas ražošanu.

Mūsdienās pie melnajiem metāliem pieskaita dzelzi, mangānu un hromu, īpašos gadījumos šajā grupā var tik apskatīts arī volframs. Šos metālus kopā nereti sauc par "rūpniecības maizi", tādējādi uzsverot to izcilo lomu tehnikā, ražošanā un saimniecības attīstībā. Melnie metāli joprojām izteikti dominē pasaules metāla ražošanā un patēriņā, kopā veidojot gandrīz 94% no kopējās metāla aprites. To izmantošana ir visaptveroša, ir grūti pat nosaukt saimnieciskās darbības jomu, kurā neizmantotu melnos metālus un to izstrādājumus vai no tiem neveidotu apstākļus, kuros tās var tik veiktas.

### 4.1.1. Dzelzs rūdas

Dabā dzelzs ir ceturtais izplatītākais ķīmiskais elements pēc skābekļa, silīcija un alumīnija. Svara izteiksmē dzelzs daudzums Zemei kā planētai kopumā ir ļoti liels un sasniedz 34,6%, kas droši varētu ļaut mūsu Zemi saukt par "dzelzs planētu". Dzelzs daudzums Zemes garozā ir aprēķināts 5,0–5,63%, bet Zemes virskārtā – 1,41% apjomā. Zemes garozā dzelzs ir sastopama galvenokārt kristālisku vielu – minerālu – formā, lai arī lieli tās daudzumi ir šķīdumos. Tā nereti arī Latvijā mēs sastopam rāvainus dzelzainus ūdeņus gan kā avotus, gan nolietotās ūdensapgādes sistēmās, dzelzi var redzēt sarkanajās klintīs Gaujas ielejā, kur krāsu piešķir plāna dzelzs hidroksīdu kārtiņa uz smilts graudiņiem un cementā, kas šos graudiņus satur kopā smilšakmenī. Pasaules okeānā dzelzs daudzums ir aptuveni  $2 \times 10^{-3}$  miligrami litrā. Masas daļu izteiksmē dzelzs koncentrācija Visumā novērtēta kā  $1,1 \times 10^{-3}$ , uz Saules –  $1,0 \times 10^{-3}$ , meteorītos –  $220 \times 10^{-3}$ , cilvēka ķermenī –  $0,6 \times 10^{-3}$ . Dzelzij ir zināmi 30 izotopi (ar masas skaitli no 45 līdz 72), no tiem dabā ir sastopami četri, un tikai trīs ir stabili. Dzelzs dabā sastopama ar oksidēšanās pakāpēm +2 un +3.

Dzelzs ir viens no vissenāk pazīstamajiem metāliem, un dzelzs izstrādājumi ir zināmi vismaz sešus tūkstošus gadu – Ēģiptē, Senajā Divupē, Mazāzijā. Bet jau 8.–12. gadsimtā pirms mūsu ēras dzelzs kļuva pazīstama Dienvidēiropā, Ķīnā, un no tās gatavoti priekšmeti maiņas ceļā kļuva pieejami daudz plašāk. Tomēr joprojām kā gandrīz vienīgais izejmateriāls dzelzs iegūšanai tika izmantota meteorītu dzelzs, kuras daudzums uz Zemes ir visai ierobežots. Tikai 6. gadsimtā pirms mūsu ēras pirmo reizi tika izmantotas kausēšanas krāsnis, kurās temperatūru bija iespējams uzturēt līdz pat 1000 °C, un tas ļāva dzelzs ieguvē izmantot jau citas izejvielas, tomēr par kurināmo joprojām tika lietotas gandrīz tikai kokogles. Akmeņogļu un no tām iegūtā koksa izmantošana pēc Abrahama Derbija mēģinājumiem vainagojās ar panākumiem 1709. gadā, un kopš tā laika dzelzs kļuva vispārpieejama un lēta izejviela rūpniecībā.

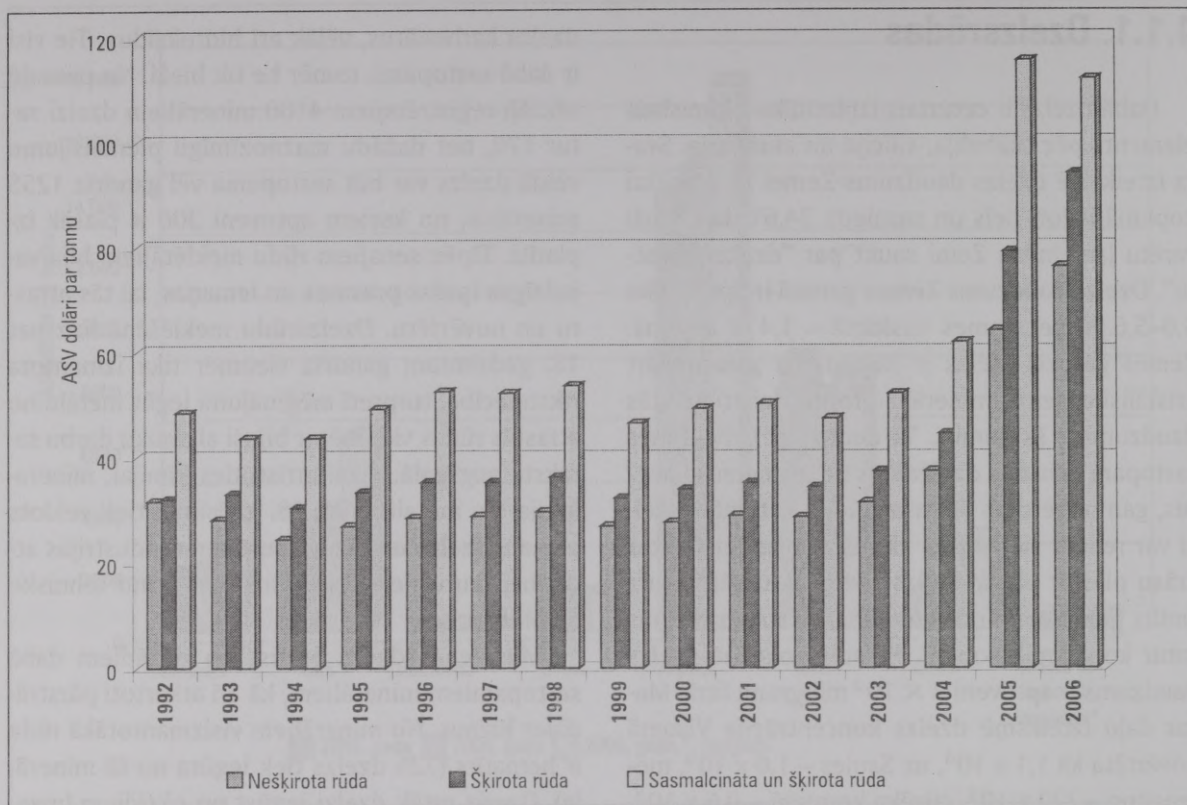
No dzelzs rūdām (izejvielām) vissenāk tika izmantota tīrradņu dzelzs no meteorītiem, bet jau pirmajā gadu tūkstošā pirms mūsu ēras tās ieguvi izmantoja arī viegli kūstošus dabā sastopamos

dzelzs karbonātus, vēlāk arī hidroksīdus. Tie visi ir dabā sastopami, tomēr ne tik bieži. No pasaulē oficiāli reģistrētajiem 4100 minerāliem dzelzi satur 170, bet dažādu maznozīmīgu piemaisījumu veidā dzelzs var būt sastopama vēl gandrīz 1255 minerālos, no kuriem aptuveni 300 ir plašāk izplatīti. Tāpēc senajiem rūdu meklētājiem bija vajadzīgas īpašas prasmes un iemaņas, lai tās atrastu un novērtētu. Dzelzs rūdu meklēšanā līdz pat 18. gadsimtam gandrīz vienmēr tika izmantota rīkstniecība, turpretī mēģinājumi iegūt metālu no atrastās rūdas vienmēr ir bijuši alķīmiķu darbu saraksta augšgalā. Tikai attīstoties ķīmijai, mineralogijai un metalurģijai, 18. gadsimtā tiek veidots pamats dzelzs un tās sakausējumu industrijas attīstībai, kuru nereti sauc arī par pirmo tehnisko revolūciju.

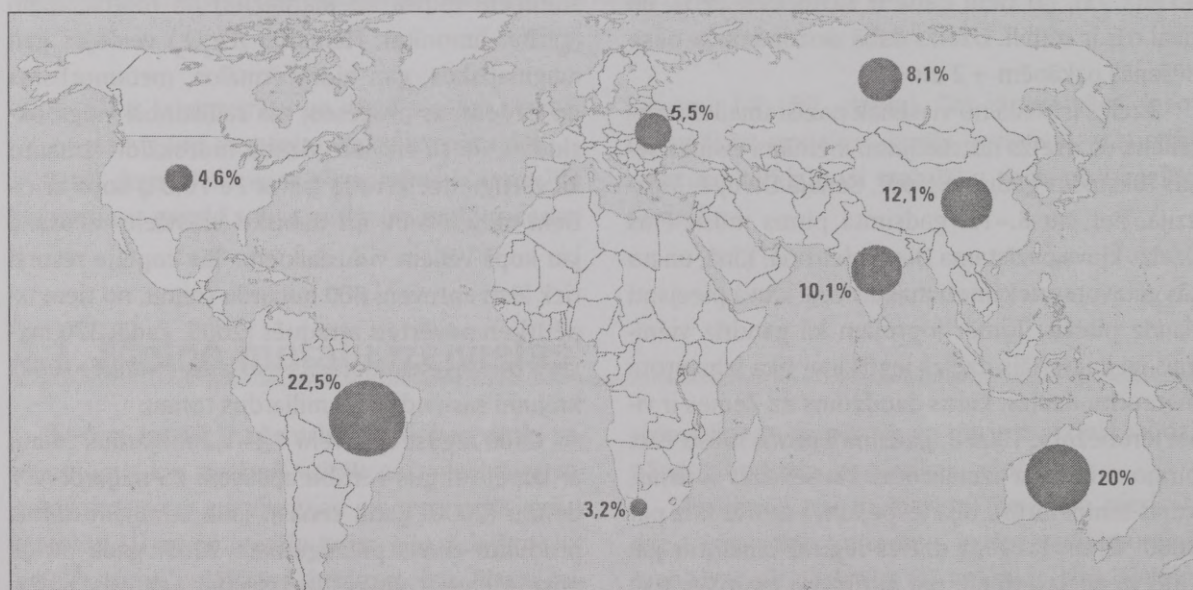
Mūsdienās dzelzi iegūst no dažādiem dabā sastopamiem minerāliem, kā arī atkārtoti pārstrādājot lūžņus. No minerāliem visizmantotākā rūda ir hematīts (72% dzelzs tiek iegūta no šā minerāla). Daudz retāk dzelzi iegūst no oksīdiem (magnetīta, titanomagnetīta), karbonātiem (siderīta), sulfīdiem (pirīta un markazīta) un hidroksīdiem (gētīta, limonīta). Hematīts ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) veidojas gan magmatiskos, gan hidrotermālos, metamorfisma un dēdēšanas procesos, tas salīdzinoši viegli oksidējas, un to aizvieto dzelzs hidroksīdi. Izmanto kā vērtīgu dzelzs rūdu (satur Fe 70,0%) kopā ar citiem minerāliem, arī dabisko krāsvielu ražošanā jau kopš vēliem viduslaikiem. Tās kopējie resursi tiek lēsti aptuveni 800 miljardu tonnu, no tiem izpētīti un novērtēti atradnēs (2005. gadā) 370 miljardi tonnu, ekspluatācijā esošajās atradnēs rūdas krājumi sasniedz 160 miljardus tonnu.

Gadā iegūst aptuveni 1,1–1,2 miljardus tonnu ar kopējo tirgus vērtību aptuveni 25 miljardi ASV dolāru (2000. gada cenās). Līdz straujam naftas produktu cenas pieaugumam 2005. gada otrajā pusē vienas tonnas dzelzs rūdas ieguves pašizmaksa bija 13–15 ASV dolāru, un kopš tā laika tās cena jau ir dubultojusies un turpina pieaugt energoresursu sadārdzinājuma dēļ. Tāpēc arī pakāpeniski pieaug preces – dažādas kvalitātes dzelzs rūdas – cena (sk. 51. attēlu).

Rūpnieciskai pārstrādei hematīts tiek iegūts 48 valstīs pasaulē, no tām piecās (Ķīnā, Brazīlijā, Austrālijā, Krievijā un Indijā) iegūst vairāk nekā 70% no dzelzs rūdas pasaulē (sk. 52. attēlu).



51. attēls. Dzelzs rūdas cenas izmaiņas (Avoti: CVRD, Wall Street Journal, US Steel)

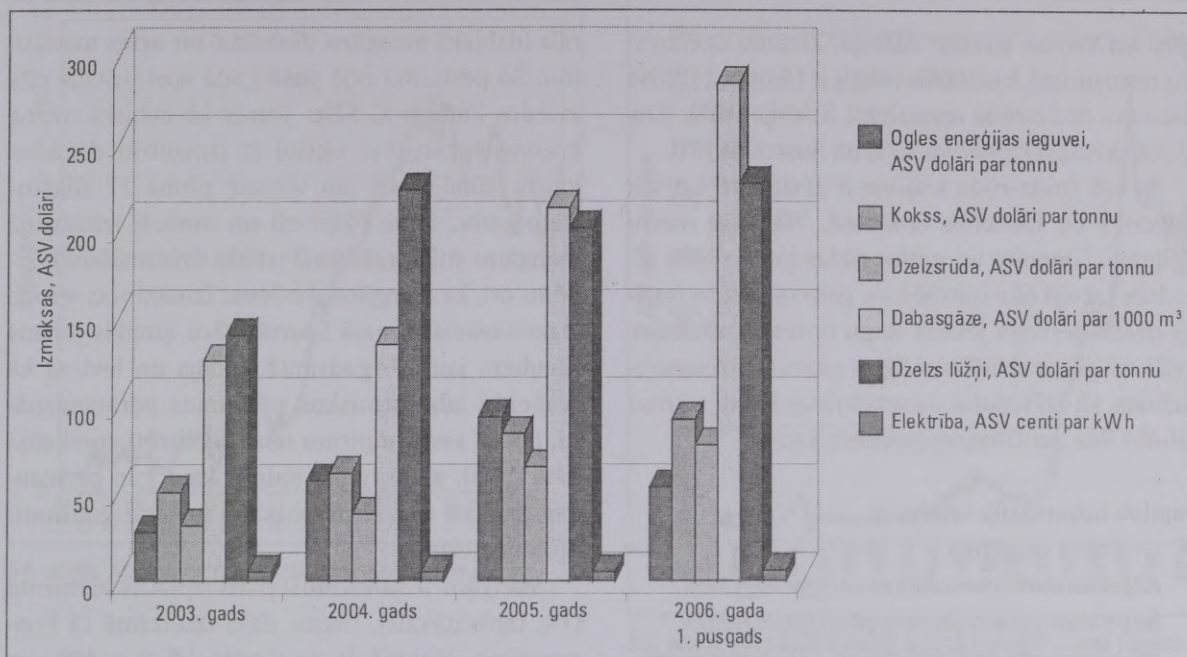


52. attēls. Dominējošās valstis dzelzs rūdas ieguvē, % (2005)

Pārstrādājot dzelzs rūdu, gandrīz vienmēr tiek iegūts čuguns. 2005. gadā no 1,29 miljardiem tonnu dzelzs rūdas ieguva 719 miljonus tonnu čuguna. Ņemot vērā arī metāllūžņu pārstrādi, 2005. gadā ieguva 1,30 miljardus tonnu čuguna, no kura lielākā daļa tika pārstrādāta tēraudā. Saražotā tērauda

cena ir ļoti jutīga attiecībā pret galveno izejvielu (enerģijas, koksa, dzelzs rūdas) izmaksām, un tām ir jāspēj konkurēt ar metāllūžņu pārstrādes izmaksām (sk. 53. attēlu).

Ilgākā laikposmā dzelzs rūdas cenas izmaiņas var iedalīt vairākos periodos (sk. 9. tabulu), un tie



53. attēls. Tērauda kausēšanas pamata izejvielu cenu izmaiņas pēdējos gados

9. tabula. Dzelzsrūdas vidējās cenas izmaiņas pasaulē

Laika periods	Dzelzsrūdas vidējās cenas izmaiņas (pieaugums)
1920–1945	2,8% gadā
1945–1973	6,2% gadā
1974–1995	0,2% gadā
Kopš 1996	>4% gadā

norāda gan globālā tirgus veidošanās noteiktus posmus, gan arvien pieaugošo dzelzs izejvielu vērtību. Dzelzsrūdas ieguves pašizmaksa ir neliela, 2007. gadā tā bija tikai 0,60 ASV dolāru par tonnu.

Svarīgi ir ņemt vērā, ka dzelzsrūda, tāpat kā visas citas metālu rūdas, nekad netiek pārstrādāta tikai vietēji. Jau pusgadsimtu netiek lietots jēdziens – “pašnodrošinājums” ar kādām noteiktām minerālizejvielām. Patiesībā vienā un tajā pašā

izejvielu tirgū kādā konkrētā valstī pārstrādei nonāk līdzīgas kvalitātes izejvielas par visai atšķirīgu cenu to transportēšanas un nodokļu atšķirības dēļ. Piemēram, Ķīnā to ir iespējams uzskatāmi novērot attiecībā tieši uz dzelzsrūdu, kurai ir dažāda izcelsmes ģeogrāfija (sk. 10. tabulu).

Tātad ne visa dzelzsrūda tiek pārstrādāta ieguves vietā vai tās tuvumā. Dzelzsrūda un čuguns ir svarīga eksportprece, un šajā tirgū pasaulē dominē Ķīna (22%), Austrālija (18%), Brazīlija (18%) un Indija (9%). Šāda eksporta dēļ tiek veidota ļoti masīva jūras kravu pārvadājumu plūsma, kas 2005. gadā sasniedza 597 miljonus tonnu (34,8% apkalpoja Ķīnas ostas).

Lielākās atradnes pasaulē: Krivojrogas un Kurskas magnētiskās anomālijas atradnes (kopā aptuveni 20 atradņu), Kostomukšas atradne Karēlijā, Augšezera atradnes ASV, Minas–Žeraisais un Karažas atradnes Brazīlijā, Ašaņas atradņu grupa

10. tabula. Vietējās un importētās dzelzsrūdas cenas salīdzinājums vairāku gadu posmā Ķīnas izejvielu tirgū, ASV dolāri par tonnu rūdas

Gads	Ķīnas vietējā dzelzsrūda	Importēta dzelzsrūda no:			
		Austrālijas	Brazīlijas	Dienvīdāfrikas	Indijas
2002	23	23	25	23	23
2003	44	28	33	30	35
2004	72	43	60	61	78
2005	89	58	74	76	89

Ķīnā un Venzas atradne Alžīrijā. Zināmo dzelzsrūdu resursu ziņā bagātākās valstis ir Ukraina (19% no pasaules dzelzsrūdu resursiem), Krievija (16%), Ķīna (13%), Brazīlija (aptuveni 13%) un Austrālija (9%).

Nelieli dzelzsrūdu krājumi ir zināmi arī Latvijā, Staiceles un Gārsenes apkārtnē, 700–950 metru dziļumā. Limonītu un gētītu rūdas ļoti nelielās atradnēs Latvijā tika izstrādātas, galvenokārt lai iegūtu dzelzi hercoga Jēkaba kuģu flotes vajadzībām, vēlāk arī gāzes attīrīšanai Rīgas gāzes fabrikas vajadzībām, kā arī ražojot minerālkrāsas Kalniņa krāsu fabrikā līdz pat Otrajam pasaules karam.

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ģeoloģija un ķīmija  
<http://www.roberiver.com/resource/geology.html>  
<http://www.geoarch.co.uk/geology/geology.html>  
[http://www.odp.usyd.edu.au/odp\\_CD/econ/economic.html](http://www.odp.usyd.edu.au/odp_CD/econ/economic.html)  
<http://web.umn.edu/~rhagni/>  
[http://gsc.nrcan.gc.ca/mindep/synth\\_prov/superior/index\\_e.php](http://gsc.nrcan.gc.ca/mindep/synth_prov/superior/index_e.php)
- ✓ Statistikas dati  
<http://www.nationalminesatlas.gov.au/info/rockfiles/iron.jsp>  
[http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/iron\\_ore/](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/iron_ore/)  
<http://www.intracen.org/tradstat/sitc3-3d/indexpe.htm>  
[http://www.abareconomics.com/interactive/ACS\\_2005/htmlversion/htm/minerals\\_energy.html](http://www.abareconomics.com/interactive/ACS_2005/htmlversion/htm/minerals_energy.html)  
<http://unstats.un.org/unsd/databases.htm>
- ✓ Cenas  
<http://r0.unctad.org/infocomm/Iron/covmar04.htm>  
<http://www.unctad.org/Templates/Page.asp?intItemD=1889&lang=1>  
<http://www.unctad.org/infocomm/anglais/iron/sitemap.htm>  
<http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/EXTDEC/EXTDECPROSPECTS/0,,menuPK:476941~pagePK:51084723~piPK:51084722~theSitePK:476883,00.html>

## 4.1.2. Mangāns

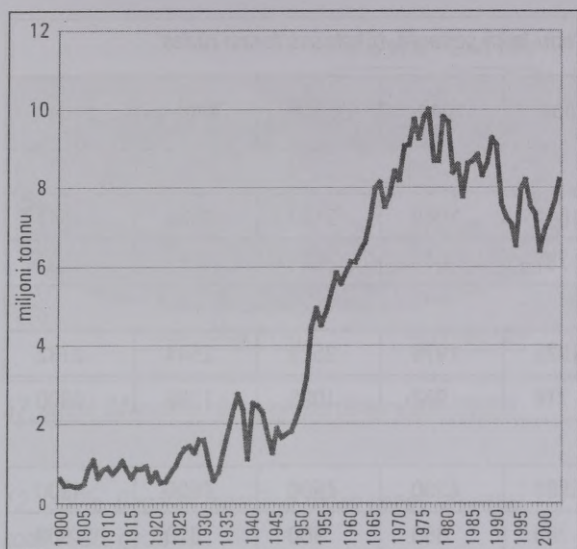
Mangāns kā ķīmiskais elements zināms tikai kopš 1774. gada, kad zviedru pētnieks Johans Gotlībs Gāns to ieguva, karsējot piroluzīta mine-

rāla (dabiskā mangāna dioksīda) un ogles maisījumu. Šo pētījumu tajā pašā gadā apstiprināja cits zviedru ķīmiķis K. Šēle. Tomēr kā dabiska melna krāsviela mangāna oksīdi ir izmantoti dažādos klinšu zīmējumos jau vismaz pirms 17 tūkstošiem gadu, senie ēģiptieši un romieši izmantoja mangānu stikla ražošanā (stikla dzidrināšanā). Zināms arī, ka mangāna piedevas izmantotas ieroču izgatavošanai senajā Spartā. Vācu ķīmiķis Johans Glaubers jau 17. gadsimtā atklāja un ieviesa kā reaģentu laboratoriskos pētījumos permanganātu, bet tā sastāvu pirmo reizi detalizēti aprakstīja tikai 1770. gadā Ignīts Kaimis, kaut gan permanganāts plaši tika izmantots jau gandrīz gadsimtu hlorā iegūšanai.

Mangāns ir salīdzinoši plaši izplatīts elements (14. izplatītākais), masas daļu izteiksmē tā koncentrācija Visumā ir novērtēta kā  $8 \times 10^{-6}$ , uz Saules –  $10 \times 10^{-6}$ , meteorītos –  $2,8 \times 10^{-3}$ , Zemes garozā –  $1,1 \times 10^{-3}$ , Pasaules okeānā –  $2 \times 10^{-9}$ , cilvēka ķermenī –  $0,2 \times 10^{-6}$ . Mangāns ir toksisks, tā maksimāli pieļaujamā koncentrācija ir  $5 \text{ mg/m}^3$ . Mangāna trūkums dzīvnieku un augu organismos rada augšanas un attīstības traucējumus. Cilvēkam dienā ir nepieciešami aptuveni 3–8 mg mangāna. Ķīmiskajam elementam ir zināmi 19 mangāna izotopi, no tiem tikai viens ir stabils. Raksturīga ir mangāna oksidēšanās pakāpes (vērtības) dažādība un maiņa (+2, +3, +4, +6 un +7).

Uz Zemes visbiežāk sastopams kristāliskā oksīdu (hausmanīts, braunīts, piroluzīts, vernandīts, psilomelāns), silikātu (tefroīts, spesartīns, rodonīts) un karbonātu (rodohrozīts, manganokalcīts) formā vairāk nekā 670 minerālos, no tiem 40 minerāli ir biežāk sastopami. Visizplatītākie ir piroluzīts ( $\text{MnO}_2$ ) un rodohrozīts ( $\text{MnCO}_3$ ).

Minerāla piroluzīta veidošanās ir zināma tikai eksogēnos procesos, dēdēšanas garozās norādoties mangānu saturošiem minerāliem. Liekākās atradnes pasaulē ir Nikopolē (Ukrainā) un Madhjaapradešā (Indijā). Neparasts ir minerāla nosaukums, kas pārņemts no grieķu valodas un nozīmē "tas, kas noskalo uguni", jo sākotnēji minerāla pulveris tika izmantots stikla kausēšanā kā piedeva stikla dzidrināšanā. Mūsdienās tā ir mangāna galvenā rūda (Mn 63,2%) un tiek iegūta, lai nodrošinātu metalurģijas vajadzības (līdz pat 90% no kopējā patēriņa pasaulē). Otra nozīmīgākā mangāna izmantošanas joma ir elektrisko bateriju



54. attēls. Kopējā mangāna rūdas ieguve pasaulē

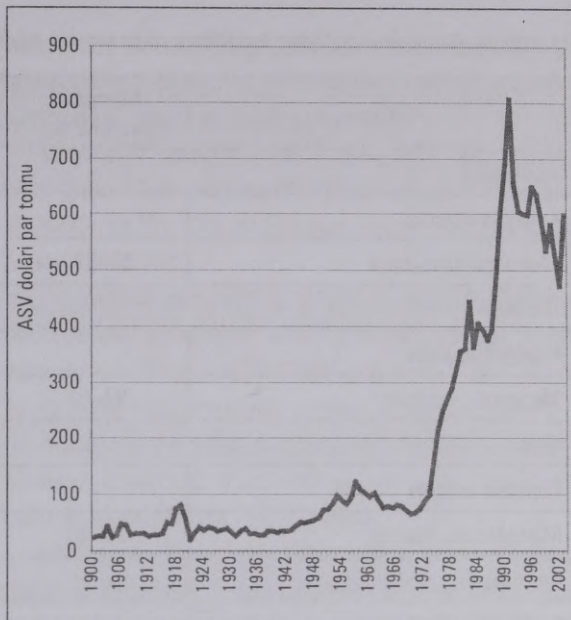
ražošana un ķīmiskā rūpniecība (lauksaimniecībā izmantojamie minerālmēsli un ķīmiskās vielas, krāsvielas būvmateriālu ražošanā).

Mangāna ieguves apjoms ir tieši saistīts ar melnās metalurģijas attīstību, kas ir jutīga nozare attiecībā uz dažādiem politiskiem notikumiem (gatavošanās karadarbībai, pēckara atjaunošanas darbi, industrializācijas periodi un tamlīdzīgi). Tiek uzskatīts, ka mangāna ieguves, patēriņa un uzkrājumu veidošanas vēsture var pavēstīt vairāk, nekā to apraksta vienkāršas vēstures grāmatas. Noteiktus secinājumus var izdarīt, analizējot arī tikai kopējo mangāna ieguves dinamiku pagājušajā gadsimtā (sk. 54. attēlu).

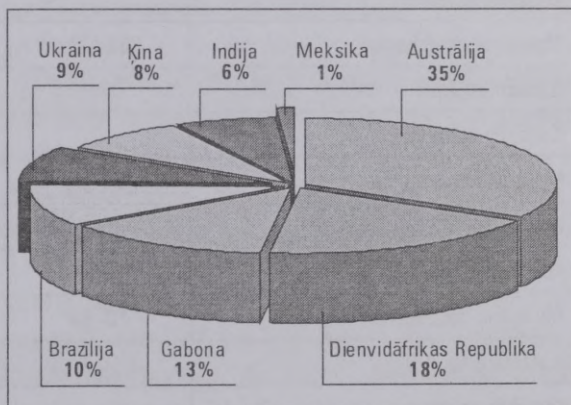
Literatūrā mangāna cena tiek izteikta dažādos veidos, un, lai to būtu iespējams salīdzināt, Pasauls Tirdzniecības organizācija ir izstrādājusi īpašu metodiku, pēc kuras cenas tiek pielīdzinātas vienības cenai. To veido vidēji svērtie mangāna rūdas, silikomangāna un ferromangāna pārdotie daudzumi, kas reizināti ar to cenu un dalīti ar kopējo realizēto daudzumu. Vidēji svērtās vienības cenas (ieskaitot sakausējumus) izmaiņas pagājušajā gadsimta laikā atspoguļotas 55. attēlā.

Kompānijas specializējas noteiktas kvalitātes rūdu ieguvē, un to loma pasaules tirgū ir atšķirīga (sk. 11. tabulu). Tas ir jāņem vērā, ja tiek rēķināta kopējā mangāna ieguve vai iegūtā mangāna metāla daudzums.

Mangāna ieguve pasaulē 2005. un 2006. gadā turpināja palielināties un sasniedza attiecīgi



55. attēls. Novērtētā vidēji svērtā vienības cena (ieskaitot sakausējumus)



56. attēls. Valstis, kuras dominē mangāna ieguvē pasaulē (2005)

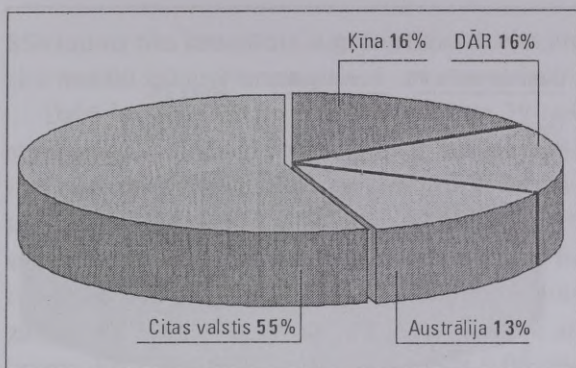
10 500 tūkstošus tonnu un 11 000 tūkstošus tonnu mangāna izteiksmē.

Piroluzīta ieguve pasaulē arvien vairāk pieaug tēraudkausēšanā, izmantojot metāllūžņus, un tas izteikti vērojams pēdējos 10 gados, palielinoties gada patēriņam no 8 līdz 11 miljoniem tonnu (sk. 56. attēlu).

Zināmie piroluzīta resursi pasaulē pārsniedz 10 miljardus tonnu, no tiem aptuveni 80% koncentrēti Dienvidāfrikā un 10% – Ukrainā. Aprēķinātie un novērtētie krājumi 2005. gadā pasaulē (pārrēķinot 74% tīrā mangāna saturā) sasniedza 5,23 miljardus tonnu, no tiem ekspluatācijā esošajās

11. tabula. Mangāna dažādas kvalitātes rūdu ieguve pēdējo gadu laikā pasaulē, tūkstošos tonnu rūdas

Valsts	Mangāna saturs, %	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Austrālija</b>						
Kopējais apjoms		1614	2069	2187	2555	3381
Mangāna daudzums	37–53	787	948	983	1247	1327
<b>Brazīlija</b>						
Kopējais apjoms		1925	1970	2529	2544	2732
Mangāna daudzums	37–51	719	988	1095	1286	1300
<b>Ķīna</b>						
Kopējais apjoms		3500	4300	4500	4600	4500
Mangāna daudzums	20–30	700	860	900	920	900
<b>Gabona</b>						
Kopējais apjoms		1743	1791	1856	2000	2500
Mangāna daudzums	45–53	804	830	810	873	1090
<b>Gana</b>						
Kopējais apjoms		896	1077	1136	1509	1624
Mangāna daudzums	32–34	287	344	363	480	525
<b>Dienvīdāfrika</b>						
Kopējais apjoms		3635	3266	3322	3501	4207
Mangāna daudzums	30–48+	1578	1479	1504	1585	1905
<b>Indija</b>						
Kopējais apjoms		1550	1600	1700	1650	1700
Mangāna daudzums	10–54	590	600	630	620	630
<b>Kazahstāna</b>						
Kopējais apjoms		1136	1387	1792	2361	2400
Mangāna daudzums	20–30	280	350	440	580	580
<b>Meksika</b>						
Kopējais apjoms		435	277	233	310	376
Mangāna daudzums	27–50	156	100	88	112	136
<b>Ukraina</b>						
Kopējais apjoms		2741	2700	2470	2591	2362
Mangāna daudzums	30–35	930	930	840	880	810
<b>Citas valstis kopā</b>						
Kopējais apjoms		433	490	474	490	494
Mangāna daudzums		125	150	148	147	150
<b>Pasaulē kopā</b>						
Kopējais apjoms		19 600	20 900	22 200	24 100	26 300
Mangāna daudzums		6960	7580	7800	8730	9350



57. attēls. Mangāna rūdas eksportētājvalstis (2005)

12. tabula. Bagātās mangāna rūdas cenas izmaiņas kopš 1980. gada

Gads	Rūdas cena, ASV dolāri par tonnu
1980	1,67
1985	1,41
1990	3,78
1995	3,10
2000	2,89
2005	4,71
2006	5,12

atradnēs un to grupās – 380 miljonus tonnu. Visvairāk ekspluatācijā esošo atradņu krājumu ir Krievijā, Brazīlijā, Austrālijā, Dienvidāfrikā, Gabonā un Indijā.

Šajos aprēķinos nav ņemts vērā mangāna un dzelzs un mangāna konkrēciju (satur līdz 24% mangāna) daudzums Pasaules okeānā, kas nākotnē var kļūt par ļoti nozīmīgu mangāna avotu. To resursi

vairākkārt vērtēti pagājušā gadsimta nogalē, un, lai arī tie ir atšķirīgi, aprēķinos iegūtais daudzums pārsniedz simts miljardus tonnu.

Visvairāk mangāna rūdu eksportē (sk. 57. attēlu) Ķīna (16% no kopējā rūdas eksporta pasaulē 2005. gadā), Dienvidāfrikas Republika (16%) un Austrālija (13%).

Piroluzīts nav dārga rūda. Minerāla ieguves pašizmaksa (neņemot vērā transportēšanas izdevumus) ir 1,25–2,6 ASV dolāri par tonnu. Ja rūda ir bagāta un tajā mangāna saturs sasniedz 48–50%, to ir iespējams tieši, neveicot iepriekšēju bagātināšanu, izmantot metalurģijā, un šāda produkta cena ir augstāka (sk. 12. tabulu).

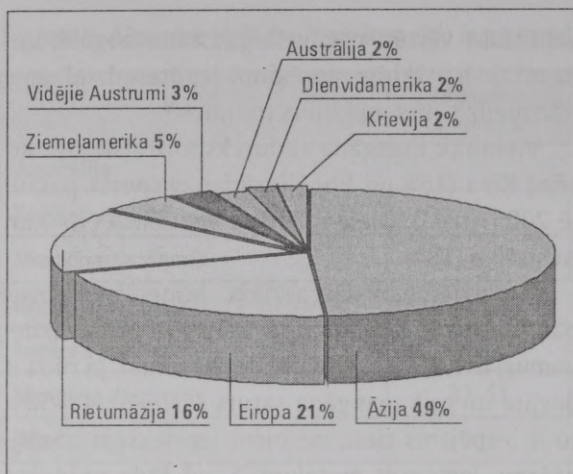
Mangāna rūdu nereti ir nepieciešams atbrīvot no mehāniskiem piemaisījumiem. Pēc šādas apstrādes bagātinātas rūdas cena ir 40–70 ASV dolāru par tonnu. Piegādes ostā mangāna rūdas cena ir daudz augstāka, pēdējos gados – 130–170 ASV dolāru par tonnu mangāna, kas sapakots maisos no 50 kilogramiem līdz 10 tonnām. Cena ir atkarīga no enerģijas avotu izmaksu pieauguma.

Piroluzīts pārstrādes rūpnīcās maksā 22–25 ASV dolārus par tonnu (Mn saturs 35% vai vairāk). Saražotā silikomangāna un ferromangāna cena ir noturīga – 450–550 un 400–450 ASV dolāru par tonnu.

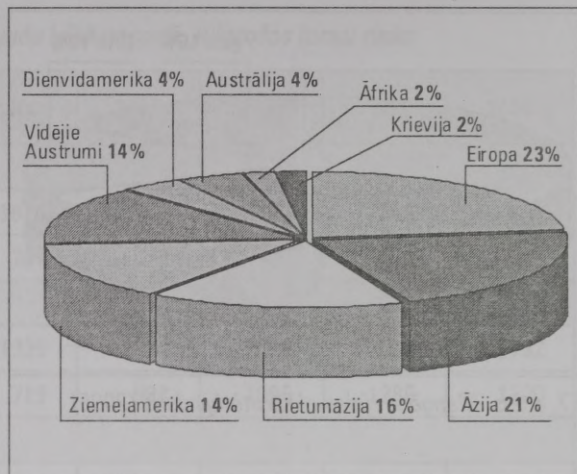
Mangāna rūdas un rūdu koncentrāti ir ļoti nozīmīgs starptautiskās tirdzniecības produkts, kura pārvadājumu apjoms pārsniedz sešus miljardus tonnu (2005. gads). No desmit lielākajām mangāna eksporta valstīm 2006. gadā izteikti dominēja tikai dažas (sk. 58. attēlu).



58. attēls. Pasaules valstu loma eksporta tirgū 2006. gadā



59. attēls. Reģionu loma pasaules eksporta tirgū (2006)



60. attēls. Mangāna rūdas imports (2006)

Pa reģioniem mangāna rūdas un tās koncentrātu ieguve un eksports ir ļoti atšķirīgi (sk. 59. attēlu).

Mangāna rūdu 2006. gadā (sk. 60. attēlu) importēja Eiropa (23% pasaules mangāna importa), Āzija (21%), Rietumāzija (16%), Ziemeļamerika (14%), Vidējie Austrumi (14%), Dienvidamerika (4%), Austrālija (4%), Āfrika (2%) un Krievija (2%).

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ģeoloģija un ķīmija
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mapdata/nonprec.pdf>
  - <http://www.manganese.org/reserves.php>
  - <http://www.berenguela.com/>
  - <http://www.wwnorton.com/earth/egeo/overview/ch12.htm>
  - <http://www.biosbcc.net/ocean/marinesci/02ocean/mgbottom.htm>
  - [http://www.gsj.jp/Map/EN/docs/mar\\_doc/mar\\_21.htm](http://www.gsj.jp/Map/EN/docs/mar_doc/mar_21.htm)
- ✓ Statistikas dati
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/manganese/mangamyb03.xls>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/manganese/>
  - [http://www.nrcan.gc.ca/mms/cmy/content/2001/hist\\_e.pdf](http://www.nrcan.gc.ca/mms/cmy/content/2001/hist_e.pdf)
  - [http://www.exportbureau.com/global\\_world\\_trade\\_statistics.html](http://www.exportbureau.com/global_world_trade_statistics.html)
  - <http://www.unctad.org/infocomm/Handbook/Hbk9601cont.htm>
- ✓ Cenas
  - <http://www.miningweekly.co.za/?show=70360>

[http://www.ecplaza.net/search/1s1nf20sell/manganese\\_price.html](http://www.ecplaza.net/search/1s1nf20sell/manganese_price.html)  
<http://products.ec21.com/manufacturers/C021002/Manganese.html>

### 4.1.3. Hroms

Metālu pirmo reizi ieguva franču ķīmiķis L. N. Voklēns (*Louis Nicholas Vauquelin*) 1797. gadā, reducējot jau zināmo hroma oksīdu ar oglekli. Hroma nosaukums cēlies no grieķu vārda *chrōma* – krāsa, jo hroma dažādiem savienojumiem ir dažāda krāsa. Interesanta ir hroma atklāšanas vēsture. 1761. gadā Johans Gotlībs Lēmans Urālu kalnos atrada nezināmu oranži sarkanu minerālu, ko nosauca par Sibīrijas svinu, jo kļūdainas analīzes dēļ tajā tika noteikts svins, selēns un dzelzs. Patiesībā tas bija svina hromāta minerāls – krokoīts ( $PbCrO_4$ ). 1770. gadā šo pašu vietu vēlreiz apmeklēja Luiss Nikolass Voklēns un atrada to pašu minerālu. L. N. Voklēns to atzina par noderīgu pigmentu un krāsu ražošanai. Krokoīta pigmenti ļoti īsā laikā kļuva par modes krāsu – ļoti gaiši dzeltenu krāsu. Un tikai 1797. gadā, kad mēģināja rast kādu citu risinājumu dārgās krāsas ražošanai no citām izejvielām, tika iegūts metāliskais hroms. Tajā pašā gadā L. N. Voklēns to konstatēja (publicēja 1798. gadā) kā piemaisījumu citos minerālos, tostarp dārgakmeņos (rubīnā un smaragdā). Tomēr visu 19. gadsimtu hroma sāļi tika izmantoti vienīgi krāsvielu ražošanai, un tikai 20. gadsimtā

85% hroma tika izmantots augstvērtīgos dzelzs un citu metālu sakausējumos.

Dabā hromam ir trīs stabili izotopi un 19 nestabili radioizotopi. Hroma atomā ir seši nesapāroti elektroni, tāpēc arī hroma oksidēšanās pakāpe savienojumos var būt no +1 līdz +6, bet visbiežāk – ar oksidēšanās pakāpi +2, +3 un +6. Hroms ir toksisks, un Pasaules Veselības organizācija rekomendē neizmantot dzeramo ūdeni ar hroma (VI) koncentrāciju, kas pārsniedz 0,05 miligramus litrā.

Hroms ir dabā salīdzinoši plaši izplatīts (21. izplatītākais elements), tā vidējā koncentrācija masas daļu izteiksmē Visumā ir  $15 \times 10^{-6}$ , uz Saules –  $20 \times 10^{-6}$ , meteorītos –  $3,1 \times 10^{-3}$ , Zemes garozā –  $0,14 \times 10^{-3}$ , Pasaules okeānā –  $0,6 \times 10^{-9}$ , cilvēka ķermenī –  $0,3 \times 10^{-6}$ .

Ļoti reti dabā ir sastopams tīrradņu hroms, vislabākie paraugi zināmi Udačnajas atradnē Krievijā – tā ir kimberlītu struktūra, kurā reducējošā vidē veidojas gan hroma tīrradņi, gan dimanti.

Dabā ir sastopami vairāk nekā 117 hromu saturoši minerāli, no tiem izplatītāki ir tikai aptuveni 40 minerāli – oksīdi (hromšpinelīdi, krokoīts, hromīts, maripozīts, tarapacaīts) un silikāti (uvarovīts, belīts, knoringīts), tomēr lielu daudzumu vienkopus veido tikai viens hroma minerāls – hromīts ( $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ). Tas veidojas tikai magmatiskos apstākļos ultrabāziskā vidē, un sākotnēji to dēvēja par iezi. Minerāls ir sastopams atsevišķu graudu, josliņu vai slāņu un masīvu bloku veidā dunītos, peridotītos un serpentīnos. Dabā ir atrodams vienmēr kopā ar šādiem minerāliem: serpentīnu, olivīnu, magnētītu, uvarovītu, hroma hlorītu, tīrradņu platīnu.

Lielākās hromīta atradnes ir Ziemeļurālos Krievijā (Saranovas), Dienvidurālos (Donas atradņu grupa), Aktjubsinskas apgabalā (Almazžemčužinas) un Kazahstanā (Miljonnoje, 20. let Kazahskoi SSR). Bagātīgas atradnes ir Dienvidāfrikā (koncentrēti

līdz 70% no pasaulē zināmajiem hromīta resursiem), Zimbabvē, Turcijā, Indijā, Filipīnās un ASV (Stilvateras atradņu kompleks Montānā).

Hromīts ir faktiski vienīgā hroma rūda ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$  68%) pasaulē, un tai ir ļoti liela saimnieciska nozīme metalurģijā sakausējumu kvalitātes uzlabošanā (īpaši kā pretkorozijas pārklājumam) un kā ugunsdrošam materiālam krāšņu oderēšanā. Hromu izmanto arī īpašu tērauda sakausējumu ražošanā, izstrādājumu galvanizēšanā ar hroma pārklājumu, anodizējot alumīnija izstrādājumus, krāsu ražošanā, katalizatoru izgatavošanā. Hroma sāļi plaši tiek izmantoti ādu apstrādei, magnētisko lenšu un joslu izveidei un citur. Hroma oksīdu daudz patērē arī abrazīvo un pulējamo materiālu ražošanā, sprāgstvielu un oksidētāju ražošanā. Hroma metāla ražošana pasaulē 2005. gadā sasniedza 17–18 miljonus tonnu. Visvairāk hromu izmanto metalurģijā, kur tiek patērēts aptuveni 92% no visa hroma. Tikai 4,4% hroma izmanto ķīmiskajā rūpniecībā, 2,9% – dažādiem lējumiem, 0,5% – ugunsizturīgu materiālu ražošanā. Pasaulē gadā ražo 24–26 miljonus tonnu hromu saturoša tērauda, pēdējo gadu laikā tā ražošana palielinās par 7–7,5% gadā.

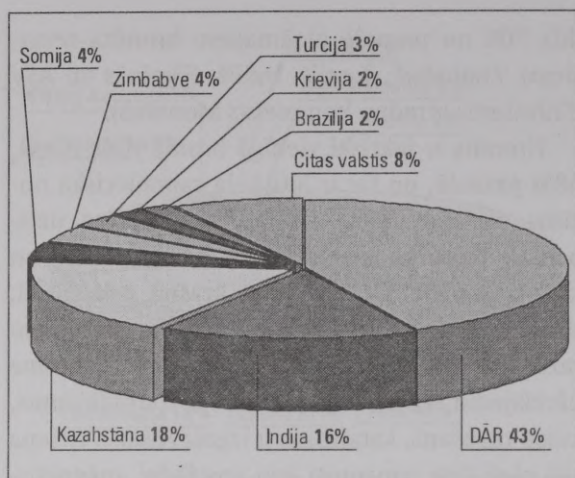
Hroma ieguve pasaulē ir tieši atkarīga no tehnoloģiskā progresa un saimnieciskajām vajadzībām pēc īpašas kvalitātes un īpašību metāliem. To uzskatāmi parāda pasaulē iegūtā hroma daudzums pagājušajā gadsimtā (sk. 13. tabulu).

Hroms ir viens no nedaudzajiem metāliem, kura tirdzniecība pasaulē tiek īpaši kontrolēta. Tas tiek attiecināts arī uz hromu saturošu materiālu (no rūdām līdz metāllūžņiem) apriti, daudzumu, cenu un izmantošanu. Tāpēc statistiskos aprēķinos ir jāņem vērā, ka pieejamie dati nav pilnīgi, bet ANO struktūrvienības uzskaita visus hroma rūdas ieguves gadījumus, ja tā gadā pārsniedz piecas tonnas (sk. 61. attēlu). Tomēr ekonomiski

13. tabula. Pasaulē iegūtā hroma metāla daudzums, ieskaitot pārkausētos lūžņus, tūkstoši tonnu

Gads	iegūtais metāla daudzums	Gads	iegūtais metāla daudzums	Gads	iegūtais metāla daudzums
1900	16,5	1940	457,0	1980	2830,0
1910	33,6	1950	720,0	1990	3950,0
1920	53,2	1960	1250,0	2000	4750,0
1930	173,0	1970	1910,0	2003	4940,0

Piezīme: aprēķinos pieņemts, ka lūžņu daudzums kopš 1950. gada ir 17–19%.



61. attēls. Hroma rūdas ieguve pasaulē, tūkstošos tonnu, pārrēķinot hroma tīrmetālā

nav izdevīgi sākt hroma rūdu ieguvu, ja tā nesasniedz tūkstošiem tonnu gadā.

Pasaulē apzinātie hromīta resursi pārsniedz 12 miljardus tonnu, no tiem izpētīti un novērtēti ir 1,8 miljardi tonnu (2005. gadā), ekspluatācijā

esošajās atradnes kopā ir 0,81 miljards tonnu. Tas ir ļoti augsts nodrošinājums, jo gada patēriņš ir 15,5–17 miljoni tonnu. Hroma rūdu krājumi netiek plaši reklamēti, un daudzas valstis, kas pārtraukušas šo rūdu ieguvu, "noraksta" krājumus no Zemes dziļu krājumu un resursu bilances. Piemēram, ASV vairs neiegūst hroma rūdas, un no bilances tās ir izslēgušas 10 miljonus tonnu detalizēti izpētītu rūdu krājumu.

Visvairāk hromīta iegūst Dienvidāfrikā (44% no ieguves pasaulē), Kazahstānā (18%), Indijā (17%), Zimbabvē, Somijā, Ķīnā, Krievijā, Brazīlijā, Norvēģijā, Zviedrijā, Japānā un Turcijā. Pārējās vairāk nekā 20 valstīs, kurās notiek hroma rūdu ieguve, tās daudzums kopā nepārsniedz 1,4% no kopējās ieguves pasaulē (sk. 14. tabulu).

Turpmākajos gados hroma rūdas ieguve palielinās, un ASV Ģeoloģijas dienesta novērtējumi rāda, ka 2005. gadā pasaulē tika iegūts 19,9 miljoni tonnu hroma rūdas. Ieguve turpināja palielināties arī 2006. gadā, sasniedzot 20,0 miljonus tonnu, no tām 8,0 miljoni tonnu tika iegūtas Dienvidāfrikā,

14. tabula. Hroma rūdas ieguves dinamika dažādās pasaules valstīs, tonnās

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004
Afganistāna	5345	5682	6136	6364	–
Albānija	120 400	86 000	91 000	95 000	158 392
Apvienotie Arābu Emirāti	30 000	10 000	–	–	7089
Austrālija	90 000	11 800	132 665	138 826	265 987
Brazīlija	550 000	409 049	283 991	404 477	462 755
Dienvidāfrika	6 622 000	5 502 010	6 435 746	7 405 391	7 625 545
Filipīnas	26 361	26 932	23 703	24 000	25 000
Indija	1 946 910	1 677 924	2 698 577	2 210 000	2 948 944
Irāna	153 000	104 905	80 000	120 000	183 171
Kazahstāna	2 606 600	2 045 700	2 369 400	2 927 500	3 267 000
Krievija	92 000	69 926	74 300	116 455	320 200
Kuba	56 300	50 000	46 000	34 000	34 000
Ķīna	208 000	182 000	180 000	200 000	200 000
Madagaskara	131 293	23 637	11 000	45 040	77 386
Mjanma (Birma)	227	307	318	341	–
Omāna	15 110	30 100	27 444	13 000	18 585
Pakistāna	119 490	64 000	62 005	98 235	10 000
Somija	628 414	575 126	566 090	549 040	579 780
Sudāna	28 500	20 500	14 000	37 000	26 000
Turcija	545 725	389 759	313 637	291 793	436 639
Vjetnama	76 300	70 300	80 000	120 000	150 000
Zimbabve	668 043	780 150	749 339	637 099	668 391
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>14 700 000</b>	<b>12 100 000</b>	<b>14 200 000</b>	<b>15 500 000</b>	<b>17 500 000</b>

Apzīmējumi: – rūda netika iegūta.

3,6 miljoni – Kazahstānā, 3,3 miljoni tonnu – Indijā. Detalizētāki dati par 5,0 miljoniem tonnu hroma rūdas iegūvi citās zemēs nav ieejami.

Hroma izmantošana pasaulē palielinās līdz ar kopīgo kvalitātes prasību pieaugumu attiecībā uz materiālu un izejvielu tīrību un piemērotību konkrētiem patēriņa mērķiem. Vienlaikus atkārtotā izmantošanā nonākuša hroma metāla cena, pat sakausējumu cena, nereti ir zemāka nekā jauniegūtās rūdas cena. Tomēr raksturīgākais ir hroma kopējā patēriņa pieaugums, kā arī hroma izmantošanas dažādošana (sk. 62. attēlu) – arvien vairāk hroma metāls tiek izmantots citu veidu produktos, ne tikai ferrohroma sakausējumos un hroma tērauda ražošanā, kas līdz 1990. gadam aptvēra vairāk nekā 98% no visa hroma pamata lietojuma. Otra iezīme ir hromu saturošo izstrādājumu atkārtota izmantošana – vairāk nekā puse no mūsdienās saražotā hroma tērauda tiek iegūta no lūžņiem, bet ferrohroma sakausējumu ražošanā šis rādītājs jau sen pārsniedz 30 procentus.

Hroma metāla patēriņa struktūra visā pasaulē dažādojas, un globalizācijas ietekmē patēriņa zemēs izteikti samazinās rūdu un pirmkausējumu

izmantošana. Piemēram, ASV kopējais hroma patēriņš būtiski samazinās, it īpaši hroma rūdas izmantošanas ziņā (sk. 63. attēlu). To aizstāj gatavās produkcijas imports. Palielinās tikai hroma sāļu izmantošana. Šāda tendence pēdējos 10 gados ir raksturīga arī Eiropā.

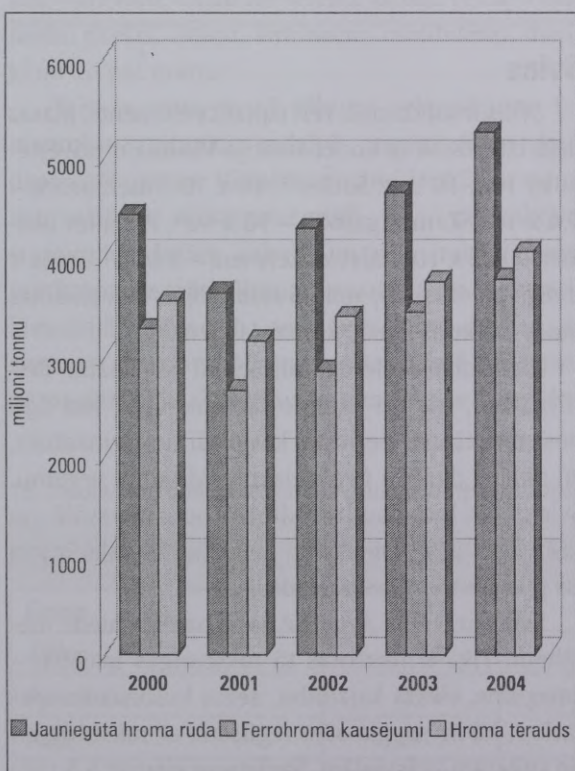
Hroma rūda nav dārga, tās cena ir 65–80 ASV dolāru par tonnu (bez piegādes). Biržas produkts ir ferrohroms (sakausējums lietņos, Cr saturs  $61,4 \pm 3,7\%$ ), un tā cena pasaulē ir 900–1300 ASV dolāru par tonnu. Tīrmetāla (99%) cena ir ļoti augsta – 6300–6800 ASV dolāru par tonnu, un tai ir tendence pieaugt. 2007. gadā hroma rūdas cena palielinājās no 110–135 līdz 240 ASV dolāriem par tonnu, ferrohroma cena – līdz 1430 ASV dolāriem par tonnu. Hroma tīrmetāls maksāja 7730–8010 ASV dolāru par tonnu. Vienlaikus pasaules tirgū ir pieejams arī lēts hroma rūdas koncentrāts – par 205 ASV dolāriem tonnā (bez piegādes izmaksām) no Ķīnas un Irānas.

#### Papildu literatūra internetā

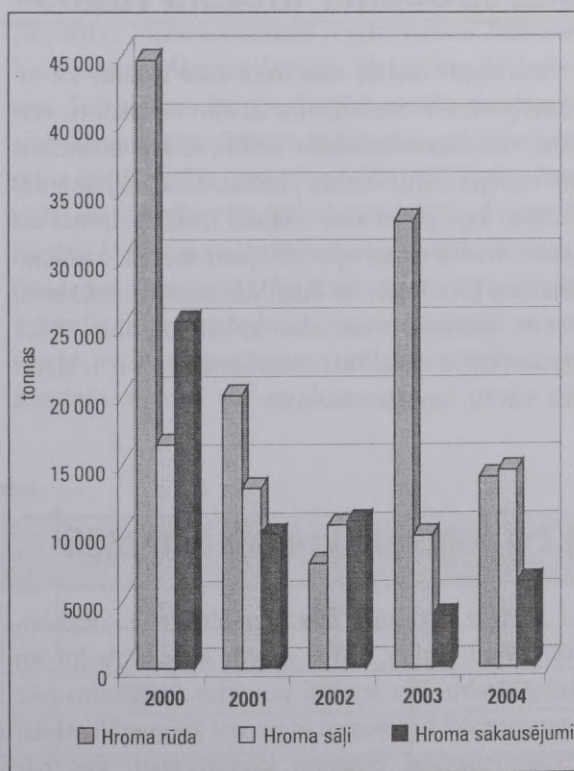
✓ Ģeoloģija un ķīmija

<http://dmoz.org/Science/Chemistry/Elements/Chromium/>

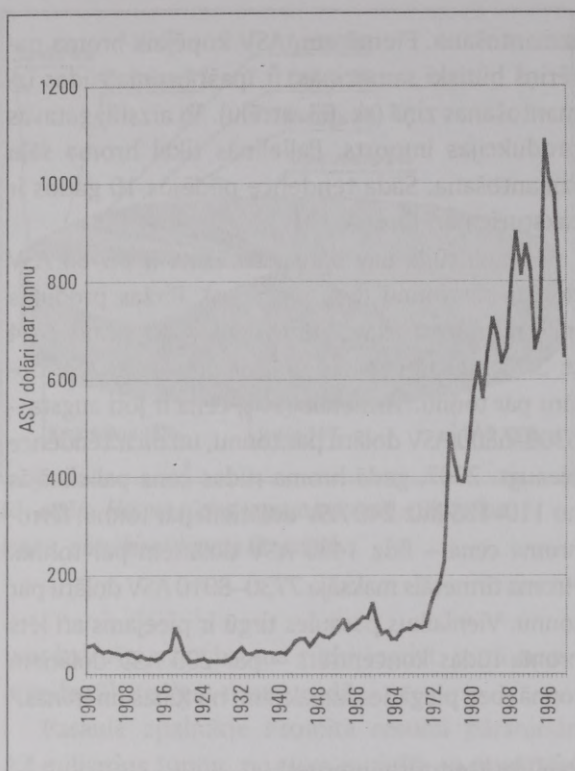
<http://www.squidoo.com/chromium/>



62. attēls. Saražotā hroma daudzums pasaulē



63. attēls. Hroma izstrādājumu patēriņa struktūras izmaiņas ASV



64. attēls. Hroma tīrmetāla cena

<http://mineral.galleries.com/minerals/oxides/chromite/chromite.htm>  
<http://www.icdachromium.com/home.php>  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Chromium>  
[http://www.nrcan.gc.ca/ms/cmy/2005CMY\\_e.htm](http://www.nrcan.gc.ca/ms/cmy/2005CMY_e.htm)

✓ Statistikas dati

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/chromium/chrommyb04.xls>  
<http://unstats.un.org/unsd/environment/gl/gesform.asp?getitem=260>  
<http://www.indexmundi.com/en/commodities/minerals/chromium/>  
<http://www.unctad.org/infocomm/Handbook/Hbk9601cont.htm>  
[http://r0.unctad.org/infocomm/comm\\_docs/cybframes.htm](http://r0.unctad.org/infocomm/comm_docs/cybframes.htm)

✓ Cenas

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/chromium/chrommcs06.pdf>  
<http://www.metalprices.com/development/usgs/chromium.htm>  
<http://www.nrcan.gc.ca/ms/cmy/content/1995/19.pdf#search=%22chromium%20price%22>

## 4.2. Krāsaino metālu rūdas

Krāsainie metāli sākotnēji tika izdalīti kā zināms pretmets melnajiem, izceļot ne tikai to vērtību, ražošanas apstākļu tīrību, krāsu atšķirības un iespējas iegūt daudz plašāku sakausējumu dažādību. Šajā grupā tika iekļauti tikai dzeltenas un baltas krāsas viegli apstrādājami metāli, kas kausējumos ļāva iegūt ne tikai dažādas to nokrāsas, bet arī īpašības (varš, alva, zelts, sudrabs). Vēlāk grupu paplašināja, līdz mūsdienās tajā ir iekļauti visi metāli, izņemot melnos.

### 4.2.1. Smagie krāsainie metāli

Smagie krāsainie metāli veido grupu, kas aptver svinu, cinku, varu, niķeli, alvu, kobaltu un dzīvsudrabu. Tas ir visai nosacīts iedalījums pēc saimnieciskā lietojuma, jo ne visi šie metāli atbilst vispārpieņemtai blīvuma klasifikācijai, kas par smagiem atzīst tikai tos metālus, kuru blīvums pārsniedz piecus gramus kubikcentimetrā.

### Svins

Svins ir salīdzinoši reti izplatīts elements, masas daļu izteiksmē tā koncentrācija Visumā ir novērtēta kā  $10 \times 10^{-9}$ , uz Saules –  $10 \times 10^{-9}$ , meteorītos –  $1,4 \times 10^{-6}$ , Zemes garozā –  $10 \times 10^{-6}$ , Pasaules okeānā –  $0,03 \times 10^{-9}$ , cilvēka ķermenī –  $3 \times 10^{-9}$ . Svins ir indīgs un toksisks, vairāki svina sāļi ir labi zināmas indes jau kopš Senās Romas laikiem.

Ķīmiskajam elementam dabā ir zināmi četri izotopi, trīs no tiem ir radioaktīvi ar ļoti ilgu pussabrukšanas periodu, kas plaši tiek izmantots, lai datētu dažādu ģeoloģisku veidojumu vecumu. Svinam ir ļoti daudz radioizotopu intervālā no  $^{178}\text{Pb}$  līdz  $^{215}\text{Pb}$ , un izteikti lielākajai to daļai ir ļoti īss pussabrukšanas periods.

Svins ir viens senatnē labi pazīstamiem metāliem. Tika izmantotas tā raksturīgās īpašības – smagums, viegla kaļamība, zema kušanas temperatūra, kā arī viegla sāļu iegūšana ar raksturīgām un spilgtām krāsvielām. Pazīstams vismaz 5,5 tūkstošus gadu, lai arī nereti tiek atzīmēts, ka tas varēja būt vēl par 1,5–3,2 tūkstošiem gadu agrāk.

Metāls ir pieminēts Bībelē, un alķīmiķi to uzskatīja par visu metālu pamatu un sākumu, asociēja to ar Saturnu.

Dabā svins sastopams minerālu formā, tikai ļoti reti ir zināmi termālie avoti, kuru sastāvā ir izšķīduši svina sāļi; tie dabā ir mazkustīgi un viegli pārvēršas par karbonātiem un sulfātiem. Ļoti reti ir atrasti sīki svina tīrradņi, turklāt tikai bezskābekļa zonā dziļi pazemē, kur vāji paskābināti pazemes ūdeņi ir šķīdinājuši svinu saturošus minerālus. Biežāk svins ir sastopams sulfīdu (galenīts – PbS), sulfātu (anglezīts – PbSO<sub>4</sub>), oksīdu (minīms – Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), karbonātu (cerusīts – PbCO<sub>3</sub>) un kompleksu sāļu veidotu minerālu veidā. Patlaban ir zināmi aptuveni 520 svinu saturoši minerāli, no tiem plašāk sastopami nedaudz vairāk par astoņdesmit, kuru sastāvā ir svins, bet saimnieciskā nozīme ir tikai vienam – galenītam; to iegūstot, vienlaikus tiek pārstrādāti arī citi svina minerāli.

Rūpnieciskajā ieguvē svina minerāli reti tiek iegūti atsevišķi, jo vairākums sudraba un cinka, arī dažas vara rūdas satur daudz svina un otrādi. Tāpēc tās sauc par kompleksām jeb polimetālu rūdām. Piemēram, svina pamatminerāls galenīts ļoti bieži satur procenta desmitdaļas sudraba, mazāk – arī varu, cinku un selēnu, daudz retāk – bismutu, dzelzi, astatu, antimonu, molibdēnu, mangānu un pat urānu.

Plaša ir svina un tā sāļu un sakausējumu izmantošana tehnikā, sadzīvē, medicīnā un daudzas citās jomās. Vislabāk zināmi ir skābes svina akumulatori, aizsargmateriāli pret radioaktīvo starojumu, dažādi kabeļu un citu izstrādājumu pretkorozijas pārklājumi, aparatūra un elektrodi ķīmiskajā rūpniecībā, svinu lieto ložu, skrošu, atsvaru un citu izstrādājumu izgatavošanā. Vēl nesenā pagātnē ļoti daudz svina tika lietots degvielas

antidetonatora (tetraetilsvina) ražošanā, arī svina krāsu un keramikas glazūru sagatavošanā. Mūsdienās vairs nemaz neizmanto svinu grafīta vietā zīmuļos, ugunsdzēsībā pulveru ražošanā uguns lokalizācijai, vaska sveču ārējiem pārklājumiem (paildzināja degšanas ilgumu), jau sen svinu neizmanto ūdensapgādes cauruļu izgatavošanai un cauruļu savienošanai. Mūsdienās (2005. gada dati) visvairāk svinu izmanto akumulatoru (71%) un krāsu (12%) ražošanā, lējumos (7%), munīcijas ražošanā (6%) un kabeļu pārklājumiem (3%).

Svina patēriņš pasaulē ir ļoti nevienmērīgs (sk. 15. tabulu) un nav tieši atkarīgs ne no iedzīvotāju skaita, ne nacionālā kopprodukta, arī no militārajām aktivitātēm. Svina patēriņš ir atkarīgs galvenokārt no akumulatoru ražošanas rūpniecības uzņēmumu izvietojuma, kas jāņem vērā, analizējot šos statistikas datus.

Galenīts ir bagātākā svina rūda (Pb – 86,6%). Lielākās atradnes ir Sallivana Kanādā, Brokenhilla Austrālijā, Tristeita ASV, Daļņegorska, Kansai un Sadonskas atradne Krievijā.

Pasaulē tīru svinu iegūst 3,0–3,3 miljonu tonnu apjomā gadā (sk. 16. tabulu), tas ir ļoti stabils tirgus jau vairāk nekā desmit gadus. Pasaulē rūpnieciski svinu iegūst no rūdām un to koncentrātiem tikai 32 valstīs. Svina kausēšanu ir pārtraukusi Taizeme, Tadžikistāna, Alžīrija, Serbija, Melnkalne, Maķedonija, Grieķija un Somija. Iegūtā metāla daudzuma ziņā dominē Ķīna (31% no rūdām pasaulē izkausētā svina 2005. gadā), Austrālija (22%), ASV (14%), Peru (10%) un Meksika (4%). Vairāk nekā 92% no visa svina tiek iegūts no galenīta. Pasaulē zināmais svina daudzums Zemes dziļēs 2005. gadā ir novērtēts 1,5 miljardu tonnu apjomā. No tiem izpētīti un novērtēti ir 140 miljoni tonnu, patlaban strādājošajās atradnēs vēl ir 67 miljoni tonnu svina.

15. tabula. Reģionālās atšķirības svina patēriņā, tūkstošos tonnu

Pasaules reģions	2002. gads	2003. gads	2004. gads	2005. gads	2006. gada 6 mēnešos
Eiropa	2027	1941	1984	1995	1133
Āfrika	98	116	112	114	68
Amerika	2066	2032	2042	2090	1271
Āzija	2415	2717	3104	3428	2156
Okeānija un Austrālija	42	42	40	29	18
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>6649</b>	<b>6848</b>	<b>7283</b>	<b>7657</b>	<b>4646</b>

16. tabula. Svina rūdu ieguves dinamika, tūkstošos tonnu tīrmetāla

Pasaules reģions	2002. gads	2003. gads	2004. gads	2005. gads	2006. gada 6 mēneši
Eiropa	245	228	230	247	320
Āfrika	130	102	117	130	138
Amerika	1024	1029	985	1016	1162
Āzija	772	1104	1154	1185	1406
Okeānija un Austrālija	658	648	642	715	756
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>2830</b>	<b>3111</b>	<b>3129</b>	<b>3292</b>	<b>3782</b>

Svina rūdu pēc ieguves bagātina, iegūstot koncentrātu, kuru pārstrādājot iegūst primāro svinu (97%), ko tālāk izmanto nepastarpināti vai atkārtoti bagātina līdz 99–99,9% saturam. Augstas tīrības pakāpes svins tiek izmantots tikai ķīmiskajā rūpniecībā un juvelierizstrādājumu ražošanā (medaļas, goda zīmes u. c.).

Svina ražošana no rūdām būtiski atšķiras no svina rūdu ieguves, jo tiek kausēts tikai tāds svina daudzums, kuru ir iespējams realizēt. Tā kā atkārtoti tiek savākts un izmantots līdz pat 95,6% no akumulatoros izmantotā svina, kura pārstrāde tiek gandrīz visās valstīs dotēta, svina kausēšana no rūdām ir svārstīga (sk. 17. tabulu). Analizējot šo statistiku, ir jāņem vērā, ka svina ražošanā Austrumeiropas loma Eiropā ir aptuveni 20%, Ziemeļamerikas loma Amerikā – 28–30%, Ķīnas loma Āzijā – 51% (vidēji pēdējos piecos gados).

Augstas tīrības (99,9%) svina cena ir 1150–1200 ASV dolāru par tonnu, standarta svins ar 97% tīrību maksā 870–920 ASV dolāru par tonnu. Cena ir būtiski atkarīga no transporta izdevumiem līdz rūdu bagātināšanas un kausēšanas uzņēmumiem, tāpēc saprotama ir arī zemā galenīta rūdas cena – tikai 560–650 ASV dolāru par tonnu. Tonna koncentrā-

ta maksā 800–830 ASV dolāru. Svina rūdas ieguve ekonomiski ir ļoti izdevīga, jo ieguves pašizmaksa 2005. gadā bija 13–45 ASV dolāri par tonnu, augstāka tā bija mazās un no transporta infrastruktūras attālās atradnēs.

Ļoti liela nozīme svina rūdas ieguvē un metāla apritē ir tā atkārtotai izmantošanai. Patlaban atkārtotā apritē nonāk nedaudz vairāk nekā puse no metāla. Atkārtota metāla izmantošanai nepieciešamo attīrīšanu un pārkausēšanu vairāk nekā 100 valstīs pasaulē veica ļoti daudz uzņēmumos (ASV vien bija vairāk nekā 1500 rūpnīcu). Svina ražošanas tirgū ir vērojama pārprodukcija. 2005. gada laikā daudzas rūpnīcas pārtrauca darbu, un gada beigās svinu ražoja tikai 64 valstīs. ASV svina kausēšanu no rūdas turpināja tikai 120 rūpnīcas.

Svina ražošanā ir iesaistīti ļoti lieli darbaspēka resursi. Rūdas ieguvē un bagātināšanā pasaulē 2005. gadā bija nodarbināti aptuveni 72 000 cilvēku, rūdas koncentrāta transportēšanā un kausēšanā – 17 000 cilvēku, tālākā svina oksīdu ražošanā – 2400 cilvēku, akumulatoru ražošanā – 60 000–70 000 cilvēku. Naudas izteiksmē globālajā tirgū esošā svina vērtība ir aptuveni 4,5 miljardi

17. tabula. Svina kausēšanas apjoma izmaiņas pa reģioniem, tūkstošos tonnu tīrmetāla

Pasaules reģions	2002. gads	2003. gads	2004. gads	2005. gads	2005. gads	2006. gada 6 mēneši
Eiropa	1761	1589	1569	1705	1003	980
Āfrika	144	138	100	129	75	83
Amerika	2092	2092	2005	2007	1180	1207
Āzija	2361	2630	3002	3431	1912	2247
Okeānija un Austrālija	311	315	281	276	165	152
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>6670</b>	<b>6764</b>	<b>6957</b>	<b>7547</b>	<b>4335</b>	<b>4668</b>

ASV dolāru, svina rūdas ieguves, bagātināšanas un kausēšanas kopējais apgrozījums sasniedz 15 miljardus ASV dolāru.

Svina rūdas un svina lējumu starptautiskajā tirdzniecībā piedalās 84 pasaules valstis, aktīvākās eksportētājvalstis ir Ķīna, Austrālija, Kanāda, Vācija, Beļģija un Peru (katra 2004. gadā eksportēja svinu par summu, kas pārsniedz 100 miljonus ASV dolāru). Lielākās svina eksportētājvalstis (gadā eksportē svinu vairāk nekā par pieciem miljoniem

ASV dolāru) un to eksporta dinamika atspoguļota 18. tabulā, aptverot vairāk nekā 92% no svina eksporta pasaulē gadā.

Detalizēti dati par svina ieguvi turpmākajos gados nav pieejami, bet ASV Ģeoloģijas dienesta vienkāršoti novērtējumi rāda, ka 2005. gadā iegūts 3,27 miljoni tonnu rūdas svina tīrmetāla ekvivalentā. 2007. gadā iegūts 3,36 miljoni tonnu rūdas svina tīrmetāla izteiksmē, tajā skaitā Ķīnā – 1,05 miljoni tonnu, Austrālijā – 0,78 miljoni, ASV – 0,43 miljoni

18. tabula. Pasaulē dominējošās svina eksportētājvalstis, miljonus ASV dolāru (pēc starptautiskās tirdzniecības statistikas datiem)

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004
Apvienotā Karaliste	65,199	77,918	91,726	82,643	94,785
Argentīna	4,854	9,761	10,875	9,105	22,482
ASV	127,900	37,134	35,923	75,706	81,087
Austrālija	167,926	198,208	216,107	222,674	337,489
Austrija	2,694	3,807	4,476	7,444	14,921
Beļģija	91,786	78,637	68,089	62,699	149,878
Bulgārija	36,184	35,125	28,703	32,155	51,665
Čehija	5,499	4,708	3,814	5,268	8,313
Dienvidkoreja	20,101	22,178	34,838	33,403	49,497
Francija	48,577	43,507	41,193	17,230	17,186
Indija	0,375	0,725	0,671	2,944	7,601
Itālija	13,869	6,188	14,183	19,868	33,942
Izraēla	0,834	4,088	2,992	3,433	5,852
Īrija	9,742	11,231	12,891	15,814	29,229
Japāna	7,887	5,804	14,572	12,588	18,939
Jaunzēlande	3,658	3,306	4,144	3,716	6,514
Kanāda	131,803	98,722	102,305	103,532	178,240
Kazahstāna	60,577	55,056	ND	46,870	83,483
Krievija	0,840	4,490	2,373	2,128	14,557
Ķīna	231,773	245,811	240,200	238,494	423,940
Malaizija	19,385	27,183	16,027	15,450	28,307
Maroka	22,664	27,219	37,116	29,406	17,514
Meksika	10,907	10,449	5,957	7,554	10,543
Nīderlande	8,015	6,009	6,411	24,323	45,981
Peru	60,541	58,351	55,499	56,028	106,651
Polija	17,276	19,000	16,202	21,800	36,763
Rumānija	7,169	7,740	7,915	11,881	16,872
Singapūra	37,329	47,053	33,991	33,373	19,745
Spānija	3,769	3,697	5,943	5,890	11,493
Šveice	3,069	2,556	4,100	4,743	6,486
Turcija	1,192	2,258	2,227	1,146	5,686
Vācija	100,780	127,454	132,319	121,657	164,539
Venecuēla	5,485	6,217	7,583	11,445	12,187
Zviedrija	34,812	30,062	33,900	45,505	70,792

ND – dati nav pieejami.

19. tabula. Pasaules reģionu svina un svina rūdas koncentrātu eksporta un importa plūsmas (2004)

Pasaules reģions	Svina rūda un rūdas koncentrāti, tūkstoši tonnu		Svins (metāls), tūkstoši tonnu	
	Eksports	Imports	Eksports	Imports
Rietumeiropa	430	195	477	394
Centrālā un Austrumeiropa	46	46	20	85
Āfrika	12	94	15	57
Ziemeļamerika	68	142	322	189
Centrālā un Dienvidamerika	~25	170	62	128
Āzija	314	20	552	529
Austrālija	0	256	0	255
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>895</b>	<b>923</b>	<b>1448</b>	<b>1337</b>

20. tabula. Gada vidējo svina tīrmetāla lietņu cenu salīdzinājums ASV un Londonas metālu biržā, ASV dolāri par mārciņu tīra svina

	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Ziemeļamerikas ražotāju cenas ASV	43,6	43,6	43,8	55,1	61,0	76,5
Cenas Londonas metālu biržā	21,6	20,5	23,3	40,2	43,4	57,1

tonnu, Peru – 0,32 miljoni, Meksikā – 0,14 miljoni, Kanādā – 0,79 miljoni, Īrijā – 0,065 miljoni, Zviedrijā – 0,61 miljons, Polijā, Dienvidāfrikā un Indijā – pa 0,06 miljoniem, Kazahstānā – 0,055 miljoni, Marokā – 0,042 miljoni tonnu.

Lielākās svina un svina rūdas koncentrātu starptautiskās tirdzniecības plūsmas un importa apjoms pa reģioniem atspoguļots 19. tabulā.

Svina tirgus pasaulē ir daļēji regulēts, tas ir, atsevišķas valstis vai to grupas attiecībā uz šo metālu un tā izstrādājumiem nosaka dažādas tirdzniecības barjeras (nodokļi, kvotas u. tml.), kā dēļ pasaulē vienlaikus ir vairākas vienāda produkta cenas. Labs piemērs varētu būt ASV un Londonas metālu biržas brīvās tirdzniecības cenu salīdzinājums (sk. 20. tabulu).

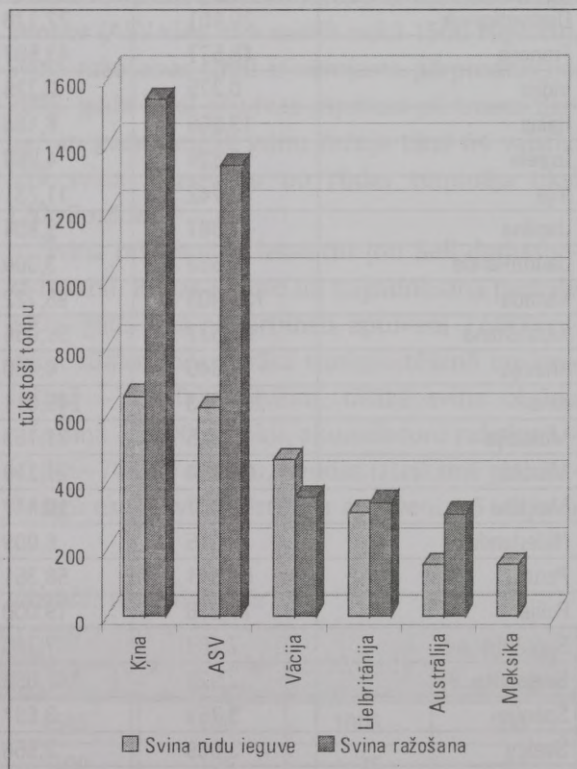
Noslēgumā interesanti varētu būt statistiski raksturot "svina lielvalstis" (sk. 65. un 66. attēlu), akcentējot dažādus svina ieguves un izmantošanas kritērijus.

#### Papildu literatūra internetā

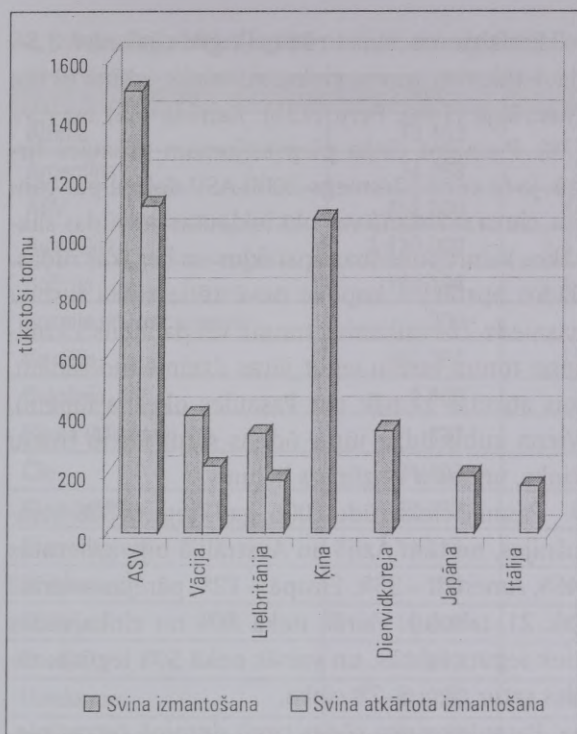
✓ Ķīmija

<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Pb/index.html>

<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/lead>



65. attēls. "Svina lielvalstis" svina rūda ieguves un svina ražošanas ziņā, tūkstoši tonnu tīrmetāla (2004)



66. attēls. "Svina lielvalstis" svina izmantošanas un svina atkārtotas izmantošanas ziņā, tūkstoši tonnu tīrmetāla (2004)

- ✓ Ģeoloģija  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/lead/>  
<http://www.nationalminesatlas.gov.au/info/rockfiles/lead.jsp>
- ✓ Ieguve un izmantošana, statistikas dati  
<http://www.lead.org.au/>  
<http://www.ilzsg.org/ilzsgframe.htm>  
<http://www.ilmc.org/about.html>  
<http://www.ldaint.org/default.htm>  
<http://www.eurometaux.org/content/default.asp>

## Cinks

Senajās kultūrās cinku kā elementu faktiski nezināja un neizmantoja, tomēr to kā nepieciešamo piedevu ļoti plaši izmantoja kausējumu iegūšanai. Cinka kausējumu ar varu un alvu pazina jau pirms 4500 gadiem Senajā Babilonijā, to apguva Senajā Indijā aptuveni pirms 3200 gadiem, pirms 3600 gadiem to plaši pazina arī Ķīnā. Viduslaikos cinks bija labi pazīstams arī alķīmiķiem kā atlikums uz kausēšanas traukiem (pannām), un tas tika uzskatīts par atkritumu, bet tikai ap 1600. gadu cinks kā ķīmiska viela pirmo reizi tika

iegūts, karsējot cinka oksīdu uz ogles slēgtā traukā bez gaisa piekļūšanas. Šim atklājumam tuvināja jau 14. gadsimtā pazīstamais "viltotais sudrabs" jeb "pseudo-arguros", kā to sauca Strabo. Tiek pieņemts, ka tuvu cinka atklājumam bija arī Gallijas alķīmiķi, kas eksperimentos plaši izmantoja Bernes cinka tabletes (alķīmiķu rakstībā apzīmētas kā ΔΟΒΝΟΡΗΔΟ ΓΟΒΑΝΟ ΒΡΕΝΟΔΔΡΡ ΝΑΝΤΑΡΩΡΡ). Bronzas izgatavošanu, kurā par nepieciešamo piedevu izmantoja cinku, Eiropā pirmo reizi aprakstīja Alberts Dižais (Albertus Magnus, 1248). Detalizēti to izklāstīja G. Agrikola 1546. gadā, stingri noteikdams, ka no Saksijas ievestā rūda pēc bronzas izkausēšanas veido papildu baltu metālu, kas ir rūpīgi jānotīra no kausētavas pannas pamata un sienām. Viņš arī norādīja, ka līdzīgu rūdu iegūst Silēzijā, bet tās sārņi neveido šo atlikumu metālu – "zincum".

Metāla nosaukums pirmo reizi minēts Paracelzas rakstos. Tā īpašības 1746. gadā aprakstīja Andreas Sigismunds Margrāfs, eksperimentējot ar cinka tvaikiem (destilātu). Viņam nebija zināmi jau pirms diviem gadiem zviedru ķīmiķa Antona fon Švābes veiktie tieši tādi paši pētījumi. A. Margrāfs ieguva tīru cinku no pārķarsēta kalamīna pulvera, kas sajaukts ar ogles smelkni. Mūsdienās nav iespējams noteikt, kas tas ir bijis par minerālu, jo ar šo vārdu vēl 20. gadsimta sākumā apzīmēja divus atšķirīgus minerālus – cinka sulfīdu (mūsdienās sauc par sfalerītu –  $ZnCO_3$ ) un cinka hidrosilikātu (nosaukums ir daļēji saglabājies –  $Zn_4Si_2O_7(OH)_2 \cdot H_2O$  – kalamīns, kas mūsdienās ir trīs minerālu – smitsonīta, hidrocinķīta un hemimorfīta – kopīgs sinonīms).

Cinks ir salīdzinoši plaši izplatīts elements. Masas daļu izteiksmē tā koncentrācija Visumā ir novērtēta kā  $300 \times 10^9$ , uz Saules –  $2 \times 10^6$ , meteorītos –  $0,18 \times 10^3$ , Zemes garozā –  $79 \times 10^6$ , Pasaules okeānā –  $5 \times 10^9$ , cilvēka ķermenī –  $33 \times 10^6$ . Cinks ir dzīvībai organismiem nepieciešams elements, un tas visbiežāk ir jāsaņem papildus, tomēr tas ir arī toksisks, tāpēc cinkotos traukos ir aizliegts uzglabāt pārtiku. Cinkam piemīt arī izteiktas antiseptiskas īpašības, kas ļauj to ļoti plaši izmantot medicīnā, veterinārijā un pārtikas ražošanā. Ķīmiskajam elementam dabā ir zināmi pieci stabili izotopi un 21 radioizotops.

Lai arī cinks ir 23. izplatītākais ķīmiskais elements Zemes garozā un tas ir sastopams vairāk

nekā 320 minerālos, no kuriem 5–6 ir salīdzinoši plaši izplatīti, cinka rūdu nav viegli atrast. Tam ir vairāki iemesli, piemēram, cinka vieglā šķīdība Zemes virspusē; tas migrē, veidodams jaunus savienojumus; cinka minerālu salīdzinoši lielā "piesārņotība" ar citiem ķīmiskajiem elementiem, kas padara šos minerālus grūti izmantojamus tiešai metālu sakausējumu iegūšanai, apejot cinka tīrmetāla iegūšanu. Senajās kultūrās par vienīgo cinka izejvielu kalpoja sfalerīts (cinka sulfīds), un tas gandrīz vienmēr satur aptuveni 10% dzelzs, cinka vidējam saturam esot 40–45%. Citi izplatītākie cinka minerāli ir karbonāti (smitsonīts, monheimīts, hidrocinķīts), silikāti (hemimorfīts, vilemīts, hardistonīts), fosfāti un hidrofosfāti (tarburtīts, gopeīts). Oksīdi (cinkīts, hanīts, franklinīts), arī vanādāti un arsenāti neveido atpazīstamas iegulas, cinku no šādām rūdām ir grūti iegūt, un tas satur daudz citu vielu piemaisījumu.

Sfalerīts ir gandrīz vienīgā cinka rūda, ko izmanto cinka un cinka oksīda ieguvei. Pasaulē lielākās ir cinka polimetālu atradnes Krievijā – Altajā, Aizbaikālā, Urālos, mazākas – arī Austrālijā (Brokenhilas atradne), Kanādā (Britu Kolumbijā, Ontārio un Kvebekā), Ķīnā (Baiina, Hitiešana), Peru (Kerodepasko, Tekkominko), Meksikā (Bismarkas, Čarkas), ASV (Misūri, Juta), arī Beļģijā (Vjelle Montāne), Īrijā (Tara, Lišēna, Galmoja), Zviedrijā (Cikgruvāna) un Polijā (Pornazaniolkuša).

Pasaulē gadā iegūst 9–9,1 miljonu tonnu cinka rūdas, no tām vairāk nekā 95% iegūst no sfalerīta. Kopējais cinka rūdas daudzuma novērtējums 2005. gadā sasniedza 1,9 miljardus tonnu, tajā skaitā izpētītie un novērtētie krājumi – 460 miljonus tonnu, ekspluatācijā iekļautajās atradnēs – 220 miljonus tonnu.

Patlaban no cinka rūdas ik gadu izkausē 8,8–10,1 tūkstoši tonnu cinka, visvairāk – Ķīnā (24%), Austrālijā (14%), Peru (13%), Kanādā (8%) un ASV (7%). Pieaugot cinka pieprasījumam pasaules tirgū, ja tā cena pārsniegs 2000 ASV dolāru par tonnu, cinka ražošanā var tikt iekļautas arī rūdas sliktākos kalnrūpniecības apstākļos un liesākas rūdas. Tādos apstākļos kopējie novērtētie cinka resursi sasniedz 224 miljardus tonnu. Vēl papildus 15 miljonu tonnu varētu iegūt jūras dzelmē (no rūdām, kas atrodas zemāk par Pasaules okeāna līmeni). Viena kubikjūdze jūras ūdens satur vienu tonnu cinka, un tas ir nozīmīgs lielums.

Pasaulē cinka rūdu 2006. gadā ieguva 526 kompānijas, no tām Āzijā un Austrālijā bija izvietotas 46%, Amerikā – 35%, Eiropā – 12%, pārējās – Āfrikā (sk. 21. tabulu). Vairāk nekā 80% no cinka rūdas tiek iegūts šahtās, un vairāk nekā 50% iegūtās rūdas satur tikai 5–7% cinka.

Pasaules cinka rūdas tirgū dominē četras piegādātājvalstis – Ķīna (22%), Peru (15%), Austrālija (14%) un Kanāda (11%). Detalizētāka informācija par visām valstīm, kurās iegūst cinka rūdu, sniegta 22. tabulā. Ir atšķirība starp abu tabulu datiem, jo salīdzinoši neredzams cinka rūdas ik gadu realizē valstis, par kurām drošu datu nav.

Detalizēta statistiska informācija par cinka iegūvi pasaulē vēl nav pieejama. Pēc ASV Ģeoloģijas dienesta novērtējuma, 2005. gadā tika iegūts 9,80 miljoni tonnu cinka rūdas tīrmetāla izteiksmē. Ieguve palielinājās arī 2006. gadā, kad tika iegūts 10,0 miljoni tonnu rūdas cinka metāla izteiksmē, tajā skaitā Ķīnā – 2,50 miljoni, Austrālijā – 1,40 miljoni, Peru – 1,21 miljons, Kanādā un ASV – pa 0,725 miljoniem, Kazahstānā un Meksikā – pa 0,45 miljoniem tonnu.

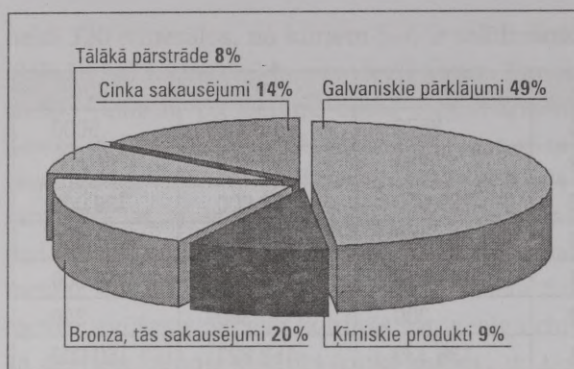
21. tabula. Cinka rūdas ieguves dinamika, tūkstošos tonnu tīrmetāla izteiksmē

Pasaules reģions	2002. gads	2003. gads	2004. gads	2005. gads	2006. gada 6 mēneši
Eiropa	903	1013	1007	1040	635
Āfrika	237	258	352	414	223
Amerika	3762	3744	3568	3518	1991
Āzija	2546	3057	3507	3742	2310
Austrālija un Okeānija	1444	1447	1298	1329	779
<b>Pasaule kopā</b>	<b>8892</b>	<b>9520</b>	<b>9733</b>	<b>10 043</b>	<b>5939</b>

22. tabula. Cinka rūdas ieguve pasaulē, tonnās tīrmetāla izteiksmē

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004
Alžīrija	10 452	10 693	8576	3000	5000
Argentīna	34 858	39 703	37 325	30 000	26 000
ASV	852 000	842 000	780 000	768 000	739 000
Austrālija	1 420 000	1 519 000	1 154 000	1 480 000	1 334 000
Bolīvija	149 134	145 306	141 558	144 985	145 000
Bosnija un Hercegovina	300	300	300	300	300
Brazīlija	100 254	111 432	136 339	152 823	160 000
Bulgārija	9 400	12 100	14 900	12 000	11 000
Birma (Mjanma)	437	467	166	152	200
Čīle	31 403	32 762	36 161	33 051	27 000
Dienvīdāfrika	62 703	61 221	64 173	41 239	32 001
Dienvīdkoreja	11 474	5 129	99	ND	ND
Ekvadora	100	100	100	100	100
Grieķija	16 900	31 700	33 000	3000	ND
Gruzija	200	200	400	400	400
Hondurasa	31 226	48 485	46 339	44 000	41 000
Indija	144 000	146 000	234 000	305 000	341 000
Irāna	90 000	120 000	120 000	120 000	114 000
Īrija	262 877	225 135	252 700	419 000	438 000
Japāna	63 601	44 519	42 851	44 574	47 781
Kanāda	1 002 242	1 012 048	923 931	788 063	790 757
Kazahstāna	325 000	344 300	390 000	395 000	360 000
Krievija	136 000	124 000	130 000	159 000	179 000
Ķīna	1 780 000	1 700 000	1 550 000	2 030 000	2 260 000
Maķedonija	12 200	6300	2100	ND	ND
Maroka	103 064	89 339	91 000	70 000	70 000
Meksika	392 791	428 828	446 104	472 000	462 000
Namībija	39 126	37 622	42 685	108 000	198 000
Peru	910 303	1 056 629	1 221 830	1 372 790	1 209 006
Polija	156 900	152 700	152 200	152 300	153 000
Rumānija	27 455	29 786	21 200	23 464	24 000
Saūda Arābija	3000	3300	3000	3000	1500
Serbija un Melnkalne	3266	5988	6900	ND	ND
Somija	30 493	36 253	34 100	38 900	37 200
Spānija	201 000	164 900	69 900	15 000	ND
Taizeme	27 000	15 300	25 000	32 900	40 000
Tunisija	41 247	37 900	35 692	38 000	31 000
Turcija	39 000	37 000	43 000	40 000	39 000
Vjetnama	16 000	16 000	16 000	16 000	16 000
Zaira (Kongo)	215	1014	1000	1000	ND
Ziemeļkoreja	60 000	60 000	60 000	60 000	60 000
Zviedrija	176 788	156 334	148 600	185 900	199 000
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>8 770 000</b>	<b>8 910 000</b>	<b>8 520 000</b>	<b>9 600 000</b>	<b>9 600 000</b>

ND – dati nav pieejami.



67. attēls. Cinka patēriņa struktūra 2005. gadā

Cinka rūda ieguvē raksturīga ražošanas koncentrēšanās lielās atradnēs (iegūst rūdu, kas ekvivalenta 150–300 tūkstošiem tonnu cinka tīrmetāla), pārstrādes tuvināšanās atradnēm (ražošanas reformas pagājušā gadsimta deviņdesmitajos gados ļauj amortizēt pārstrādes izmaksas jau 12–15 gados). Tas ir būtisks pavērsiens, jo ražotājiem ir vajadzīgas atradnes, kurās iespējams iegūt 50–60 miljonus tonnu cinka metāla. Patlaban izteikti dominē atradnes ar 5–50 tūkstošiem tonnu cinka iegūvi gadā, un to ekspluatācija tika plānota vismaz 40–70 gadiem.

Saimnieciskajā dzīvē cinks tiek ļoti plaši izmantots un atpaliek tikai no dzelzs, alumīnija un vara. Cinku visvairāk lieto (sk. 67. attēlu) metālu galvanizēšanā (pārklāšanā), bronzas kausēšanā, pretkorozijas pārklājumiem automašīnu ražošanā, akumulatoros. Arī cinka oksīdu plaši lieto krāsām un gumijas ražošanai, cinka hlorīdu daudz lieto dezodorantu un koksnes ķīmiskās aizsardzības līdzekļu ražošanā. Cinka sulfīdi plaši tiek izmantoti luminiscējošu pigmentu ražošanā. Vēl svarīga joma ir cinku saturošo organisko vielu sintēze – tas ir ļoti plašs farmācijā izmantojamo preparātu klāsts.

Pa reģioniem cinka patēriņš ir ļoti kontrastains, tomēr ļoti stabils ilgstošā laikposmā (sk. 23. tabulu).

Eiropā cinka rūdu ieguve veido tikai 33,7% no patēriņa (metāla izteiksmē), bet metāla kausēšana no rūdām un lūžņiem tikai par 8% pārsniedz patēriņu, tātad Eiropa ir atkarīga no metāla ārējām piegādēm, un šai atkarībai ir tendence pieaugt.

Cinks ir viens no visplašāk atkārtoti izmantotajiem metāliem, un patlaban jau aptuveni 30% cinka iegūst, pārstrādājot cinka lūžņus un izstrādājumus. Pašreizējās cinka ražošanas tehnoloģijas ļauj to atkārtoti izmantot jau 80% līmenī.

Plašākā vēsturiskā skatījumā cinka ieguve tieši atspoguļo pieprasījumu, jo rūdas ir viegli pieejamas un viegli pārstrādājamas, bet nav ilgstoši uzglabājamas (sk. 24. tabulu).

Cinka metāls nav dārgs, tā vairumcena 2006. gada sākumā bija 700–800 ASV dolāru par tonnu, un tai ir raksturīga tendence samazināties kopš 1990. gada (tad maksimālā cena bija 2100 ASV dolāru par tonnu), bet 2006. gada maijā un jūnijā tā būtiski pieauga, un ļoti augstas tīrības cinks sasniedza līdz šim augstāko cenu – 1,62 ASV dolārus par mārciņu jeb 3552 ASV dolārus par tonnu. Pēc tam pastāvīgi šī cena kritās par 5–7% mēnesī. Tomēr 2007. gadā cinka cenas palielinājās – vispirms koncentrātam – līdz 1,94 ASV dolāriem par mārciņu, tad arī metālam biržās – līdz 3180–3450 ASV dolāriem par tonnu.

Pēdējos gados no rūdas iegūtā cinka daudzums dažādos pasaules reģionos redzams 25. tabulā.

Cinka rūda, rūdas koncentrāts un metāls ir svarīga pasaules tirdzniecības daļa. To eksportē 84 valstis, no tām dominē 14 valstis, kuras kopā veido gandrīz 65% visa cinka (rūdas, koncentrāta un metāla) eksporta pasaulē (sk. 26. tabulu).

23. tabula. Cinka metāla patēriņa dinamika, tūkstošos tonnu

Pasaules reģions	2002. gads	2003. gads	2004. gads	2005. gads	2006. gada 6 mēneši
Eiropa	2754	2793	2824	2647	1527
Āfrika	188	173	194	203	120
Amerika	2023	1950	2123	1910	1184
Āzija	4147	4660	5241	5604	3308
Austrālija un Okeānija	266	267	263	253	148
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>9377</b>	<b>9843</b>	<b>10 646</b>	<b>10 616</b>	<b>6287</b>

24. tabula. Cinka rūdu ieguve, pārstrāde un metāla pieprasījums pasaulē, tūkstošos tonnu tīrmetāla

Gads	Rūdu ieguve	Metāla ražošana	Metāla pieprasījums tirgū
1970	5590	5243	5013
1975	6176	5483	5052
1980	6108	6243	6289
1985	6651	6870	6532
1990	6965	6691	6666
1995	6939	7241	7354
2000	8830	8984	8895
2001	8899	9235	8798
2002	8728	9502	8937

Piezīme: metāla ražošanas apjomā iekļauta arī metāllūžņu pārstrāde.

25. tabula. Cinka metāla ieguve no rūdas koncentrāta, tūkstošos tonnu

Pasaules reģions	2002. gads	2003. gads	2004. gads	2005. gads	2006. gada 6 mēneši
Eiropa	2904	2744	2720	2561	1436
Āfrika	147	197	260	274	176
Amerika	1903	1930	1993	1873	1076
Āzija	4189	4450	4906	5060	3172
Austrālija un Okeānija	567	553	474	457	252
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>9710</b>	<b>9874</b>	<b>10 353</b>	<b>10 226</b>	<b>6112</b>

26. tabula. Lielākās cinka eksportētājvalstis 2000.–2004. gadā (eksporta apjoms pārsniedz 100 miljonus ASV dolāru gadā), miljonus ASV dolāru

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004
Kanāda	765,946	534,505	544,998	546,464	703,715
Dienvidkoreja	237,341	229,433	249,217	323,247	422,975
Spānija	153,024	130,649	115,568	298,554	374,097
Nīderlande	301,790	230,401	213,246	318,063	361,280
Austrālija	485,662	422,801	430,271	434,182	359,240
Ķīna	674,584	558,118	412,354	416,962	301,479
Vācija	252,803	221,139	229,386	256,951	283,947
Somija	201,704	172,646	164,420	199,029	275,518
Beļģija	266,569	220,082	247,763	264,864	273,904
Meksika	145,362	170,264	149,339	172,881	225,969
Kazahstāna	179,598	157,728	ND	144,862	216,867
Peru	223,280	180,578	131,610	159,042	184,651
Francija	157,978	142,884	148,587	133,480	168,453
Singapūra	138,473	80,682	41,896	46,541	149,156

ND – dati nav pieejami.

27. tabula. Lielākās cinka importētājvalstis 2000.–2004. gadā (importa apjoms pārsniedz 100 miljonus ASV dolāru gadā), miljonus ASV dolāru

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004
ASV	1229,414	996,854	981,845	849,473	1021,195
Ķīna	201,726	214,053	283,985	373,987	587,492
Vācija	519,118	454,789	359,954	414,197	467,329
Beļģija	347,436	299,164	296,660	327,962	408,533
Itālija	319,241	236,943	220,178	283,729	376,145
Honkonga	200,499	179,444	167,156	195,215	294,337
Francija	279,571	224,200	173,816	203,218	256,184
Nīderlande	213,925	165,452	136,189	172,227	224,047
Apvienotā Karaliste	177,108	124,483	105,570	187,713	195,825
Turcija	99,518	72,150	86,845	106,842	165,692
Indija	67,908	80,069	80,589	105,772	127,144
Austrija	90,674	96,534	88,138	102,728	117,642
Indonēzija	115,276	97,747	81,034	78,044	112,754

Cinka importā dominē 13 valstis, kas kopā importē vairāk nekā 55% no visā pasaulē saražotā cinka (sk. 27. tabulu).

<http://www.kitcometals.com/>

<http://www2.barchart.com/comfund/zinc.asp>

[http://www.econbrowser.com/archives/2006/05/commodity\\_price.html](http://www.econbrowser.com/archives/2006/05/commodity_price.html)

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija un ģeoloģija
  - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Zn/>
  - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Zn/geol.html>
  - <http://www.infomine.com/commodities/zinc.asp>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/usbmyb.html>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/zinc/stat/>
  - <http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/Commodities/Zinc.html>
- ✓ Krājumi un statistikas dati
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/zinc/>
  - [http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/zinc/zinc\\_myb04.xls](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/zinc/zinc_myb04.xls)
  - <http://www.intracen.org/tradstat/sitc3-3d/ip686.htm>
  - [http://www.abareconomics.com/interactive/AC\\_june\\_2006/hm/zinc.htm](http://www.abareconomics.com/interactive/AC_june_2006/hm/zinc.htm)
- ✓ Cenas
  - <http://www.unctad.org/infocomm/anglais/zinc/sitemap.htm>
  - <http://www.metalprices.com/>

#### Varš

Ķīmisko elementu izplatības ziņā Zemes garozā varš ieņem 26. vietu, taču cilvēku dzīvē tam jau kopš seniem laikiem ir bijusi ļoti liela nozīme. Senajās kultūras zemēs varš ir bijis zināms jau vairāk nekā pirms 10 tūkstošiem gadu. Senajā Grieķijā to sauca par *halkos* (χαλκός), Romā tas tika ievests no Kipras salas (grieķu valodā – *Kypros*), un visi vara sakausējumi tajā laikā tika saukti par *aes Cyprium*. Tas arī veido pamatu vara nosaukumam vairākumā Eiropas valodu, to atvasinot no latīņu vārda *cuprum*.

Senākie vara rūdas kausēšanas piederumi un krāšņu atliekas atrastas mūsdienu Irākas ziemeļos un datētas ar laiku aptuveni 5000 gadu pirms mūsu ēras. Pētījumi liecina, ka senākajās vara kausētavās vērtīgais metāls tika iegūts no dabiskajiem vara karbonātiem (malahīta un azurīta).

Aptuveni šajā pašā laikā vara ieguve, lai kausētu bronzu, zināma jau Senajā Ēģiptē. Par nozīmīgu ražošanas nozari vara kausēšana kļuva Senajā Šumerā aptuveni 3000 gadu pirms mūsu ēras. Šeit

vara kausēšanas apjoms bija mērāms jau tonnās gadā. Vara kausēšanai Ēģiptē bija atšķirīgas iezīmes, tīru varu tur kausēja nepilnu gadsimtu, un ļoti ātri tika atklāts, ka, pievienojot nedaudz alvas, ir iespējams iegūt daudz izturīgāku sakausējumu – bronzu. Arheoloģiskie pētījumi liecina, ka Senajā Ķīnā vara kausēšana ir bijusi attīstīta jau vismaz 2000 gadu pirms mūsu ēras. Vēl 800 gadu vēlāk veidotie bronzas izstrādājumi ir izcili ne tikai senās mākslas paraugi, bet liecina arī par bronzas un vairāku citu vara sakausējumu izgatavošanas tehnoloģiju pārzināšanu. Eiropā senākie vara izstrādājumi atrasti pie ledū iesalušu sencilvēku atliekām. Tie ir izgatavoti aptuveni 3200 gadu pirms mūsu ēras, un šā sencilvēka rokās esošajam akmens cirvim ir vairāki vara (99,7% tīrības) stiprinājumi.

Seno kultūru klasifikācijā vēsturnieki visvēlāko akmens laikmeta (neolīta noslēguma) posmu bieži sauc par halkolītu, kas raksturo laiku, kad tika izmantoti tīra vara izstrādājumi, kurus nākamajā – bronzas – laikmetā aizstāja izturīgāki, no bronzas darināti priekšmeti.

Turpmākajos gadu tūkstošos bronza kļuva par dominējošo metālu. Tika iegūti visai atšķirīgi tās paveidi dažādām saimniecības vajadzībām. Zināms, ka senie grieķi ir pratuši sakausēt arī varu ar cinku, iegūstot misiņu, ko vēlāk Senās Romas laikā ļoti plaši izmantoja blakus tradicionāliem bronzas izstrādājumiem. Misiņa iegūšana nav gluži nejaus atklājums, jo visā Vidusjūras reģionā ir ļoti maz alvas atradņu. Tieši alvas trūkums ierobežoja bronzas plašāku izmantošanu, un nolūkā to uziet senie cilvēki devās tālos meklējumos. Senās Romas laikā, kad bronzas kausēšanas daudzums sasniedza gandrīz tūkstoši tonnu gadā, alvas rūdu ieguva mūsdienu Spānijā, Sīnājā un Alvas (Britu) salās. Senie grieķi mitoloģijā metālu varu saistīja ar Afrodīti un Veneru, arī viduslaikos alķīmiķi vara apzīmēšanai visbiežāk izmantoja Veneras zīmi.

Varš ir salīdzinoši plaši izplatīts elements, masas daļu izteiksmē tā koncentrācija Visumā ir novērtēta kā  $60 \times 10^9$ , uz Saules –  $7 \times 10^6$ , meteorītos –  $0,11 \times 10^3$ , Zemes garozā –  $68 \times 10^6$ , Pasaules okeānā –  $3 \times 10^9$ , cilvēka ķermenī –  $1 \times 10^6$ . Kā mikroelements varš ir nepieciešams arī cilvēkam asinsrites un elpošanas procesos, to parasti mēs uzņemam ar rudzu maizi, sarkanajām bietēm, burkāniem, kartupeļiem un zemenēm, to-

mēr daudz vairāk vara ir vīnogās un no tām iegūtajos produktos. Taču varš ir arī toksisks – 30 gramu vara sulfāta potenciāli ir letāli cilvēkam, arī dzērāmajā ūdenī ir noteikta maksimālā vara koncentrācija – 1,5–2 mg/l. Kopējā maksimālā vara deva cilvēkam noteikta 10 mg dienā.

Ķīmiskajam elementam dabā ir zināmi divi stabili vara izotopi ( $^{63}\text{Cu}$  un  $^{65}\text{Cu}$ ) un 35 radioizotopi intervālā  $^{52}\text{Cu}$  un  $^{80}\text{Cu}$ .

Dabā ir zināmi gandrīz 700 minerālu, kuru sastāvā ir varš, no tiem plašāk sastopami aptuveni puse. Starp tiem ir arī tīrradņu varš, tas ir salīdzinoši rets minerāls un sastopams citu vara minerālu reducēšanas zonās, dzīslīņu un dendrītu veidā dzīslās un pat ieslēgumu veidā citos minerālos. Dažkārt atrod arī ļoti lielus šādus vara tīrradņus. Viens no lielākajiem 1857. gadā tika atrasts Lielo ezeru apkārtnē Mičiganas pavalstī ASV. Tā masa bija 450 tonnu. Šādi ļoti lieli vara tīrradņi ir atrasti arī Krievijā (Urālos), Čīlē un Austrālijā. Mazāki tīrradņi, kuru svars ir dažas tonnas, ir zināmi Urālos (Turinas atradnē) un Kazahstānā (Degelenē). Tīrradņu vara atradņu pasaulē nav, to iegūst kopā ar citām vara rūdām.

No citiem vara minerāliem plašāk izplatīti ir oksīdi (kuprīts, tenorīts), sulfīdi (halkozīns, halkopirīts, pentalndīts, kovelīns, bornīts), karbonāti (malahīts, azurīts), fosfāti (tirkīzs) un silikāti (hri-zokola, dioptāzs).

Halkopirīts ( $\text{CuFeS}_2$ ) ir galvenā vara rūda (Cu 34,6%, Fe 30,5%) jau ilgāk nekā gadsimtu, un šā minerāla daudzums pasaulē ir ļoti nozīmīgs. Halkopirīts veidojas visbiežāk hidrotermālos procesos, bet zināmas arī ļoti lielas magmatiskās un skarnu atradnes. Salīdzinoši reti ir eksogēnās atradnes nogulumiežos. Lielākās atradnes pasaulē ir magmatiskās – Noriļska un Tālaha Krievijā, Sedberi Kanādā, skarnu atradnes Urālos (Turjinskas atradņu grupa Krievijā), hidrotermālās atradnes – Kounrada Kazahstānā, Binghema ASV, Čukikamaka Čīlē, eksogēnās – Džezkazgana Kazahstānā, Udokana Krievijā, atradnes Zambijā un Zairā.

Lai arī vara rūdu ieguvē tiek izmantoti dažādi minerāli, tomēr tiek iegūtas galvenokārt vidēji bagātas vara porfīrveida rūdas ar vara koncentrāciju 0,4–1,0%.

Vēsturiskas aplēses liecina, ka pasaules vara ieguves apjoms gadā 100 tūkstošus tonnu sasniedza jau 18. gadsimtā. Viens miljons tonnu

tika sasniegts tikai 1913. gadā, pieci miljoni – 1956. gadā, 10 miljoni tonnu – 1998. gadā.

Patlaban pasaulē gadā iegūst 13–15 miljonus tonnu vara (aptuveni 35% no visa daudzuma – Čīlē). Vairāk nekā 75% no vara tiek iegūts, rūdas kausējot, pārējo iegūst, šķīdinot rūdu skābēs un tālāk ķīmiski izsēdinot.

Vara rūdu pasaulē rūpnieciskā apjomā iegūst 47 valstīs – kopā vairāk nekā 200 raktuvēs. Visvairāk rūdas (pārrēķinot tīrmetālā) iegūst Čīlē (37% no visa pasaulē jauniegūtā vara), seko Meksika (8%), Peru (7%), Kolumbija un Austrālija (6%), Krievija (4,8%), Ķīna, Pōlija, Kanāda (4,0–4,5%), Kazahstāna

un Zambija (3%). Detalizētāka informācija sniegta 28. tabulā. Varš ir viens no tiem metāliem, kuru sekmīgi ir iespējams atkārtoti savākt un izmantot otrreizēji. Jau patlaban vairāk nekā 32% no pasaulē patērētā vara ir sekundārs metāls un saimnieciskajā aprītē ir nonācis atkārtoti.

2005. un 2006. gadā vara ieguve pasaulē pieauga un sasniedza attiecīgi 15,0 un 15,3 miljonus tonnu. Kopš 2006. gada ieguve samazinās lielākajā daļā valstu, izņemot ASV un Zambiju, nedaudz (vairāk par 20 tūkstošiem tonnu metāla izteiksmē) palielinās arī Austrijā un Čīlē. Speciālisti šo parādību interpretē kā ieguves pieaugošo koncentrāciju

28. tabula. Vara rūdas ieguve pasaulē, tonnās tīrmetāla

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004
Argentīna	145 197	191 667	204 029	199 020	177 143
Armēnija	12 234	16 460	16 641	18 000	17 700
ASV	1 440 000	1 340 000	1 140 000	1 120 000	1 160 000
Austrālija	829 000	871 000	883 000	830 000	854 100
Birma (Mjanma)	26 811	25 800	27 500	27 900	31 756
Bolīvija	110	18	3	182	182
Botsvāna	20 977	19 209	21 182	24 289	21 195
Brazīlija	31 786	32 734	32 711	26 275	98 700
Bulgārija	92 000	88 000	92 800	91 700	93 000
Čīle	4 602 400	4 739 000	4 581 000	4 904 200	5 412 500
Dienvidāfrika	137 092	141 865	129 589	89 500	87 000
Ekvadora	100	100	100	100	100
Filipīnas	30 644	20 322	18 364	20 400	6000
Gruzija	8000	8000	10 000	12 000	12 000
Indija	31 900	32 400	31 500	28 500	28 800
Indonēzija	1 012 054	1 081 040	1 171 726	1 005 831	840 318
Irāna	135 000	133 000	133 000	142 000	190 000
Japāna	1211	744	750	1300	790
Kanāda	633 855	633 531	603 498	557 082	563 741
Kazahstāna	430 000	470 100	490 000	485 000	461 000
Kipra	5197	5176	3695	2552	1240
Kolumbija	2062	2192	1853	1599	1600
Krievija	570 000	600 000	695 000	675 000	675 000
Kuba	1346	1000	1000	ND	ND
Ķīna	613 000	605 000	593 000	620 000	620 000
Maķedonija	6000	9000	5600	4000	5000
Meksika	364 566	371 123	329 574	355 653	405 540
Mongolija	125 227	133 503	131 705	131 600	132 000
Maroka	7080	5800	5000	4900	4900

Namībija	5620	12 392	18 012	16 200	13 800
Pakistāna	ND	ND	ND	3 200	15 000
Papua-Jangvineja	200 900	218 000	211 311	190 200	173 400
Peru	553 924	722 035	843 213	831 223	1 035 574
Polija	454 100	474 000	502 800	495 000	531 000
Portugāle	76 200	82 900	77 000	78 000	96 000
Rumānija	16 079	19 185	18 962	21 317	20 000
Saūda Arābija	900	800	800	800	500
Serbija un Melnkalne	86 100	31 000	36 900	26 400	30 000
Somija	14 354	13 715	14 400	14 900	15 500
Spānija	23 312	9700	ND	ND	ND
Tanzānija	ND	2645	2700	3303	3400
Turcija	76 253	56 864	48 253	58 000	49 000
Uzbekistāna	70 000	78 000	80 000	80 000	80 000
Zaira	21 000	38 000	37 900	63 900	75 800
Zambija	249 100	312 000	330 000	349 000	426 900
Ziemeļkoreja	12 000	12 000	12 000	12 000	12 000
Zimbabve	2104	2057	2502	2767	2383
Zviedrija	77 765	74 269	72 100	83 100	85 500
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>13 300 000</b>	<b>13 700 000</b>	<b>13 700 000</b>	<b>13 700 000</b>	<b>14 600 000</b>
Tajā skaitā rūdas koncentrāti	10 900 000	11 100 000	11 000 000	11 000 000	11 900 000
legūtais varš ar elektroķīmiskām un šķīdināšanas metodēm tieši no iezā	2 340 000	2 600 000	2 620 000	2 720 000	2 700 000

ND – dati nav pieejami.

lielajās atradnēs. Arī 2007. gadā vadošās valstis vara rūdas ieguvē pasaulē ir tās pašas, kas 2006. gadā, – Čīle (35,3% no visas vara ieguves pasaulē), ASV (8%), Peru (6,9%), Austrālija (6,2%), Indonēzija (5,2%) un Ķīna (5%).

Lielākās vara ieguves lielvalstis pasaulē ģeogrāfiski ir izvietotas salīdzinoši vienmērīgi, neatbilstoši maza ieguve ir tikai Āfrikā (sk. 68. attēlu).

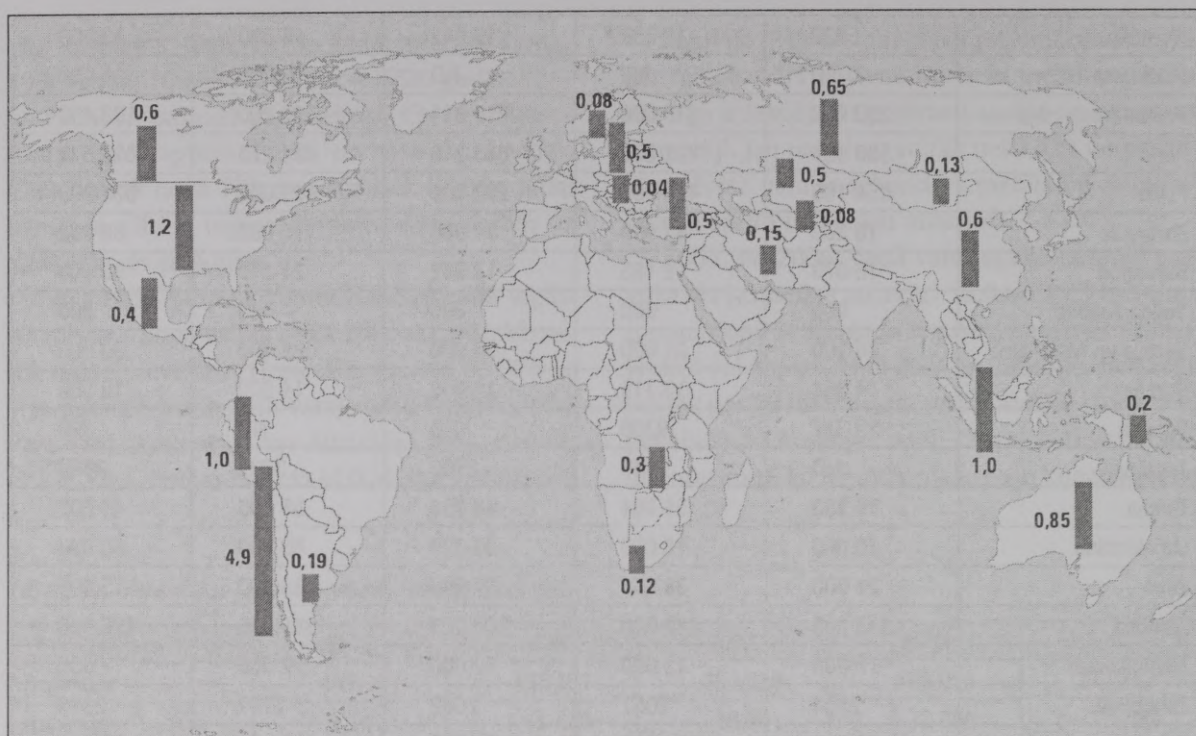
Vara patēriņa pieaugums ir tieši saistīts ar elektroapgādes paplašināšanos visā pasaulē, un tā izmantošanas (patēriņa) prognozes ir tieši korelatīvas ar iedzīvotāju skaita un urbanizācijas pieaugumu, kā arī nacionālā kopprodukta izmaiņām. Kopš 1900. gada, kad pasaulē tika iegūts 495 tūkstoši tonnu, vara rūdas ieguve pasaulē palielinās vidēji par 3,35% gadā (visstraujāk Dienvidamerikā – 20 gadu laikā tā pieaugusi sešas reizes), tomēr šis pieaugums ir bijis nevienmērīgs (sk. 29. tabulu) un raksturo ekonomiskās

izaugsmes straujākus kāpumus un stabilitātes periodus.

Vara kopējais patēriņš kopš 1900. gada palielinās vidēji par 3,3% gadā (visstraujāk Āzijā – kāpums 10% gadā pēdējo 20 gadu laikā), bet šī palielināšanās ir nevienmērīga. Līdz 1935. gadam

29. tabula. Vara rūdas ieguves izmaiņas pasaulē pēdējo simts gadu laikā

Laika intervāls	Vidējais vara rūdas ieguves pieaugums gadā, procentos
1900–1960	3,2
1960–1970	3,4
1970–1980	2,6
1980–1990	3,1
1990–2000	2,1
2000–2005	4,3



68. attēls. Vara rūdas ieguve pasaulē, miljonos tonnu tīrmetāla

viens pasaules iedzīvotājs patērēja vidēji 0,5 kilogramus vara metāla dažādu izstrādājumu veidā, laikposmā no 1940. līdz 1956. gadam vidējais patēriņš bija stabils – 1,2–1,3 kilogrami. Arī pēc pārejas perioda – no 1964. līdz 1991. gadam – vidējais patēriņš bija stabils – aptuveni 2,0 kilogrami. Turpmākajos gados vara patēriņš palielinājās un 2005. gadā stabilizējās 2,4 kilogramu līmenī uz vienu iedzīvotāju pasaulē.

Ģeogrāfiski vara patēriņš uz vienu iedzīvotāju ir ļoti kontrastains. Maksimāli augsts tas ir Eiropā (tās iedzīvotāji patērē vairāk vara nekā visas Āzijas, Austrālijas un Okeānijas iedzīvotāji kopā), tikai nedaudz atpaliek Ziemeļamerika. Šajos abos reģionos kopā jau ilgāk nekā 20 gadus koncentrējas vairāk nekā 60% no visas pasaules vara patēriņa. Viszemākais vara patēriņš uz vienu iedzīvotāju ir Āfrikā, bet, ja no šā patēriņa izslēdz vēl Āfrikas rūpniecības uzņēmumos patērēto varu, tad sabiedriskā patēriņa sektorā Āfrikas iedzīvotājs vidēji patērē mazāk nekā 10 gramu vara gadā. Šāds patēriņš Eiropā un Vidusjūras baseinā ir raksturīgs pārejas periodam no vēlā akmens laikmeta uz agro metālu laikmetu. Nebūtiski lielāks vara patēriņš ir arī Dienvidamerikā. Statistiska analīze nereti norāda, ka vara patēriņš ir tieši saistīts ar

šādiem rādītājiem – pieeja elektroapgādes tīkliem, telefona līniju skaits uz noteiktu iedzīvotāju skaitu un tamlīdzīgi.

Patēriņa prognozes droši norāda patēriņa pieaugumu un tā sadalījumu par labu attīstības valstu izaugsmei līdz 2011. gadam. Kopējais pieaugums laikposmā no 2001. līdz 2011. gadam tiek novērtēts kā 5,82 miljoni tonnu, un no tā 31% veidos patēriņa pieaugums Ķīnā, 22% – Āzijā (izņemot Ķīnu), 18% – Ziemeļamerikā, 14% – Rietumeiropā, 9% – Centrālajā un Austrumeiropā un NVS valstīs kopā, bet atlikušos 6% veidos patēriņa pieaugums pārējā pasaulē.

Pasaulē pieejamā vara daudzums rūdās ir novērtēts (2006. gadā) 1,6 miljardu tonnu apjomā. No tiem aprēķinātie krājumi ir 940 miljoni tonnu, tajā skaitā 470 miljoni tonnu ir koncentrēti atradnēs, kurās jau notiek ieguve. Šajā daudzumā nav iekļauti vēl 700 miljoni tonnu vara, ko varētu iegūt no konkrēcijām Pasaules okeānā.

Vara rūdas ieguvē un ražošanā iesaistītās jaudas un to izmantošanu kopumā atspoguļo 30. tabula.

Vara rūdas cena ir labs ilustratīvs piemērs, kā veidojas pievienotā vērtība. Vēl neiegūta (blokā) vara rūda (Cu > 0,8%) maksā 25–35 ASV dolārus par tonnu, iegūta rūda (nodalīti jau vara minerālus

30. tabula. Vara ieguves un pārstrādes jaudas pasaulē un to attīstība

	2000. gads	2001. gads	2002. gads	2003. gads	2004. gads	2005. gads	2006. gada 6 mēneši
Rūdas ieguve, miljonos tonnu gadā	13,211	13,637	13,581	13,678	14,507	14,875	5,947
Rūdas ieguves uzņēmumu jaudas, miljonos tonnu gadā	14,213	14,458	15,091	15,228	15,732	16,601	6,959
Esošo ieguves jaudu izmantojums, %	92,9	94,3	90,0	89,8	92,2	89,6	85,5
Rūdas koncentrāta ražošana, miljonos tonnu gadā	~ 8,920	9,049	8,706	8,583	8,608	8,869	3,869
Rūdas kausēšanas jaudas, miljonos tonnu gadā	12,633	13,721	13,422	13,459	13,805	14,343	6,099
Pārkausēšanas rūpnīcu jaudas, miljonos tonnu gadā	2,125	1,862	1,847	1,775	2,018	2,103	0,922
Augstas tīrības vara vairumcena, ASV dolāri par tonnu	1814	1578	1558	1780	2868	3684	5851

nesaturošie ieži, un rūda izvesta līdz transporta mezglam) – 180–220 ASV dolāru par tonnu. Bagātinot rūdu, tiek iegūts koncentrāts (Cu 25–46%, parasti ar cinka, alvas vai kobalta piemaisījumiem līdz pat 20%), un tā cena ir 450–880 ASV dolāru par tonnu. Vara metāla (99,9% tīrība) cena ir augsta – 5800–5900 ASV dolāru par tonnu, bet zemākas tīrības vara (99% tīrības) ražošanas pašizmaksa nepārsniedz 2700–3000 ASV dolāru par tonnu. Vara cena pieaug, un 2007. gadā vara tīrmetāla biržas cena sasniedza jau 7940–8040 ASV dolāru par tonnu, bet vidējās cenas ir 7850–7940 ASV dolāru par tonnu.

Pasaulē lielākās vara raktuvju pārvaldītājas Čīle, Peru, Zaira un Zambija ir apvienojušās Vara eksportētājvalstu padomē (CIPEC), kas darbojas ļoti līdzīgi Naftas eksportētājvalstu padomei (OPEC), bet tās nozīme ir daudz mazāka.

Tīru varu (vara masas daļa ir vismaz 99,9%) izmanto gandrīz tikai rotaslietām un elektroniskajā rūpniecībā, nedaudz zemākas tīrības prasības ir noteiktas varam, kad to izmanto vadu, kabeļu un ķīmiskajām reakcijām nepieciešamo aparātu ražošanā. Daudz vairāk vara tiek patērēts dažādiem sakausējumiem un galvaniskajiem pārklājumiem.

Ļoti nozīmīga ir varu saturošu sāļu ražošana. Visplašāk izmanto vara oksīdu (maiņstrāvas taisngriežu ražošanā), vara hidroksīdu (krāsām un reaģentiem), vara sulfātu (koksnes impregnēšanai un augu aizsardzības līdzekļu ražošanā) un vara karbonātu (krāsu ražošanā). Vara ieguve pasaulē pastāvīgi nedaudz pieaug, paaugstinoties tā patēriņam elektrotehnikā, mašīnbūvē un mērinstrumentu ražošanā.

No vara metāla gala patēriņa daudzuma visvairāk tas tiek izmantots kausējumos būvniecībā (49%), elektrisko izstrādājumu izgatavošanā un elektronikā (21%), transporta līdzekļu ražošanā (11%), ražošanas iekārtās un aprīkojumā (9%), pārējie 10% vara un vara sakausējumu tiek patērēti patēriņam mājsaimniecībās un citu produktu ražošanai.

Vara rūdu, tās koncentrātus un vienkāršus lējumus eksportē 109 valstis, no tām dominē 14 valstis, kuras eksportē vara pirmproduktus ar vērtību, kas pārsniedz miljonu ASV dolāru gadā, un tās kopumā pārvalda vairāk nekā 45% pasaules vara eksporta tirgus naudas izteiksmē (sk. 31. tabulu).

Arī starp vara rūdas, to koncentrātu un kausējumu importētājvalstīm ir izteiktas līderes, kuru

31. tabula. Pasaules lielākās vara pirmproduktu eksportētājvalstis, miljonos ASV dolāru

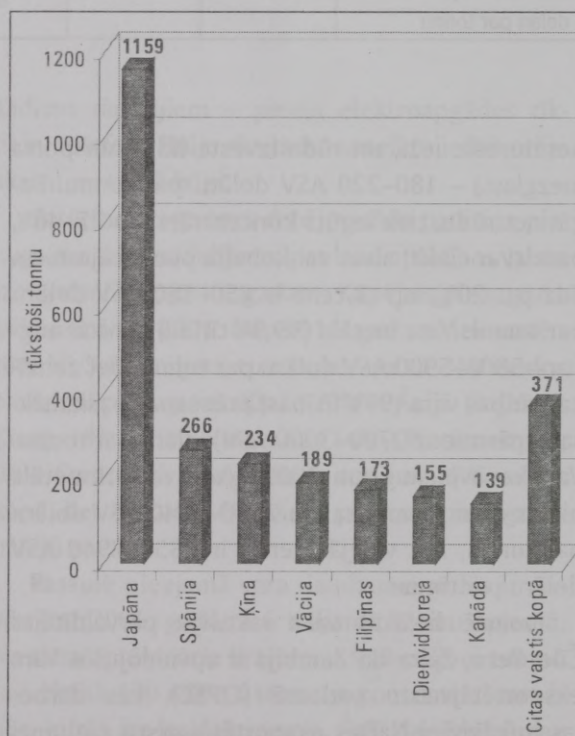
Valsts	2000	200	2002	2003	2004
Čīle	5063,826	4816,197	4649,489	5001,060	9521,607
Vācija	3192,957	2985,594	2809,977	3233,768	4880,086
Japāna	2422,246	2096,219	2081,802	2124,165	2833,189
Krievija	1212,908	1008,090	938,481	1083,028	2065,110
ASV	1431,953	1092,185	1024,582	1238,876	1912,799
Francija	1363,152	1209,399	1145,562	1272,055	1894,543
Ķīna	723,219	514,620	627,498	808,833	1841,617
Dienvīdkoreja	997,626	806,502	856,239	1070,714	1687,880
Kanāda	1185,231	1167,536	1023,094	1013,902	1591,069
Peru	866,246	800,691	829,289	910,861	1473,424
Itālija	891,159	905,501	816,463	999,985	1416,176
Beļģija	1264,631	1167,365	970,592	1120,720	1391,914
Polija	738,838	631,254	668,419	797,929	1312,911
Kazahstāna	685,441	703,921	ND	732,307	1186,473
Austrālija	809,987	852,535	763,929	805,673	1163,183

ND – dati nav pieejami.

importa apjoms būtiski pārsniedz miljonu ASV dolāru. 69. attēlā redzamas lielākās importētājvalstis vara metāla izteiksmē.

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija un ģeoloģija
  - <http://www.nationalminesatlas.gov.au/info/rockfiles/copper.jsp>
  - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Cu/>
  - <http://www.copper.org/>
  - <http://www-md3.csa.com/ids70/results.php?SID=c551b39d533a4c2698a03fcd2790d83d&id=4>
- ✓ Ieguve un statistika
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/copper/coppemyb04.xls>
  - <http://pubs.usgs.gov/ds/2005/139/>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/copper/stat/>
  - <http://www.icsg.org/>
  - <http://www.wto.org/>
- ✓ Cenas
  - <http://www.bloomberg.com/news/markets/commodities.html>
  - <http://www.unctad.org/infocomm/anglais/copper/sitemap.htm>
  - <http://stocks4u.czechforum.net/copper-commodity.htm>



69. attēls. Lielākās vara importētājvalstis

## Niķelis

Niķelis ir sudrabaini balts metāls ar dzeltenīgu nokrāsu, tas ir ciets, plastisks, mehāniski izturīgs, un tam ir feromagnētiskas īpašības.

Senajā Ķīnā vara, niķeļa un cinka sakausējumus ieguva jau 2000 gadu pirms mūsu ēras, bet Senajā Grieķijā ap 200. gadu pirms mūsu ēras izgatavoja monētas no vara un niķeļa sakausējuma (ar niķeļa saturu 20%).

Viduslaikos Rūdu kalnos no dzeltenīgi sudrabainas rūdas metalurgi un alķīmiķi nesekmīgi mēģināja iegūt varu un to nievājoši sauca par nekam nederīgu niķeli.

Tīru niķeļa metālu pirmo reizi ieguva zviedru ķīmiķis A. F. Kronstets 1751. gadā no kobalta rūdas, pēc karsēšanas to reducējot ar ogli. Tomēr praktiska niķeļa izmantošana sākās tikai pēc 1823. gada, kad tika iegūti augstvērtīgi niķeļa, vara un cinka sakausējumi (alpaks, jaunsudrabs). Visplašākās iespējas niķeļa izmantošanai pavēra angļu fiziķa un ķīmiķa M. Faradeja 1843. gadā atklātā galvaniskā niķelēšana. Daudz vēlāk niķeli sāka lietot tērauda sakausējumos, tam piešķirot paaugstinātu cietību un mehānisko izturību, vēlāk arī parmaloju (nerūsējošā tērauda izstrādājumi ar Ni 78,5%) un alnīko (sakausējumi ar alumīniju, Ni 95%), arī nihroma un hromela sakausējumu iegūšanai.

Dabā niķelis ir daudzu minerālu sastāvā. Tie ir gan ļoti reti tīrradņu niķelis un vairāki desmiti dabisku metālu sakausējumu: sulfīdi – milerīts – NiS, hersdorfīts – NiAsS, pentlandīts – (FeNi)<sub>9</sub>S<sub>8</sub>; arsenāti – nikelīns – NiAs, mauherīts – Ni<sub>3</sub>As<sub>2</sub>; oksīdi – bunzerīts – NiO, trevorīts – NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>; silikāti – garnierīts, revdinskīts, šuhardīts – un daudzi citi. Kopā ir zināmi vairāk nekā 220 dažādu niķeli saturošu minerālu, un tikai aptuveni 30 no tiem ir plašāk izplatīti, bet rūpniecībā izmanto tikai dažus. Niķeļa rūdas veidojas magmatiskos apstākļos, ultrabāziskos apstākļos kopā ar pirotīnu un halkopīritu lielos peridotītu un gabronorītu masīvos.

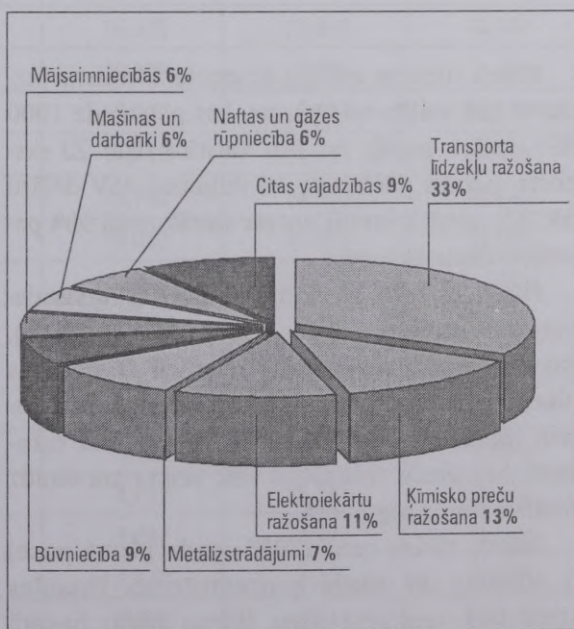
Pentlandīts ir svarīgākā niķeļa rūda. Pasaulē lielākās ir Noriļskas, Tālnahas (Jeņisejas lejtecē) un Pečengas (Murmanskas apgabalā) atradnes Krievijā, Sedberi Kanādā un Bušfildes kompleksa atradnes Dienvidāfrikas Republikā. Pentlandīts ir arī svarīgākā platīna rūda, kaut gan tā daudzums parasti nepārsniedz procenta daļas rūdā.

Pasaulē niķeli iegūst 1,4–1,55 miljonu tonnu gadā. Vairāk nekā 90% no visa niķeļa iegūst no viena minerāla – pentlandīta. No pasaulē apzinātā niķeļa daudzuma – 13 miljardi tonnu – pēc rūdu veidošanās apstākļiem 60% ir saistīti ar laterītiem, 40% – ar sulfīdu minerāliem. Aprēķinātie un no-

vērtētie krājumi 2005. gadā sasniedza 140 miljonus tonnu, no tiem ekspluatācijā esošajās atradnēs – 62 miljonus tonnu.

Niķeli tautas saimniecībā izmanto ļoti plaši, visvairāk – dažādos sakausējumos ar citiem metāliem, piemēram, dzelzi (45%), dzelzs sakausējumos un speciālu tēraudu kausējumos (35%), galvaniskos un citu veidu pārklājumos (14%). Atlikušo daudzumu izmanto galvenokārt ķīmiskai pārstrādei. Niķeli saturošus izstrādājumus izmanto transporta līdzekļu (33%), ķīmisko preču (13%) un elektroiekārtu ražošanā (11%), būvniecībā (9%), metālizstrādājumu ražošanā (7%), mājsaimniecībās (6%), mašīnu un darbarīku ražošanā (6%), naftas un gāzes rūpniecībā (6%) un citām vajadzībām (9%).

Rūpnieciskos mērogos niķeļa rūdu iegūst 72 valstīs pasaulē, visvairāk Krievijā (21% no pasaules ieguves 2005. gadā), Austrālijā – 14%, Kanādā – 13,1%, Indonēzijā – 9,3%, Jaunkaledonijā (Francijas aizjūras departaments) – 8,1%, Kubā, Kolumbijā un Ķīnā – pa 4,8%. Kopā šīs astoņas valstis veido 4/5 no visas niķeļa ieguves pasaulē, un šī tendence saglabājas jau ilgāk nekā 10 gadu, tomēr paredzams, ka nākotnē pieaugs Ķīnas un Spānijas loma. 2006. gadā pasaulē ieguva 1,55 miljonus tonnu rūdu niķeļa tīrmetāla izteiksmē, no šā apjoma visvairāk Krievijā – 0,32 miljonus tonnu, Kanādā – 0,23 miljonus, Austrālijā – 0,191 miljonu, Indonēzijā – 0,145 miljonus, Jaunkaledonijā – 0,12 miljonus tonnu.



70. attēls. Niķeļa izmantošana

32. tabula. Dominējošās niķeļa rūdu un niķeļa metāla lējumu eksportētājvalstis, miljonos ASV dolāru

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004
Krievija	1730,229	1112,430	1753,144	2255,582	3243,088
Kanāda	975,856	796,186	773,550	966,479	1931,514
Norvēģija	506,067	409,893	469,482	731,120	993,000
Apvienotā Karaliste	494,724	497,122	442,305	494,326	829,856
Vācija	445,195	483,905	436,588	474,019	736,778
Dienvīdāfrika	97,292	63,862	67,075	99,032	707,344
ASV	404,051	511,990	420,695	392,861	511,015
Somija	250,474	224,849	268,854	355,257	507,008
Austrālija	876,723	743,413	833,221	334,175	391,185
Nīderlande	266,117	190,959	181,553	333,023	360,080
Japāna	218,432	162,510	172,952	215,939	356,563
Francija	176,125	192,428	163,429	209,304	339,008
Beļģija	151,559	132,774	137,959	159,629	338,337
Ķīna	75,507	40,765	34,480	99,326	217,738
Brazīlija	108,209	58,932	75,530	100,390	176,467
Zimbabve	83,858	142,818	177,257	ND	163,001
Singapūra	124,019	85,969	100,776	147,382	125,389
Zviedrija	75,560	61,973	55,627	67,892	78,361
Itālija	37,016	31,513	43,174	67,724	68,816
Austrija	36,024	26,140	28,633	28,916	46,835
Dienvīdkoreja	2,209	3,337	9,072	11,877	36,505
Šveice	17,590	18,726	21,076	20,835	25,650
Slovēnija	17,214	12,764	8,829	5,873	10,297

ND – dati nav pieejami.

Niķeļa rūdu un metālu eksportē 54 valstis (uzskaitē tiek veikta no apjoma, kas pārsniedz 1000 ASV dolāru gadā), no šīm valstīm tikai 23 eksporta apjoms pārsniedz 10 miljonus ASV dolāru (sk. 32. tabulu), un tās aptver vairāk nekā 90% pasaules niķeļa eksporta.

Niķeļa importa struktūrā pasaulē arī ir vērojama koncentrēšanās dažās valstīs (sk. 33. tabulu). Tas gan nenozīmē, ka šajās valstīs ir arī lielākais niķeļa un to saturošu produktu patēriņš. Šeit notiek rūpnieciska pārstrāde un virsvērtības ražošana, bet preču realizācija tiek veikta jau daudz plašākā tirgus segmentā.

Niķeļa rūdas cena (2005. gada pirmā puse) ir atkarīga no niķeļa koncentrācijas. Pasaules tirgū tiek realizēta divu šķirņu rūda: bagātā (Ni saturs 2,1–2,71%, mitrums 30%) par 24–26

ASV dolāriem tonnā un zemas kvalitātes rūda (Ni koncentrācija 1,45–1,8%, mitrums 30%) par 5–7 ASV dolāriem tonnā. Šo rūdu ieguves pašizmaksa ir 3,8–4,6 ASV dolāri par zemas kvalitātes rūdu un 9,5–11,0 ASV dolāri par augstas kvalitātes rūdu.

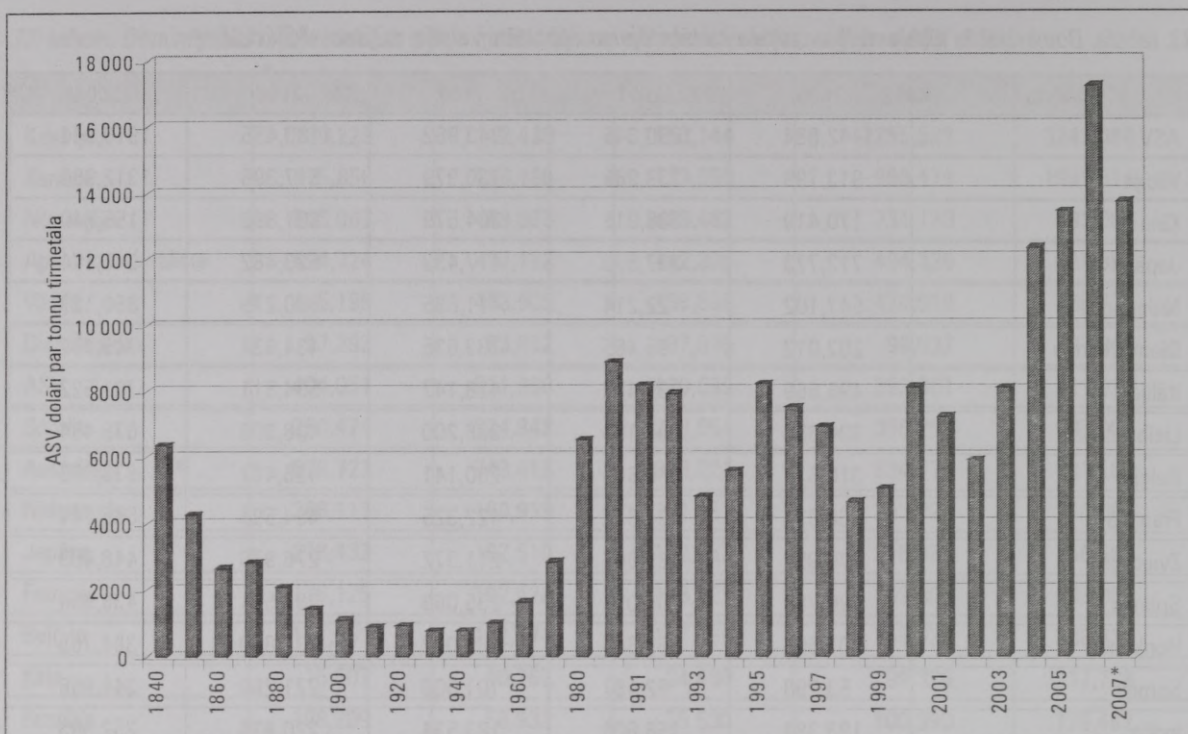
Tomēr tirgū visvairāk realizē jauktus metāla rūdas koncentrātus (parasta augstas kvalitātes rūdas kompozīcija: Ni = 2,20–2,30%; Fe = 16–18%; SiO<sub>2</sub> = 24–40%; MgO = 17–30%; CaO = 1%), un to cena ir 50–55 ASV dolāri par tonnu.

Niķeļa metāla cena ir ļoti jutīga attiecībā uz citu metālu cenas izmaiņām un enerģijas avotu izmaksām, kā dēļ viena tonna niķeļa tīrmetāla maksā 15 000–16 500 ASV dolāru (6,6 ASV dolāri par mārciņu). Kopumā cena pēdējos gados ir strauji augusi – no 12,3 tūkstošiem ASV dolāru par tonnu

33. tabula. Dominējošās niķeļa rūdu un niķeļa metāla lējumu importētājvalstis, miljonos ASV dolāru

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004
ASV	1442,884	1090,346	943,962	1180,455	1910,344
Vācija	913,799	739,986	730,979	817,398	1312,930
Ķīna	170,419	308,915	364,579	801,890	1155,840
Japāna	713,773	337,570	417,433	623,482	948,174
Nīderlande	547,102	22,214	411,685	600,279	850,127
Dienvīdkoreja	292,012	195,465	239,635	434,634	745,772
Itālija	496,669	407,477	428,147	534,811	701,522
Lielbritānija	334,383	387,183	366,200	438,306	675,454
Beļģija	310,677	268,699	260,141	426,487	673,086
Francija	568,834	497,872	422,325	464,594	665,741
Zviedrija	276,957	189,667	211,372	276,976	448,403
Spānija	190,769	205,051	235,068	282,591	436,964
Honkonga	201,505	169,300	165,022	237,800	384,769
Somija	53,293	62,487	101,500	221,260	344,956
Indija	123,381	158,608	183,534	220,834	252,993
Dienvīdāfrikas Republika	105,659	25,323	78,812	163,472	176,790
Brazīlija	122,208	74,575	87,457	138,480	166,944
Austrija	66,019	66,264	57,157	76,415	151,178
Singapūra	140,636	151,319	109,070	87,798	141,856
Kanāda	111,410	98,011	81,736	76,302	96,641
Meksika	50,065	42,408	43,403	52,126	89,691
Turcija	19,438	17,161	21,504	34,121	64,661
Šveice	45,995	48,501	53,149	49,785	62,326
Čehija	20,133	18,964	18,186	26,990	49,025
Polija	23,038	19,067	16,320	23,648	43,400
Ukraina	47,662	44,920	39,402	ND	ND
Krievija	6,266	12,219	10,723	6,207	29,018
Īrija	23,425	23,175	17,543	24,644	27,155
Malaizija	16,478	11,152	15,763	14,322	26,433
Slovēnija	37,244	30,759	18,082	16,953	24,690
Taizeme	22,654	16,388	ND	23,532	ND
Austrālija	14,873	15,637	12,656	17,461	22,310
Izraēla	21,592	23,025	17,092	13,127	21,593
Argentīna	6,991	7,387	5,350	10,240	19,651
Rumānija	8,373	12,350	9,722	11,117	18,950
Baltkrievija	13,491	12,841	3,247	5,541	15,386
Ungārija	11,737	8,842	9,987	13,492	14,089
Dānija	9,297	8,172	7,832	8,315	12,683
Indonēzija	6,746	5,284	8,868	5,845	10,826

ND – dati nav pieejami.



71. attēls. Niķeļa vidēji svērtās gada cenas svārstības

\* Prognoze.

2004. gadā līdz 17,4 tūkstošiem ASV dolāru par tonnu 2006. gada otrajā pusē, tomēr cena svārstās viļņveidīgi (sk. 71. attēlu).

Niķeļa cena pieaug pastāvīgi, un 2007. gadā biržā tā bija 30 180–33 150 ASV dolāru par tonnu. Ražošanas pašizmaksas sasniedza 23 880 ASV dolāru par tonnu, rūdu koncentrāta cena – 280 ASV dolāru par tonnu (Ni > 2,25%).

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija un ģeoloģija  
<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/nickel>  
<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Ni/geol.html>  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/nickel/>
- ✓ Resursi, krājumi un statistika  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/nickel/nickemcs06.pdf>  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/nickel/nickemyb04.xls>
- ✓ Cenas  
<http://nickelalloy.com/FreeSite/metals/nickelalloy/nickelalloy.asp>  
[http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/metal\\_prices/](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/metal_prices/)

## Alva

Elementa nosaukums latviešu valodā ir pārņemts no krievu valodas, ģermāņu valodās – no ķeltu valodām (*tin*). Latīniski tas ir – *stannum*, tāpēc to apzīmē ar simbolu – Sn.

Alvas izmantošanas pirmsākumi nav īsti zināmi. Senajā Šumerā alvas un bronzas sakausējumu pazina jau pirms 5,5–6 tūkstošiem gadu, un tiek pieņemts, ka cilvēce šo metālu pazīst vismaz 7–8 tūkstošus gadu. Viduslaikos alva bija viens no vislabāk izpētītajiem elementiem. Tradicionāli to apzīmēja dubulti lasāmo simbolu kā “21” vai “4”, simbolizējot spējas savienot un pārklāt citus metālus un to kausējumus, kā arī alvas mainīgo dabu.

Alvai ir zināmas trīs alotropiskās formas jeb veidi. *Baltā alva* ir sudrabaini balts, mīksts metāls. Temperatūrā, kas zemāka par +13,1 °C, alva pārvēršas pelēkā pulverī – *pelēkajā alvā*. Ja alvu karsē temperatūrā, kas augstāka par +161 °C, tā kļūst trausla kā stikls – tā ir *trauslā alva*.

Dabā alva ir sastopama ierobežoti – Zemes garozā vidēji 2,3 miligrami kilogramā (ppm), Pasaules okeānā –  $4 \times 10^{-6}$  miligrami litrā. Ir zināms vislielākais izotopu skaits intervālā  $^{99}\text{Sn}$ – $^{137}\text{Sn}$ , no tiem tikai 10 ir stabili.

Alva dabā ir 124 dažādu minerālu sastāvā, bet plašāk izplatīti ir tikai daži minerāli. Mūsdienās, gluži kā senatnē, alvu iegūst tikai no viena minerāla – kasiterīta ( $\text{SnO}_2$ ), ļoti nedaudz – arī no kompleksiem sulfīdiem (galvenokārt no stannīta, cilindrīta, frankeīta, kanfieldīta un tealīta).

Kasiterīts veidojas magmatiskos augsta spiediena apstākļos skābā iežus veidojošā vidē (greizenizētos un albitizētos pegmatītos) kā labi izteikti kristāli un to drūzas. Hidrotermālos apstākļos veidojas divu veidu rūpnieciskas nozīmes asociācijas: kasiterīta – kvarca asociācija un kasiterīta – silikātu – sulfīdu asociācija. Raksturīgas ir asociācijas pegmatītos kopā ar kvarcu, muskovītu, albītu, kolumbītu, greizenos un skarnos – ar kvarcu, topāzu, fluorīdu un turmalīnu. Kvarca dzīslās tas sastopams kopā ar volframītu, molibdenītu, pirotīnu, pirītu, hlorītu u. c.

Kasiterīts ir bagātākā un izplatītākā alvas rūda (78,8% Sn) pasaulē. Liela saimnieciska nozīme ir arī piemaisījumiem kasiterītā – dzelzij, volframam, it īpaši niobijam un tantalam. Kasiterīta dēļ romieši Britu salas sauca par Alvas salām. Lielākās kasiterīta atradnes pasaulē ir saistītas ar sulfīdu dzīslām Bolīvijā. Kasiterīts atrodams arī bagātās kļiednēs, piemēram, Malakas pussalā Malaizijā. Krievijā lielākās atradnes ir Magadanas apgabala ziemeļos un Čukotkā. Alvas rūda tiek iegūta 35 valstīs visos kontinentos (izņemot Antarktīdu), pārstrāde un kausēšana notiek vairāk nekā 70 valstīs.

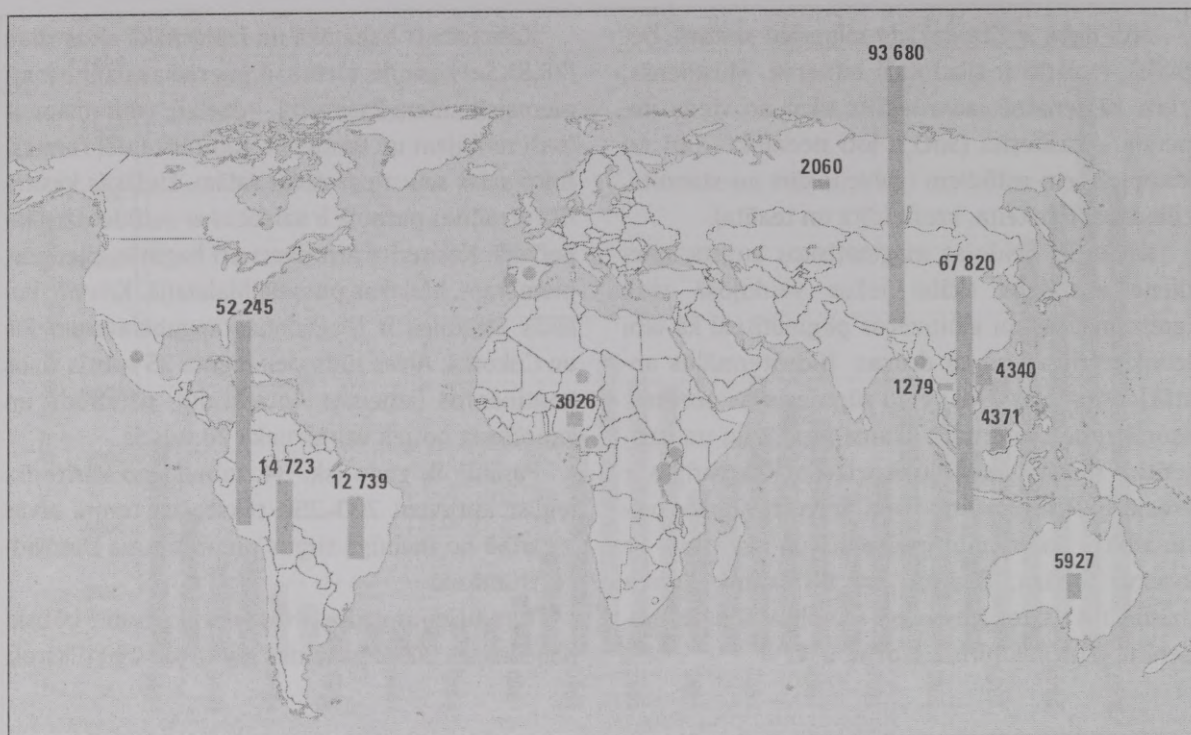
Pasaulē ik gadu (sk. 34. tabulu) no kasiterīta iegūst aptuveni 200–250 tūkstošus tonnu alvas atkarībā no mainīgā tirgus pieprasījuma Dienvidaustrumāzijā.

Turpmākajos gados alvas ieguve pasaulē būtiski palielinājās. 2005. gadā tika iegūti jau 290 tūkstoši

34. tabula. Alvas rūdas ieguve pasaulē, tonnās tīras alvas

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004
Austrālija	9146	9602	6268	3819	800
Birma	212	212	450	607	700
Bolīvijs	12 464	12 352	15 242	16 755	16 800
Brazīlija	14 200	13 016	12 063	12 217	12 200
Burundi	8	4	ND	7	10
Indonēzija	51 629	61 862	88 142	71 694	65 772
Kirgizstāna	300	300	300	ND	ND
Krievija	2500	2000	1300	2000	2500
Ķīna	99 400	95 000	62 000	102 000	110 000
Laosa	408	490	366	360	340
Malaizija	6307	4972	4215	3359	3000
Meksika	4	8	9	21	24
Nigēra	22	9	11	11	11
Nigērija	2760	2870	2800	3700	3000
Peru	70 901	69 696	38 815	40 202	41 613
Portugāle	1227	1174	361	200	500
Ruanda	276	169	197	192	300
Spānija	3	2	2	2	2
Taizeme	1930	1950	1130	817	567
Uganda	6	18	ND	1	1
Vjetnama	4100	4500	4500	4600	4000
Zaira	50	50	20	40	80
<b>Kopā</b>	<b>278 000</b>	<b>249 000</b>	<b>238 000</b>	<b>263 000</b>	<b>262 000</b>

ND – dati nav pieejami.



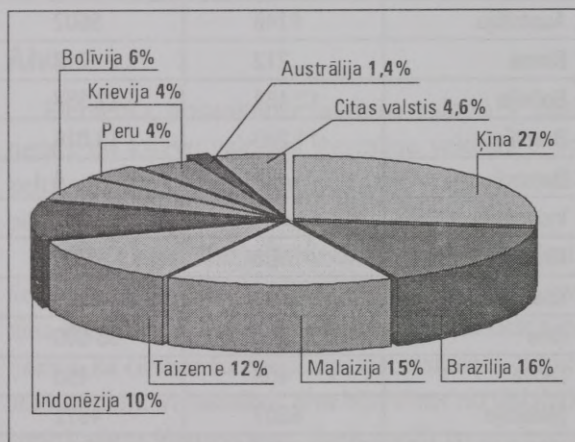
72. attēls. Alvas rūdas ieguve pasaulē, tonnās alvas tīrmetāla

tonnu rūdu alvas tīrmetāla izteiksmē. 2006. gadā ieguve nedaudz samazinājās – 173 tūkstoši tonnu. Detalizēti dati par alvas rūdu ieguvi nav pieejami, vienīgi zināms, ka 2006. gadā alvas rūdu visvairāk ieguva Ķīnā – 100 tūkstoši tonnu alvas tīrmetāla izteiksmē, Indonēzijā – 85 tūkstoši tonnu, Peru – 42,2 tūkstoši tonnu, Bolīvijā – 18,4 tūkstoši tonnu – un Brazīlijā – 11,8 tūkstoši tonnu, bet nevienā citā valstī šajā gadā neieguva vairāk par 3,5 tūkstošiem tonnu rūdas alvas tīrmetāla izteiksmē.

Lielākās alvas ieguves valstis ir Dienvidamerikā un Dienvidaustrumāzijā, salīdzinoši nedaudz alvas iegūst arī Austrālijā un Āfrikā (sk. 72. attēlu), citās zemēs alvu iegūst ļoti maz, galvenokārt vietējam tirgum.

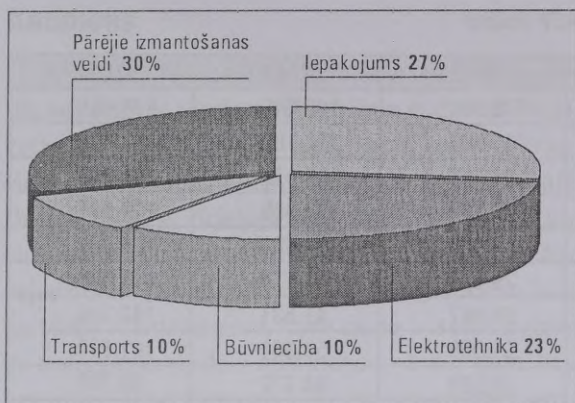
Pasaulē apzinātie alvas resursi sasniedz 20–21 miljardu tonnu, no tiem izpētīti un novērtēti ir 11 miljardi tonnu. Eksploatācijā esošajās atradnēs alvas krājumi 2005. gadā bija 6,1 miljards tonnu. To lielākā daļa (sk. 73. attēlu) ir koncentrēta Ķīnā (27%), Brazīlijā (16%), Malaizijā (15%), Taizemē (12%), Indonēzijā (10%), Bolīvijā (6%), Peru (4%), Krievijā (4%) un Austrālijā (1,4%). Visbagātākie resursi tiek prognozēti Rietumāfrikā, Dienvidaustrumāzijā, Austrālijā, Bolīvijā, Brazīlijā, Ķīnā un Krievijā.

Tradicionāli alvu izmanto sakausējumos (bron-

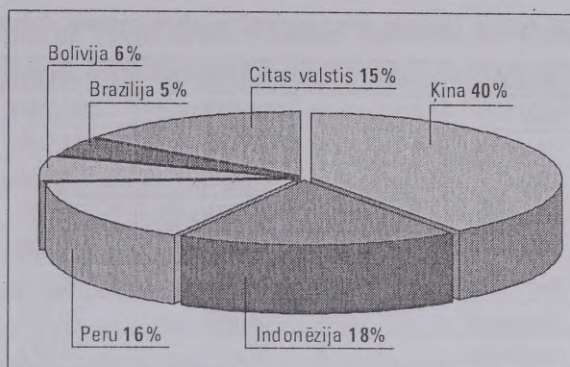


73. attēls. Alvas resursu ģeogrāfiskais izvietojums pasaulē

za, zvanu kausējumi, babīts, fosfora bronza, baltmetālu kausējumi un citi), ķīmisko sāļu ražošanā (visvairāk – alvas hlorīds), stikla pārklājumiem, metāla izstrādājumu savienojumiem, iepakojuma materiālos un citur. Alvas izmantošana laika gaitā ir mainījusies, un mūsdienās tās patēriņa struktūra ir aptuveni šāda (sk. 74. attēlu): iepakojums (skārda kārbas, bundžas, konteineri) – 27%, elektrotehnika (lodalva) – 23%, būvniecība – 10%, transports – 10%, pārējie izmantošanas veidi – 30% (galvenokārt ķīmiskajā rūpniecībā).



74. attēls. Galvenie alvas izmantošanas veidi



75. attēls. Lielākās alvas rūdas un koncentrātu piegādātājvalstis pasaules tirgum

Alvas atkārtota savākšana un pārstrāde ir labi organizēta. 2005. gadā atkārtoti tika izmantoti aptuveni 60% no tautsaimniecībā izmantotās alvas daudzuma. Visstraujāk pieaug alvas un niobija piemaisījumu izmantošana supervadītāju materiālu ražošanā.

Pēdējos gados lielākās alvas rūdas un koncentrātu piegādātājas pasaules tirgum ir (sk. 75. attēlu): Ķīna (40%), Indonēzija (18%), Peru (16%), Bolīvija (6%) un Brazīlija (5%). Alvas koncentrātu un metālu eksportē 56 valstis, no tām dominē (eksportē alvu par kopīgo summu, kas pārsniedz 50 miljonus ASV dolāru) deviņas valstis, bet vairāk nekā 40% pasaules eksporta realizē tikai Indonēzija un Singapūra (sk. 75. attēlu un 35. tabulu).

ASV vienas pašas importē 20% no pasaules tirgū pieejamā alvas metāla. ASV kopējais importa apjoms naudas izteiksmē 2004. gadā pārsniedza 400 miljonus ASV dolāru. Importa apjoma ziņā nākamās ir Japāna, Ķīna un citas valstis (sk. 36. tabulu).

Alvas rūda nav dārga, tās reālā pašizmaksa ir 14–20 ASV dolāru par tonnu, bet visbiežāk rūdu

bagātināšanas uzņēmumi to iepērk par 35–40 ASV dolāriem tonnām. Rūdas (alva 25%) koncentrāts ražošanas uzņēmumā bez transporta izmaksām maksā aptuveni 350 ASV dolāru par tonnu. Tirgus būtiski mainījās 2005. gada otrajā pusē, kad vidējās kvalitātes alvas koncentrāta (Sn = 11–13%) cena sasniedza 2500 ASV dolāru par tonnu.

Alvas metāla cena lietņos ir būtiski mainījusies, galvenokārt atkarībā no tās izmantošanas intensitātes un izmaiņām alvas izmantošanas dominējošos sektoros (sk. 76. attēlu).

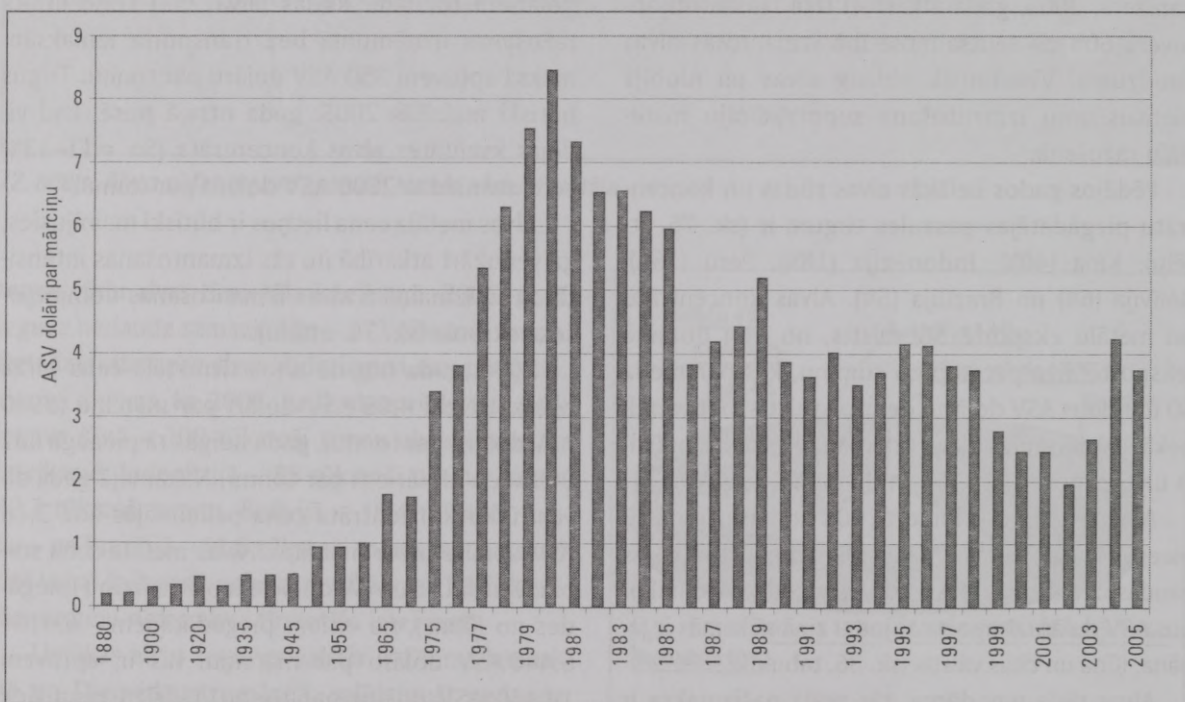
2006. gada nogalē alvas tīrmetāla cena biržā bija aptuveni 4,05 ASV dolāri par mārciņu (8940 ASV dolāru par tonnu), gada beigās tā pieauga līdz 9050 ASV dolāriem par tonnu. Nākamajā gadā alvas rūdas koncentrāta cena palielinājās līdz 2,18 ASV dolāriem par mārciņu. Alvas metāla cena stabilizējās līdz 5,2 ASV dolāriem par mārciņu (piegādes no Ķīnas), no citiem piegādātājiem – 6,418–6,440 ASV dolāru par mārciņu, tas ir, aptuveni 14 150 ASV dolāru par tonnu. Līdzīga cena tiek paredzēta arī īstermiņa perspektīvā.

35. tabula. Lielākās alvas eksportētājvalstis pasaulē, miljonus ASV dolāru

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004
Indonēzija	232,367	190,543	223,000	295,060	616,387
Singapūra	193,261	196,385	190,442	278,872	536,726
Ķīna	467,462	295,825	159,279	183,733	326,417
Malaizija	135,948	138,300	131,302	95,197	289,375
Peru	119,052	6,763	12,691	13,580	234,701
Bolivija	66,207	50,906	48,877	59,310	116,374
Beļģija	48,156	40,807	40,899	40,135	78,761
ASV	60,487	45,293	35,353	40,905	53,868
Japāna	28,751	22,284	30,466	32,595	52,752

36. tabula. Lielākās alvas importētājvalstis pasaulē, miljonos ASV dolāru

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004
ASV	276,617	226,244	173,994	192,646	438,801
Japāna	172,840	112,383	110,776	152,183	291,211
Ķīna	76,115	79,654	96,591	122,172	241,647
Malaizija	37,259	30,980	29,259	33,385	229,581
Vācija	126,482	131,128	97,076	114,503	188,784
Dienvīdkoreja	92,128	66,336	75,180	81,570	151,283
Singapūra	56,899	70,101	99,947	41,831	142,186
Honkonga	87,243	55,873	51,000	53,361	101,872
Nīderlande	36,824	27,794	38,588	54,222	89,880
Francija	48,989	44,101	39,121	52,377	75,433
Spānija	35,260	36,111	33,908	43,318	73,820
Apvienotā Karaliste	62,096	52,118	42,231	57,032	72,115
Itālija	41,982	37,066	33,533	40,047	58,919



76. attēls. Alvas cenas izmaiņas, ASV dolāros par mārciņu tīrmetāla (99,85% tīrība)

**Papildu informācija internetā**

✓ Ķīmija un ģeoloģija

<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/stannum>

<http://education.jlab.org/itselemental/ele050.html>

<http://earthsci.org/mineral/mindep/depfile/tin.htm>

<http://www.basemetals.com/html/sninfo.htm>

<http://www.american.edu/TED/tin.htm>

<http://www.liswa.wa.gov.au/wepon/mining/html/tin.html>

<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/tin>

<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Sn/geol.html>

✓ Resursi, krājumi un statistika

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/tin/>

[http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/tin/tin\\_mcs06.pdf](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/tin/tin_mcs06.pdf)

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/tin/tinmyb04.xls>

✓ Cenas

<http://www.basemetals.com/>

<http://nickelalloy.com/FreeSite/metals/sn/sn.asp>

## Antimons

Antimons bija pazīstams jau Senajā Ķīnā – vairāk nekā pirms pieciem tūkstošiem gadu – tā labās kaļamības dēļ. Vēlāk to plaši izmantoja kā krāsvielu (arī kosmētikā – uzacu iekrāsošanai) Senajā Divupē, Ēģiptē, Grieķijā un Romā. Vēlāk arābi un viduslaikos ārsti šo vielu izmantoja medicīniskām vajadzībām. Antimona nosaukums veidots no latīņu vārda – *antimoneum*, kura cilme ir senāks grieķu nolieguma vārds – *anti monos* – tas ir tāds, kas nav viens. Tas ir viens no ķīmiskajiem elementiem, kura nosaukums atšķiras no simbola; antimona simbols ir Sb, kas ir atvasināts no latīņu valodas *stibium* (nozīmē marka, atzīme), ar kuru apzīmēja minerālu (stibnīts, sinonīms – antimonīts), no kā to ieguva un izmantoja sejas vaibstu izcelšanai.

Antimona kā tīrvielas iegūšana viduslaikos tika uzskatīta par īpašu veiksmi, un to pētīja daudzi toreizējie izcilākie amata pratēji. Nereti tiek uzskatīts, ka to pirmo reizi ir pieminējis Gebers (Abu Musa Jabir ibn Hayyan jeb arābiski *جابر بن حیان*), lai arī nav zināmas tiešas liecības, ka tajā laikā ir ticis iegūts tīrs antimons. Pirmo reizi antimona iegūšanu aprakstīja priors B. Valencius (*Prior Basilius Valentinus*) darbā “*Currus Triumphalis Antimonii*” jau ap tuveni 1450. gadā, bet no latīņu valodas angļiski tas tiek tulkojts tikai 1604. gadā un visu šo laiku bija pazīstams ļoti nelielam lasītāju lokam. Tomēr jau 1540. gadā V. Biringučio (*Vannoccio Biringuccio*) aprakstīja antimona izdalīšanas procedūras un to secību savā pētījumā “*De la pirotechnia*”, to citēja un izmantoja G. Agrikola, 1556. gadā publicējot “*De re metallica*”, kas bija ļoti plaši pazīstams izdevums un tika izmantots kā mācību grāmata līdz pat 19. gadsimta otrajai pusei. Tādējādi nereti un kļūdaini tieši G. Agrikola tiek uzskatīts par antimona atklājēju, bet pati elementa atklāšanas vēsture joprojām ir daudzu vēsturnieku pētījumu priekšmets. Ar mūsdienīgām metodēm pirmo reizi antimonu izdalīja un pētīja, kā arī īpašību aprakstu sniedza franču ķīmiķis N. Lemerī (*Nicolas Lémery*) tikai 1707. gadā.

Antimons ir alotropisks elements un ir sastopams divu formu veidā, izplatītāks ir sudrabaini zilganbalts metāls ar romboedrisku kristālisku struktūru. Tas ir slikti elektrības un siltuma vadītājs, bet tā savienojumiem ir izteiktas pusvadītāju īpašības. Tās kopā ar iespējām no antimona iegūt noturīgus pulverus plaši tiek izmantotas pusvadītāju un mikroshēmu ražošanā.

Elements nav plaši izplatīts, un tam ir divi dabā sastopami izotopi. Antimona koncentrācija Zemes garozā novērtēta  $2 \times 10^{-1}$  miligrami uz kilogramu jeb 0,00002%, Pasaules okeānā –  $2,4 \times 10^{-4}$  miligrami litrā.

Lai arī ir zināmi vairāk nekā 320 dažādu antimonu saturošu minerālu, tikai 100 ir nedaudz plašāk pazīstami, bet antimonīts ir gandrīz vienīgā un svarīgākā antimona rūda (Sb 71,4%). Lielākās atradnes pasaulē ir Kadamdžjas (Kirgizstānā), Razdoļņinskas (Krasnojarskas apgabālā Krievijā), Si-Huaņ-Šaņas grupas atradnes Hunaņas provincē Ķīnā un Isinokava Sikoku salā Japānā. Rūpnieciskā ieguve tiek veikta, ja antimona koncentrācija iezī sasniedz 2,5–3%. Bagātīgās rūdās ir vairāk nekā 4,5–5% antimona.

Pasaulē antimonu iegūst tikai 138 kompānijas (sk. 37. tabulu), bet to skaits ļoti strauji sarūk, un 2006. gadā komerciālu antimona rūdas ieguvu veica tikai 47 kompānijas. Tās visas to veic tikai no kompleksām rūdām, kopā ar antimonu iegūstot arī cinka, svina un zelta rūdas.

Kopumā pasaulē jau vairākus gadus ir vērojama antimona pārprodukcija, jo lielākie patērētāji – bateriju ražotāji – pārkārto ražošanu un šo metālu vairs neizmanto, atrodot citādu tehnoloģisko risinājumu. Tādējādi antimona rūdas ieguvei 2005. gadā bija tikai neliels pieaugums (kopā ieguva 117 tūkstošus tonnu tīrmetāla izteiksmē), un turpinājās ražošanas koncentrācija tikai dažās valstīs. No visā pasaulē iegūtās antimona rūdas Ķīnā vien ieguva 89,7%. Dienvidāfrikas devums – 4,5%. Ieguvi turpināja tikai dažas valstis – Tadžikistāna, Taizeme un vēl dažas, bet ar to apjomu 2005. gadā varēja segt tikai ieguves infrastruktūras uzturēšanas izmaksas (sk. 77. attēlu).

Pasaulē gada antimona patēriņš ir 80–120 tūkstoši tonnu, tas ir svārstīgs, un tam ir tendence pieaugt. Kopējie resursi Zemes dzīlēs nav zināmi un nav vērtēti, aprēķinātie un novērtētie krājumi (tīrmetāla izteiksmē) sasniedz 3,9 miljonus tonnu (2005. gadā), krājumi ekspluatācijā esošajās atradnēs – 1,8 miljonus tonnu. Pasaules tirgū lielākās rūdas piegādātājas ir Ķīna (89%) un Dienvidāfrikas Republika (5% tīrmetāla izteiksmē).

Antimona rūdas pašizmaksa nav augsta, tās cena ir tikai nedaudz augstāka par dzelzsrūdas cenu, un tai ir tendence kristies, jo pasaules tirgū ir izteikta pārprodukcija. 2006. gada beigās

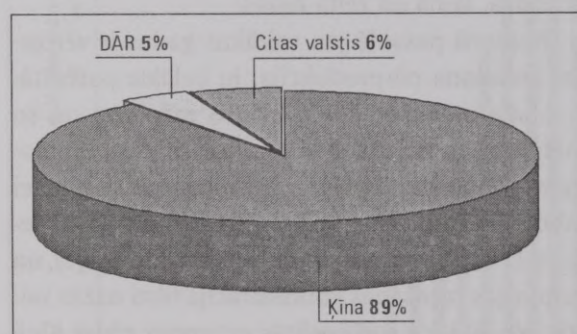
37. tabula. Antimona rūdas ieguve pasaulē, tonnās antimona tīrmetāla

Valsts	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005**	2006**
Austrālija	900	1511	1380	1 200	1 300	1800	ND	ND
Bolīvija	6426	1907	2264	2 336	2 911	3000	3100	5000
Dienvidāfrika	5537	4104	4927	5 746	5 310	5300	5000	5700
Gvatemala	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1000	1000
Kanāda	684	433	234	143	88	90	ND	ND
Ķīna	125 000	110 000	140 000	100 000	100 000	100 000	120 000	110 000
Kirgizstāna	1500	150	150	150	40	20	ND	ND
Krievija	6000	4500	4500	ND	ND	ND	3000	3300
Meksika	1783	39	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Peru	460	461	274	356	356	356	ND	ND
Tadžikistāna	1000	2000	2500	3000	1800	2000	2000	2000
Taizeme	230	84	18	1	38	40	ND	ND
Turcija	416	360	330	250	650	500	ND	ND
Citas valstis kopā	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3300	3500
<b>Kopā</b>	<b>151 000*</b>	<b>126 000</b>	<b>157 000</b>	<b>113 000</b>	<b>112 000</b>	<b>113 000</b>	<b>137 000</b>	<b>131 000</b>

ND – dati nav pieejami, vai ieguve netiek veikta.

\* Ieguve tiek veikta arī ASV, Gvatemalā, Marokā, Namībijā, Pakistānā, Zimbabvē – kopā 1064 tonnas.

\* ASV Ģeoloģijas dienesta novērtējums.



77. attēls. Antimona ieguvē dominējošās valstis pasaulē

antimona rūdas pašizmaksa ( $Sb > 23\%$ ) bija aptuveni 38 ASV dolāri par tonnu. Pasaules tirgū visbiežāk tiek realizēts antimona koncentrāts ( $Sb - 43,81\%$ ,  $SiO_2 - 28,67\%$ ,  $Fe_2O_3 - 0,26\%$ ,  $CaO - 3,22\%$ ,  $Al_2O_3 - 0,40\%$ ,  $MgO - 0,25\%$ ), bet arī ar antimona saturu zem 30% un līdz pat 51%. Šādu rūdas koncentrātu cena ir aptuveni 43–450 ASV dolāri par tonnu. Augstākas koncentrācijas rūdas koncentrāti ( $Sb > 51\%$ ) tiek fasēti 50 kilogramu maisos, un šādas kūdras cena ir 630–650 ASV dolāru par tonnu.

2006. gada nogalē metālam ( $Sb - 99,65\%$ ) cena bija aptuveni 6250 ASV dolāru par tonnu, un tā svārstās ļoti nelielā (2%). Vēsturiskās antimona cenas (sk. 38. tabulu) ļauj prognozēt, ka tās arī turpmāk saglabāsies salīdzinoši augstas.

Pasaulē antimonu nozīmīgā apjomā iepērk tikai 11–15 kompānijas, to izstrādājumu vairumtirdzniecību organizē simtiem dažādu uzņēmumu visā pasaulē. Lielākie pircēji ir militāro pasūtījumu koncerni, kas arī faktiski nosaka cenas izmaiņas pēdējos gados (sk. 39. tabulu). Pagaidām lielākais iepirkums pasaulē ir reģistrēts 2001. gadā, kad vienlaikus tika nopirkts 7,8 miljoni mārciņu (aptuveni 3,5 tūkstoši tonnu) antimona metāla ASV armijas vajadzībām.

Kopš 2007. gada otrā ceturkšņa antimona cena stabilizējas – 2,6–2,9 ASV dolāri par mārciņu, tas ir, 5644–6305 ASV dolāri par tonnu. Šāda cena tiek prognozēta arī tuvākajos gados.

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija un ģeoloģija
  - <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/antimony>
  - <http://education.jlab.org/itselemental/ele051.html>
  - [http://www.nw-resources.com.au/blue\\_spec\\_shear\\_gold\\_project/antimony.phtml](http://www.nw-resources.com.au/blue_spec_shear_gold_project/antimony.phtml)
  - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Sb/geol.html>
  - <http://www.antimony.ru/eng/dob.php>
- ✓ Resursi, krājumi un statistika
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/antimony/>

38. tabula. Antimona cenas izmaiņu dinamika, ASV dolāri par mārciņu tīrmetāla

Gads	Cena	Gads	Cena
1900	0,095	1970	1,440
1910	0,074	1975	1,770
1920	0,085	1980	1,510
1930	0,077	1985	1,310
1940	0,140	1990	0,820
1950	0,290	1995	2,280
1960	0,310	2000	0,718
1968	0,460	2005	2,60
1969	0,580	2006	2,95

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/antimony/antimmcs06.pdf>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/antimony/antimmyb04.xls>

✓ Cenas

<http://www.basemetals.com/>

<http://nickelalloy.com/FreeSite/metals/sb/sb.asp>

## Kobalts

Kobalts ir ciets, trausls sudrabaini balts metāls, kas sastopams ļoti daudzos minerālos un iežos. Metālu agrāk izmantoja galvenokārt metālu kausējumos, piešķirot tiem magnētiskas, pretkorozijas un paaugstinātas izturības īpašības. Mūsdienās daudz plašāk to izmanto dažādām krāsām, pārklājumiem, gruntīm un tamlīdzīgi.

Metāla izmantošana zināma jau vairāk nekā piecus tūkstošus gadu. Kopš seniem laikiem kobalta minerālu pulverus un sāļus izmantoja, piešķirot koši zilu krāsu stiklam un keramikai, šādi izstrādājumi tika augstu vērtēti Senajā Ēģiptē un Persijā. Tomēr daudz plašāk šāda krāsviela tika izmantota mūsu ēras paša sākumā Senajā Romā, vēlāk – īpaši Ķīnā Tanga un Mingas dinastiju laikā trauku apgleznošanai.

Ķīmiskā elementa – kobalta – atklāšanas laiks nav precīzi zināms, jo tā pirmatklājējs zviedru ķīmiķis G. Brants to pētīja un dažādas tā īpašības raksturoja laikposmā no 1730. līdz 1737. gadam, bet savus pētījumus neapkopoja un vairākos plašākos darbos par kobalta stikliem daudzkārt kļūdījās, pētot šādā stiklā nereti esošo bismutu.

Metāla nosaukums cēlies no vācu vārda *kobold*, ar ko apzīmē goblinus, kas kalnračiem bojā gai-

39. tabula. ASV valsts uzņēmumu antimona iepirkuma dinamika, ASV dolāri par tonnu

Gads	Cena
1999	1123
2000	1378
2001	1526
2002	1377
2004	2205
2005	4012
2006. gada janvāris	4695
2006. gada jūlijs	5732
2006. gada oktobris	6504

su šahtās un kaitē viņu veselībai. Jau tad kobalta minerāli bija zināmi kalnračiem, tomēr kobaltam tika piešķirtas īpašības, kas piemita rūdās esošajam arsēnam.

Kobalta pirmo un salīdzinoši noturīgo izotopu <sup>60</sup>Co atklāja tikai 1938. gadā J. Livionguds un G. Siborgs. Mūsdienās ir zināmi pieci izotopi, no kuriem tikai viens ir sastopams dabā – <sup>59</sup>Co.

Dabā kobalta koncentrācija ir zema. Masas procentu izteiksmē (miljondaļās jeb ppm) Visumā tā ir 3000, uz Saules – 4000, meteorītos – 600 000, uz Zemes magmatiskos iežos – 30 000, Zemes garozā kopumā – 2,5 miligrami kilogramā iežu. Pasaules okeānā kobalta koncentrācija ir tikai 0,08 (pēc citiem datiem,  $2 \times 10^{-5}$  miligrami litrā), cilvēka ķermenī – vidēji 20 ppm.

Kobalta izmantošana saimniecībā ir visai daudzveidīga, tomēr gandrīz 43% tiek izlietoti, lai piešķirtu īpašu kvalitāti lidmašīnu gāzes turbīnām, aptuveni 9% tiek izmantoti augstas izturības karbīda šķiedru materiālu cementēšanai un nerūsējošu izstrādājumu izgatavošanai, 22% – dažādos metālu sakausējumos, 26% – dažādu sāļu ražošanai.

Ir zināmi un reģistrēti 124 dažādi kobaltu saturoši minerāli, no tiem rūpnieciska nozīme ir tikai dažiem. Kobalta ieguve vienmēr notiek kopā ar citu metālu rūdām, galvenokārt niķeli un hromu. Atsevišķu tieši kobalta rūdas atradņu ir maz, tās visas ir saistītas ar kobaltīta (CoAsS) mineralizāciju. Tā ir viena no svarīgākajām kobalta rūdām (Co 35,4%; As 45,3%; S 19,3%). Šā minerāla lielākās atradnes pasaulē ir Kobalta Kanādā, Buazera Marokā, arī Zambijā, Zairā un Krievijā (Daškesana, Hovuaksa).

40. tabula. Kobalta rūdas ieguves intensitāte pasaulē, tonnās kobalta tīrmetāla

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Austrālija	5600	6300	6700	6900	6700	6600	6000
Botsvāna	308	325	269	294	223	300	ND
Brazīlija	900	1100	1200	1300	1400	1400	1000
Dienvīdāfrika	580	560	520	400	460	450	ND
Jaunkaledonija	1200	1400	1400	1400	1400	1400	1100
Kanāda	5298	5326	5148	4327	5197	5700	5600
Kazahstāna	300	300	300	300	300	400	ND
Krievija	4000	4600	4600	4800	4700	5000	5100
Kuba	2852	3417	3384	3465	3580	3600	4000
Kīna	90	150	1000	700	800	950	1400
Maroka	967	1242	1453	1391	1600	1600	1500
Norvēģija	100	100	100	ND	ND	ND	ND
Zaira	11 000	15 000	14 500	12 000	16 000	16 000	22 000
Zambija	4600	8000	10 000	11 300	10 000	9000	8600
Zimbabve	79	95	87	79	59	50	ND
Citas valstis kopā	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1200
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>37 900</b>	<b>47 900</b>	<b>50 700</b>	<b>48 700</b>	<b>52 400</b>	<b>52 450</b>	<b>57 500</b>

ND – dati nav pieejami.

Kobalta ieguve pasaulē (metāla izteiksmē) pēdējos gados ir stabila – 50 tūkstošu tonnu (sk. 40. tabulu), kas ir ļoti neliels daudzums, salīdzinot ar esošajās atradnēs izpētītajiem krājumiem, kuru ekspluatācija ir ekonomiski lietderīga. Tādu krājumu patlaban pasaulē ir aptuveni septiņi miljoni tonnu, no tiem 49% – Zairā (Kinšasas Kongo), 15% – Austrālijā, 14% – Kubā. Novērtētie krājumi nepietiekami izpētītās atradnēs un to blokos veido vēl sešus miljonus tonnu kobalta, kas koncentrēti galvenokārt Zairā, Kubā un Zambijā. Iepriekšējie novērtējumi rāda, ka vēl divi miljoni tonnu kobalta ir nepietiekami izpētītajās atradnēs un zināmajos rūdu laukos Austrālijā, Kanādā un Krievijā. Vēl viens miljons tonnu kobalta ir nepietiekami novērtētajās citu rūdu atradnēs un nepietiekami izpētītajās rodnēs ASV – Minesotā, Aļaskā, Kalifornijā un Aidaho.

Pēdējos gados kobalta rūdas atradnēs veidojas lieli uzkrājumi, kas pārsniedz esošo rūdu pārstrādes uzņēmumu jaudas (sk. 41. tabulu). Lielākā daļa no šiem uzņēmumiem ir uzbūvēti jau pirms 40–50 gadiem, un to rekonstrukcija objektīvi izraisīs šā metāla produktu cenas kāpumu visā pasaulē.

Kobalta metāla cena ir ļoti nepastāvīgi augsta (sk. 78. attēlu). Svarīga ir metāla tīrības pakāpe, jo kā galaprodukts metāla biržās tiek pārdots ko-

balts ar 99,30% un 99,80% tīrību, kuru cenas atšķirības – 30 037,95 un 33 620,46 ASV dolāri par tonnu metāla – ir 11,9%. 2006. gada nogalē dominējošā biržas cena bija 33 620 ASV dolāru par tonnu 99,30% tīrības kobalta, bet 2007. gadā tā bija 63 930–67 240 ASV dolāru par tonnu (metāla tīrība 99,30–99,80%).

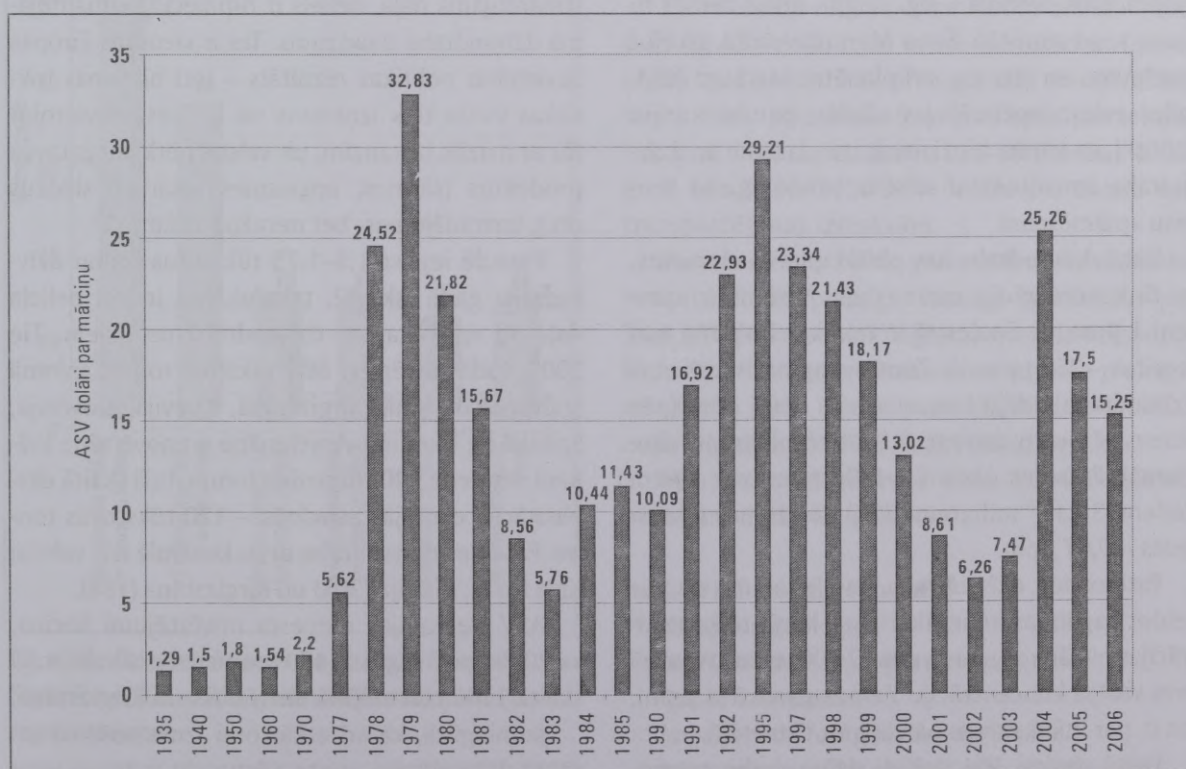
#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija un ģeoloģija
  - <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/cobalt>
  - <http://periodic.lanl.gov/elements/27.html>
  - <http://education.jlab.org/itselemental/ele027.html>
  - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Co/geol.html>
- ✓ Resursi, krājumi un statistika
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cobalt/>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cobalt/cobalmcs06.pdf>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cobalt/cobalmyb04.xls>
- ✓ Cenas
  - <http://www.basemetals.com/>
  - <http://nickelalloy.com/FreeSite/metals/co/co.asp#Tables>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cobalt/210798.pdf>

41. tabula. Kobalta metāla ekstrakcijas metalurģisko uzņēmumu pašreizējās jaudas, tonnās metāla

Valsts, ražotie kobalta produktu veidi	2000	2001	2002	2003	2004
Austrālija (metāls, metāla pulveris, oksīds, hidroksīdi)	2610	3470	3700	3840	3880
Beļģija (metāla pulveris, oksīds, hidroksīdi)	1110	1090	1135	1704	2947
Brazīlija (metāls)	792	889	960	1097	1155
Dienvīdāfrikas Republika (metāla pulveris, sulfāts)	397	373	352	271	309
Francija (hlorīdi)	204	199	176	181	199
Indija (metāls, sāļi)	206	250	270	255	545
Japāna (metāls)	311	350	354	379	429
Kanāda (metāls, metāla pulveris, oksīds)	4364	4378	4625	4233	5144
Kongo Republika (metāls)	4320	4071	3000	1200	735
Krievija (visu veidu produkti)	4400	5000	5100	5500	5400
Ķīna (metāls, metāla pulveris, oksīds, sāļi)	1200	1470	1840	4580	8000
Maroka (metāls)	1207	1341	1354	1431	1593
Norvēģija (metāls)	3433	3314	3994	4556	4670
Somija (metāla pulveris, sāļi)	7700	8100	8200	7990	7893
Uganda (metāls)	420	634	450	ND	436
Zambija (metāls)	3342	4657	6144	6620	5791
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>36 000</b>	<b>39 600</b>	<b>41 700</b>	<b>43 800</b>	<b>49 100</b>

ND – dati nav pieejami.



78. attēls. Kobalta cenas izmaiņas pasaulē

## Dzīvsudrabs

Dzīvsudrabu paziņa gan Senajā Ķīnā, gan Indijā, kā tīrviela un mākslīgi iegūts oksīds tas atrasts arī seno Ēģiptes valdnieku kapenēs, kas būvētas pirms 1500 gadiem. Tā laika galvenie dzīvsudraba izmantošanas veidi ir saistīti ar medicīnu, dzīvsudrabs izmantots arī rituālām vajadzībām, retāk – kā krāsviela, īpaši Senajā Grieķijā un Romā. Izmantošanā pārmaiņas radīja pirmo amalgamu iegūšana aptuveni 500 gadu pirms mūsu ēras. Viduslaikos alķīmiķi dzīvsudrabu uzskatīja par visu metālu pirmsākumu. Zelta amalgamas iegūšana un tās vēlāka atkārtota sadalīšanās dzīvsudrabā un zeltā tika uzskatīta par transmutācijas parādības pierādījumu (šajā gadījumā – zelta iegūšana no citiem metāliem).

Ķīmiskā elementa nosaukums dažādās valodās ir atšķirīgs, kas droši norāda uz to senu izmantošanu dažādās pasaules kultūrās. Latviskais dzīvsudrabs ir labs piemērs, arī skandināvu valodās un daudz kur citur pasaulē to sauc par ātro, dzīvo vai kustīgo sudrabu, ka pietiekami precīzi apraksta gan tīrmetāla krāsu, gan tā kustīgumu. Sanskritā dzīvsudrabu sauca par rasas ceļu (*Rasavātam*). Sengrieķu valodā to sauca par šķidro sudrabu (*Υδραργυρος – hydrargyros*), no kā arī atvasināts tā ķīmiskais simbols – Hg. Angļu–sakšu zemēs to sauca seno romiešu dieva Merkura vārdā, izceļot kustīgumu un ātrumu, arī planētas Merkura (alķīmiķu ieviests apzīmējums) vārdā – par merkuriju. Latviski šo vārdu bieži izmanto dažādu ar dzīvsudraba izmantošanu saistītu tehnoloģisko procesu apzīmēšanai.

Dabā dzīvsudrabs nav plaši izplatīts elements, un tā koncentrācija masas daļās Visumā ir aptuveni 1 ppm, uz Saules tā ir vairāk – 20 ppm, meteorītos – 250 ppm. Uz Zemes magmatiskos iežos dzīvsudraba vidējā koncentrācija ir 67 ppm (pēc citiem pētnieku datiem,  $8,5 \times 10^{-2}$  miligrami kilogramā), Pasaules okeānā – 0,05 ppm (pēc citiem datiem,  $3 \times 10^{-5}$  miligrami litrā), virszemes ūdensvecēs – 0,07 ppm.

Pateicoties dzīvsudraba kustīgumam, tas var veidot bagātīgas minerālu rūdas, kurās tā koncentrācijas pakāpe sasniedz pat 12 000 reižu attiecībā pret vidējo koncentrāciju Zemes garozā (8 ppm), tas ir, par 2,5%, saturu pārrēķinot tīrmetālā.

Dabā zināmi 104 dažādi dzīvsudrabu saturoši minerāli, no tiem plašāk izplatīti ir tikai divi,

bet cinobrs ir faktiski vienīgā izejviela rūpnieciskai dzīvsudraba iegūšanai. Daudz retāk kopā ar cinobru tiek iegūts arī korderoīts ( $\text{Hg}_3\text{S}_2\text{Cl}_2$ ), livingstonīts ( $\text{HgSb}_4\text{S}_8$ ), montroidīts ( $\text{HgO}$ ) un kalomels ( $\text{HgCl}$ ). Lielākās atradnes pasaulē ir Haidarkana Kirgizstānā, Ņikitovka Ukrainā, Aktašas (Altajā, Krievijā), Plamennoje (Čukotkā, Krievijā), Almadēna Spānijā un Monte-Amiata Itālijā. Lielas atradnes ir arī bijušās Dienvidslāvijas teritorijā, Ķīnā un ASV.

Mūsdienās dzīvsudraba izmantošana tautsaimniecībā tiek arvien vairāk ierobežota, un tikai dažās valstīs ir atļauta dzīvsudrabu saturošu bateriju, akumulatoru un krāsu lietošana. Patlaban visvairāk dzīvsudrabu izmanto (sk. 79. attēlu) kā katodu hlora nodalīšanā no kaustiskās sodas elektroītos (92% visa jauniegūtā dzīvsudraba), daudz mazāk – zelta ieguvē (7%), pavisam nedaudz apģērbu tīrīšanā, ugunsdzēsībā, tautas medicīnā, pesticīdu ražošanā, kā arī dažu kosmētisko līdzekļu izgatavošanā (ādu balinošas ziepes un krēmi).

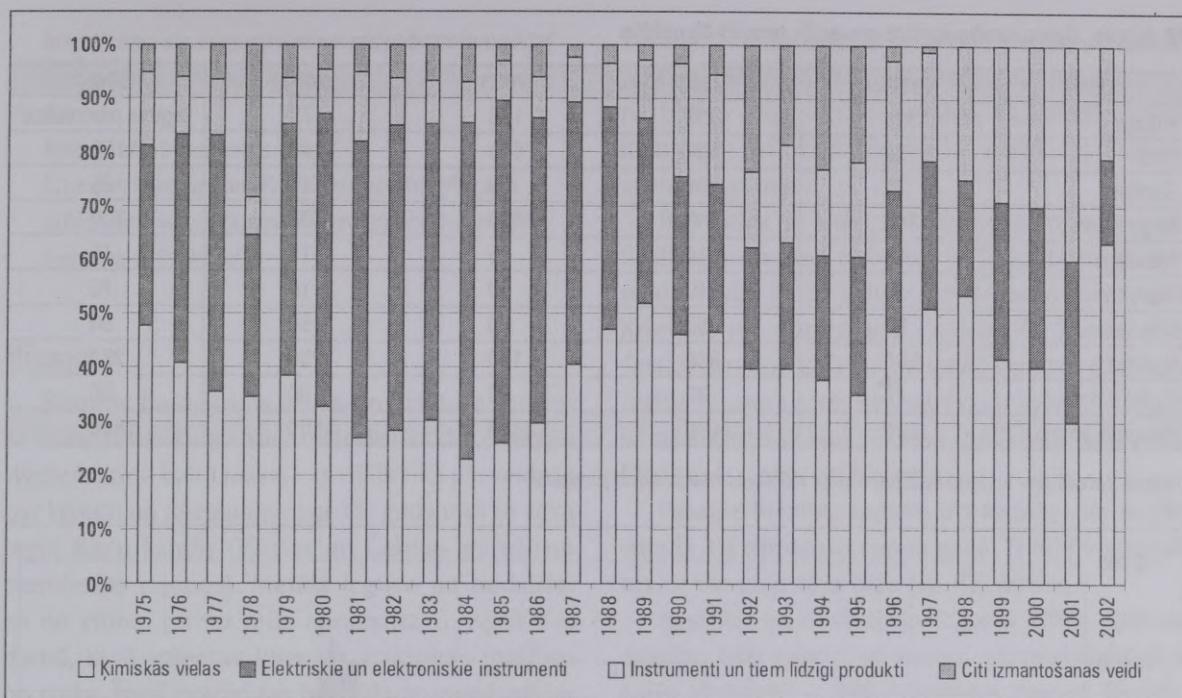
Iepriekšējais attēls raksturo vidējo patēriņu pasaulē, no tā būtiski atšķiras dzīvsudraba patēriņa struktūra Eiropas Savienībā (sk. 80. attēlu).

Dati parāda vairākas būtiskas atšķirības: kopējais patēriņš ir ļoti zems, ļoti liela ir zobārstniecībā izmantojamā daļa, neliels ir rūpniecībā izmantojamā dzīvsudraba daudzums. Tas ir vienotās Eiropas Savienības politikas rezultāts – ļoti bīstamas toksiskas vielas tiek izņemtas no aprites, aizvietojo tās ar mazāk bīstamām, un valstis pērk jau gatavus produktus (sārmus, apgaismes iekārtas, slēdzus utt.), izstrādājumus, bet neražo tos Eiropā.

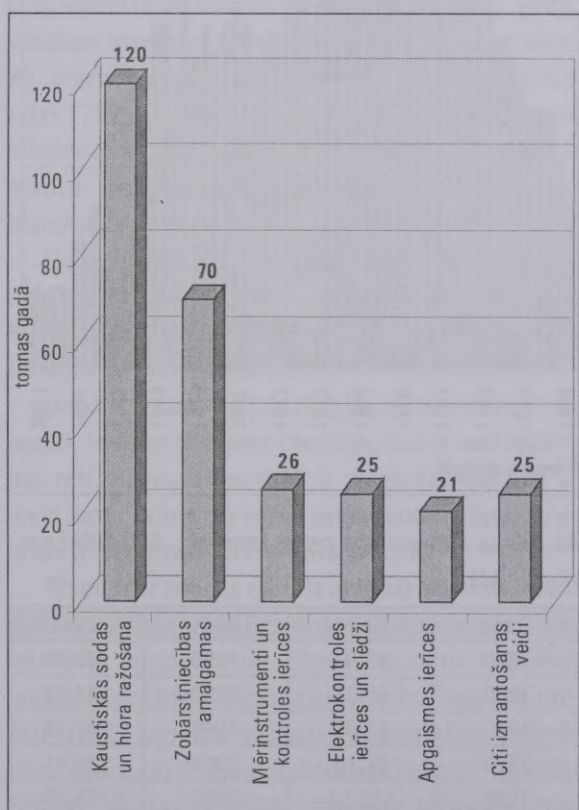
Pasaulē iegūst 1,5–1,75 tūkstošus tonnu dzīvsudraba gadā (sk. 42. tabulu), kas ir ļoti neliela daļa no apzinātajiem dzīvsudraba resursiem. Tie 2005. gadā novērtēti 600 tūkstoši tonnu apjomā (galvenokārt Ķīnā, Kirgizstānā, Krievijā, Slovēnijā, Spānijā un Ukrainā). Aprēķinātie un novērtētie krājumi sasniedz 240 tūkstošus tonnu, tajā skaitā ekspluatācijā esošajās atradnēs – 120 tūkstošus tonnu. Pasaules dzīvsudraba tirgu kontrolē trīs valstis: Ķīna (37%), Alžīrija (20%) un Kirgizstāna (18%).

ASV Ģeoloģijas dienesta novērtējumi liecina, ka 2006. gadā iegūts 1400 tonnu dzīvsudraba, tajā skaitā 1100 tonnu Ķīnā un 160 tonnu Kirgizstānā.

Jauniegūtā, kā arī atkārtotai izmantošanai savāktā dzīvsudraba aprite vēsturiski ir bijusi visai atšķirīga (sk. 81. attēlu), tomēr nemainīga vienmēr



79. attēls. Dzīvsudraba galapatēriņa sektori (veidi, nozares), desmitos tonnu



80. attēls. Dzīvsudraba patēriņa struktūra Eiropas Savienībā (2003.–2005. gada vidējie dati), patēriņa segmenta loma

ir bijusi visai ievērojamā valsts iepirkumu un uzkrājumu loma. Taču vienlaikus ļoti uzskatāma ir dzīvsudraba kopējā ieguves un izmantošanas samazināšanās, kā arī tā cenas pieaugums.

Dzīvsudraba rūdas pašizmaksa ir zema – vidēji 24,60 ASV dolāru par tonnu pārstrādes rūpnīcā (2006. gada rudenī tā pieauga līdz 40 ASV dolāriem). Rūdu pārstrādes rūpnīcas cena par tehnikas kvalitātes dzīvsudrabu (84–99% tīrība) 2006. gadā bija 1380–1450 ASV dolāru par tonnu bez transportēšanas izmaksām.

Pasaules tirgū 2006. gada rudenī dzīvsudraba cena turpināja pieaugt, īslaicīgi sasniedzot pat 34,8 ASV dolārus par kilogramu (metāla tīrības pakāpe 99,99%). Dzīvsudraba cena turpina pieaugt, un 2007. gada otrajā pusē dzīvsudraba biržas cena bija 492–689 ASV dolāri par kilogramu.

Vēsturiski dzīvsudraba cena ir visai būtiski mainījusies (sk. 43. tabulu).

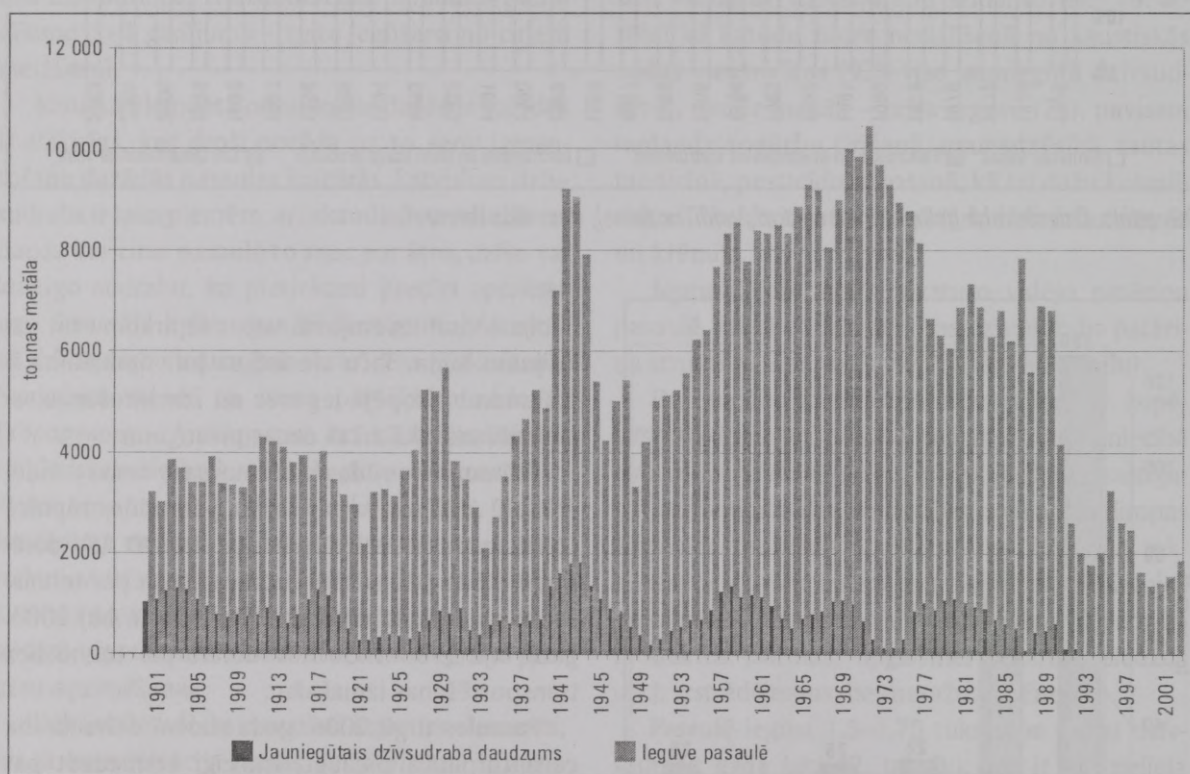
#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija un ģeoloģija  
[http://encyclopedia.thefreedictionary.com/Quicksilver+\(metal\)](http://encyclopedia.thefreedictionary.com/Quicksilver+(metal))  
<http://periodic.lanl.gov/elements/80.html>  
<http://education.jlab.org/itselemental/ele080.html>  
<http://education.jlab.org/itselemental/iso080.html>

42. tabula. Dzīvsudraba ieguve pasaulē, tonnās tīrmetāla

Valsts	2001	2002	2003	2004	2005
Alžīrija	321	307	176	73	leguve pārtraukta
Ķīna	190	435	610	1140	1100
Somija	71	51	25	24	65
Kirgizstāna	300	300	300	300	200
Meksika	15	15	15	15	15
Maroka	10	10	10	10	10
Krievija	50	50	50	50	50
Spānija	500	300	150	250	250
Tadžikistāna	40	20	30	30	30
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>1500</b>	<b>1490</b>	<b>1370</b>	<b>1890</b>	<b>1680</b>

Piezīme: tabulā nav iekļauti dati par ieguvi ASV, kas nav publiski pieejami.



81. attēls. Dzīvsudraba aprīte

<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Hg/geol.html>

<http://pubs.usgs.gov/circ/2000/c1197/c1197.pdf>

[http://www.mercuryinschools.uwex.edu/curriculum/hg\\_in\\_world.htm](http://www.mercuryinschools.uwex.edu/curriculum/hg_in_world.htm)

<http://www.epa.gov/mercury/index.html>

✓ Resursi, krājumi un statistika

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/mercumcs06.pdf>

43. tabula. Dzīvsudraba cenas izmaiņas, ASV dolāri par vienu blašķi

Gads	Cena	Gads	Cena
1899	43,63	1980	389,45
1900	51,00	1990	249,22
1910	47,06	1995	247,39
1920	81,12	2001	139,84
1930	115,01	2002	155,03
1940	176,86	2003	650
1950	81,26	2004	580
1960	210,76	2005	750
1970	407,77	2006	950

Piezīme: blašķe (flask) = 76 mārciņas = 34,5 kg. Pārrēķinot dolāros par kilogramu, ir jālieto reizinātājs 0,029008.

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/mercuryb05.xls>

✓ Cenās

<http://www.basemetals.com/>

<http://nickelalloy.com/FreeSite/metals/hg/hg.asp>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/430798.pdf>

## Bismuts

Bismuta nosaukums cēlies no bismutu saturošu rūdu nosaukuma vācu valodas sakšu dialektā *Weiße Masse* – baltā masa, kas vēlāk tika pārveidota par *Wisuth* un *Bisemutum*. Jau 15. gadsimtā to sāka iegūt Rūdu kalnos (Vācijas un Čehijas mūsdienu pierobežas rajonos). Metāla ieguve un nodalīšana no citiem pirmo reizi aprakstīta G. Agrikolas darbā, kurā sniegtas bismuta atšķirīgās īpašības no cinka. Īpaši svarīgi tas bija līdz ar metalurģijas attīstību, jo bismutu ļoti bieži jauca ar svinu un alvu. Atsevišķas bismuta īpašības precīzi aprakstīja B. Valentinus (*Basilus Valentinus*) jau 1450. gadā, vairākas svarīgas tomēr kļūdaini jaucot ar alvu. Kā atsevišķu ķīmisko elementu bismutu pirmo reizi 1752. gadā aprakstīja K. F. Gefrojs Jaunākais (*Claude François Geoffroy*), pētot abus visplašāk izplatītos bismuta minerālus – bismutīnu ( $\text{Bi}_2\text{S}_3$ ) un bismītu ( $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ).

Dabā bismuts ir sastopams divas reizes retāk nekā zelts. Bismuta koncentrācija Zemes garozā ir  $8,5 \times 10^{-3}$  miligrami kilogramā, Pasaules okeānā – tikai  $2 \times 10^{-5}$  miligrami litrā.

Dabā ir zināmi 243 dažādi bismutu saturoši minerāli, tostarp tīrradņu bismuts, kas ir sastopams ļoti reti. Bismuta minerāli ir viegli radioaktīvi, jo bieži satur urāna un torija piejaukumus (īpaši bieži tie ir neptūnijs-237 vai urāns-233).

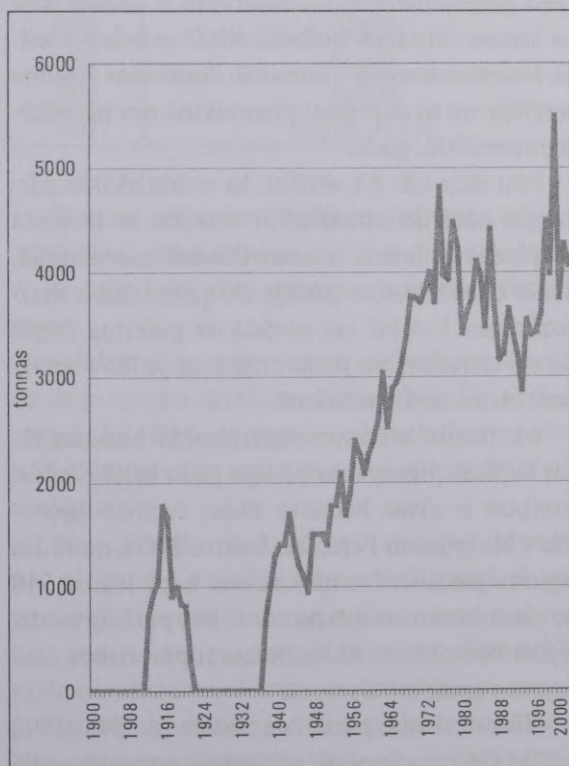
Bismuts ir trausls metāls ar gaiši sārtu vai baltu spīdumu, raksturīga fizisko īpašību maiņa, paaugstinoties temperatūrai. Tāpēc bismutu visplašāk izmanto dažādos sakausējumos, kuriem tas piešķir daudz zemāku kušanas temperatūru, piemēram, uguns un dūmu detektoru ražošanā, speciālu tērauda šķirņu ražošanā. Bismuta termoelektriskās īpašības plaši izmanto speciāliem instrumentiem. Daudz retāk bismutu lieto svina vietā lodēs un skrotīs (jo nav toksisks kā svins), arī kā daudz grūtāk iegūstamā ksenona aizvietotāju. Ķīmiskajā rūpniecībā to izmanto par katalizatoru akrila ra-

žošanā, par cietinātāju vairākām vielām un kausējumiem. Bismutu izmanto visai plaši – no spēcīgu pastāvīgo magnētu ražošanas (sakausējums ar mangānu) līdz kodoldegvielas kasešu turētājiem atomreaktoros.

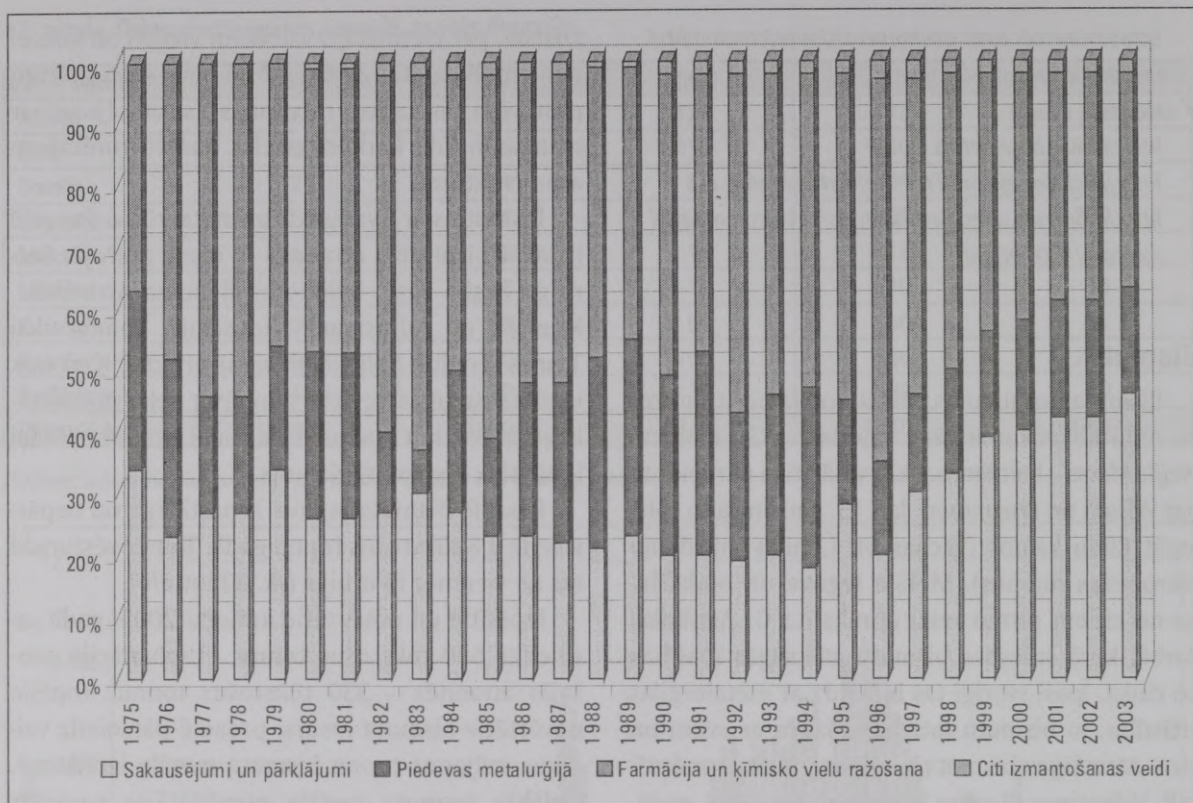
Bismutīns ir svarīgākā bismuta rūda. Pasaulē lielākās bismutīna atradnes ir Tesna Bolīvijā, Serro de Pasko Peru, Beluha un Bekuma Aizbaikālā, Krievijā, un Adrasmana Vidusāzijā. Tomēr tikai Tesnas atradnē Bolīvijā un vienā atradnē Ķīnā tiek iegūts bismuts atsevišķi, pārējās ir lielas polimetālu atradnes, kur blakus svina rūdai (volframa rūdai Ķīnā) tiek iegūts arī bismuts.

Pasaulē bismuta ieguve ir pastāvīga un nepārsniedz 3,8 tūkstošus tonnu gadā. Tomēr vēsturiski tas ne vienmēr tā ir bijis (sk. 82. attēlu).

Izpētītie un novērtētie krājumi 2005. gadā sasniedza 680 tūkstošus tonnu, ekspluatācijā esošajās atradnēs – 330 tūkstošus tonnu. Kopējie novērtētie bismuta resursi pasaulē pārsniedz vairākus miljonus tonnu bismuta metāla izteiksmē. Lielākās bismuta metāla piegādātājas pasaules tirgū ir Ķīna (28%), Meksika (26%) un Peru (26%). Vienlaikus kopš pagājušā gadsimta deviņdesmito



82. attēls. Bismuta rūdas ieguves dinamika, tonnās tīrmetāla



83. attēls. Bismuta galapatēriņa sektoru izmaiņas kopš 1975. gada, tonnās bismuta tīrmetāla (%)

gadu pārprodukcijas iekonservēta ir lielākā daļa no Tesnas atradnes Bolīvijā, NICO atradne Kanādā, Nuiphao atradne Vjetnamā, Bonfirmas atradne Brazīlijā, un to darbības atjaunošana nav paredzēta pirms 2008. gada.

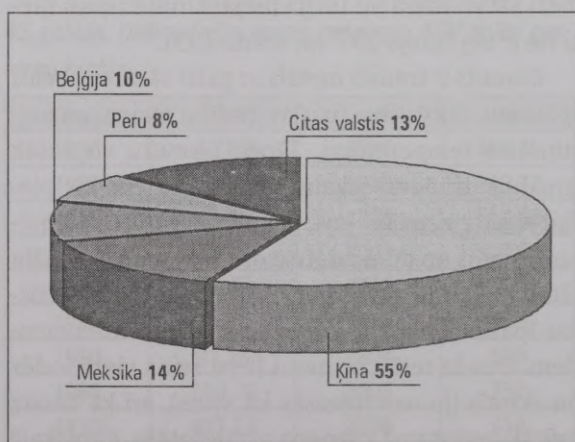
Dati rāda (sk. 83. attēlu), ka visbūtiskākās pārmaiņas patēriņa struktūrā ir saistītas ar bismuta kā piedevas lomas samazināšanos metalurģijā, tomēr citas izmaiņas pēdējo 30 gadu laikā ir maznozīmīgas. Netieši tas norāda uz patēriņa tirgus konservatīvismu un jaunu tehnoloģiju lēnu ienākšanu bismuta izmantošanā.

44. tabulā redzams nepārtraukts bismuta rūdas ieguves pieaugums pēdējo gadu laikā. Skaidri izteiktas ir divas bismuta rūdas ieguves lielvalstis – Meksika un Peru, kas kontrolē 41% no rūdas ieguves pasaulē. Deviņas valstis kopā iegūst 51% no visas bituma rūdas pasaulē, bet pārējās valstis iegūst kompleksas rūdas, kuras rūpnieciskos daudzumos satur arī bismutu.

Bismuta rūdas pārstrādes līdere (sk. 84. attēlu) ir Ķīna (56% no kopējās pārstrādes pasaulē), seko Meksika (14%), Beļģija (10%) un Peru (8%). Pārējās valstīs bismuta ekstrakcija no rūdas notiek nelielā

apjomā un galvenokārt sava iekšējā patēriņa tirgus nodrošināšanai (Japāna, Kanāda u. c.).

Pēdējo gadu laikā bismuta pārstrādes uzņēmumos tiek pārstrādāts un iegūts vairāk bismuta, nekā tas tiek iegūts no rūdas, tas ir, patlaban tiek pārstrādāta rūda no uzkrājumiem un pārstrādes uzņēmumos nonāk visai liels rūdas daudzums no atradnēm valstīs, kurās tā tiek klasificēta kā citu metālu rūda. Šajā gadījumā tā ir svina rūda, kuru

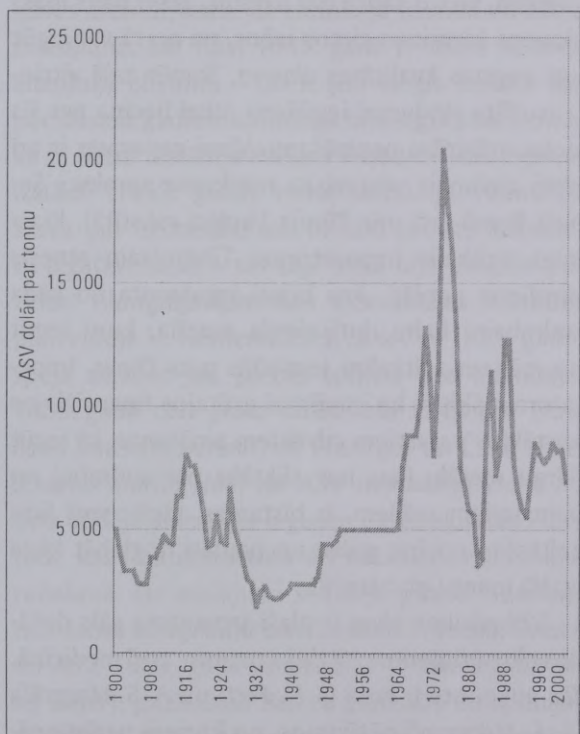


84. attēls. Bismuta rūdas pārstrāde pasaulē, % (2006)

44. tabula. Bismuta rūdas ieguve pasaulē, tonnās bismuta

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004	2005*	2006*
Bolīvija	6	8	20	72	60	60	40
Bulgārija	40	40	40	40	40	ND	ND
Japāna	26	28	24	26	23	ND	ND
Kanāda	243	258	189	145	145	190	190
Kazahstāna	130	252	161	150	150	140	160
Krievija	50	50	50	50	50	ND	ND
Ķīna	ND	ND	ND	ND	2500	3000	3000
Meksika	1112	1390	1126	1064	1100	970	1100
Peru	1000	1000	1000	1000	1000	1000	960
Rumānija	40	40	40	40	40	ND	ND
Serbija un Melnkalne	2	2	2	1	ND	ND	ND
Tadžikistāna	5	5	ND	ND	ND	ND	ND
Citas valstis kopā	2654	3073	2652	2588	100	160	160
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>3800</b>	<b>4300</b>	<b>4400</b>	<b>4700</b>	<b>5100</b>	<b>5520</b>	<b>5610</b>

\* ASV Ģeoloģijas dienesta novērtējums. ND – dati nav pieejami.



85. attēls. Bismuta cenas (pārrēķinot 2002. gada ASV dolāra vērtībā) izmaiņas gadsimta laikā

pēc pamata metāla izdalīšanas atkārtoti pārstrādā, no tās papildus iegūstot bismutu. Bismuta statistika, lai to izmantotu kādu secinājumu izdarīšanai un aprēķiniem, ir jālieto ļoti uzmanīgi, jo atšķirības sasniedz pat 37%. Šī statistika ir īpaši jāanalizē.

45. tabula. Bismuta cenas izmaiņas pēdējo gadu laikā

Gads	Cena, ASV dolāri par tonnu (lietņi, 99,99% tīrības bismuts)
2000	8160
2001	8250
2002	6920
2003	9590
2004	10 449
2005	11 574
2006	10 803
2007	38 360–41 780

Bismuta cena visu pagājušo gadsimtu (sk. 85. attēlu) ir saglabājusies augsta, bet dažos periodos 7–10 gadu laikā tā ir mainījusies vairāk nekā trīs reizes.

Salīdzinot ar tehnoloģiju attīstību, attiecībā uz cenu nav konstatējamās sakarības. Šie periodi atspoguļo rūdas pārstrādes virsuzkrājumus (bismuta rūdu nepārstrādātu nevar uzglabāt ilgāk par trim gadiem).

Tikai pēdējo gadu cenas straujais kāpums (sk. 45. tabulu) ir tieši saistīts ar vairāk nekā divkārtīgu enerģijas avotu cenas pieaugumu, bet arī objektīvi, ņemot vērā pagājušajā gadsimtā zināmo bismuta cenas maiņu cikliskumu, cena būtu pieaugusi 2006./2007. gadā līdz pat 12,5 tūkstošiem ASV dolāru par tonnu tīrmetāla. Uz to skaidri norāda arī rūdu uzkrājumu likvidācija, metāla kausēšanas un patēriņa pieaugums vairāku gadu laikā.

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija un ģeoloģijā  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/bismuth/>  
<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/bismuth>  
<http://periodic.lanl.gov/elements/83.html>  
<http://education.jlab.org/itselemental/ele083.html>  
<http://education.jlab.org/itselemental/iso083.html>  
<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Bi/geol.html>
- ✓ Resursi, krājumi un statistika  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/bismuth/>  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/bismuth/bismumcs06.pdf>  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/bismuth/bismumyb04.xls>  
<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/bismuth.xls>  
<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/bismuth-use.xls>
- ✓ Cenas  
<http://www.basemetals.com/>  
<http://nickelalloy.com/FreeSite/metals/bi/bi.asp#Tables>

## 4.2.2. Vieglie metāli

Par viegliem metāliem ģeogrāfijā, arī ekonomikā un tautsaimniecības statistikā, visbiežāk sauc trīs metālus – alumīniju, magniju un litiju. Ķīmijā ir pieņemta atšķirīga to klasifikācija, un atbilstoši tai alumīnijs pieder pie III, magnijs – pie II, litijs – pie I ķīmisko elementu grupas. Vēsturiski vieglos metālus kā atsevišķu grupu nodalīja līdz ar tehnikas attīstību, galvenokārt – līdz ar lidmašīnu būvi pagājušā gadsimta trīsdesmitajos gados. Lai arī gandrīz gadsimta gaitā šo metālu lietojuma jomas ir būtiski mainījušās un izmantošana ļoti dažādojusies, tomēr pēc daudzām īpašībām tos joprojām apskata kopā vienā grupā.

### Alumīnijs

Alumīnijs ir viegls, sudrabains metāls ar labu elektrovadītspēju un siltumvadītspēju, tas ir ļoti plastisks, ar mazu cietību un mehānisko izturību. Tāpēc tas ir viegli apstrādājams, arī stiepjams un velmējams, no tā var izveidot plānas loksnes (foliju).

Metālam piemīt vājas paramagnētiskās īpašības, un tas ir ķīmiski aktīvs, viegli reaģējot reakcijās ar nemetāliem un daudzām saliktām vielām.

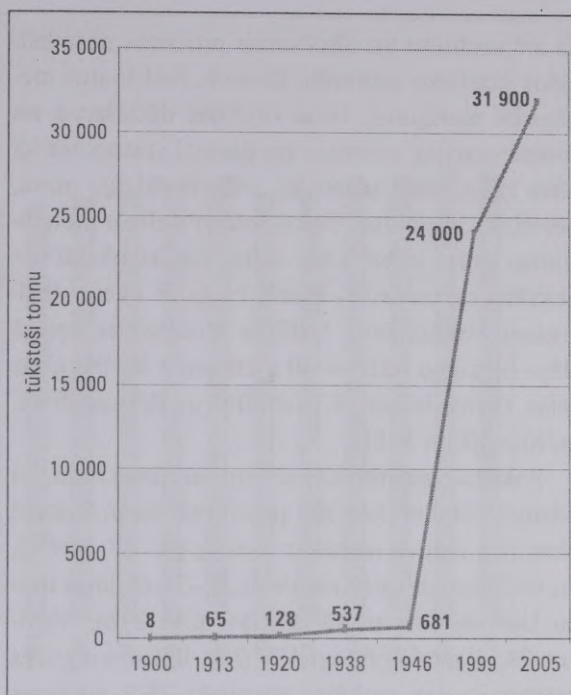
Alumīnija sāļi bija zināmi un plaši tika izmantoti senatnē glazūrām, pārklājumiem, medicīnā asins sarecēšanas veicināšanai, arī krāsu mainīšanai – galvenokārt kā kristāliskus metālu dubultos sulfātus, kurus kopā sauca par *alum* vai *alumen*. To plaši izmantoja Senajā Grieķijā, Romā un arī Ēģiptē. Senākās rakstiskās liecības par alumīniju atrodamas Plīnija Vecākā "Historia Naturalis" 5. grāmatas 123. nodaļā, kurā viņš apraksta, ka izejvielas *alumen* tiek atrastas dabā un to izcelsme ir dabiska. Šīs izejvielas viņš sauca par *salsugoterrae* un norādīja, kā tās atšķirt un pārbaudīt to noderību. Mūsdienās tiek uzskatīts, ka šis apraksts attiecas uz dzelzs sulfātu. Bet Plīnijs Vecākais norādīja vēl uz kādu *alumen* paveidu, kas zināms Senajā Grieķijā, ko tur sauca par *schistos*. Tas ir balts īpašs akmens kārtainos cietos iežos, un no tā var iegūt ļoti augstas kvalitātes *alumen*. Tomēr zaļā vitriola (sulfāta šķīduma) iegūšana atkal liecina par šīs vielas atšķirību nezināšanu. Visai neparasts ir arī plaši zināmais vēsturiska notikuma apraksts Senajā Romā (arī pēc Plīnija Vecākā rakstītā). Prasmīgs zeltkalis imperatoram Tibēruisam atnesis pusdienu paplāti, kas bijusi izgatavota no kāda sudrabaini balta, ļoti viegla metāla, kuru iegūt no māliem zeltkalim iemācījis pats Dievs. Imperatoram šķitis, ka impērijai grūtajos finansālajos apstākļos parastiem cilvēkiem zināšanas, kā iegūt dārgu metālu (kas nav sliktāks par sudrabu) no parastajiem māliem, ir bīstamas, tāpēc viņš licis zeltkalim nocirst galvu un paplāti noglabāt kādā attālā mantu glabātavā.

Viduslaikos *alum* ir plaši izmantota sāls dažādos eksperimentos, tā tiek izmantota arī medicīnā. Tas apkopots J. Pota (*J. H. Pott*) un A. S. Margrāfa (*A. S. Marggraf*) pētījumos, no kuriem pazīstamākais ir J. Pota (1746) plašāks pētījums "Litho-geognosia". Šos apkopojošos pētījumus papildināja G. Štāls (*G. E. Stahl*), pirmo reizi pierādīdams, ka alauna sāļi ir plaši izplatīti dabā un īpaši daudz to ir mālos, tiek noteikta arī to šķīdība un citas ķīmiskās īpašības. Tāpēc šo alauna sāļu kopējo raksturīgo grupu 1761. gadā G. Morvē (*Guyton de Morveau*) piedāvāja apzīmēt ar vienu vārdu – *alumine*. Mūsdienu izpratnē alumīnija nosaukumu veidojis H. Deivijs (*Sir Humphrey Davy*) no minerāla

*alumina* (mūsdienās tā zināma kā minerālu grupa – alunīti), jauno ķīmisko elementu (no G. Morvē jau noteiktās sāļu grupas) nosaucot par *alumiun*, bet 1812. gadā to latinizēja, pārdēvējot par *aluminum*, un, ņemot vērā valodnieku ieteikumus, nosauca par *aluminium*. Tieši šī izteiksmes forma mūsdienās tiek izmantota par pamatu ķīmiskā elementa nosaukumam dažādās pasaules valodās.

Tikai 1821. gadā P. Berthers (*P. Berthier*) Dienvidfrancijā atklāja sarkanu, blīvu, mālam līdzīgu iezi, kas saturēja līdz 52% alumīnija oksīda, un nosauca to blakus esošā ciema *Les Baux* vārdā par boksītu, kas joprojām pasaulē ir galvenā alumīnija rūda. Tikai pētot šo rūdu un no tās iegūtos sāļus ar kālija amalgamu, 1825. gadā dāņu fiziķis H. K. Ersteds (*Hans Christian Oersted*) ieguva pirmo alumīnija tīrmetālu. Jau 1827. gadā vācu ķīmiķis F. Vēlers (*Friedrich Wöhler*) pilnveidoja alumīnija ieguves metodi, karsējot alumīnija hlorīda un kālija maisījumu, bet tikai 1845. gadā F. Vēlers noteica alumīnija blīvumu – tas ir ļoti viegls metāls. Jau pēc desmit gadiem alumīnija bija iegūts tik daudz, ka tā lietni izstādīja Parīzes Pasaules sasniegumu izstādē (1855. gadā), radot sensāciju. Alumīnijs kļuva par cēlmetālu un metālu modes rotaslietu izgatavošanai – tas šajā laikā bija dārgāks par zeltu! Alumīnija ķīmiskās ekstrakcijas metodes pilnveidoja H. Kesners, kurš, sākot ar 1885. gadu, spēja saražot jau piecas tonnas tīra alumīnija. 1886. gadā divi jauni zinātnieki P. L. Erū (*Paul Louis Toussaint Héroult*) no Francijas un Č. M. Holls (*Charles Martin Hall*) no ASV neatkarīgi viens no otra atklāja alumīnija ieguves elektroķīmisko metodi, kas tiek izmantota arī mūsdienās alumīnija ražošanā. Šie atklājumi sekmēja pirmo alumīnija ražošanas kompāniju izveidošanu Francijā, Šveicē un ASV. 1889. gadā Austrijā K. J. Baiers (*Karl Josef Bayer*), pazīstamā Baiera ķīmiskās kompānijas dibinātāja dēls, ieviesa Baiera procesu (apstrāde ar kaustisko sodu zem paaugstināta spiediena, karsējot un tālāk šķidrums kalcinējot) alumīnija ieguvei no boksītiem rūpnieciskos mērogos. Tādējādi alumīnijs ļoti strauji no dārgmetāla kļuva par ikdienišķu un plaši izmantojamu metālu, ko apstiprina pasaulē iegūtā alumīnija daudzuma pieaugums (sk. 86. attēlu).

Dabā alumīnijs ir visai izplatīts – tā koncentrācija Visumā ir 50 000 ppb (pēc masas), uz Saules – 60 000 ppb, meteorītos – 9 300 000 ppb, Zemes



86. attēls. Pasaulē iegūtā alumīnija metāla daudzums

garozā kopumā ( $8,23 \times 10^4$  miligrami kilogramā) tas ir trešais izplatītākais elements (pēc skābekļa un silīcija), magmatiskos iežos tā vidējā koncentrācija ir 82 000 000 ppb, Pasaules okeānā – tikai 5 ppb (pēc citiem datiem,  $2 \times 10^{-3}$  miligrami litrā), virszemes ūdeņos – 400 ppb, cilvēka ķermenī – 900 ppb. Alumīnijam ir zināmi daudzi izotopi ar masas skaitli no 21 līdz 41, bet tikai viens – ar masas skaitli 27 – ir stabils un plaši izplatīts.

Dabā alumīnijs ir sastopams gandrīz 1200 dažādos minerālos. Vēsturiski visnenāk pazīstams ir alunīts  $KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$ . To nereti vēl sauc par alumīnija akmeni vai alumīnija alaunu. Kā minerālu to pirmo reizi aprakstīja tikai 15. gadsimtā Tolfā netālu no Romas, kur to jau vairākus gadsimtus ieguva kā dabisko alaunu medicīnas vajadzībām un keramikai glazūras veidošanai. Sākotnēji (1707. gadā) minerālam nosaukumu – *aluminilite* – piešķīra J. Delamtjē, bet 1824. gadā F. Bedē (*François Beudant*) to pārdēvēja par *alunite*. Tomēr tas ir salīdzinoši rets minerāls, un no tā rūpnieciski netiek iegūts alumīnijs. Lielākās atradnes pasaulē ir Ķīnā (Faņšāņas un Taihu atradnes), Itālijā (Tolfa un Čivavekvja atradnes) un Azerbaidžānā (Zakjinskas atradne).

Boksīti ir izplatītākā alumīnija rūda. Tas ir trīs minerālu (diaspora –  $HAIO_2$ , bemīta –  $AlO(OH)$ , hidrargilīta –  $Al(OH)_3$ ) un dzelzs oksīdu, hidroksīdu,

kā arī kaolinītu un dēdēšanas procesos nesadalījušos klastisko minerālu (kvarca, laukšpatu) mehāniskais maisījums. Iezis veidojas dēdēšanas un sedimentācijas procesos un parasti sastopams kā blīva cieta, bieži plastiska, māliem līdzīga masa, nereti veido oolītus. Boksītiem ar nelielu piemaisījumu krāsa ir balta vai sāta, dzelzs oksīdi tos nokrāso sarkanbrūnā krāsā, bieži ar okera dzelteniem plankumiem. Lielākās atradnes ar derīgā slāņa biezumu līdz pat 40 metriem ir Karību jūras salās, Dienvidamerikā, Austrālijā un Rietumāfrikā, arī Krievijā un Indijā.

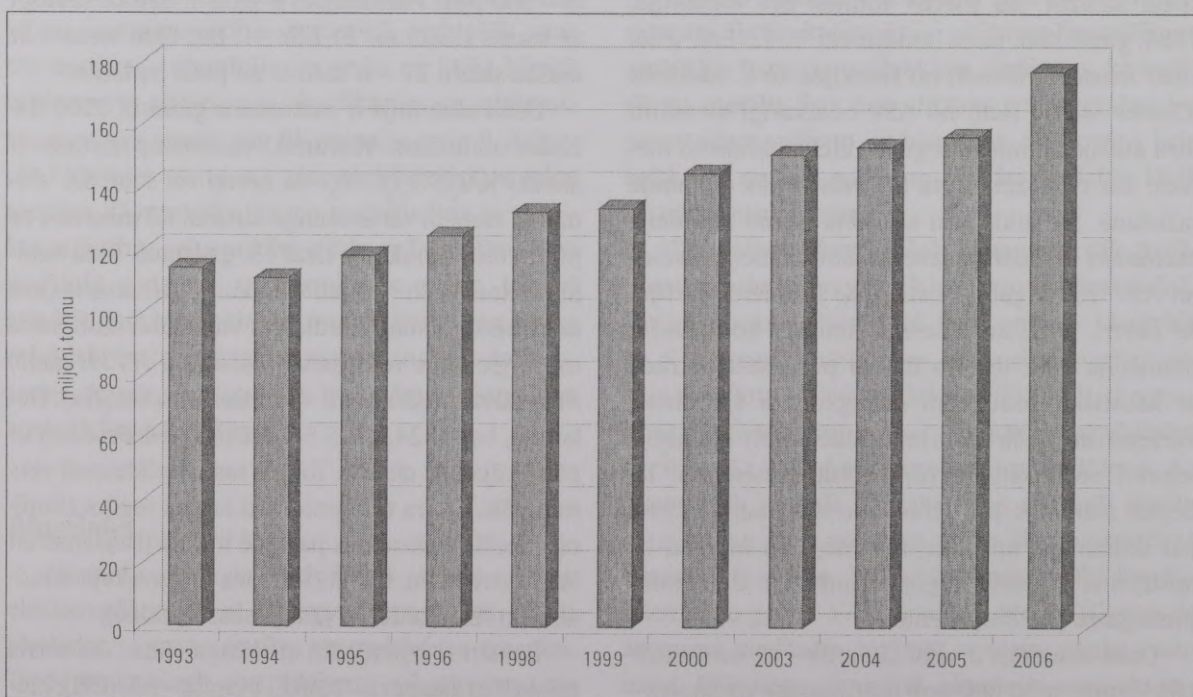
Boksītus izmanto kā galveno alumīnija rūdu, arī būvmateriālu un ķīmisko preču ražošanā. Pasaulē alumīnija ieguve nedaudz pieaug (sk. 87. attēlu), un pēdējos gados tā sasniedz 28–31 miljonu tonnu. Lielākās eksportētājvalstis ir Ķīna (21%), Krievija (12%), Kanāda (9%) un ASV (8%). Boksītu ieguves karjeru jaudas patlaban sasniedz 35,5 miljonus tonnu (alumīnija metāla izteiksmē), tas ir, jaudas pārsniedz ieguvī un patēriņu par 12–13%. Lielākas rezerves jaudas ir tikai ASV un Ķīnā, pārējās valstīs ir sasniegts boksītu ieguves maksimums.

Pasaulē zināmie alumīnija rūdas resursi tiek vērtēti 3–5 miljardu tonnu apjomā, un to palielināšana nākamajā gadsimtā būs maz iespējama, tāpēc šajā gadsimtā ir nepieciešams izstrādāt teh-

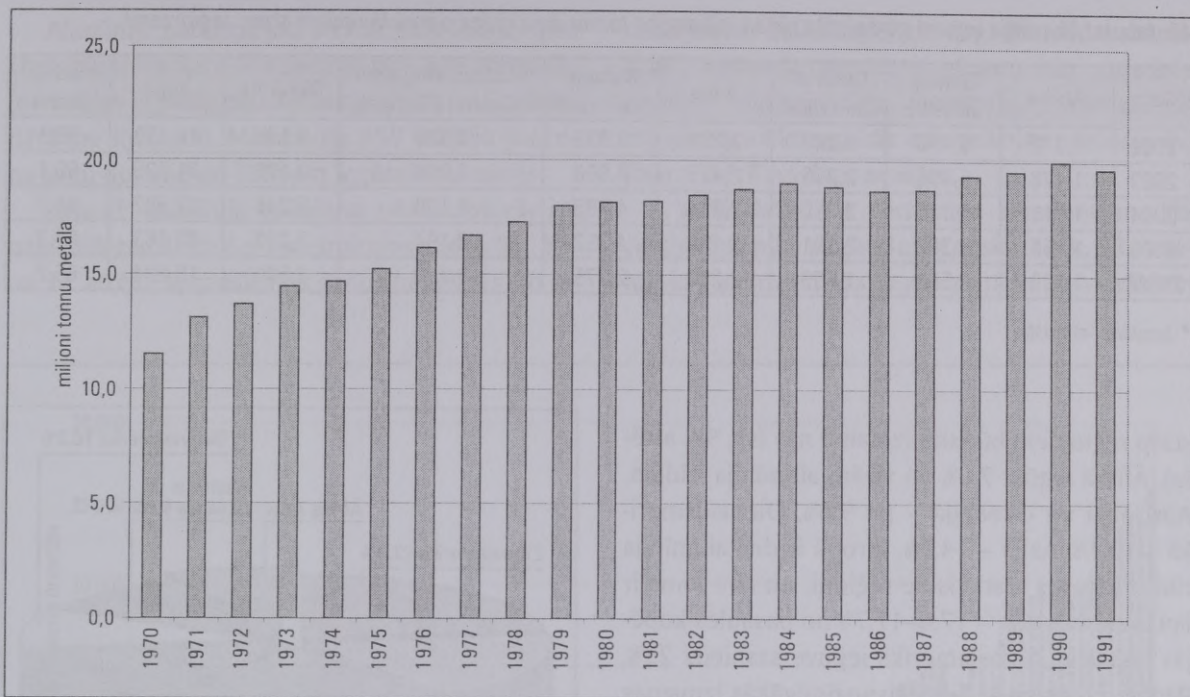
noloģijas alumīnija ekonomiskai iegūšanai no laterītiem un citiem plaši izplatītiem alumosilikātiem. Pašreizējās tehnoloģijas to pieļauj, bet izmaksas ir augstākas un nepietiekami efektīvas.

Alumīnija ieguve pastāvīgi pieaug, visstraujāk tas notika pagājušajā gadsimta septiņdesmitajos un astoņdesmitajos gados (sk. 88. attēlu), kad tā izstrādājumi kļuva pieejami sadzīvē arī jaunattīstības un plāna ekonomikas zemēs. Turpmākajos gados tā ieguve tik strauji nepalielinājās. Izaugsmi kavē pārstrādes uzņēmumu jaudas un ierobežo arvien pieaugošais alumīnija daudzums, ko izmanto atkārtoti.

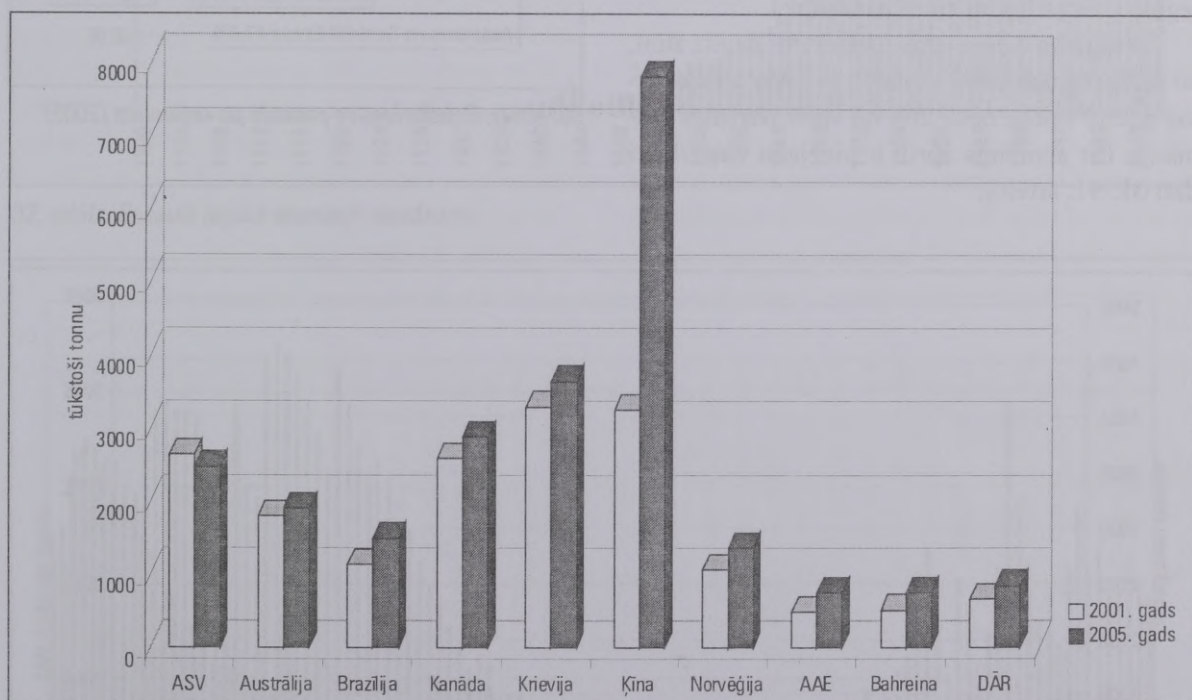
Alumīnija rūda (boksīti) tiek iegūta vairāk nekā 70 valstīs pasaulē, bet tikai 44 valstīs boksītu ieguves daudzums alumīnija izteiksmē pārsniedz piecus tūkstošus tonnu, kas ir noteikts lielums, par kuru ieguves statistika tiek apkopota. Pēdējos gados boksīts tiek iegūts visos kontinentos, izņemot Antarktīdu, un ieguves apjoms pastāvīgi palielinās. Visstraujākais ieguves pieaugums ir vērojams Ķīnā, Norvēģijā, Bahreinā, Brazīlijā, Dienvidāfrikas Republikā un Ēģiptē, bet ieguve ir pārtraukta Meksikā un Horvātijā, būtiski tā samazinājusies Ganā. Tomēr vairākums valstu ieguves apjomu saglabā iepriekšējo gadu līmeni (sk. 89. attēlu).



87. attēls. Pasaulē iegūtā boksītu daudzums alumīnija ieguvei



88. attēls. Alumīnija ieguve no rūdām pasaulē



89. attēls. Alumīnija tīrmetāla ieguve no rūdām

Ir jāņem vērā, ka attēlā atspoguļotie dati ir vispārināti un nenorāda tikai aktīvo ieguvī, bet arī to rūdas daudzumu, kas iepriekšējos gados ir uzkrāts atradnēs un pārstrādes uzņēmumos konkrētajās valstīs. Iepriekšējos gados (sk. 46. tabulu)

šādas statistisko datu deformācijas bija mazāk nozīmīgas, jo alumīnija cena nākotnē tika prognozēta daudz augstāka, un patlaban ir ekonomiski izdevīgi šos rūdas uzkrājumus realizēt.

Pēdējo gadu laikā boksītu ieguves proporcijās

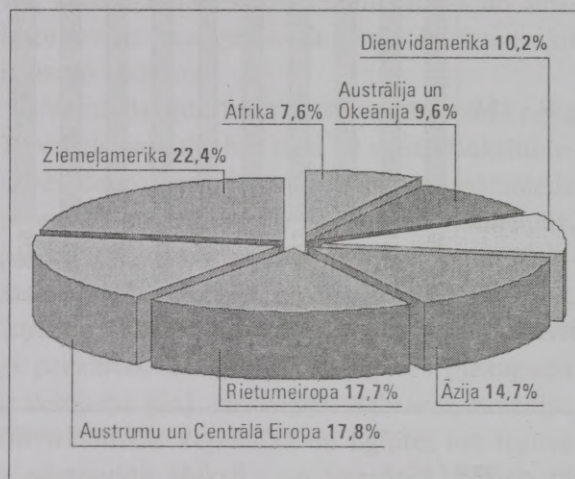
46. tabula. Alumīnija ieguve no boksītu rūdas, tūkstošos tonnu (bez rūdas pārveidojumiem starp reģioniem)

Gads	Āfrika	Ziemeļamerika	Dienvīdamerika	Āzija	Rietumeiropa	Austrumeiropa un Centrālā Eiropa	Okeānija	Kopā	Vidēji dienā
2002	1,372	5,413	2,230	2,261	3,928	3,825	2,170	21,199	58,1
2003	1,428	5,495	2,275	2,475	4,068	3,996	2,198	21,935	60,1
2004	1,711	5,110	2,356	2,735	4,295	4,139	2,246	22,592	61,7
2005	1,753	5,382	2,391	3,139	4,352	4,194	2,252	23,463	64,3
2006*	1,239	3,552	1,658	2,293	2,775	2,816	1,501	15,834	65,2

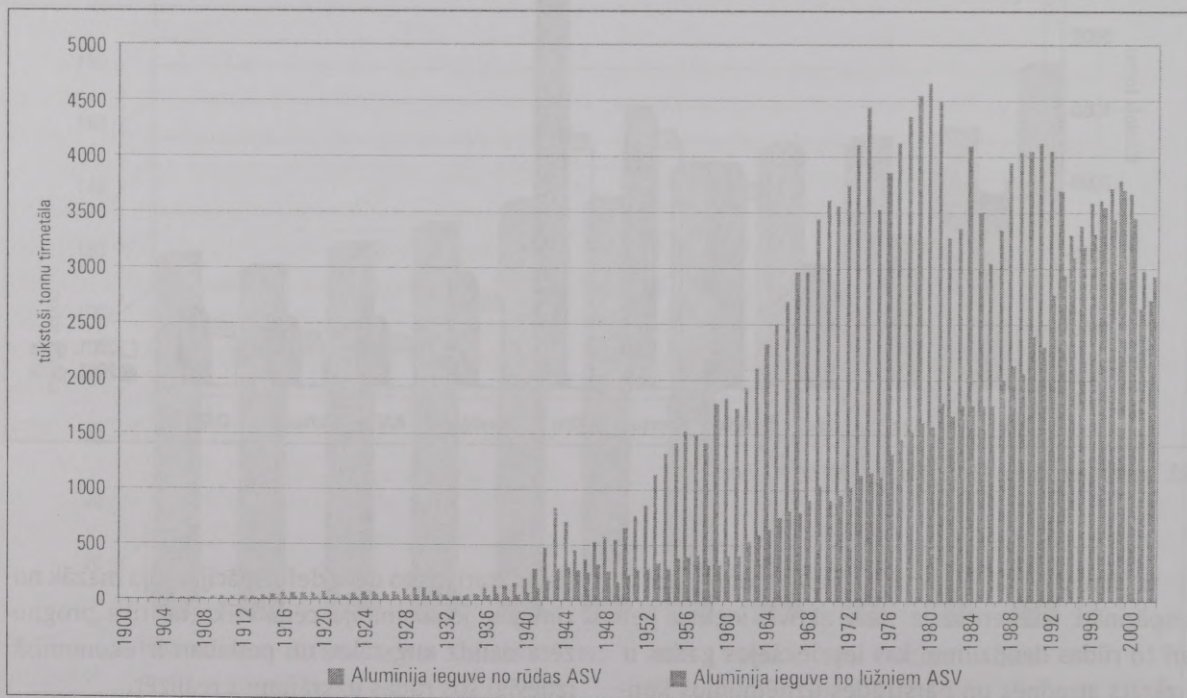
\* Janvāris–augusts.

starp reģioniem būtisku izmaiņu nav (sk. 90. attēlu). Āfrikā iegūst 7,6% no visām alumīnija rūdām, Austrālijā un Okeānijā – pa 9,5%, Dienvidamerikā – 10,1%, Āzijā – 14,7%. Eiropā ir divi alumīnija rūdas ieguves statistiskie reģioni, un abu loma ir aptuveni vienāda – 17,6–17,7% no pasaules kopējās ieguves. Ziemeļamerikā ieguve sasniedz 22%. Pēdējo piecu gadu laikā visnozīmīgākās izmaiņas ir boksītu ieguvē Ķīnā, kur tā ļoti strauji pieaug, tomēr jāņem vērā, ka šeit daļu no alumīnija rūdām iegūst arī laterītu un alunīta atradnēs.

Par alumīnija apriti nav pietiekami daudz ziņu, lai varētu to detalizēti analizēt, bet ASV vienas pašas patērē vairāk nekā 20% no visas pasaules alumīnija. Par alumīnija apriti ir pieejami vispārīnāti dati (sk. 91. attēlu).



90. attēls. Boksītu ieguve pasaulē pa reģioniem (2005)



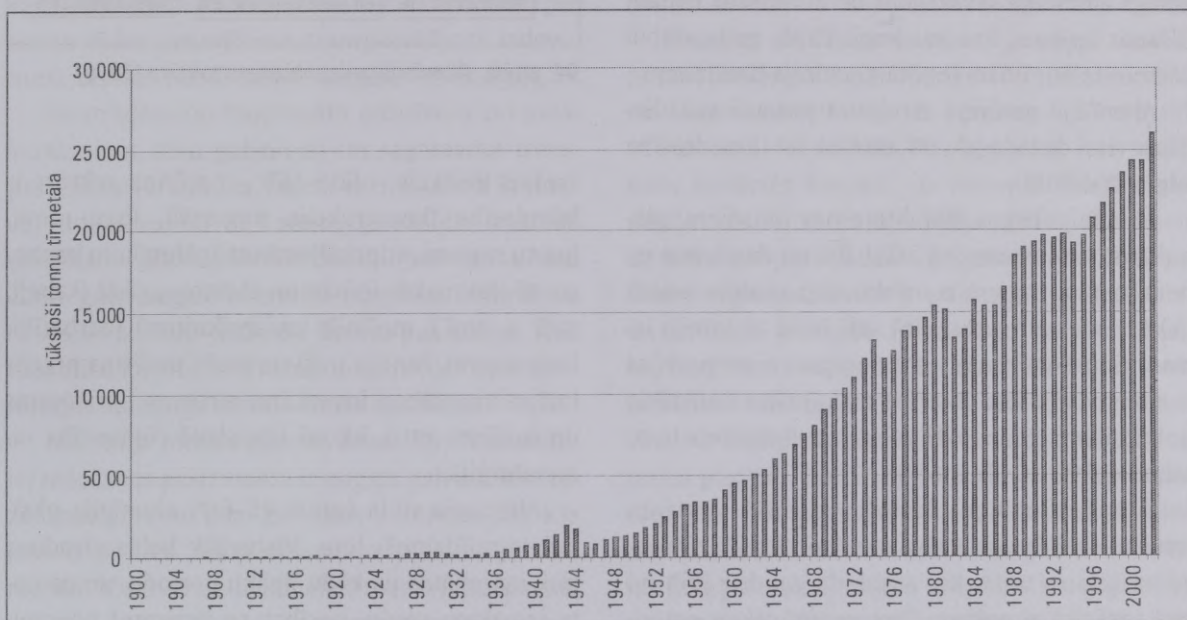
91. attēls. Alumīnija ieguve no rūdas un lūžņiem ASV

Alumīnija patēriņš ļoti strauji palielinājies pēc Otrā pasaules kara – vispirms primārā alumīnija (no rūdām iegūtā), pēc desmit gadiem – arī sekundārā (no lūžņiem). Mūsdienās ASV iekšējā patēriņa tirgū dominē no lūžņiem iegūtais alumīnijs.

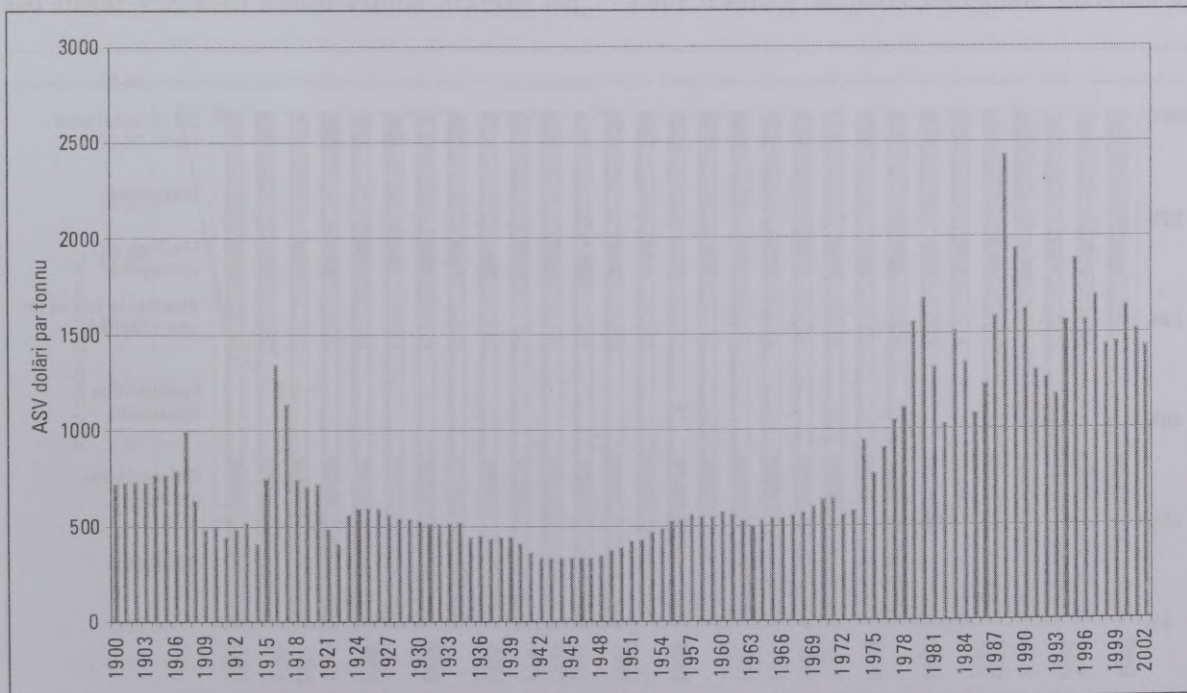
Pasaulē alumīnija ražošana pēc stabilizācijas pagājušā gadsimta deviņdesmitajos gados (sk. 88. un 92. attēlu) turpmākajos gados palielinās. To iz-

raisa jaunie maksātspējīgie tirgi Dienvidaustrumāzijā, nedaudz mazāk – ekonomiski attīstītās zemēs, paplašinoties alumīnija izmantošanai mūsdienu elektroniskās informācijas pārneses infrastruktūrā un datu nesējos.

Visai dažādi ir vērtējama alumīnija metāla cenas dinamika pagājušajā gadsimtā (sk. 93. attēlu), kas salīdzināmās cenās norāda uz vairākiem



92. attēls. Pasaulē iegūtā alumīnija daudzums



93. attēls. Alumīnija tīrmetāla novērtētās cenas dinamika pasaulē

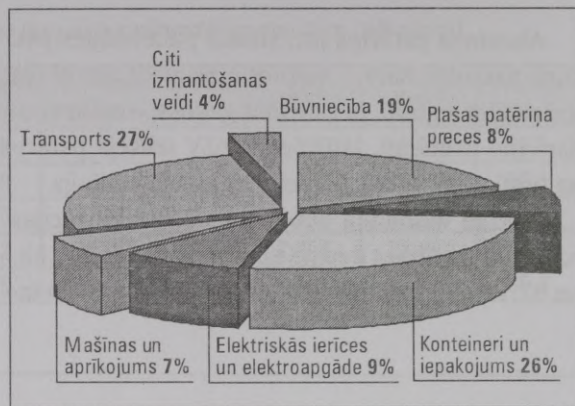
cenās kāpuma posmiem un pašreizējo stabilizāciju – 1500 ASV dolāru par tonnu. Tomēr cenu līkne nepilnīgi atspoguļo alumīnija ieguves daudzuma izmaiņas (sk. 92. attēlu) un norāda uz administratīvo cenu dominējošo lomu pasaulē līdz pat 1972.–1975. gadam.

Raksturīga alumīnija tirgus specifika ir ļoti lieli alumīnija metāla uzkrājumi, kuru apjoms sasniedz 4% no visas pasaules alumīnija ieguves, un visai nozīmīgs alumīnija savākšanas un atkārtotas izmantošanas apjoms, kas jau kopš 1996. gada stabili pārsniedz no rūdām iegūtā alumīnija daudzumu.

Alumīnija patēriņa struktūra pasaulē mūsdienās ir visai dažāda (sk. 94. attēlu), un tā nodrošina tirgus stabilitāti.

Alumīnija tirgus stabilitāte nav mūsdienu plānošanas sasniegums, tā atšķirībā no daudziem citiem metālu tirgiem ir mērķtiecīgi veidota vairāk nekā trīsdesmit gadu. Visā šajā laikā alumīnija izmantošanas galvenās jomas un pat to proporcijas ir maz mainījušās, lai arī ir mainījušies konkrētie izstrādājumi, tehnoloģijas un pat lietojums tautsaimniecībā (sk. 95. attēlu).

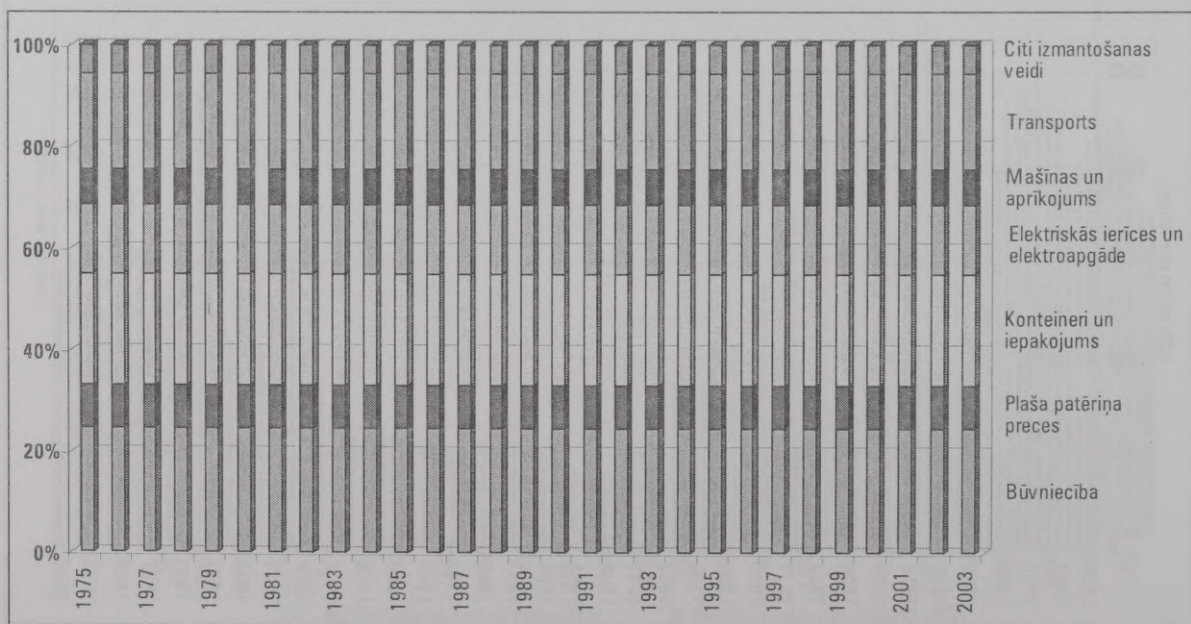
Eiropā alumīniju ilgstoši visvairāk izmanto transporta līdzekļu ražošanā (automašīnu būve, lidmašīnas u. tml.), kas sasniedz gandrīz 36% no visa patērētā alumīnija. Otrs nozīmīgākais patēriņa veids – 22,8% – ir iepakojums (folija, daudzslāņu materiāli, konteineri, bundžas, kastes u. tml.).



94. attēls. Alumīnija galapatēriņa struktūra (2005)

Trešais lielākais – līdz 16% – patēriņa sektors ir būvniecība (konstrukciju materiāli, logu rāmji, jumtu segumi, stiprinājumi utt.). Alumīniju izmanto arī elektriskās ierīcēs un elektroapgādē (kabeļi, vadi u. tml.), mašīnās un aprīkojumā (darbarīki, instrumenti, ierīces utt.) un plaša patēriņa precēs (mājsaimniecības inventārs, virtuves aprīkojums un mašīnas utt.), kā arī ķīmiskajā rūpniecībā un metalurģijā.

Alumīnija rūda (satur 45–60% alumīnija oksīdu) ir salīdzinoši lēta. Visbiežāk lielās atradnes tiek iznomātas uz kādu ilgāku periodu, un pamata izmaksas veido: tiesības to izmantot (vienreizējs maksājums 1–20 miljoni ASV dolāru apjomā par licenci), nomas maksa (3–5 ASV dolāri par



95. attēls. Alumīnija galapatēriņa struktūra un tās izmaiņas pasaulē %

tonnu iegūtās rūdas), ekspluatācijas izmaksas (5–7 ASV dolāri par tonnu iežu) un nodokļi (20–25% no rūdas tirdzniecības cenas), kopā tas 2005. gadā veidoja vidēji 25–40 ASV dolārus par tonnu boksītu rūdas. Nākamā gada laikā degvielas sadārdzināšanās dēļ cena pieauga līdz 48–52 ASV dolāriem par tonnu, un tiek prognozēts, ka tā nākotnē vēl var pieaugt līdz pat divām reizēm, nepalielinot rūdas koncentrāta cenu. Rūdu ražotāju cena 2007. gadā stabilizējās – 25–50 ASV dolāri par tonnu rūdas (neierēķinot transportēšanas izdevumus). Lētākā rūda ir Indijā, dārgākā – Norvēģijā.

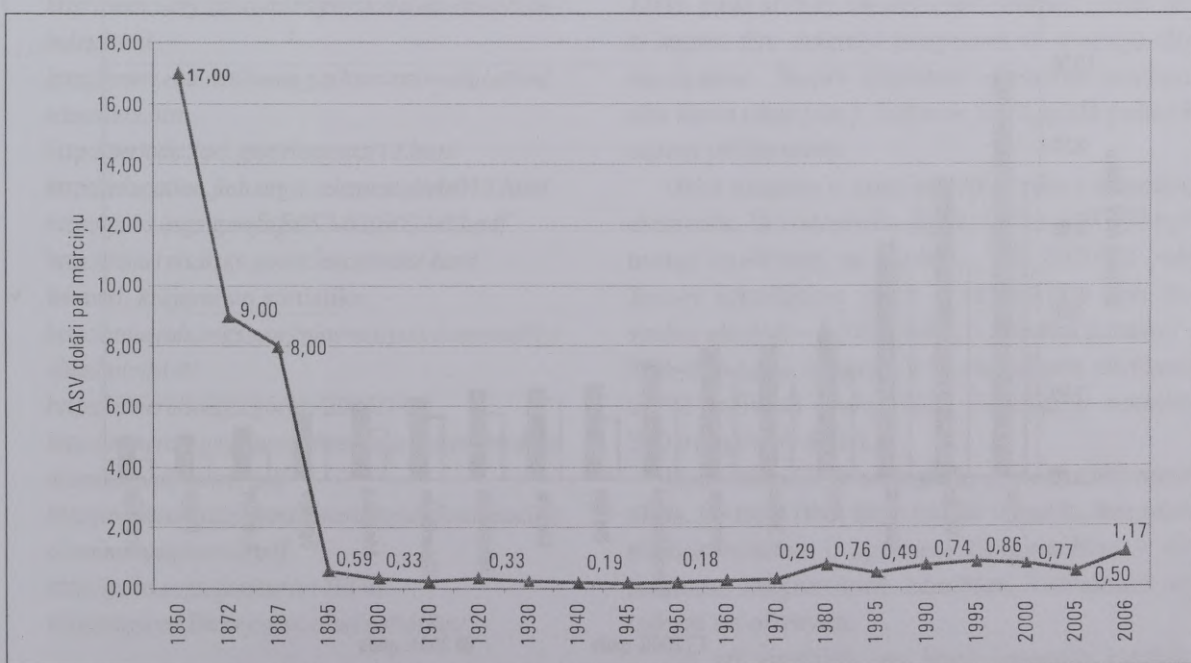
Pārstrādāta un bagātināta (atbrīvota no svešķermeņiem, iežu gabaliem) un sagatavota transportēšanai (drupināta, fasēta vai novietota krautuvē) rūda (satur 60–80% alumīnija oksīdu) ir daudz dārgāka – 200–230 ASV dolāru par tonnu. Jau 2006. gada nogalē īstermiņa piegādes kontraktos tā sasniedza 300–500 ASV dolāru par tonnu. Tiek uzskatīts, ka tā nākotnē būs dominējošā cena pašreizējās alumīnija metāla cenas apstākļos.

Alumīnija metāla (satur vismaz 99,7% alumīnija) ražošanas pašizmaksa ir augsta galvenokārt ražošanas procesu paaugstinātas kontroles dēļ, kas ļauj izvairīties no nevēlamiem piemaisījumiem metālā. Visai lielas ir arī elektroenerģijas izmaksas – lai iegūtu vienu kilogramu alumīnija, ir nepieciešamas aptuveni 15 kWh elektroenerģijas.

Alumīnija metāla cena 2007. gada jūlijā Londonas metāla biržā bija 2429–2720 ASV dolāru par tonnu (pērkot ne mazāk kā piecas tonnas metāla vienā pirkumā) vai 2780 ASV dolāru par tonnu metāla (pērkot bez daudzuma ierobežojuma).

Alumīnija metāla cena salīdzinošajās cenās ir pakāpeniski mainījies – ir bijuši daži sadārdzinājuma periodi, kas saistīti ar enerģētiskām krīzēm kādos pasaules reģionos vai karadarbību (sk. 96. attēlu).

Pasaules alumīnija metāla tirgus (ieskaitot lēmumus) 2005. gadā pārsniedza 100 miljardu dolāru. Eksports ir 49 miljardi, imports – 53 miljardi ASV dolāru. Mūsdienās šos apjomus nav iespējams novērtēt korekti, jo visām lielākajām alumīnija ražošanas kompānijām pieder desmitiem atradņu un pārstrādes uzņēmumu vairākos pasaules reģionos, kuros ir visai atšķirīga uzskaites un nodokļu maksāšanas kārtība. Tas ļoti būtiski ietekmē datu precizitāti par konkrēto valstu lomu pasaules saimniecībā (sk. 97. attēlu). Piemēram, Vācija ir lielākā alumīnija rūdas un lējumu eksportētāja pasaulē, bet Vācijas teritorijā netiek iegūta rūda, arī rūdu pārstrāde praktiski nenotiek – šeit tiek pārstrādāti zemas kvalitātes alumīnija lietņi no Beļģijas un bijušajām Francijas kolonijām, un uz šīm zemēm eksportē atpakaļ jau augstas kvalitātes metāla produktus. Austrālijā iegūtā rūda

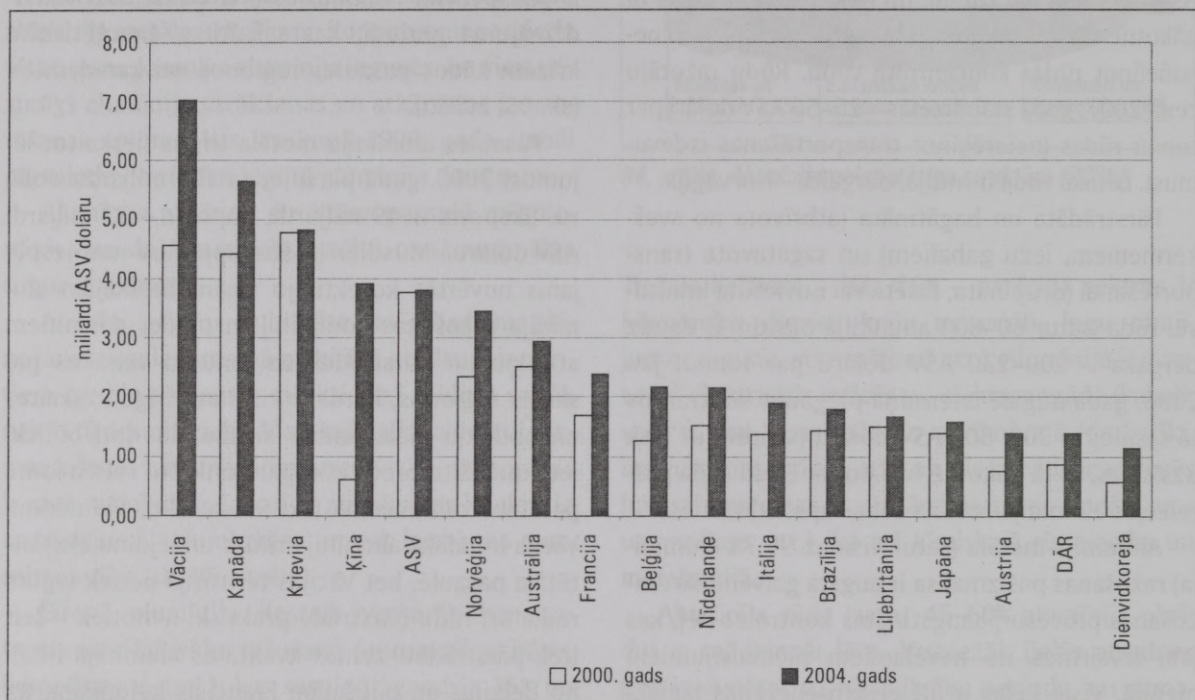


96. attēls. Alumīnija metāla cenas izmaiņas, ASV dolāros par mērciņu metāla salīdzinošajās cenās

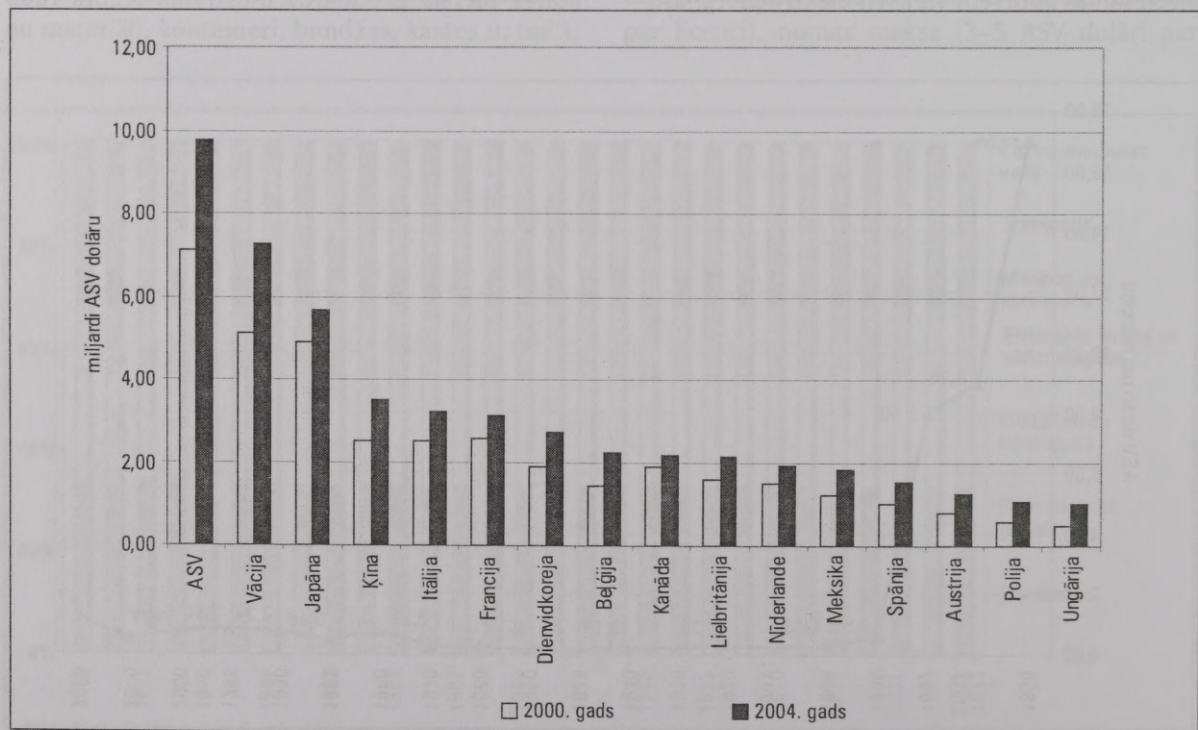
tiek pārstrādāta piecās valstīs, visvairāk – Ķīnā, un visos gadījumos kopā ar iegūto rūdu uzņēmumos, kas pieder galvenokārt Japānas, Indijas un Vācijas uzņēmumu konglomerātiem.

Līdzīgi neviennozīmīgi skaidrojami arī dati par

alumīnija rūdas un metāla lietņu importu pasaulē (sk. 98. attēlu). Vairāk informācijas var iegūt, salīdzinot eksporta un importa datus un novērtējot, kāda ir atlikusī daļa – vai papildina vietējo patēriņu, vai kāda valsts kalpo par tranzīta zonu, vai



97. attēls. Lielākās alumīnija rūdas un metāla eksportētājvalstis



98. attēls. Lielākās alumīnija rūdas un metāla importētājvalstis

47. tabula. Alumīnija ražošanas un patēriņa prognozes

	2006	2007	2008	Izmaiņas gadā, %	2015
Alumīnija ražošana, miljonus tonnu	33 473	35 280	37 185	5,4	51,4
Patēriņš, miljonus tonnu	33 521	35 183	36 942	5,0	~ 50
Uzkrājumi, miljonus tonnu	2814	3015	3229	7,1	~ 5
Cena, ASV dolāri par tonnu	2393	2106	~ 1998	- 12,0	~ 2500

tā eksportē savus dabas resursus un pērk izstrādājumus.

Ņemot vērā iedzīvotāju skaita pieaugumu pasaulē un maksātspējas pieaugumu attīstības zemēs, tiek prognozēts, ka alumīniju nākotnē izmantos aizvien vairāk (sk. 47. tabulu).

Tiek pieņemts, ka 2015. gadā vairāk nekā 60% no izmantojamā alumīnija tiks iegūts no lūžņiem, kā arī pārstrādājot alumīnija izstrādājumus.

#### Papildu informācija internetā

##### ✓ Ķīmija un ģeoloģija

<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/aluminium>

<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Al/geol.html>

<http://www.world-aluminium.org/>

<http://www.world-aluminium.org/production/maps/index.html>

[http://www.indexmundi.com/en/commodities/minerals/aluminum/aluminum\\_table12.html](http://www.indexmundi.com/en/commodities/minerals/aluminum/aluminum_table12.html)

<http://sam.davyson.com/as/physics/aluminium/site/index.html>

<http://www.eaa.net/home.jsp?content=education/education.htm>

<http://periodic.lanl.gov/elements/13.html>

<http://education.jlab.org/itselemental/ele013.html>

<http://pubs.usgs.gov/fs/fs053-03/fs053-03.pdf>

<http://minerals.usgs.gov/science/index.html>

##### ✓ Resursi, krājumi un statistika

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/aluminum/stat/>

<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/aluminum/alplants1.pdf>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/aluminum/alplants2.pdf>

<http://pubs.usgs.gov/circ/c1196w/>

<http://digicoll.library.wisc.edu/EcoNatRes/>

<http://minerals.er.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/aluminum/alumimyb05.xls>

<http://minerals.er.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/aluminum/alumimcs06.pdf>

##### ✓ Cenas

<http://www.basemetals.com/>

<http://nickelalloy.com/FreeSite/metals/all/al.asp#Tables>

<http://www.quotealuminum.com/>

## Magnijs

Magnija nosaukums cēlies no Magnēzijas rajona Tasālijā Grieķijā. Kā jaunu ķīmisko elementu to pirmo reizi 1618. gadā Anglijā konstatēja zemnieks Epsons, no rūgtena akas ūdens iegūstot sāli, kuru izmantoja vietējie iedzīvotāji ārstnieciskiem mērķiem. Šo sāli 1755. gadā nejauši saņēma arī J. Bleks, kurš konstatēja, ka sāls satur jaunu ķīmisko elementu. J. Bleks to nosauca par magnēziju. 1808. gadā sers H. Deivijs elektrolītiski pirmo reizi ieguva tīru magniju (*magnium*) no magnija sāļu amalgamas. Tomēr ķīmiskais elements vispāratzīts kļuva tikai pēc J. Daltona 1803. gadā publicētajiem pētījumiem.

Dabā magnijs ir astotais izplatītākais ķīmiskais elements. Tā koncentrācija Visumā ir 600 000 ppb masas izteiksmē, uz Saules – 120 000 000 ppb, Zemes kristāliskos iežos – 29 000 000 ppb, Pasaulē okeānā – 1 326 000 ppb, cilvēka ķermenī – 270 000 ppb<sup>1</sup>. Magnijs ir nepieciešams cilvēkam, un tā ikdienas bioloģiskais patēriņš ir noteikts 300 miligramu dienā.

Dabā magnijs ir sastopams gandrīz 900 minerālos, no tiem tikai 60 ir plašāk izplatīti, bet saimnieciska nozīme ir aptuveni 12 minerāliem – dolomītam, magnezītam, brucītam, karnalītam, arī talkam un olivīnam.

Lai arī visplašāk jau kopš senatnes izmanto dolomītu (kalcija un magnija dubultkarbonāts)

<sup>1</sup> Apzīmējums ppb nozīmē miljardās (10<sup>9</sup>) daļas.

kā būvakmeni, dabisko izejvielu būvmateriālu ražošanai, arī lauksaimniecībā augšņu kalķošanai, metalurģijā sārņu piesaistīšanai un tamlīdzīgi, šo magnija sāļu patēriņu visbiežāk neierēķina kopējā minerālizējvielu bilancē, jo tā ieguve ir 4,5–5 miljoni tonnu gadā, bet ieguve un izmantošana nav atkarīga no paša magnija īpašībām. Tā ir izejviela, no kuras tehnoloģiski iegūt magniju ir iespējams, bet ekonomiski tas nav lietderīgi.

Galvenā magnija izejviela jau gandrīz divus gadsimtus ir minerāls magnezīts. Minerālu oficiāli reģistrēja 1807. gadā kopā ar tā vēsturisko sinonīmu – rūgtais špats. Tas ir magnija karbonāts –  $Mg(CO_3)$  – un satur 28,83% Mg jeb 47,80%  $MgO$ .

Magnijs ir trešais plašāk izmantotais metāls būvniecībā, un tā loma pastāvīgi palielinās, tuvojoties dzelzs tērauda un alumīnija izmantošanas apjomam. Ļoti daudz magniju izmanto metalurģijā sēra piesaistīšanā dzelzs un tērauda kausēšanas procesā. Līdzīgiem mērķiem to izmanto, iegūstot augstas kvalitātes urāna tīrmetālu.

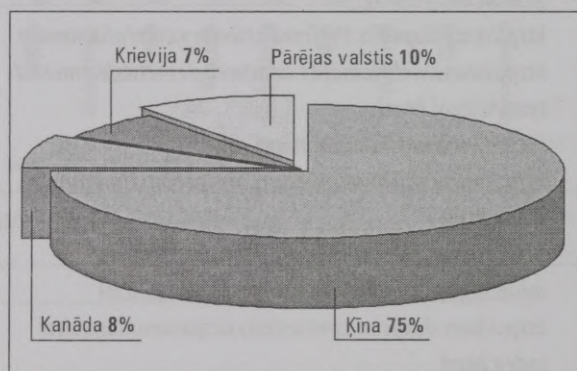
Otrs izplatītākais izmantošanas veids ir magnija oksīda piedevas virsmas izlīdzināšanai dažādu metālu kausēšanas vai lējumu veidošanas posmos, magniju izmanto arī stikla un cementa ražošanā. Daudz mazāk magniju sāļu veidā izmanto ķīmiskajā rūpniecībā, farmaceitiskajā rūpniecībā, lauksaimniecībā, būvmateriālu ražošanā un citās nozarēs.

Mūsdienās lielu magnija kausējumu daļu veido pārtikas rūpniecībā plaši izmantojamie alumīnija un magnija sakausējumi (konteineri, bundžas). Vēl magniju izmanto fotomateriālu ražošanā, fotografēšanas darbos. Tomēr svarīgākā magnija izman-

tošanas joma ir aerokosmiskā industrija, tostarp dažādu kaujas raķešu korpusu un atsevišķu komponentu ražošana. Ļoti daudz magniju izmanto dažādu petaržu, salūta raķešu, brīnumsveciņu un degbumbu ražošanā.

Magnija metāla ieguve pasaulē iepriekšējos gadus bija salīdzinoši stabila – pusmiljona tonnu apjomā, bet pēdējo gadu laikā tā strauji pieaug (sk. 48. tabulu), palielinoties patēriņam būvkonstrukciju ražošanā. Nozīmīgos mērogos magniju iegūst tikai desmit valstis, pārējās – mazāk nekā 1000 tonnu gadā.

Visvairāk magnija rūdas iegūst un magniju kausē Ķīnā (75% no rūdām kausētā magnija), Kanādā – tikai 8%, Krievijā – 7%, pārējās pasaules valstīs kopā iegūst 9% no magnija metāla (sk. 99. attēlu). Gandrīz visu magnija ieguves pieaugumu nodrošina Ķīna. Norvēģija un Francija ir pārtraukušas magnija rūdas iegūvi un tās kausēšanu.

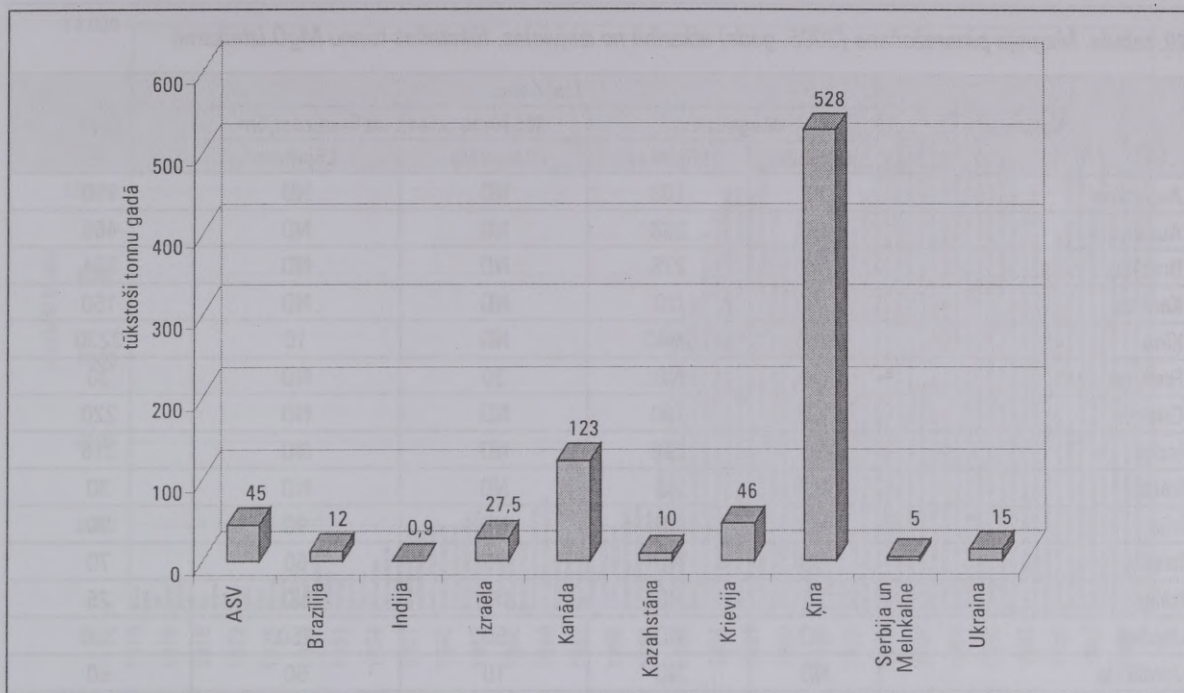


99. attēls. Magnija rūdas ieguves un magnija kausēšanas lielvalstis 2005. gadā

48. tabula. Magnija metāla primārā ieguve no rūdām, tonnās

Valsts	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Brazīlija	5500	6000	6000	6000	6000	6000
Francija	4000	0	0	0	0	0
Izraēla	34 000	26 000	26 000	28 000	27 600	28 000
Kanāda	83 000	88 000	54 000	54 000	54 000	50 000
Kazahstāna	16 000	18 000	14 000	18 000	20 000	20 000
Krievija	40 000	40 000	43 000	45 000	45 000	50 000
Ķīna	200 000	250 000	340 000	442 000	470 000	526 000
Norvēģija	36 000	10 000	0	0	0	0
Serbija un Melnkalne	1630	1695	1600	1600	1500	1000
Ukraina	3	3	3	3	2000	2000
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>420 000</b>	<b>440 000</b>	<b>485 000</b>	<b>595 000</b>	<b>626 000</b>	<b>726 000*</b>

\* Ieskaitot iegūvi ASV, kas 2006. gadā bija 43 000 tonnu magnija metāla.



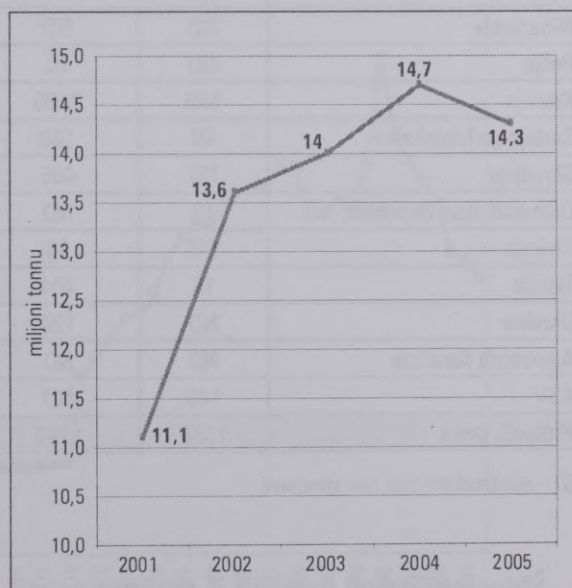
100. attēls. Primārā magnija ražošanas jaudas (2006. gada janvāris)

Pasaules tirgū ir vērojams neliels magnija metāla deficīts, ko 2006. gadā sedza, palielinot jaudas Ķīnā un Kanādā (sk. 100. attēlu), bet tās būs nepietiekamas jau 2008. gadā, kad tiek prognozēts magnija ražošanas jaudu deficīts.

Šo tautsaimniecībai nevēlamo parādību pasaulē lielākie magnija patērētāji kompensē, dažādojot magnija ieguves avotus un pārstrādes tehnoloģijas (sk. 49. tabulu). Tā 2005. gadā blakus magnezītam kā galvenajai magnija rūdai visai daudz magnija (aptuveni 10%) tika iegūts no jūras ūdens un jūras polimetālu konkrēcijām, tādējādi kopējais magnija ražošanā iesaistīto valstu skaits būtiski palielinās.

Joprojām magnezīts ir dominējošais magnija avots, un rūpnieciski tas tiek iegūts 20 valstīs, tomēr ne visas valstis pašas šo rūdu bagātina un pārstrādā (sk. 101. attēlu). Lai arī magnezīts un tā koncentrāts tirgū ir ļoti pieprasīts, tā ieguvī pilnībā ir pārtraukusi Meksika (esošās atradnes ir izsmeltas, un jaunas tiks iekļautas ekspluatācijā tikai pēc 2010. gada), ieguve samazinās Turcijā, kur arī tiek izstrādāti sen ekspluatācijā esošo atradņu atlikušie krājumi.

Svarīgi nodalīt magnija ieguvī no rūdām tīrmetāla ražošanai (110 000 tonnu gadā tīrmetāla izteiksmē) un magnezīta ieguvī dažādu magnija



101. attēls. Magnezīta ieguve pasaulē magnija oksīda izteiksmē (dati par ASV nav iekļauti)

savienojumu ražošanai, kā arī nepārstrādāta magnezīta izmantošanu (kopā 12–14 miljoni tonnu gadā magnija oksīda izteiksmē). Diemžēl statistikas avotos šie dažādie magnija avoti un izmantošanas veidi, kā arī mērvienības ne vienmēr tiek īpaši paskaidrotas un dati šķiroti, kas rada daudz dažādu pārpratumu un kļūdu.

49. tabula. Magnija pirmražošana (2005. gads) atkarībā no izejvielas, tūkstošos tonnu MgO izteiksmē

Valsts	Izejvielas				Kopā
	Magnezīts		No jūras ūdens un konkrēcijām		
	Kalcinēts	Lējumos	Kalcinēts	Lējumos	
Austrālija	82	108	ND	ND	190
Austrija	197	268	ND	ND	465
Brazīlija	58	276	ND	ND	334
Kanāda	150	ND	ND	ND	150
Ķīna	275	2940	ND	10	3230
Francija	ND	ND	30	ND	30
Grieķija	120	100	ND	ND	220
Indija	20	296	ND	ND	316
Irāna	ND	30	ND	ND	30
Īrija	ND	ND	ND	90	90
Izraēla	ND	ND	10	60	70
Itālija	25	ND	ND	ND	25
Japāna	ND	ND	50	250	300
Jordānija	ND	ND	10	50	60
Ziemeļkoreja	ND	1100	ND	ND	1100
Dienvidkoreja	ND	ND	ND	40	40
Meksika	ND	ND	15	95	110
Nīderlande	ND	ND	10	150	160
Polija	ND	10	ND	ND	10
Krievija	100	2400	ND	ND	2500
Serbija un Melnkalne	40	160	ND	ND	200
Slovākija	ND	465	ND	ND	465
Dienvīdāfrikas Republika	12	ND	ND	ND	12
Spānija	145	60	ND	ND	205
Turcija	15	404	ND	ND	419
Ukraina	ND	120	20	80	220
Apvienotā Karaliste	ND	ND	7	ND	7
ASV	140	ND	201	195	536
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>1380</b>	<b>8740</b>	<b>353</b>	<b>1020</b>	<b>11 500</b>

ND – pārbaudāmi dati nav pieejami.

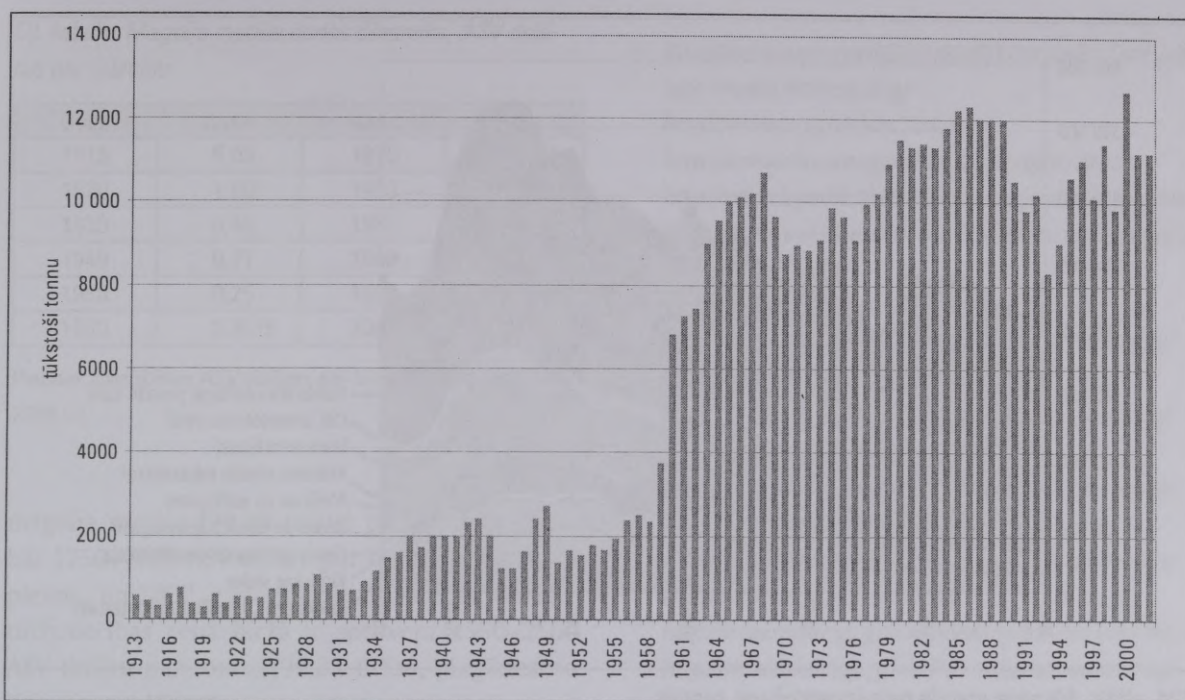
Šādos gadījumos pareizāk ir novērtēt no rūdām iegūto magnija savienojumu (dažādas tīrības metāla un sāļu) iegūvi, izsakot to magnija oksīdā (sk. 102. attēlu).

Pēc straujas ieguves kāpuma pagājušā gadsimta piecdesmito beigās pēdējo 40–45 gadu laikā magnija ieguve nav būtiski mainījusies, tā ir bijusi aptuveni 10% līmenī, tātad metāla patēriņa struktūra ir stabila un izmantošanas veidi visai konservatīvi.

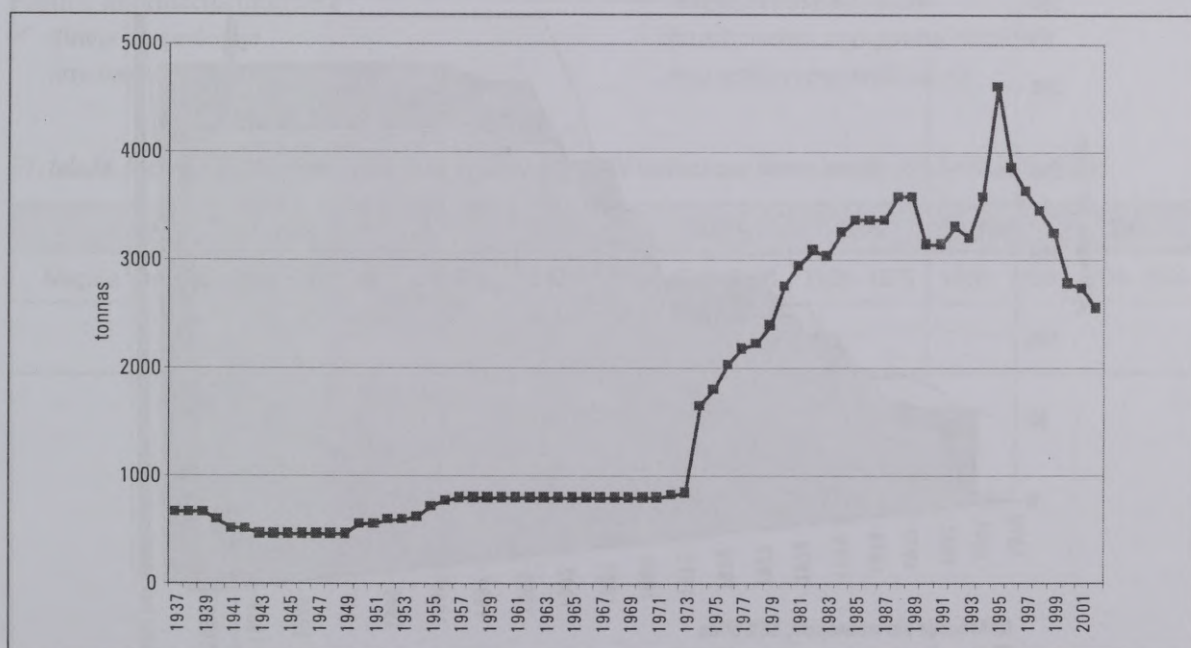
Magnija tīrmetāla ieguves statistiskie dati ir nepilnīgi, un ir iespējams novērtēt tikai primārā

metāla iegūvi no rūdām (sk. 103. attēlu). Iegūtā līkne kopumā atkārti magnija savienojumu ieguves tendences pagājušajā gadsimtā.

Lai arī magnija izmantošana tautsaimniecībā ir ļoti daudzveidīga (sk. 104. attēlu), izteikti dominē tikai trīs galapatēriņa veidi – iepakojuma materiāli, mašīnas un aprīkojums, kā arī transporta līdzekļu ražošana. To loma patēriņā un savstarpējās attiecības vēsturiski ir mainījušās, tomēr transporta līdzekļu ražošanas dominante ir jau trīsdesmit gadu. Arī nākotnē magnija patēriņa struktūrā netiek prognozētas būtiskas izmaiņas.



102. attēls. No rūdas saražotā magnija savienojumu daudzums pasaulē, magnija oksīda izteiksmē



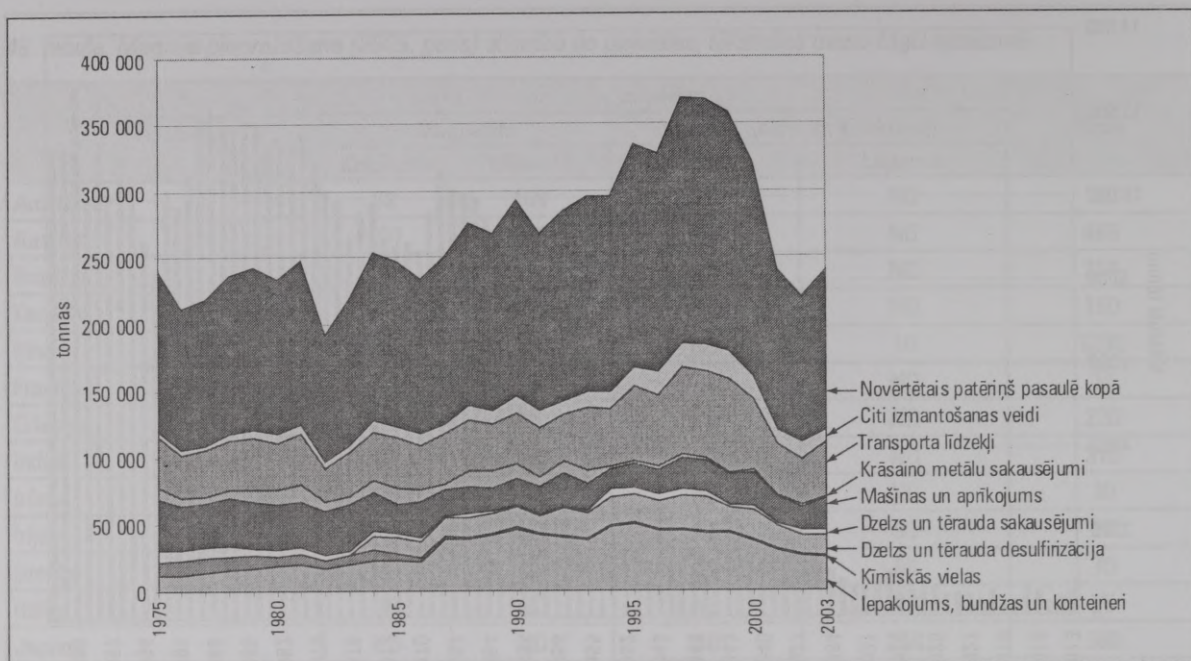
103. attēls. Magnija ieguve no rūdas pasaulē kopā, tonnās tīrmetāla

Augstās patēriņa dažādības dēļ magnija produkti tirgum tiek dažādoti, kā arī tiek saskaņotas šo produktu cenas (sk. 105. attēlu).

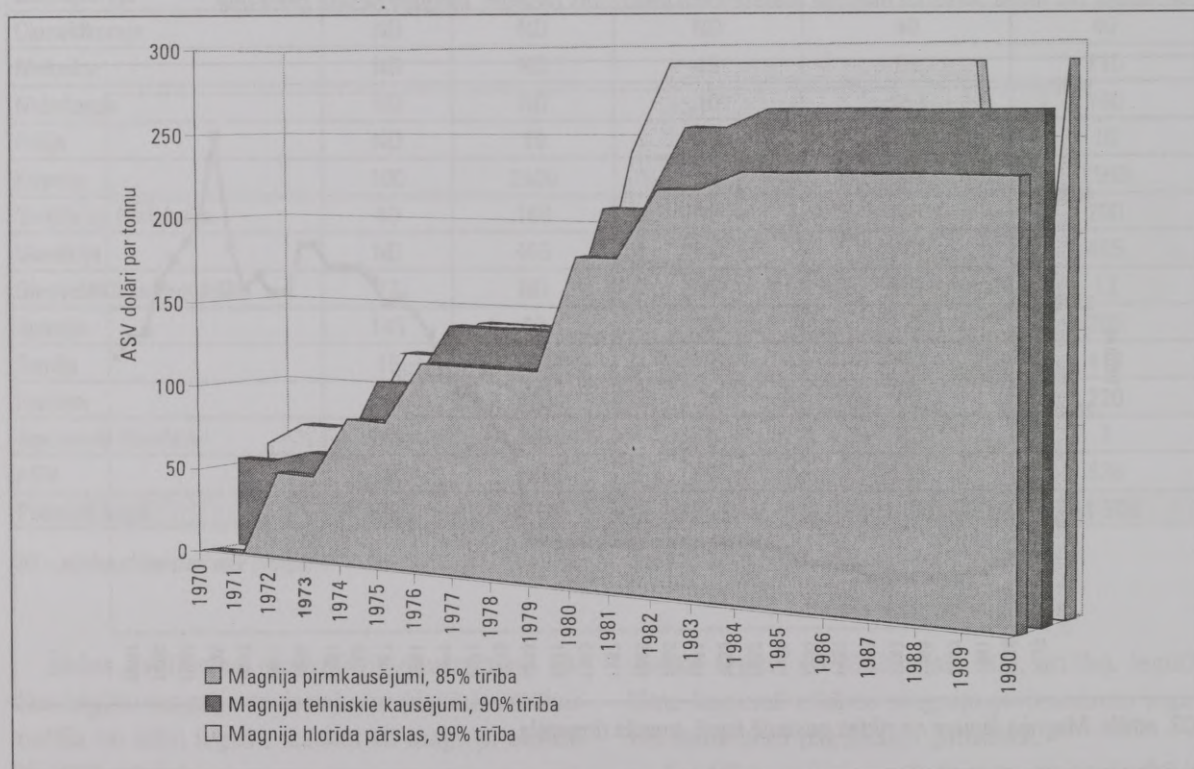
Magnija metāla cenas ir salīdzinoši stabilas, un tikai īslaicīgi ir vērojami pīķveida cenā kāpumi, kas saistīti ar masveida iepirkumiem lielu aviācijas būvniecības projektu realizācijai.

Tiem nesejo cenu kritumi, tās tikai noslīd līdz iepriekšējam līmenim. Daudz izlīdzinātākas ir no rūdām iegūta magnija metāla (magnija ieguves) pašizmaksas izmaiņas pagājušajā gadsimtā (sk. 106. attēlu).

Līdzīgas tendences vērojamas arī gadsimta gaitā, vērtējot magnija metāla cenu (sk. 50. tabulu).



104. attēls. Magnija metāla gala izmantošana, tonnās



105. attēls. Magnija pirmproduktu ražotāju cena pagājušajā gadsimtā

Šīs tendences pēdējo gadu laikā mainās (sk. 51. tabulu) un neseko vispārējam metāla cenas palielinājumam. Patlaban tās atspoguļo cenu līmeni pirms 1980. gada. Savukārt daudz dārgāki kļūst magnija sakausējumi un magnija sāļi.

Magnezīta rūdas cena ir augsta, un 2006. gadā tās pašizmaksa sasniedza 830–1063 ASV dolārus par tonnu, tās koncentrāts maksāja 1455–1573 ASV dolārus par tonnu, kas jau piegādāta krautuvē jūras ostā. Šādas izmaksas ļauj 2006. gadā

50. tabula. Magnija metāla cenas dinamika, ASV dolāros par mārciņu

Gads	Cena	Gads	Cena
1915	5,03	1970	0,3625
1920	1,60	1980	1,25
1930	0,48	1985	1,53
1940	0,27	1990	1,43
1950	0,25	1995	2,09
1960	0,3625	2000	1,57

Piezīme: pārrēķinam ASV dolāros par tonnu ir jālieto reizinātājs 2204,62.

magnija metāla (99,8% tīrība) pašizmaksu saglabāt 1750–1800 ASV dolāru par tonnu, turpmāk tā pieaug, un 2007. gadā magnija tīrmetāla vairumtirdzniecības cena biržā ir aptuveni 2550–2560 ASV dolāru par tonnu (99,8% tīrība, piegādes no Krievijas un Ķīnas).

#### Papildu informācija internetā

✓ Ķīmija un ģeoloģija

<http://minerals.er.usgs.gov/minerals/>

<http://pubs.usgs.gov/of/2001/of01-341/of01-341.pdf>  
<http://www.intlmag.org/>

<http://www.magnesium.com/w3/>

<http://www.chinamagnesium.org/english.htm>

<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/magnesium>

<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Mg/index.html>

✓ Resursi, krājumi un statistika

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/magnesium/mgcommcs06.pdf>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/magnesium/mgmetmcs06.pdf>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/magnesium/mgcommby05.xls>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/magnesium/magnemyb05.xls>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/usbmyb.html>

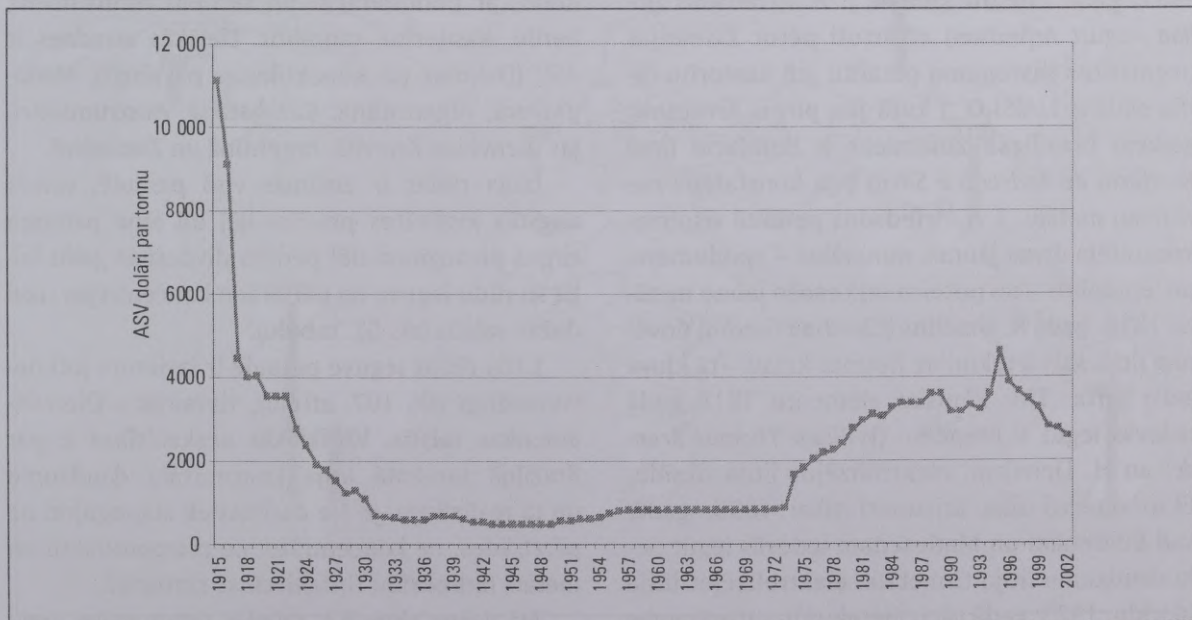
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/magnesium/mgmis2q06.xls>

<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/magnesiumcompounds.xls>

<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/magnesiumcompounds-use.xls>

51. tabula. Magnija metāla pašreizējā cena un izmaiņas, ASV dolāros par tonnu metāla (99,8–99,99% tīrība)

Produkts	2003	2004	2005	2006	2007
Magnija tīrmetāls, cenas variācijas gada laikā	2700–2750	2500–2600	1500–1575	1800–2050	2450–2500



106. attēls. Magnija ieguves pašizmaksas izmaiņas pagājušajā gadsimtā

<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/magnesium.xls>  
<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/magnesium-use.xls>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/magnesium/stat/>

✓ Cenas

<http://www.basemetals.com/>

<http://nickelalloy.com/FreeSite/metals/mg/>

[mg.asp#Tables](http://mg.asp#Tables)

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/magnesium/400798.pdf>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/magnesium/stat/tbl11.txt>

[http://www.iss.biz/chelated\\_minerals\\_magnesium.htm](http://www.iss.biz/chelated_minerals_magnesium.htm)

## Litijs

Litijs ir viegls, mīksts, sudrabaini balts metāls. Tas ir piecas reizes vieglāks par alumīniju un gandrīz divas reizes vieglāks par ūdeni – tas ir vieglākais zināmais metāls. Litijs ir ķīmiski aktīvs metāls un parastajos apstākļos viegli reaģē ar skābekli, slāpekli un ūdeni.

Ķīmiskā elementa nosaukums atvasināts no grieķu vārda *lithos* – akmens, jo to pirmo reizi ieguva no minerāliem, kas nav rūdas. Tās ir “parastās” vizlas un atšķirībā no pirmās grupas ķīmiskajiem elementiem nātrija un kālija, kas ir augu barības vielas un var tikt ekstrahēti no tiem, litijs tādā veidā nav iegūstams. Pirmo reizi to atklāja 1817. gadā zviedru ķīmiķis J. A. Arfedsons (*Johan August Arfvedson*) atkārtoti pētot Zviedrijas pegmatītos sastopamo petalītu jeb kastorītu (litija silikāts  $\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$ ) kurā jau pirms divdesmit gadiem brazīliešu zinātnieks J. Bonifacio (*José Bonifácio de Andrada e Silva*) bija konstatējis nezināmu metālu. J. A. Arfedsons petalītā vispirms konstatēja divus jaunus minerālus – spodumenu un lepidolītu – un noteica tajā esošo jauno metālu. 1818. gadā K. Gmelins (*Christian Gmelin*) novēroja litija sāls ietekmi uz liesmas krāsu – tā kļuva gaiši sārta. Tīru ķīmisko elementu 1818. gadā izdevās iegūt V. Brendem (*William Thomas Brande*) un H. Deivijam, elektrolizējot litija oksīdu. Eksperimenti tika atjaunoti tikai 1855. gadā, kad Bunsenam un Matiesenam izdevās iegūt lielu daudzumu litija tīrmetāla, elektrolizējot litija hlorīdu. 1923. gadā vācu metalurģijas uzņēmums “Metallgesellschaft” sāka litija komerciālu iegūvi,

un tikai tad litijam tika piešķirts nosaukums, ko lieto arī mūsdienās.

Litijs ir viens no tiem pirmajiem četriem ķīmiskajiem elementiem (kopā ar ūdeņradi, hēliju un slāpekli), kas veidojās kodolsintēzes pirmajās minūtēs pēc Lielā sprādziena, kā iespējams veidojās mūsdienu kosmiskā sistēma. Litijam ir zināmi divi izotopi dabā un trīs mākslīgi radioizotopi.

Litijs ir dabā plaši izplatīts elements, tomēr tā koncentrācija ir ļoti zema. Kosmosā litija koncentrācija pēc masas ir 6 ppb, uz Saules – 0,06 ppb, akmens meteorītos – 1700 ppb, magmatiskos un metamorfos iežos – 17 000 ppb, Pasaules okeānā – 180 ppb, virszemes ūdeņos – 3000 ppb, cilvēka ķermenī – 30 ppb. Pēc citiem aprēķiniem, litija koncentrācija Zemes garozā sasniedz  $2,0 \times 10^1$  miligramu vienā kilogramā iežu.

Dabā zināms tikai 101 minerāls, kura sastāvā ir litijs, plašāk ir izplatīti aptuveni desmit. No tiem komerciāla vērtība ir tikai dažiem – spodumenam ( $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$ ), petalītam, ambligonītam, eikriptītam un lepidolītam. Svarīgs litija avots ir šo metālu saturošo termālo avotu ūdeņi (brines), ar ko ir bagātīga Čīle, Kanāda, Ķīna un Austrālija. Šo resursu novērtējumi un prognozes nav droši zināmas.

Izplatītākais litiju saturošais minerāls ir spodumens  $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ , satur līdz 8,1%  $\text{Li}_2\text{O}$ . Spodumens ir sastopams gandrīz tikai pegmatītos kopā ar kvarcu, laukšpatu, klevelandītu, muskovītu, lepidolītu, ar polihromiem un sārziem turmalīniem, berīlu, kasiterītu, tantalītu. Lielākās atradnes ir ASV (Dakotas un Konektikutas pavalstīs), Madagaskarā, Afganistānā, Kazahstānā, Austrumsibīrijas dienvidos Krievijā, Argentīnā un Zimbabvē.

Litija rūdas ir zināmas visā pasaulē, tomēr augstās kvalitātes prasību dēļ un lēna patēriņa tirgus pieauguma dēļ pēdējo divdesmit gadu laikā šo rūdu ieguve un pārstrāde koncentrējas tikai dažās valstīs (sk. 52. tabulu).

Litija rūdas ieguve pasaulē ir izvietota ļoti nevienmērīgi (sk. 107. attēlu), visvairāk – Dienvidamerikas valstīs. Vislielākās neskaidrības ir par Brazīlijā saražotā litija koncentrāta daudzumu un tā realizāciju, jo šie dati netiek atspoguļoti ne pārstrādes, ne koncentrātu, ne starpproduktu un metāla hidroksīdu tirdzniecības statistikā.

Arī dažus citus 52. tabulas datus nevar viennozīmīgi interpretēt – lai gan ir norādīts cits gadā

52. tabula. Litija rūdas ieguve pasaulē, tonnās metāla izteiksmē

Valsts	2004	2005	2006
Argentīna	1970	2000	2000
Austrālija	3930	4000	3800
Kanāda	707	700	710
Čīle	79990	8000	8300
Ķīna	2630	2700	3000
Portugāle	320	320	325
Krievija	2200	2200	2200
Zimbabve	240	240	250
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>20 200</b>	<b>20 400</b>	<b>20 625</b>

Piezīme: Brazīlijā 2005. gadā papildus ieguva 242 tonnas, 2006. gadā – 475 tonnas litija rūdas tīrmetāla izteiksmē.

saražotā litija daudzums, tā fiksētais tirgus 2004. un 2005. gadā bija tikai 14 000 tonnu. Pat ņemot vērā metāla uzkrājumus (aptuveni 12%) uzņēmumos un nedeklarētās valsts rezervēs, liels daudzums litija tiek uzkrāts nezināmiem mērķiem. Tiek pieņemts, ka dažas valstis un kompānijas to uzkrāj kodolprogrammu attīstībai, jo litijs ir visplašāk izmantotais siltuma pārnese elementu atomreaktoros.

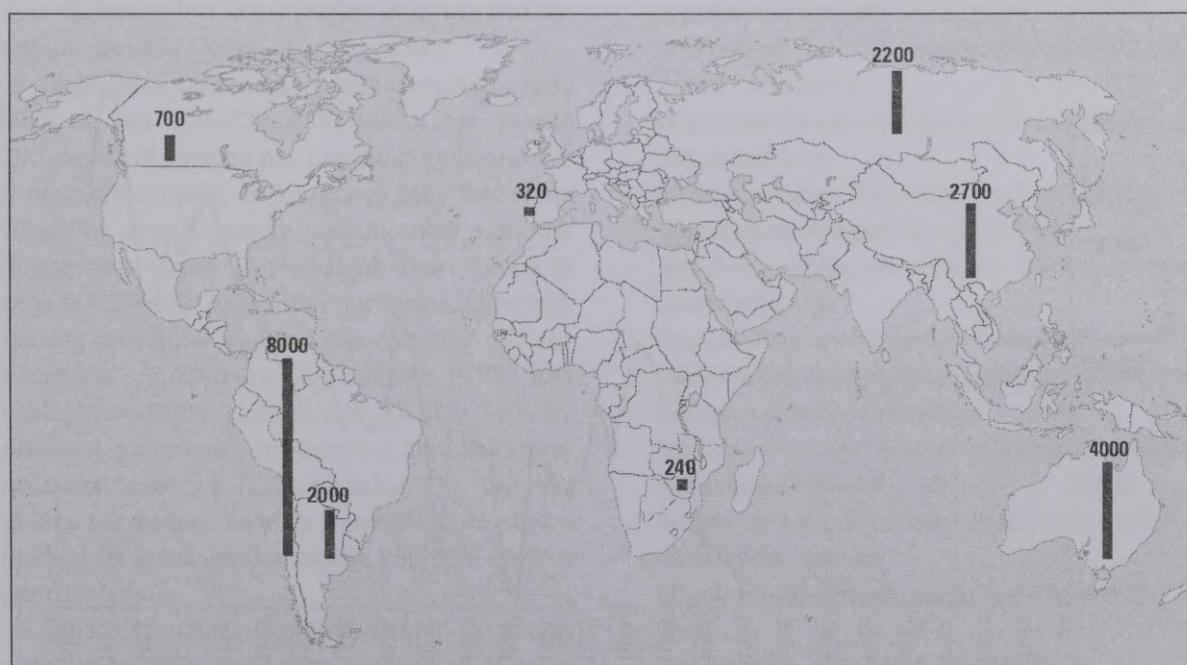
Litija metāla un rūdu tirgus asi konkurē, kā dēļ litija vizlu ieguve un pārstrāde ir pārtraukta Zairā, Namībijā, Ruandā un Dienvidāfrikas Republikā. Ieguve nav sāka arī detalizēti izpētītās pegmatītu

atradnēs Austrijā, Francijā, Indijā, Īrijā, Mozambikā, Spānijā un Zviedrijā, arī termālajos avotos Bolīvijā, Ķīnā un Izraēlā. Novērtējot ieguvu, ir svarīgi ņemt vērā, ka Francijas, Vācijas, Japānas, Taivānas un Apvienotās Karalistes kompānijas pārstrādā importētu litija rūdu vai bagātinātu litija karbonātu un šajās valstīs šīs rūdas neiegūst.

Litija rūdas krājumi litija metāla izteiksmē izpētītās atradnēs ir 4,1 miljons tonnu, esošo atradņu malās un atradnēs, kuru izmantošana patlaban nav ekonomiski lietderīga, – vēl 6,9 miljoni tonnu. Kā nepietiekami izpētīti ir novērtēti vēl 13 miljoni tonnu litija rūdas (litija metāla izteiksmē). Kopā tas spēj nodrošināt pasaules tautsaimniecības vajadzības šajā gadu tūkstoši.

Litija rūdu izvietojums pasaulē ir ļoti nevienmērīgs. Izpētītās atradnēs zināmie krājumi koncentrēti tikai dažās valstīs, gandrīz 85% no tiem – Čīlē, aptuveni 8% Ķīnā, pārējās valstīs – 7%. Lielākā daļa novērtēto litija rūdu resursu ir sarežģītos ģeoloģiskos un tehniskos ekspluatācijas apstākļos. Visvairāk to ir Bolīvijā (49% visas pasaules resursu) un Čīlē, mazāk – Brazīlijā un Ķīnā, bet šajās četrās valstīs kopā ir vairāk nekā 94% no visiem pasaules litija rūdas resursiem.

Litija rūda parasti satur 2,50–5,20%  $\text{Li}_2\text{O}$ , un tā tiek bagātināta, pirms nonāk turpmākajā pārstrādē. Procentu aprēķinos ir jāņem vērā, ka  $\text{Li}_2\text{O}$



107. attēls. Litija rūdas ieguve pasaulē, tonnās metāla izteiksmē (2005)

53. tabula. Litija izejvielu ieguve pasaulē, tonnās

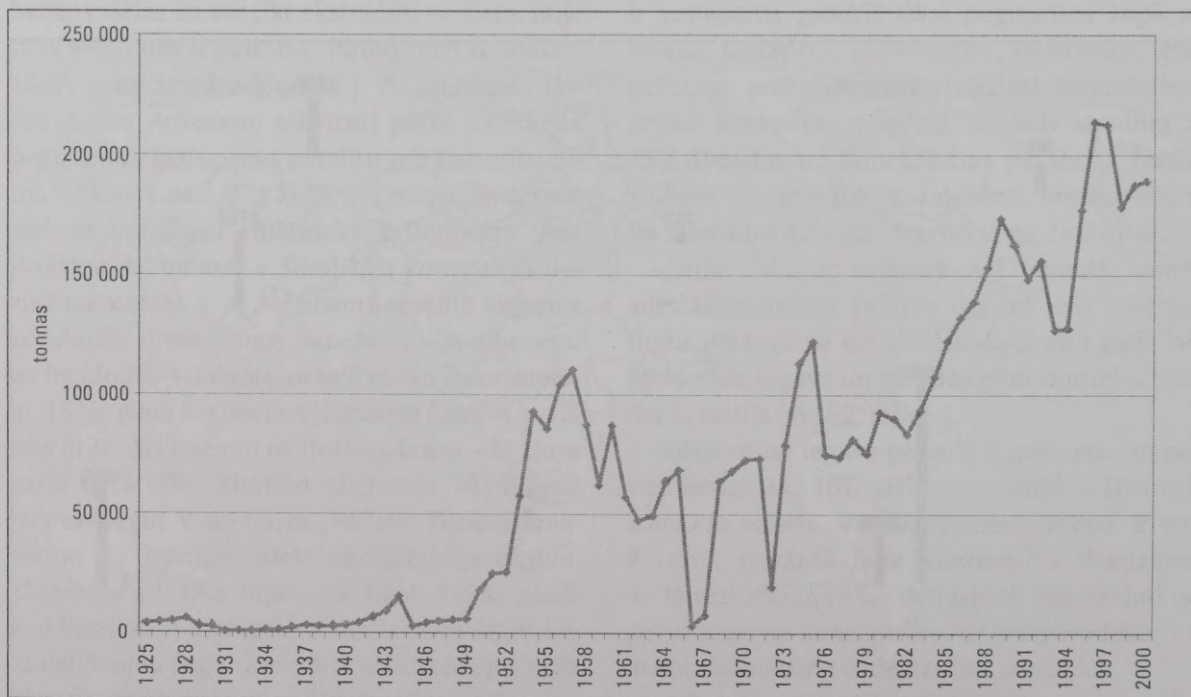
Valsts	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Argentīna								
Litija karbonāts	6000	1592	2161	1320	906	2850	4970	5000
Litija hlorīds	2500	2794	5182	4512	4729	4700	6303	6300
Austrālija, spodumens	63 190	75 824	81 891	79 859	79 085	124 410	118 451	120 000
Brazīlija, koncentrāts	9485	11 122	10 875	9084	12 046	12 100	12 100	12 100
Kanāda, spodumens	22 500	22 500	22 500	22 500	22 500	22 500	22 500	22 500
Čīle, karbonāti no jūras ūdens	28 377	30 231	35 869	31 320	35 242	41 667	43 971	44 000
Ķīna, karbonāti	13 000	12 500	13 000	13 000	13 000	13 500	14 000	15 000
Portugāle, lepidolīts	7000	14 862	9352	11 571	16 325	16 000	16 000	16 000
Krievija, dažādas izejvielas	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2200	2200
Zimbabve, ambliģonīts, eikriptīts, lepidolīts, petalīts, spodumens	28 055	36 671	37 914	36 103	33 172	12 131	13 710	13 000

satur tikai 46% litija, bet no litija rūdas iegūtais dilitija nātrijs fosfāts – tikai 10,5% litija.

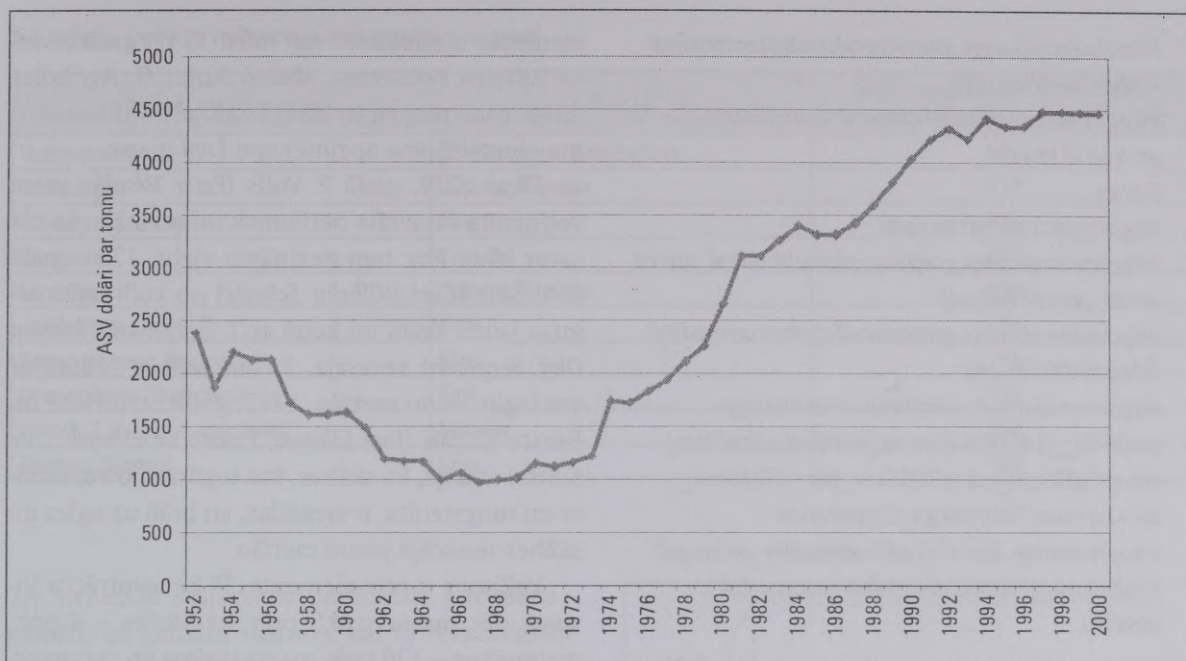
Tabulā redzama liela izejvielu dažādība pasaulē, kā arī visai atšķirīgais dažādo minerālu ieguves apjoms. Līdz ar to atšķirīgas ir izmantotās litija minerālu bagātināšanas tehnoloģijas un iegūto koncentrātu vērtības, tāpēc statistikā visbiežāk tiek atspoguļoti tikai vidējie rādītāji, kas apkopo gan rūdas, gan to koncentrātus (sk. 108. attēlu) – visus lielumus pārrēķinot dilitija nātrija fosfātā (tas satur aptuveni 10% Li). Piemēram, ja ir

saražoti 200 tūkstoši tonnu rūdas un koncentrātu, tas nozīmē, ka tas ir aptuveni 20 tūkstoši tonnu litija tīrmetāla izteiksmē vai 10 miljoni tonnu litija rūdas.

Litija izmantošana tautsaimniecībā ir ļoti dažāda. Pēdējo piecu gadu laikā pasaulē litiju visvairāk izmanto keramikajā un stikla rūpniecībā – 21%, bateriju un akumulatoru izgatavošanai – 19%, smērvielu ražošanai – 16%, farmācijā un polimēru ražošanai – 9%, gaisa kondicionēšanai – 8%, alumīnija kausēšanai – 6%, kā arī daudzām citām



108. attēls. Pasaulē saražotās litija rūdas un koncentrātu daudzums



109. attēls. Litija cenas dinamika pagājušā gadsimta otrajā pusē

vajadzībām – 21%. Pa reģioniem patēriņš nedaudz atšķiras, ko nosaka salīdzinoši dārgo litiju saturošo bateriju intensīva izmantošana.

Litija cena ir dinamiska (sk. 109. attēlu). Pēdējo gadu laikā, pieaugot litija patēriņam gadā par 4–5%, tā cena palielinās par 20–25% gadā (kopš 2004. gada). Tiek prognozēts litija cenas kritums pēc 2007. gada, kad Argentīnā un Ķīnā (Tibetā) sāks darboties ļoti lielas jaudas litija bagātināšanas un ķīmiskās ekstrakcijas rūpnīcas.

Litija rūdas pašizmaksa ir zema, un 2006. gada laikā tā bija 170–230 ASV dolāru par tonnu. 2007. gadā tā pieauga par 12%. Rūdas koncentrāts ir nedaudz dārgāks, un kilograms litija karbonāta vēl pirms desmit gadiem maksāja tikai 1,46 ASV dolārus par tonnu, bet pēdējos divos gados tā cena ir 4,23–4,47 ASV dolāri par tonnu. Litija hidroksīda cena 2006. gadā arī bija tikai 5–7 ASV par kilogramu. Spodumena koncentrāta (5,1% litija oksīds) cena 2006. gadā palielinājās līdz 330 ASV dolāriem par tonnu, spodumena koncentrāts ar litija oksīda saturu 7,25% maksāja 330–350 ASV dolāru par tonnu. Pelatīta minerāla koncentrāts (4,2%  $\text{Li}_2\text{O}$ ) 2006. gadā maksāja 235 ASV dolārus par tonnu.

Litija tīrmetāla (99,0000% tīrība) ražošanas pašizmaksa 2006. gadā sasniedza 89,43 ASV dolārus par kilogramu, 99% tīrības metāla cena bija

aptuveni 300 ASV dolāru par mārciņu. Tiek prognozēts, ka litija metāla cena tuvākajos gados pieaugs par 6–18 procentiem.

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija un ģeoloģija
  - <http://minerals.er.usgs.gov/minerals/>
  - <http://encyclopedia.kids.net.au/page/li/Lithium>
  - [http://pubs.er.usgs.gov/usgspubs/index.jsp?jboEventV\\_o=PubResultView&view=basic&jboEvent=Search&pxfield\\_all=Lithium](http://pubs.er.usgs.gov/usgspubs/index.jsp?jboEventV_o=PubResultView&view=basic&jboEvent=Search&pxfield_all=Lithium)
  - <http://www.min-eng.com/commodities/metallc/lithium/refs.html>
  - <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/lithium>
  - <http://periodic.lanl.gov/elements/3.html>
  - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Li/index.html>
  - <http://education.jlab.org/itselemental/ele003.html>
  - <http://www.chemsoc.org/viselements/pages/lithium.html>
- ✓ Resursi, krājumi un statistika
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/lithium/lithimcs06.pdf>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/lithium/lithimy05.xls>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/usbmyb.html>
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/>
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/lithium.xls>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/lithium/450798.pdf>  
<http://www.indexmundi.com/en/commodities/minerals/lithium/>

✓ Cenas

<http://www.basemetals.com/>  
[http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/metal\\_prices/metal\\_prices1998.pdf](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/metal_prices/metal_prices1998.pdf)  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/lithium/450798.pdf>  
[http://www.hoovers.com/lithium-technology-corp/-ID\\_\\_117008-/free-co-factsheet.xhtml?cm\\_ven=PAID&cm\\_cat=BUS&cm\\_pla=C01&cm\\_ite=Lithium\\_Technology\\_Corporation](http://www.hoovers.com/lithium-technology-corp/-ID__117008-/free-co-factsheet.xhtml?cm_ven=PAID&cm_cat=BUS&cm_pla=C01&cm_ite=Lithium_Technology_Corporation)  
[http://www.bgr.de/b126/pdf/commodity\\_prices.pdf](http://www.bgr.de/b126/pdf/commodity_prices.pdf)  
<http://www.geokem.com/global-element-dist1.html#li>

### 4.2.3. Reti sastopami metāli

Vārdu salikums "retie metāli" vēsturiski ir būtiski mainījis savu saturu. Ar to vienmēr ir apzīmēti tie metāli, kas dabā ir sastopami salīdzinoši reti vai izkļiedēti. To, ka šie metāli ir reti sastopami dabā, vienmēr ir atspoguļojusi to cena.

#### Grūti kūstošie retie metāli

Šāda metālu grupa nereti tiek izdalīta tehnikā, apvienojot volframu, molibdēnu, vanādiju, nereti arī tantalumu un niobiju. Līdz ar to grūti kūstošo reto metālu grupa iekļauti VB un VIB grupas ķīmiskie elementi, izņemot hromu, kas vēsturiski šajā metālu grupā nav iekļauts tā salīdzinoši plašās izplatības dēļ.

#### Volframs

Volframs ir sudrabaini balts, smags, salīdzinoši ciets metāls ar ļoti augstu kušanas temperatūru. Tas labi velmējas un ir kaļams, maz iztvaiko pat augstā temperatūrā. Volframs ir ķīmiski mazaktīvs elements un parastajos apstākļos reaģē tikai ar fluoru, arī ar fluorskābes un slāpekļskābes maisījumu.

Zviedru, norvēģu un dāņu valodā *tung sten* nozīmē smagais akmens, un tas ir izplatīts volframa nosaukums ļoti daudzās valodās. Ķīmijā pieņemto

elementa nosaukumu *volfram* 1747. gadā ieviesa Valērijs (*Wallerius*), šādi tulkojot G. Agrikolas 1546. gadā pieņemto smagā kaitīgā alvas kausējumu piemaisījuma apzīmējumu *Lupi spuma*.

Tikai 1779. gadā P. Volfs (*Peter Woulfe*) veica volframīta minerāla pētījumus un secināja, ka tas satur kādu līdz tam nezināmu vielu. 1781. gadā K. V. Šēle (*Carl Wilhelm Scheele*) no volframīta ieguva jaunu skābi un kopā ar T. Bergmani (*Torbern Olof Bergman*) secināja, ka no skābes reducējot var iegūt jauno metālu. 1783. gadā brāļi Hosē un Fausto Elujāri (*José Elhuyar, Fausto de Elhuyar y de Suvisa*) atklāja, ka skābes, kas iegūtas no volframīta un tungstenīta, ir vienādas, un brāļi uz ogles no skābes reducēja jauno metālu.

Volframs ir rets elements. Tā koncentrācija Visumā pēc masas ir 0,5 ppb, uz Saules – 4 ppb, meteorītos – 120 ppb, magmatiskos un metamorfos iežos – 1100 ppb, Pasaules okeānā – 0,12 ppb, virszemes ūdeņos – 0,03 ppb. Zemes garozā kopumā volframa koncentrācija ir 1,25 miligrami kilogramā iežu. Dabā sastopami pieci stabili izotopi, mākslīgi ir iegūti vairāk nekā 20 radioizotopi intervālā <sup>158</sup>W – <sup>192</sup>W.

Dabā tikai 52 minerālu sastāvā ir volframs, no tiem pieci ir plašāk izplatīti, bet saimnieciskā nozīmē ir tikai diviem – šēlītam un volframītam.

Volframīts (Fe, Mn)WO<sub>4</sub> ir kopīgs apzīmējums visiem izomorfās minerālu virknes (minerāli ferberīts FeWO<sub>4</sub> un gibnerīts MnWO<sub>4</sub>) minerāliem, reizēm literatūrā tos nepareizi sauc par tungstenītiem vai tungstenītiem. Minerāla agregāti ir plāksņveida, minerālu krāsa – melna (ferberītam) līdz tumši brūnai (volframītam) un sarkanbrūnai (gibnerītam). Volframīta grupas minerāli veidojas augstas temperatūras hidrotermālos apstākļos un ir sastopami kvarca dzīslās kopā ar kasiterītu, molibdenītu, bismutīnu, arsenopirītu, halkopirītu un citiem sulfīdiem. Visi trīs minerāli ir svarīgākā volframa rūda (WO<sub>3</sub> līdz 76%), un tās vērtība pieaug, palielinoties vajadzībām pēc īpaši augstas kvalitātes metāla kausējumiem, ķīmiski noturīgu elektrodu un gaismas spuldžu kvēldiegu ražošanā.

Šēlīts – CaWO<sub>4</sub> (sinonīms – šeelīts, trimonīts) – ir izcila volframa rūda (WO<sub>3</sub> 80,6%). Piemaisījumos var būt līdz pat 20% molibdēna (minerāla variācija – molibdošēlīts). Minerāla kristāli visbiežāk ir nepareizas formas ieslēgumi skarnos un kvarca dzīslās. Šēlīta krāsa ir balta, pelēka un dzeltenīga.

54. tabula. Lielākās volframa rūdas atradnes pasaulē

Atradne, atradņu grupa	Valsts	Iegūstamais metāla daudzums, tūkstošos tonnu
Verhņekauratkas	Džekazgana, Kazahstāna	872
Maktunga	Jukona, Kanāda	617
Šižuaņas (Hunaņas)	Ķīna	502
Timiauja	Krievija	244
Logtungā	Jukona, Kanāda	168
Jančulinga (Jiangsi)	Ķīna	160
Ksingluokenga (Fudzjaņa)	Ķīna	144
Damingšana (Guangksi)	Ķīna	116
Vostok-2 (Piejūras apgabals)	Krievija	102
Taergou (Gansu)	Ķīna	100

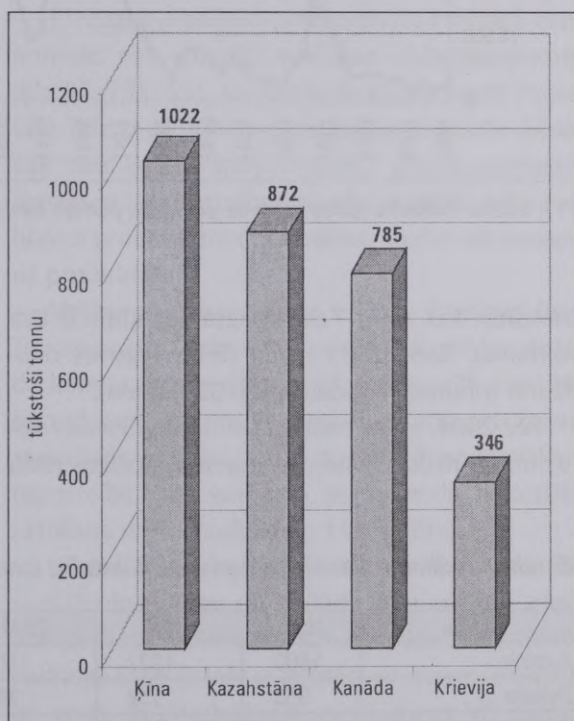
Tas visbiežāk sastopams piroksēna, piroksēna – granātu un granātu skarnos, kur tā raksturīgākie pavadoņi ir salīts, hedenbergīts, andradīts, kalcīts, kvarcs un molibdenīts. Šēlīts ir atrasts arī augstas temperatūras hidrotermālās dzīslās kopā ar zeltu un sulfīdiem. Šēlīts ir ļoti augstvērtīga volframa rūda. Tā bagātīgākās atradnes ir ASV Rietumkrastā, Ķīnā (Huanpodi atradne), Dienvidkorejā (Songdongas atradne), Austrālijā, Krievijā (Gumbekas atradne Urālos) un Ziemeļkaukāzā (Tirnauzas atradne). Saimnieciski šēlīts ir būtiski mazāk svarīga rūda nekā volframīts, mūsdienās no šēlīta iegūst ne vairāk kā 3% no volframa oksīda.

Volframa minerāli un to sakopojumi ir atrasti visos kontinentos un arī okeānos, bet to saimnieciskā nozīme ir atšķirīga. Pēc volframa minerālu veidošanās apstākļiem principiāli nošķir ar kalciju saistītās (šēlīta) un ar dzelzi un mangānu saistītās (volframīta) mineralizācijas un to veidotās atradņu grupas. Iegūstamā volframa daudzuma ziņā lielākās atradnes un to grupas pasaulē ir uzskaitītas 54. tabulā.

Tāpat faktiski ir tikai četras lielvalstis: Ķīna, Kazahstāna, Kanāda un Krievija (sk. 110. attēlu).

Lielākie volframīta resursi ir koncentrēti Kanādā (Redrozas un Dublingučas atradņu kompleksi), Kazahstānā, Krievijā un ASV (Nevadas un Kolorādo pavalstīs), bet to turpmāka izpēte ir apturēta metāla pārprodukcijas dēļ jau pirms 25 gadiem.

Mūsdienās volframa rūda tiek iegūta 204 atradnēs pasaulē (daļa no tām pēdējos gados ir iekonservētas). Pēc to veidošanās apstākļiem dominē skarnu un dzīslu atradnes (84% atradņu), un tajās ir koncentrēti 74% zināmo volframa rūdas

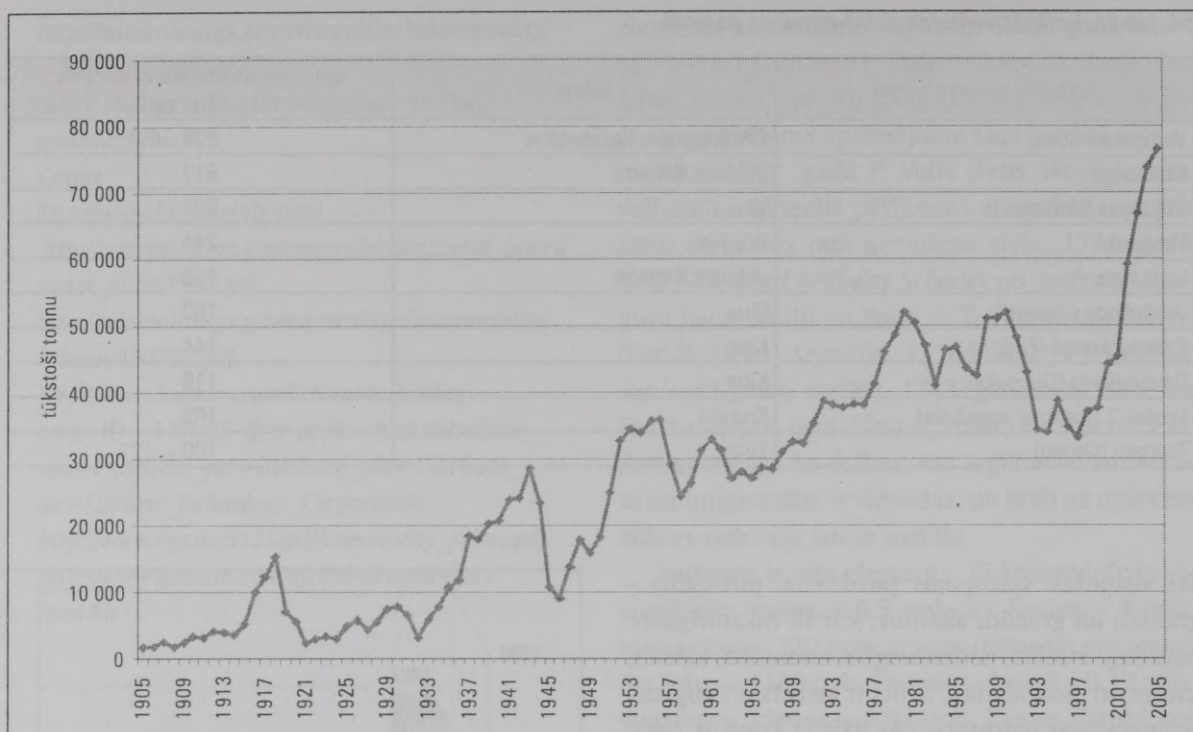


110. attēls. Iegūstamais volframa metāla daudzums lielākajās atradnēs pasaulē

krājumu. Citi atradņu tipi (11 dažādi tipi) ir daudz retāk izplatīti, un to saimnieciskā nozīme ir krietni mazāka.

Pasaulē volframa ieguve pieauga visu pagājušo gadsimtu, un šī tendence turpinās joprojām (sk. 111. attēlu). Volframa ieguve strauji pieaug karu un bruņošanās sacensības periodos, kam seko patēriņa samazināšanās.

Gadā tiek iegūti 60–62 tūkstoši tonnu vidējotas volframa rūdas (pārrēķinot vienā tonnā volframa



111. attēls. Volframa rūdas ieguves dinamika pēdējo simts gadu laikā

trioksīda, kas satur 7,93 kilogramus ķīmiski tīra volframa). Kopš 2003. gada rūdas ieguves daudzums ir būtiski pieaudzis (sk. 55. tabulu).

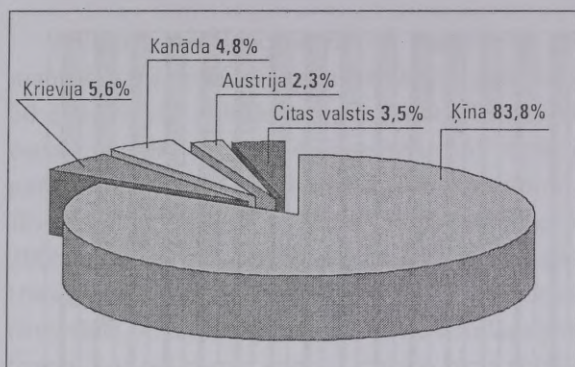
Pēc 2004. gada volframa rūdu ieguvē nav vērojamas būtiskas izmaiņas, izņemot atsākto rūdu

ieguvi Kanādā (750 tūkstoši tonnu rūdas gadā), nedaudz palielinās ieguve Ruandā un Portugālē, kas kopā 2005. gadā veidoja 76,5 miljonus tonnu. Pasaules volframa rūdas tirgū (sk. 112. attēlu) dominē Ķīna (88% no ieguves) un Krievija (2%).

55. tabula. Volframa rūdas ieguve pasaulē, tūkstošos tonnu (1 tonna = 7,93 kg ķīmiski tīra metāla)

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004	2005*	2006*
Austrija	1600	1237	1400	1400	1400	1350	1350
Bolīvija	393	532	399	441	440	520	530
Brazīlija	18	22	24	17	20	ND	ND
Burundi	0	0	0	26	30	ND	ND
Kanāda	0	0	2295	3636	0	700	2500
Krievija	3500	3500	3400	3900	3000	4400	4500
Ķīna	37 000	42 100	55 100	55 500	67 000	61 000	62 000
Mjanma	74	48	83	93	100	ND	ND
Mongolija	52	63	35	40	40	ND	ND
Portugāle	743	698	693	715	746	820	900
Ruanda	108	142	153	78	120	ND	ND
Taizeme	30	50	31	208	200	ND	ND
Uganda	0	17	16	1	1	ND	ND
Ziemeļkoreja	500	500	600	600	600	600	600
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>44 000</b>	<b>48 900</b>	<b>64 200</b>	<b>66 700</b>	<b>73 700</b>	<b>70 100</b>	<b>73 300</b>

\*ASV Ģeoloģijas dienesta nepārbaudīti dati, papildus tiek norādīts, ka "citās valstīs" 2005. gadā ieguva 710 tūkstošus tonnu, 2006. gadā – 950 tūkstošus tonnu rūdas. ND – dati nav pieejami.



112. attēls. Pasaulē lielākās volframa rūdas ražotājvalstis (2005)

56. tabula. Izpētītie un ekonomiski pamatotie volframa rūdas krājumi, miljonus tonnu (1 tonna rūdas = 7,93 kg ķīmiski tīra metāla)

Valsts	Izpētītie volframa rūdas krājumi, miljonus tonnu
ASV	200
Austrija	15
Bolīvija	100
Kanāda	490
Ķīna	4200
Ziemeļkoreja	35
Portugāle	25
Krievija	420
Citas valstis	700
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>6200</b>

Nākamajos gados svarīgākā iezīme ir volframa rūdas ieguves apjoma palielināšanās Ķīnā (līdz 62 tūkstošiem tonnu rūdas), Krievijā (līdz 4,5 tūkstošiem) un Kanādā (līdz 2,5 tūkstošiem tonnu).

Kopējie volframa minerālu resursi nav noteikti, bet tiek vērtēts, ka tie ir lielāki par 10 miljardiem tonnu, no tiem ir aprēķināti un novērtēti 6,2 miljoni tonnu volframa rūdas (sk. 56. tabulu).

Kopš 2004. gadā ekspluatācijā ir tikai 65 atradnes pasaulē, un tajās ir pieejami 2,9 miljoni tonnu krājumu (2006. gada sākumā). Tīrmetāla izteiksmē pasaulē novērtētie volframa rūdas krājumi (aptuveni 7 miljoni tonnu) ģeogrāfiski sadalās šādi: Ķīna – 57%, Kanāda – 12%, Krievija un citas NVS valstis – 6%, ASV – 4%, Dienvidamerikas valstis – 4%. Tie ir 30% volframīta un 70% šēlīta.

Izšķir primāro (no rūdas) un sekundāro (no

zemas kvalitātes sagatavēm, lietpiem un lūžņiem) volframa ražošanu. Pasaulē ik gadu iegūst aptuveni 56 700 tonnu volframa (pārreķinot ķīmiski tīrā metālā). No tā 83% tiek saražots Ķīnā, 6% – Neatkarīgo Valstu Sadraudzībā. Tikai 11% volframa tiek saražots pārējās valstīs – Austrijā, Bolīvijā, Kanādā, Portugālē un Taizemē. Ražošanas pārprodukcijas dēļ kopš 2004. gada ir slēgtas daudzas raktuves un pārprofilēta ražošana Austrālijā, Brazīlijā, Francijā, Japānā, Dienvidkorejā, Zviedrijā un ASV.

Sekundārās volframa ražošanas loma ir būtiski pieaugusi pēdējos 10 gados, un 2005. gadā tā pārsniedza 30% līmeni kopējā volframa realizācijas tirgū. Svarīgas pārmaiņas notikušas arī volframa izejvielu tirdzniecības struktūrā (sk. 57. tabulu).

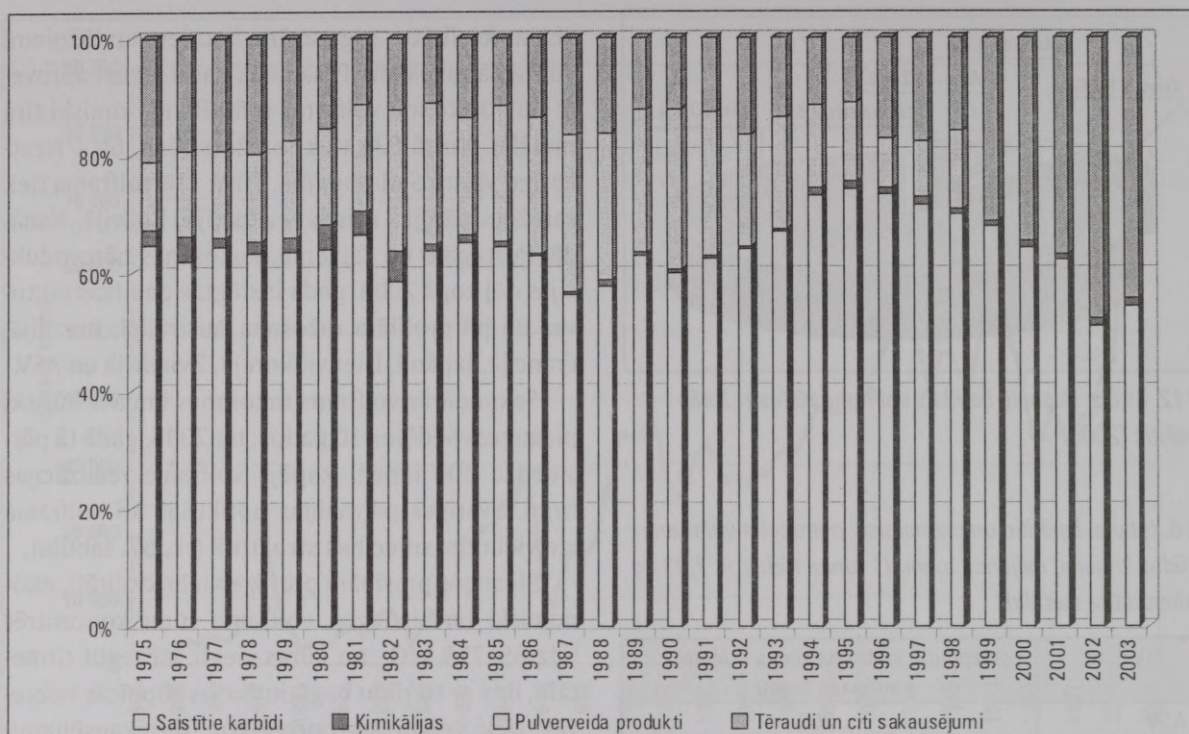
Pieaugot prasībām pret izejvielu kvalitāti, ekonomiski nav izdevīgi volframa rūdu koncentrēt līdz 65–75%  $WO_3$ , no kuras viegli var iegūt tīrmetālu, līdz ar to rūdu bagātināšanas rūpnīcās visbiežāk tiek veikta starpproduktu (pirmkausējumu) ieguve, un šādi uzņēmumi gūst papildu peļņu no blakus produktiem (molibdēna, dzelzs un mangāna produktiem).

Volframa izmantošana ir ļoti daudzveidīga. To visvairāk izmanto kā saistītus karbīdus dažādu kompozītmateriālu iegūšanai, mazāk – leģēto tēraudu un citu metālu sakausējumu ražošanai, samazinās volframa sāļu izmantošana ķīmiskajā rūpniecībā, bet volframa pulverveida materiālu ražošana ir pārtraukta (sk. 113. attēlu).

Vēsturiski nozīmīga bija volframa izmantošana spuldžu kvēldiegu un dažādu citu augstas elektriskās pretestības materiālu ražošanā. Mūsdienās volframs šajās jomās ir aizstāts ar citiem lētākiem un nereti kvalitatīvākiem materiāliem. Vēl mazāk volframu izmanto par katalizatoru hidroģenēšanas procesos, par pigmentu (keramikas izstrādājumiem), kvalitatīvu optisko stiklu izgatavošanai, metalizētu virsmu iegūšanai ar pulvermetallurģijas paņēmieniem, ugunsizturīgu audumu un klāju ražošanā, griezējvirsmu apstrādei, kā arī noteiktu īpašību kausējumu iegūšanai elektronisko

57. tabula. Volframa izejvielu starptautiskās tirdzniecības struktūra

	1986	1996	2004
Minerālu koncentrāti (65–75% $WO_3$ )	84%	29%	15%
Starpprodukti	16%	71%	85%

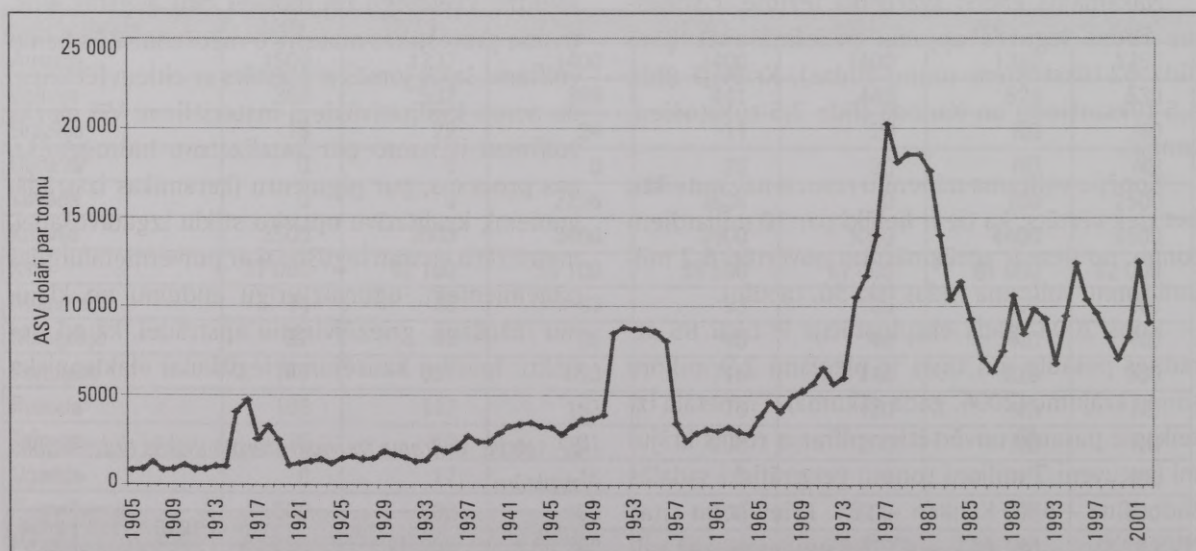


113. attēls. Volframa izmantošanas pamata sektori un to izmaiņas

izstrādājumu (piemēram, LCD monitoru) ražošanā un tamlīdzīgi. Volframu daudz izmanto militārām vajadzībām (speciāli metālu sakausējumi, munīcija) un kodoltehnikā (starojuma ekranēšanai).

Volframa rūdas cena ir salīdzinoši augsta un ir tieši atkarīga no volframa vidējās koncentrācijas tajā – cenu nosaka, pielīdzinot nepieciešamo rū-

das daudzumu vienas tonnas volframa metāla iegūšanai. Šādos aprēķinos parasti pieņem, ka vienā tonnā rūdas ir vismaz piecas mārciņas volframa tīrmetāla izteiksmē, jo zemākas koncentrācijas rūdai nav komerciāls produkts un netiek uzskaitīta. Vēsturiski vidēji svērtā cena dažādas kvalitātes rūdai ir būtiski mainījies (sk. 114. attēlu).



114. attēls Volframa rūdas vidēji svērtās cenas dinamika pagājušajā gadsimtā, ASV dolāros par tonnu iegūstamā volframa metāla

Volframa metāla cena ir ļoti augsta un izmantošanai ferosakausējumiem 2005. gadā bija 30 860–39 680 ASV dolāru par tonnu. Tīrmetāla cena šajā laikā bija 26 450–44 090 ASV dolāru par tonnu (vidēji 37 480 ASV dolāru par tonnu). Tās ir būtiski (1,5–2,3 reizes) pieaugušas kopš 2005. gada pirmā ceturkšņa, kad  $WO_3$  koncentrāta (vienā tonnā koncentrāta ir 20 mārciņas tīrmetāla) cena bija aptuveni 140 ASV dolāru par tonnu, bet vēl pirms gada – stabila cena vairāk nekā 15 gadu periodā (50–65 ASV dolāri par tonnu). Tā jau 2007. gada jūlijā 99,95% tīrības metāls maksāja vidēji 35 500 ASV dolāru par kilogramu, bet pasūtījumiem līdz gada beigām bija noteikta cena 38 030–39 683 ASV dolāri par kilogramu. Arī nākotnē tiek prognozēta pakāpeniska volframa cenas paaugstināšanās.

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija, ģeoloģija
  - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/W/geol.html>
  - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/W/index.html>
  - <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/tungsten>
  - <http://periodic.lanl.gov/elements/74.html>
  - <http://education.jlab.org/itselemental/ele074.html>
  - <http://www.chemsoc.org/viselements/pages/tungsten.html>
  - <http://www.min-eng.com/commodities/metall/tungsten/refs.html>
  - <http://www.itia.org.uk/>
  - <http://pubs.usgs.gov/pdf/circular/c930-o.html>
  - <http://pubs.usgs.gov/usbmic/ic-9388/>
  - <http://pubs.usgs.gov/usbmic/ic-9388/9388.pdf>
  - <http://minerals.er.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/tungsten/index.html>
  - [http://ntp-server.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/Chem\\_Background/ExSumPdf/TungstenOxides.pdf](http://ntp-server.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/Chem_Background/ExSumPdf/TungstenOxides.pdf)
  - <http://www.chinatungsten.com/chwurl-2-1.htm>
- ✓ Krājumi, resursi, statistika
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/tungsten/tungsmcs06.pdf>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/tungsten/tungsmbyb04.xls>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/tungsten/wmis0606.pdf>
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/tungsten-use.pdf>
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/tungsten-use.xls>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/tungsten/stat/>

#### ✓ Cenas

<http://nickelalloy.com/FreeSite/metals/w/w.asp#Tables>  
<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/tungsten.xls>  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/tungsten/680798.pdf>  
<http://www2.barchart.com/comfund/tungsten.asp>

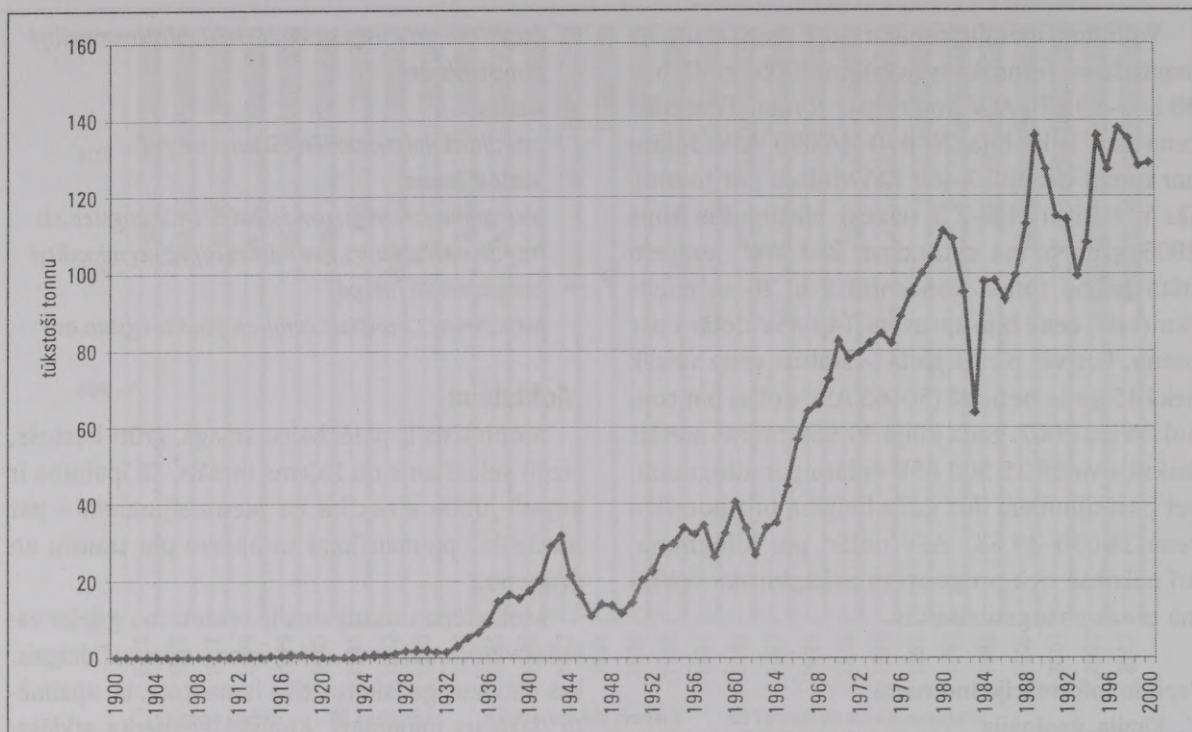
### Molibdēns

Molibdēns ir pelēkbalts, smags, grūti kūstošs, viegli velmējams un kaļams metāls. Tā īpatnība ir augstā jutība attiecībā uz piemaisījumiem – pat niecīgākie piemaisījumi to padara par trauslu un drupenu.

Molibdēna nosaukums ir veidots no grieķu valodas vārdu salikuma – *molybdos* – svinam līdzīgais, kas daudzus gadsimtus tika izmantots, lai apzīmētu dažādus minerālus. Ķīmiskā elementa atklāšanu līdz pat 18. gadsimtam apgrūtināja molibdēna specifika – tas dabā nav sastopams tīrā veidā, un to gandrīz visi tā laika dabas pētnieki jauc ar ogli, grafitu, svīnu vai galenītu. Ķīmisko elementu atklāja K. V. Šēle 1778. gadā. Viņš no molibdenīta ieguva oksīdu un tā veidojošo metālu nosauca par *molybdenum*. 1782. gadā P. J. Hjelm oksīdu reducēja uz ogle un ieguva tīru molibdēna metālu. Dabā sastopami seši molibdēna izotopi, vairāk nekā 20 ir mākslīgi veidoti.

Molibdēns ir dabā rets elements. Masas daļās tā koncentrācija Visumā ir 5 ppb, uz Saules – 9 ppb, meteorītos – 1200 ppb, magmatiskos un metamorfos iežos – 1100 ppb, Zemes garozā – vidēji 1200 ppb, Pasaules okeānā – 10 ppb, virszemes ūdeņos – 0,8 ppb, augsnē – 200–5000 ppb, cilvēka ķermenī – 100 ppb. Cilvēkam ir nepieciešams molibdēns, un ikdienas rekomendējamā deva cilvēkam ir 0,01 miligrami.

Dabā molibdēns ir sastopams 51 minerālā, lielākoties maznozīmīgu piemaisījumu veidā. Saimnieciski nozīmīgs ir tikai viens minerāls – molibdenīts. Tā ir visizplatītākā un praktiski vienīgā molibdēna rūda. Molibdēna lielākās atradnes ir saistītas ar skarna iežiem (Tirniauzas atradne Ziemeļkaukāzā), kvarca dzīslām (Davedinas un Šah-tamianas atradnes Aizbaikālā, Krievijā) un greizeņa nogulumiem (Sorskas atradne Krasnojarskas apgabalā, Krievijā). Pasaulē lielākā ir Klaimeksas



115. attēls. Molibdēna ieguves apjoma izmaiņas

atradne (Kolorādo, ASV), kur molibdenīta mineralizācija ir tieši saistīta ar kvarca dzīslām pārveidotos granītos. Otra lielākā ir Erdenet-Obo atradne Mongolijā.

Vairāk nekā 97% no molibdēna pasaulē iegūst no viena minerāla – molibdenīta, pārējo iegūst no galenīta svina kausēšanas procesā. Pasaulē molibdēna rūdas ieguve un metāla izmantošana tautsaimniecībā pieaug, šāda tendence bija visu pagājušo gadsimtu (sk. 115. attēlu).

Mūsdienās molibdēna ieguve pasaulē ir 125–140 tūkstoši tonnu (sk. 58. tabulu). Izpētītajās atradnēs molibdēna daudzums aprēķināts 18,4 miljonu tonnu apjomā, tajā skaitā ekspluatācijā esošajās atradnēs – 8,6 miljoni tonnu. Novērtētie molibdēna metāla krājumi, kuru ieguve ir ekonomiski pamatota pēc 2005. gada cenām, ir aptuveni 12 miljoni tonnu, no tiem ASV – 5,4 miljoni tonnu, Čīlē – 2,5 miljoni, Ķīnā – 0,91 miljons, visā pārējā pasaulē – 2,19 miljoni tonnu. Precīzāki dati nebūs pieejami arī nākotnē, jo ļoti daudzas atradnes, tajā skaitā lielas, ir pētītas pirms 30 un vairāk gadiem, bet to ekspluatācija nav sākta. Tās būs nepieciešams pētīt vēlreiz, un tajās apzinātie krājumi patlaban nav iekļaujami krājumu bilancē, tie novērtēti tikai kā resursi.

Britu ģeoloģiskā dienesta statistikas dati rāda, ka 2005. gadā molibdēna ieguve pasaulē ir palielinājusies līdz 163 tūkstošiem tonnu, 2006. gadā – līdz 174 tūkstošiem tonnu. Šo pieaugumu nodrošina tikai ASV un Kanāda, kas mēģina samazināt rūpniecības atkarību no Ķīnas izejvielām un palielināt savu ietekmi Eiropas Savienības tirgū. Lielākās molibdēna piegādātājas pasaules tirgū (sk. 58. tabulu) ir ASV (28%), Čīle (24%) un Ķīna (22%).

Molibdēna izmantošana ir ļoti plaša – no militārās rūpniecības līdz farmācijai, no kosmosa tehnoloģijām līdz lampu turētājiem un īpašiem sakausējumiem. Molibdēns visvairāk tiek izmantots dažādas kvalitātes tērauda ražošanā (sk. 116. attēlu), to plaši izmanto elektrodiem dažādās lampās, kodolenerģētikā, raķešu un lidmašīnu komponentēs, kā katalizatoru naftas rafinēšanā, pārklājumiem elektroniskos izstrādājumos, smērvielām darbam augstas temperatūras apstākļos un daudzās citās jomās.

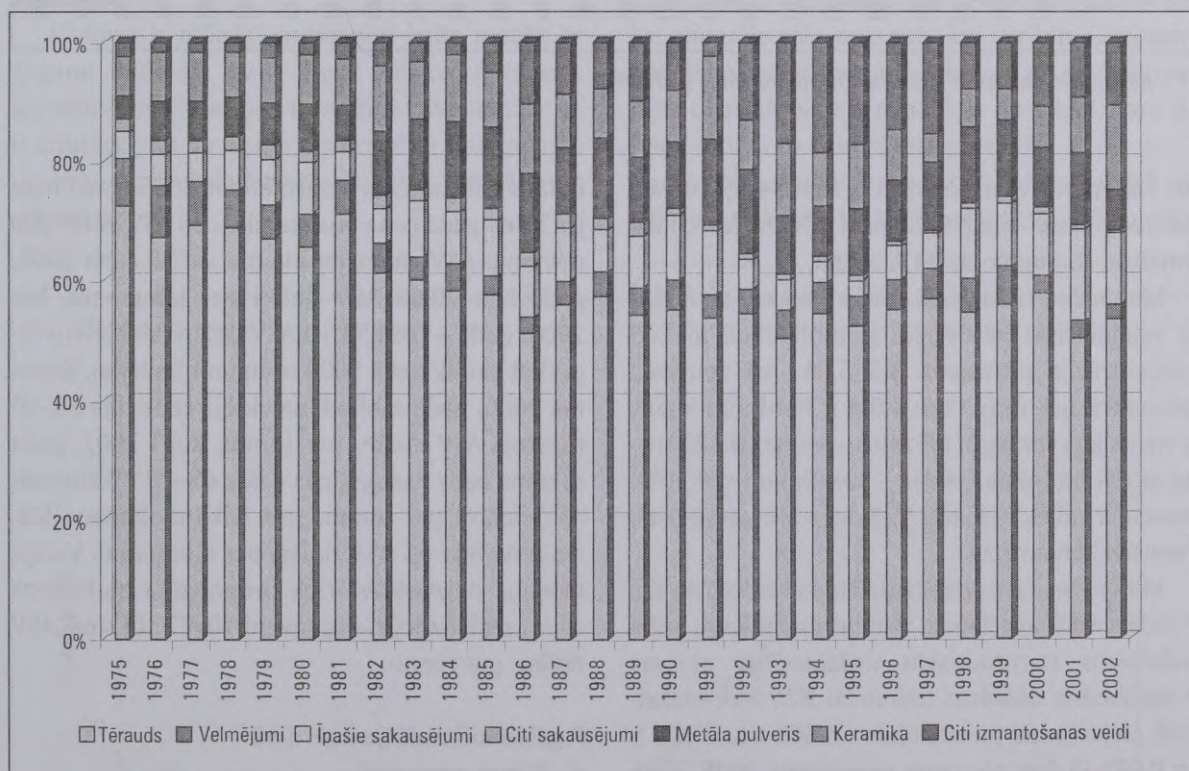
Pēdējos gadus molibdēna gala patēriņa struktūra ir nedaudz mainījusies, un 2005. gadā tā bija šāda:

- legēta tērauda un īpašie sakausējumi ("superkausējumi") – 30%;
- vāji legēts tērauds – 30%;

58. tabula. Molibdēna rūdas ieguve pasaulē, tonnās, pārrēķinot tīrmetālā

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004	2005*	2006*
Armēnija	3820	2943	2884	2763	2950	2750	2750
ASV	40 900	37 600	32 300	33 500	41 500	58 000	60 500
Čīle	33 639	33 492	29 467	33 375	41 483	47 748	38 700
Irāna	1600	1500	1400	1400	1500	2000	2200
Kanāda	7457	8556	7953	8887	5681	7910	8460
Kazahstāna	215	225	230	230	230	230	400
Kirgizstāna	250	250	250	250	250	250	250
Krievija	2400	2600	2900	2900	2900	3000	3000
Ķīna	28 800	28 200	29 300	31 000	29 000	40 000	41 000
Meksika	6886	5518	3428	3524	3730	4246	2500
Mongolija	1335	1514	1590	1793	1650	1188	1200
Peru	7193	9499	8613	9561	9600	17 325	17 500
Uzbekistāna	500	500	500	500	500	500	500
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>135 000</b>	<b>132 000</b>	<b>121 000</b>	<b>130 000</b>	<b>141 000</b>	<b>185 000</b>	<b>179 000</b>

\* ASV Ģeoloģijas dienesta dati.

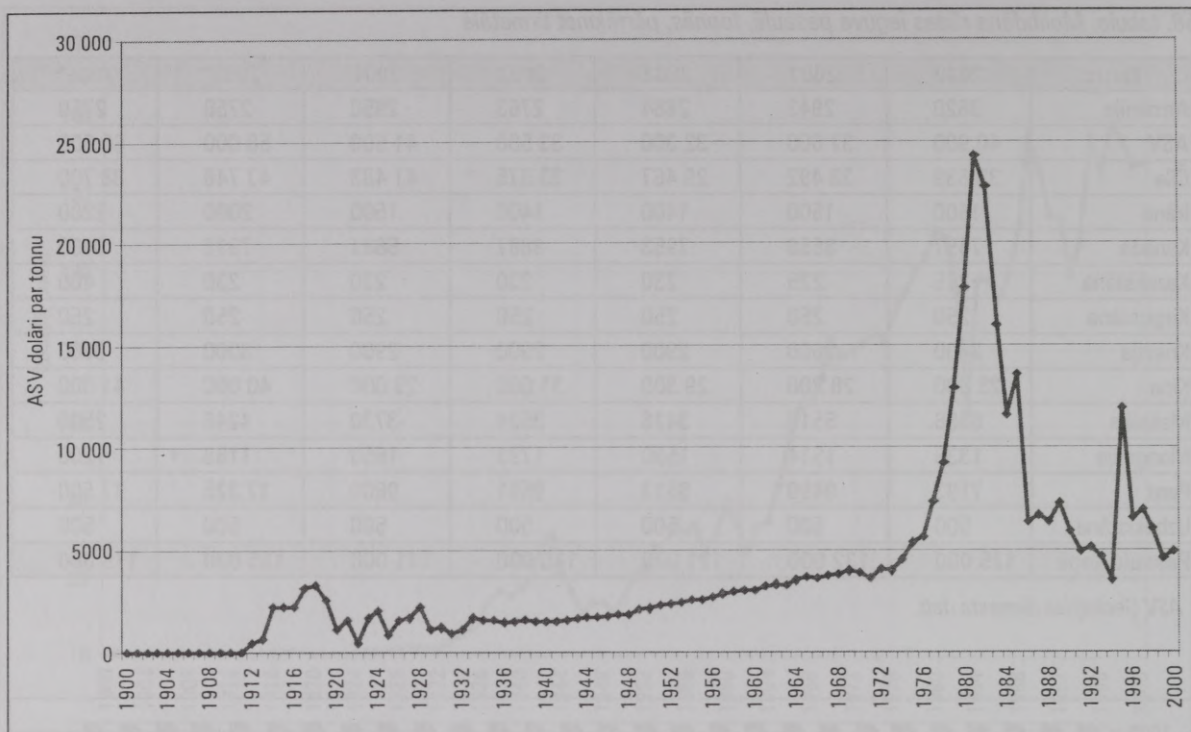


116. attēls. Molibdēna pamata izmantošanas jomas

- ķīmiskās vielas un keramikas izstrādājumiem – 20%;
- instrumentu un liela ātruma tērauds – 10%;
- lējumi un burtmetāls – 10%.

Molibdenīta rūda nav dārga. Tās ieguves pašizmaksa ir 4–9 ASV dolāri par tonnu. Bagātināta un

sasmalcināta molibdenīta rūda rūdas pārstrādes rūpnīcām maksā 2700–3800 ASV dolāru par tonnu, apdedzinātas un sasmalcinātas rūdas koncentrāta pašizmaksa ir 12–13 tūkstoši ASV dolāru par tonnu. Molibdēna minerālu koncentrāts ir metālu biržas produkts, un tas maksā 6–12 ASV dolārus



117. attēls. Molibdēna cenas izmaiņas pagājušajā gadsimtā

par kilogramu, tā maksimālā cena – 34 ASV dolāri par kilogramu – bija 1980. gadā. Molibdēna cenas izmaiņas atspoguļotas 117. attēlā.

Molibdēna rūda 2005. gada izmaksu ziņā kļuva saimnieciski lietderīga, ja molibdēna metāla koncentrācija pārsniedz 3,5–5,0%. Arī zemākas koncentrācijas rūdu (2,9–3,0%) ir lietderīgi iegūt, ja vienlaikus var iegūt arī zeltu – vismaz 0,125 trošas unces no tonnas rūdas – vai rēniju (< 0,10%). Pasaulē ir vairāki desmiti šādu atradņu, un tās tiek intensīvi izmantotas.

Molibdēna cenu izsaka dažādos veidos, un tas ir jāņem vērā aprēķinos. Pēdējo piecu gadu laikā vislielākais starptautiskās tirdzniecības apjoms ir molibdēna oksīdam (minimāli 57% Mo; maksimāli pieļaujamie piemaisījumi: 0,50% Cu, 0,10% S un 0,05% P), kas pēc cenu pieauguma 2005. gadā maksāja 66 138,6–77 161,7 ASV dolārus par tonnu. Otrs izplatītākais produkts ferromolibdēns (minimāli 65% Mo, maksimāli pieļaujamie piemaisījumi: 1,5% Si un 0,50% Cu) 2005. gadā maksāja 72 752,5–81 570,9 ASV dolārus par tonnu.

Pēdējos gados molibdēna cena strauji pieaug. Salīdzinājumā ar iepriekšējo piecu gadu stabilajām cenām 2005. gada sākumā tā pieauga par diviem ASV dolāriem mārciņā, maksimumu – 40 ASV

dolāru par mārciņu – sasniedzot 2005. gadā maijā. 2006. gadā cena bija stabila – 25 ASV dolāri par mārciņu. ASV valsts iepirkumu vidējā cena 2005. gadā bija 70,68 ASV dolāri par kilogramu, bet 2006. gadā – tikai 53,10 ASV dolāri (vienlaikus iepērkot vairāk nekā 1000 tonnu molibdēna). Kopumā 2006. gadā molibdēna vidējā cena bija 58–60 tūkstoši ASV dolāru par tonnu. Kopš 2007. gada sākuma cena paaugstinās – līdz 65–78 tūkstošiem ASV dolāru par tonnu, šajā laikā molibdēna lūzņu cena bija 65 ASV dolāri par kilogramu. Vidēja termiņa perspektīvā tiek prognozēta molibdēna cenas stabilizācija – aptuveni 70–72 tūkstoši ASV dolāru par tonnu.

#### Papildu informācija internetā

✓ Ķīmija, ģeoloģija

<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Mo/geol.html>

<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/molybdenum>

<http://www.hse.imoa.info/Default.asp?page=110>

<http://periodic.lanl.gov/elements/42.html>

<http://education.jlab.org/itselemental/ele042.html>

<http://www.chemsoc.org/viselements/pages/molybdenum.html>

<http://www.min-eng.com/commodities/metall/molybdenum/refs.html>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/molybdenum/>

✓ Krājumi, resursi, statistika

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/usmmyb.html>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/molybdenum/molybmcs06.pdf>

<http://pubs.usgs.gov/circ/2004/1196am/>

<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/index.html>

<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/molybdenum-use.xls>

<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/molybdenum.xls>

✓ Cenas

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/molybdenum/470798.pdf>

<http://nickelalloy.com/FreeSite/metals/mo/mo.asp>

## Kadmijijs

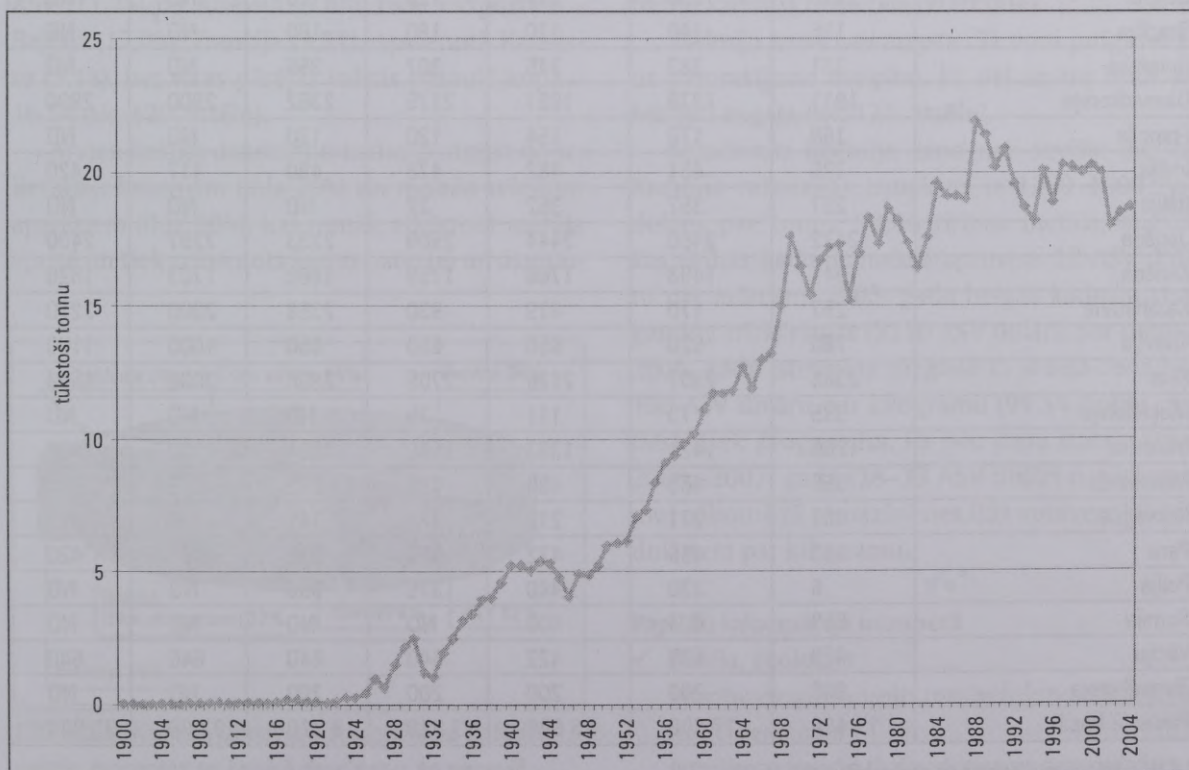
Kadmijijs ir mīksts, sudrabaini balts metāls ar zilganu spīdumu, tas ir viegli kaļams, stiepjams un velmējams. Kadmijijs ir vidēji aktīvs metāls un ir izturīgs pret koroziju, tas reaģē ar halogēniem un sēru, uz to iedarbojas sālsskābe, sērskābe un slāpekļskābe.

Kadmiju (no latīņu – *cadmia*, grieķu – *kadmeia*, kas nozīmē cinka rūdu, kuru tajā laikā sauca par kalaminītu, bet mūsdienās tie ir divi atšķirīgi minerāli – smitsonīts un hemimorfīts) 1817. gadā Vācijā atklāja H. Štomeijers (*Friedrich Strohmeyer*) cinka karbonātā. Turpmākos 100 gadus Vācija kļuva par vienīgo šā metāla piegādāju pasaulē.

Kadmijijs ir reti izplatīts ķīmiskais elements. Tā vidējā koncentrācija pēc masas Visumā ir 2 ppb, uz Saules – 6 ppb, meteorītos – 450 ppb, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 150 ppb, Pasaules okeānā – 0,05 ppb, cilvēka ķermenī – 700 ppb.

Dabā kadmijijs veido 25 minerālus, no tiem pazīstamāki ir trīs sulfīdi – grīnokīts, keileijīts un ksantečroīts (visiem ir vienāda ķīmiskā sastāva formula – CdS). Kadmijijs visbiežāk ir atrodams saistībā ar cinka rūdām, visbiežāk – ar sfalerītu (ZnS). Vienīgi grīnokīts var veidot salīdzinoši lielus minerālu sakopojumus, kas var būt pietiekami nelielām atradnēm, bet rūpnieciski kadmiju iegūst tikai kā blakus produktu no cinka, vara un svina rūdām to kausēšanas procesā.

Kadmija izmantošana saimnieciskajā dzīvē pagājušajā gadsimtā ir vairāk nekā desmitkārsojusies



118. attēls. Kadmija ieguve pasaulē

(sk. 118. attēlu) un relatīvi stabilizējas tikai pēdējo 25 gadu laikā.

Kopš tūkstošgades mijas kadmija ieguve pasaulē (sk. 59. tabulu) ir aptuveni 17–21 tūkstošis tonnu gadā, bet dažādās valstīs tā ieguves intensitāte ir samērā atšķirīga.

Kadmija kā blakus produkta ieguve tiek veikta 21 valstī pasaulē, visvairāk – Ķīnā, Dienvidkorejā, Kazahstānā un Japānā (katrā vidēji 12,5% no ieguves pasaulē), seko Kanāda un Meksika, un kopā tās visas nodrošina 70% no pasaules kadmija ieguves.

Pasaulē zināmie kadmija krājumi ekspluatācijā esošajās atradnēs ir novērtēti 600 tūkstoši tonnu kadmija tīrmetāla izteiksmē, no tiem 40% ir koncentrēti tikai dažās valstīs (Austrālijā, ASV, Ķīnā, Kanādā un Kazahstānā). Nepietiekami izpētītās

atradnēs un tādās, kuras apgūt patlaban nav ekonomiski lietderīgi, vēl ir koncentrēti 1,2 miljoni tonnu kadmija tīrmetāla izteiksmē.

Kadmija izmantošana ir daudzveidīga, bet tā pakāpeniski mainās, jo kadmija veido toksiskus savienojumus un darbībām ar to ir jābūt kontrolētām. Eiropas Savienībā ir aizliegti ļoti daudzi kadmiju saturoši produkti (akumulatori, drošības un signalizēšanas ierīces, speciālie pārklājumi utt.). Pasaulē kopumā kadmija izmantošana pieaug. Galvenie kadmija izmantošanas veidi ir atspoguļoti 119. attēlā.

Kadmiju visvairāk izmanto bateriju un akumulatoru ražošanā – 80%, pārklājumiem – 7%, krāsvielu ražošanā – 12%, citiem mērķiem izmanto tikai nepilnu procentu no gadā iegūtā kadmija.

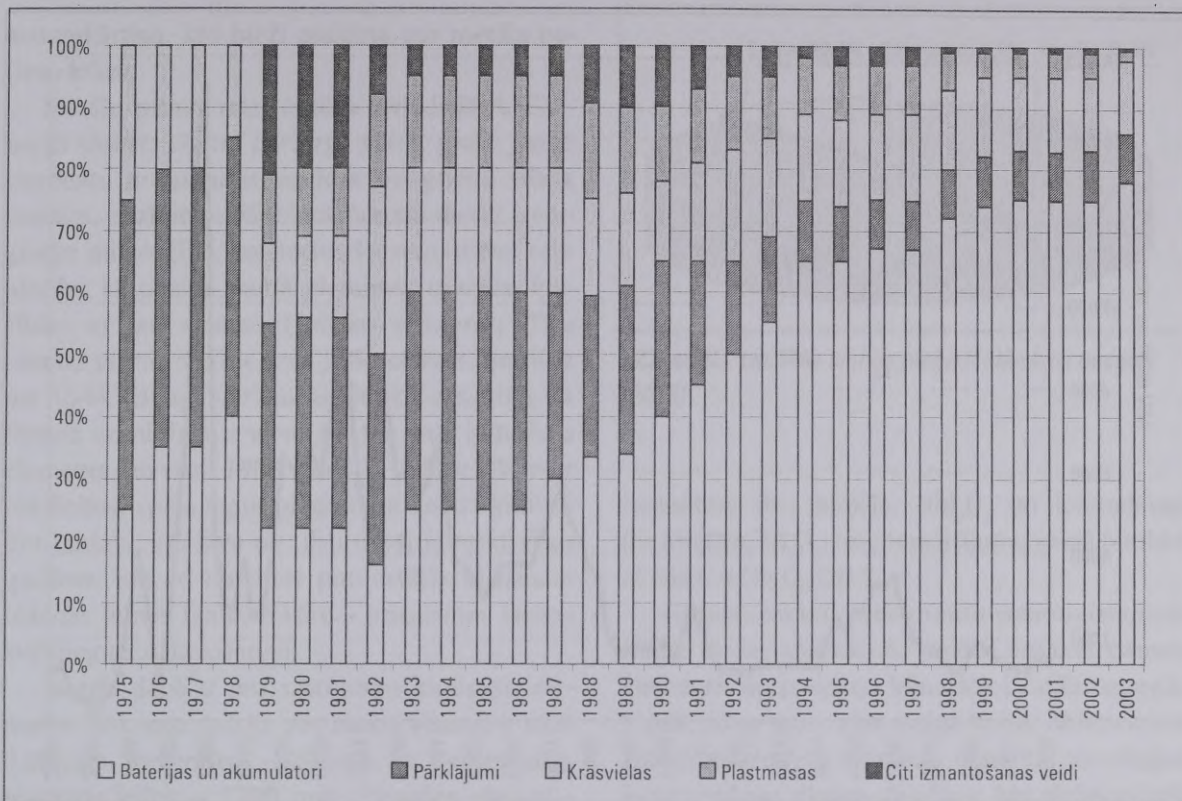
2005. gadā kadmiju visvairāk izmantoja rūp-

59. tabula. Kadmija ieguve pasaulē, tonnās tīrmetāla izteiksmē

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004	2005*	2006*
Apvienotā Karaliste	503	425	292	22	ND	ND	ND
Argentīna	32	34	28	25	39	ND	ND
ASV	1890	680	700	670	550	1070	892
Austrālija	525	416	524	673	469	374	425
Beļģija	1148	1236	117	120	120	ND	ND
Brazīlija	135	140	170	180	180	ND	ND
Bulgārija	331	333	345	307	356	ND	ND
Dienvidkoreja	1911	1879	1827	2175	2362	2900	2800
Francija	160	176	154	120	120	ND	ND
Indija	326	431	483	478	480	417	420
Itālija	287	352	362	22	ND	ND	ND
Japāna	2472	2460	2444	2509	2233	2297	2400
Kanāda	1941	1493	1706	1759	1888	1703	1820
Kazahstāna	257	170	479	930	2358	2000	2210
Krievija	780	620	650	650	650	1000	1100
Ķīna	2368	2507	2426	2705	2900	3000	4500
Maķedonija	335	73	111	75	ND	ND	ND
Meksika	1268	1421	1382	1590	1594	1600	1400
Nīderlande	655	455	485	495	572	575	500
Norvēģija	302	371	215	323	141	ND	ND
Peru	483	456	422	529	532	481	420
Polija	6	330	440	375	356	ND	ND
Somija	683	604	400	ND	ND	ND	ND
Vācija	458	539	422	640	640	640	640
Ziemeļkoreja	200	200	200	200	200	ND	ND
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>19 400</b>	<b>17 800</b>	<b>16 800</b>	<b>17 620</b>	<b>18 720</b>	<b>19 400</b>	<b>20 900</b>

\* ASV Ģeoloģijas dienesta nepārbaudīti dati.

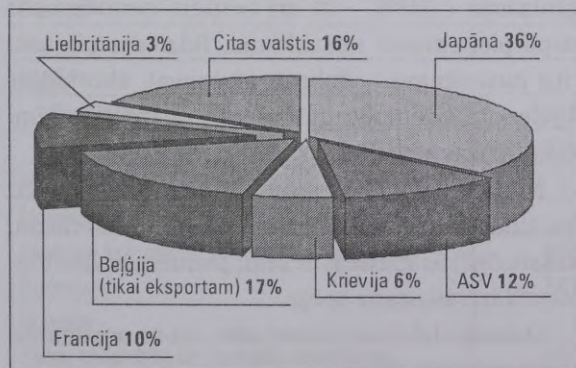
ND – dati nav pieejami.



119. attēls. Galvenie kadmija izmantošanas veidi, tonnās tīrmetāla

niecībā Japānā (36,4% no visa patēriņa pasaulē), ASV (11,7%) un Krievijā (5,8%), tikai eksportam – Beļģija (17,0%), Francija (9,5%), Apvienotā Karaliste (3,1%), bet visas pārējās valstis pasaulē kopā – 16,5% (sk. 120. attēlu).

Arvien lielāku daudzumu kadmija atgūst no izlietotām baterijām (līdz 20%) un mobilo telefonu aparātiem (līdz 80%), kas nonāk atkārtotā metāla apritē un tiek izmantots jaunu bateriju un akumu-



120. attēls. Kadmija izmantošana rūpniecībā dažādās valstīs, procentos no kopējā daudzuma, ko pasaulē patērē rūpniecība

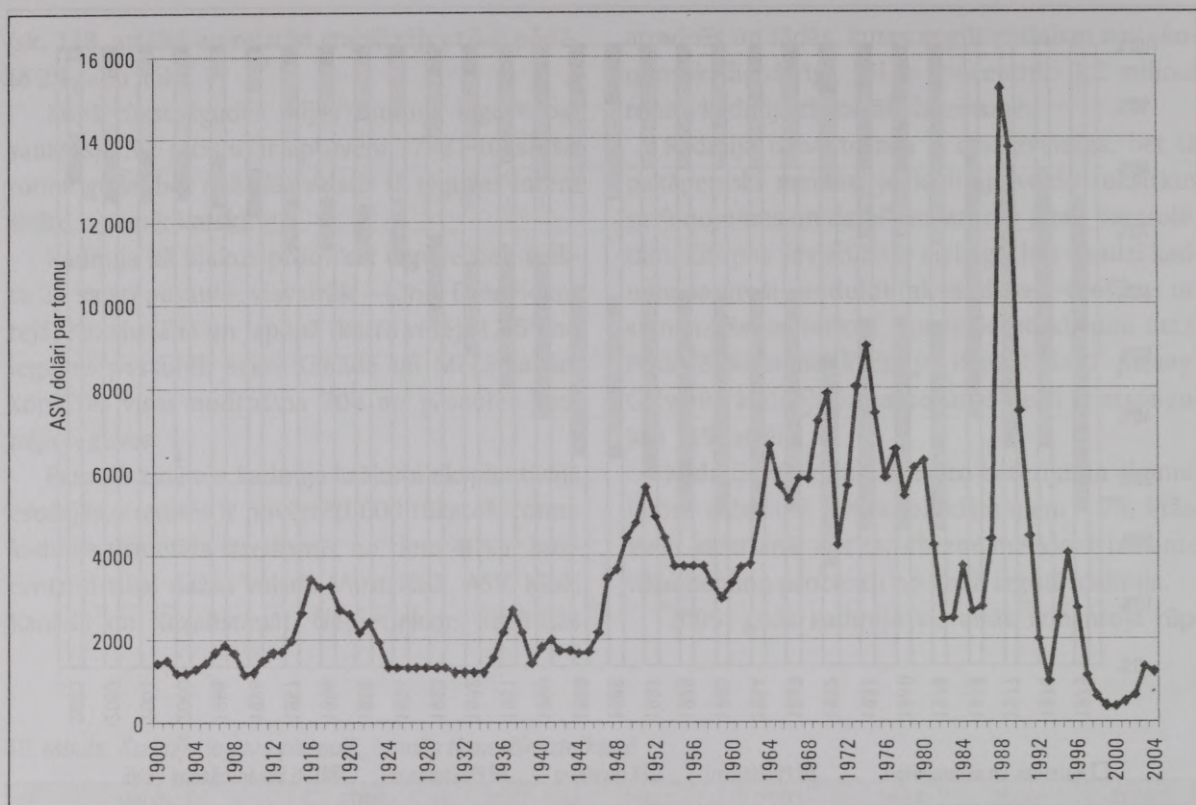
latoru ražošanā (gadā aptuveni 2,50–3,0 tūkstoši tonnu kadmija tīrmetāla izteiksmē).

Kadmija cena nav augsta. Tā visai jutīgi reaģē uz pieprasījuma maiņām, kā dēļ uz īsu brīdi var būt ļoti augsta (sk. 121. attēlu).

Mūsdienās kadmija cena nav sevišķi augsta. Kadmija ražošanas izmaksas ir 1200–1300 ASV dolāru par tonnu 99,8% tīrības metāla, augstākas tīrības kadmija maksā aptuveni 12 ASV dolāru par mārciņu. 2005. gada beigās kadmija cena gandrīz trīskāršojās (3310 ASV dolāru par tonnu), 2006. gadā īstermiņa piegādē tā vidējā cena bija 100 ASV dolāru par kilogramu (99,5% tīrības metāls). Tiek prognozēts, ka pēc cenu stabilizācijas 2006.–2007. gadā (28–33 ASV dolāri par kilogramu) nākotnē tā samazināsies līdz aptuveni 30 ASV dolāriem par kilogramu.

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija, ģeoloģija
- <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Cd/geol.html>
- <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/cadmium>
- <http://periodic.lanl.gov/elements/48.html>



121. attēls. Kadmija cenas izmaiņas pagājušajā gadsimtā

<http://www.chemsoc.org/viselements/pages/cadmium.html>

<http://www.min-eng.com/commodities/metallic/cadmium/refs.html>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cadmium/>

<http://www.ithyroid.com/cadmium.htm>

✓ Krājumi, resursi, statistika

<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/cadmium.xls>

<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/cadmium-use.xls>

<http://pubs.usgs.gov/of/2002/of02-238/of02-238.pdf>

<http://pubs.usgs.gov/usbm/9380/cadmium.pdf>

✓ Cenas

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cadmium/140798.pdf>

<http://www.speclab.com/elements/cadmium.htm>

### Tantals un nilsborijs

Dubnijs (nilsborijs) ir mākslīgs radioaktīvais transurāna saimes elements. Pirmo reizi to ieguva 1967. gadā G. Florovs (PSRS, Apvienotajā kodolpētniecības centrā Dubnā), pētot  $^{243}\text{Am}$  jonu mijiedarbību ar  $^{22}\text{Ne}$ , un A. Giorso (ASV, Kalifornijas universitātē Berklijā), sintezējot jaunu elementu

no  $^{249}\text{Cf}$  joniem, tos ietekmējot ar  $^{15}\text{N}$ . Ķīmiskajam elementam ir četri radioaktīvie izotopi, visilgākais dzīves laiks ir  $^{262}\text{Ns}$  – tikai 40 sekundes.

Ķīmiskajam elementam sākotnēji tika piešķirti atšķirīgi nosaukumi. PSRS piedāvāja to nosaukt pasauleslavenā dāņu kodolfiziķa Nilsa Bora vārdā, bet ASV kodolpētnieki ieteica to nosaukt vācu zinātnieka Oto Hāna vārdā par hāniju. Līdz ar to literatūrā joprojām nereti sastopami abi nosaukumi, jo daudzus gadu desmitus lēmējorganizācija – IUPAC – tā arī nespēja vienoties par vispārpieņemamu nosaukumu, līdz tam piešķīra citu nosaukumu – dubnijs (*dubnium*), akcentējot Apvienotā kodolpētniecības centra izcilo nozīmi kodolfizikas attīstībā.

Nilsborija īpašības joprojām tiek pētītas, taču jau zināmās ir ļoti līdzīgas niobijam un tantalam. Raksturīgākās īpašības ir sāļu, piemēram, hlorīdu, augstā iztvaikošana spēja.

Dubnijs dabā nav sastopams, un to neizmanto saimnieciskajā dzīvē.

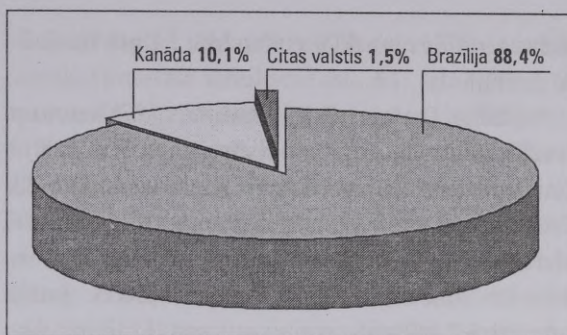
Tantals ir zilganpelēks, ļoti smags, arī ļoti plastisks, bet mehāniski izturīgs metāls. Metāla virsmu gandrīz vienmēr sedz spīdīga un blīva oksīda

aizsargkārtiņa, kas bieži maldina par metāla patieso krāsu.

Metālu pirmo reizi atklāja Zviedrijā A. Ēkebergs (*Anders Gustaf Ekeberg*) 1802. gadā. Jaunā elementa nosaukums veidots no grieķu vārda *tantalos*, apzīmējot Niobi kā Tantala meitu (seno grieķu mitoloģijā), izvēloties šo seno dievu radniecību kā pazīmi jaunā elementa tuvajām īpašībām ar jau zināmo ķīmisko elementu. Tīru tantalu pirmo reizi ieguva J. Bercēliuss, bet līdz pat 1844. gadam vairākums ķīmiķu uzskatīja, ka tantals un niobijs ir viens un tas pats ķīmiskais elements, un tikai 1903. gadā V. Boltons (*Werner von Bolton*) spēja iegūt pietiekami daudz ķīmiski tīra tantala, kas ļāva ne tikai droši noteikt visas īpašības, bet arī novērtēt potenciālās tā izmantošanas jomas (galvenokārt – apgaismes lampu kvēldiegu izgatavošanai).

Tantals dabā ir reti sastopams ķīmiskais elements. Tā koncentrācija pēc masas Visumā ir tikai 0,08 ppb, meteorītos – 20 ppb, uz Zemes magmatiskos iežos – 1700 ppb, Pasaules okeānā – 0,002 ppb. Tantala koncentrācija Zemes garozā ir novērtēta vidēji kā 2 miligrami kilogramā iežu.

Dabā tantals sastopams 88 minerālos, no tiem 60 minerāli tam ir kopīgi ar niobiju. Rūpnieciska nozīme ir tikai dažiem minerāliem –



122. attēls. Lielākās niobija piegādātājvalstis pasaulē (2005)

tantalītam  $(\text{Fe, Mn})(\text{Ta, Nb})_2\text{O}_6$  un kolumbītam  $(\text{Fe, Mn})(\text{Nb, Ta})_2\text{O}_6$ , arī piemaisījumu veidā pirohlorā  $(\text{Na, Ca})_2\text{Nb}_2\text{O}_6(\text{OH, F})$

Tantalīts un kolumbīts veido vienotu izomorfu rindu, un to nosaukumu veido, nosakot pamata elementu proporcijas. Minerālu kristālu agregāti ir plāksnītes un zvīņas melnā krāsā. Abiem minerāliem raksturīgas retzemju minerālu asociācijas, jo tie veidojas tikai pegmatītos, kur aktīvi attīstīti iežu greizenizācijas un albitizācijas procesi.

Saimnieciskas nozīmes tantala rūda sākotnēji tika atrasta Austrālijā, tad – Kanādā, Brazīlijā, Centrālajā Āfrikā, vēlāk – arī Dienvidaustrumāzijā un Ķīnā. Pēdējo 30 gadu laikā lielas tantala

60. tabula. Niobija un tantala rūdu koncentrātu ražošana pasaulē, bruto svara tonnās

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004
Austrālija, kolumbīta un tantalīta maisījums	1600	2220	3100	2500	2000
Brazīlija:					
Pirohlors	51 900	65 000	68 800	69 000	56 100
Tantalīts	680	750	680	715	720
Burundi	31	123	72	24	25
Etiopija, tantalīts	65	47	55	55	55
Kanāda:					
Pirohlors	5070	7070	7410	7270	7300
Tantalīts	228	308	232	220	220
Mozambika	25	27	47	189	712
Namībija	2	5	9	18	18
Nigērija, kolumbīta un tantalīta maisījums	469	610	156	383	400
Ruanda	561	241	96	128	200
Uganda	3	11	6	16	17
Zaira, kolumbīta un tantalīta maisījums	450	200	100	50	200
Zimbabve	ND	30	481	231	14
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>61 100</b>	<b>76 600</b>	<b>81 200</b>	<b>80 800</b>	<b>68 000</b>

ND – dati nav pieejami.

rūdas atradnes ir atklātas Kanādā, Ēģiptē un Saūda Arābijā.

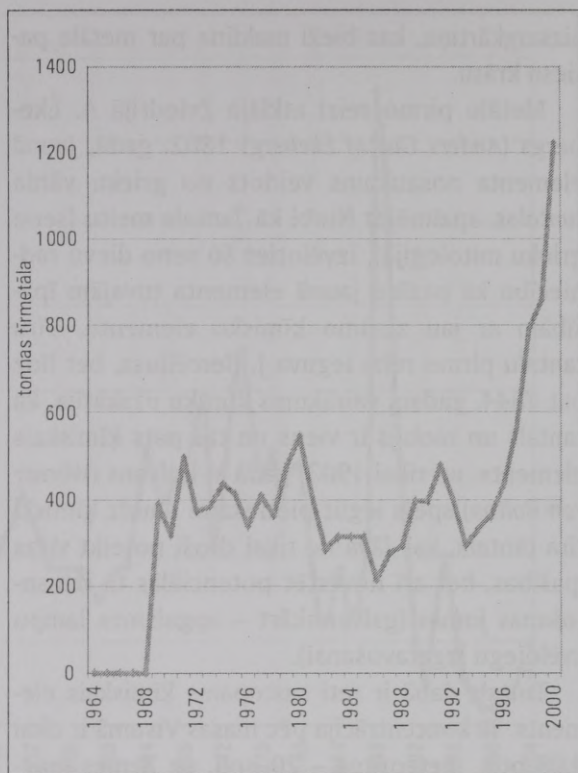
Lielākās tantala rūdas atradnes ir Nazereno Brazīlijā un Abu-Dabbaba Apvienotajos Arābu Emirātos, arī Nigērijā. Pasaulē gadā iegūst 32–33 tūkstošus tonnu šo ķīmisko elementu (pēc svara pārrēķinot niobija oksīdā). Aprēķinātie un novērtētie šo minerālu krājumi pasaulē (2005. gadā) noteikti 5,2 miljardu tonnu apjomā, krājumi ekspluatācijā esošajās atradnēs – 4,4 miljardu tonnu apjomā. Pasaulē tirgū lielākās piegādātājas ir Brazīlija (88,4%) un Kanāda (10,1%).

Niobija un tantala rūdas visbiežāk atsevišķi neiegūst un arī neuzskaita, tiek uzrādīts kopējais daudzums, turklāt tikai koncentrātos, kas ir kalnrūpniecības produkts. Šādu rūdu koncentrātu ražošana pasaulē tiek veikta tikai dažās valstīs (sk. 60. tabulu).

Analizējot 60. tabulas datus, ir jāņem vērā, ka nozīmīgākā tantala rūda ir pirohlors, lai arī tā pamatā ir niobija rūda, un tantals tajā ir tikai piemaisījumu veidā. Ieguves apjoma ziņā izteikti dominē Brazīlija.

Tantala ražošanas daudzums pasaulē (sk. 123. attēlu) līdz pat 1968. gadam bija maznozīmīgs, bet tad strauji pieauga – līdz aptuveni 400 tonnām gadā. Šī tendence saglabājas līdz 1996. gadam. Turpmāk tantala ražošana strauji ir palielinājusies un četru gadu laikā trīskāršojusies.

Pieejamā statistika par tantala iegūvi gadā nav viennozīmīga, jo liels metāla daudzums no pus-



123. attēls. Iegūtā tantala daudzums pasaulē

fabrikāta (ferrotantala) tieši tiek izmantots sakausējumu iegūšanai, bet šādiem pusfabrikātiem metāla daudzums ir zināms tikai ļoti aptuveni. Tomēr, ņemot vērā koncentrātu minerālu sastāvu, esošie dati ļauj novērtēt tantala metāla ieguves dinamiku pēdējo gadu laikā (sk. 61. tabulu).

61. tabula. Tantala ieguve pasaulē, tonnās tīrmetāla izteiksmē

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004	2005*	2006*
Austrālija, no kolumbīta un tantalīta maisījuma	485	660	940	765	730	730	730
Brazīlija, no tantalīta	190	210	190	200	250	250	260
Burundi	8	32	15	6	6	6	6
Etiopija, no tantalīta	39	28	35	35	35	45	70
Kanāda, no tantalīta	57	77	58	55	69	70	70
Mozambika, tantalīts	10	11	19	75	280	81	81
Namībija, tantalīts	1	3	6	11	11	3	3
Nigērija, no kolumbīta un tantalīta maisījuma	23	30	8	21	21	5	5
Ruanda, tantalīts	124	53	20	26	40	40	50
Uganda, tantalīts	1	3	2	4	5	0,1	ND
Zaira, no kolumbīta un tantalīta maisījuma	130	60	30	15	60	25	10
Zimbabve, tantalīts	ND	9	144	69	4	ND	0,2
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>1070</b>	<b>1180</b>	<b>1470</b>	<b>1280</b>	<b>1510</b>	<b>1260</b>	<b>1290</b>

\*Nepārbaudīti ASV Ģeoloģijas dienesta dati.

ND – dati nav pieejami.

Nelielā apjomā tantala rūdas ieguve tiek veikta arī Bolīvijā, Ķīnā, Francijas Gviānā, Kazahstānā un Krievijā, tomēr šajās valstīs koncentrējas mazāk nekā 1% no visas pasaules tantala minerālu ieguves.

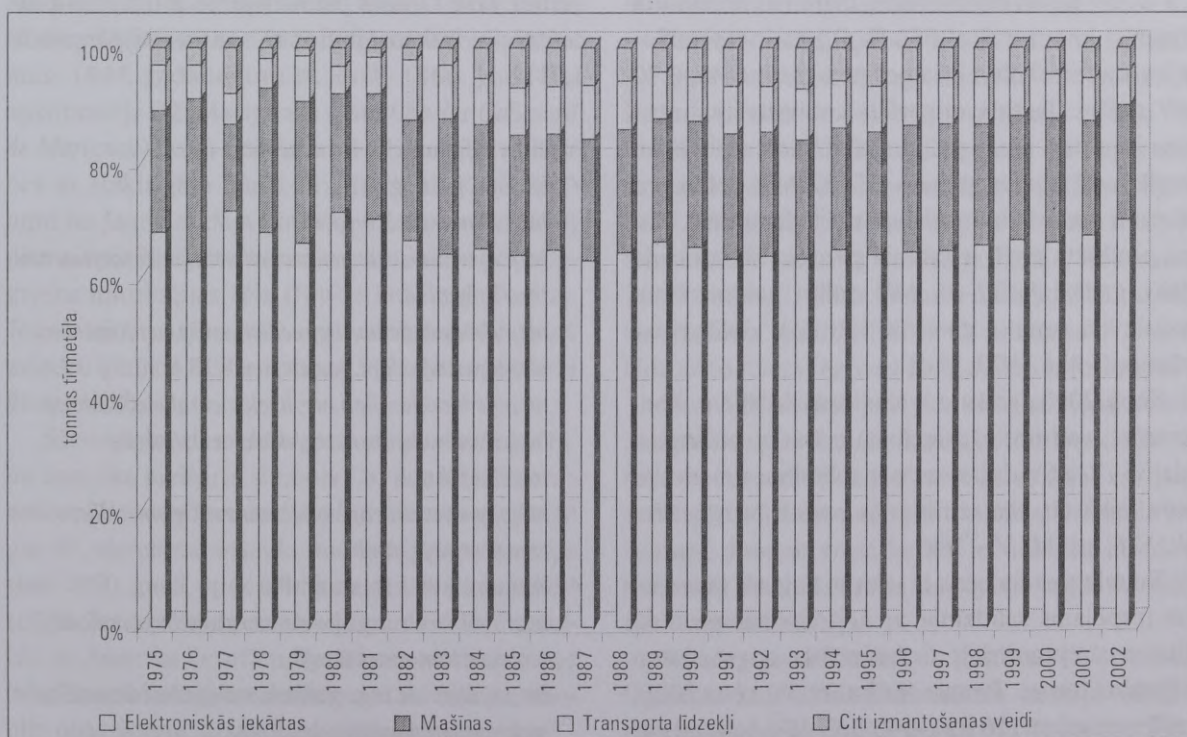
Tīrmetāla formā tantalu neizmanto, tiek izmantotas ķīmiskās vielas. Tantala karbīdus izmanto griezējinstrumentu izgatavošanā, tantala oksīdus – fotokameru lēcu, rentgena filmu un tintes printeru izgatavošanā, tantala pulveri – ļoti atbildīgās elektroniskās iekārtās (ABS automašīnās, medicīniskās iekārtās, GPS atrašanās vietas noteikšanai utt.), tantala plāksnes, vadus un stieņus izmanto par katodiem un īpašu aprīkojumu ķīmiskajā rūpniecībā, signalizācijā atomrūpniecībā, atsevišķu skeleta daļu protēzēm pēc audzēju slimībām utt., visplašāk – īpašiem sakausējumiem (lidmašīnu gāzes turbīnu daļām, lāpstīnās, raķešu dzinējos sprauslās un tamlīdzīgi; sk. 124. attēlu).

Attēlā redzams, ka tantalu visvairāk izmanto elektroniskajās iekārtās, tomēr detalizētāki dati nav pieejami. 2005. gadā pasaulē 20% tantala izmantoja aerokosmiskajā industrijā, 10% – ķīmisko savienojumu ražošanā, 15% – metālapstrādē, 50% – elektronisko iekārtu ražošanā (ieskaitot sadzīves elektroniku, tostarp mobilos sakaru līdzekļus).

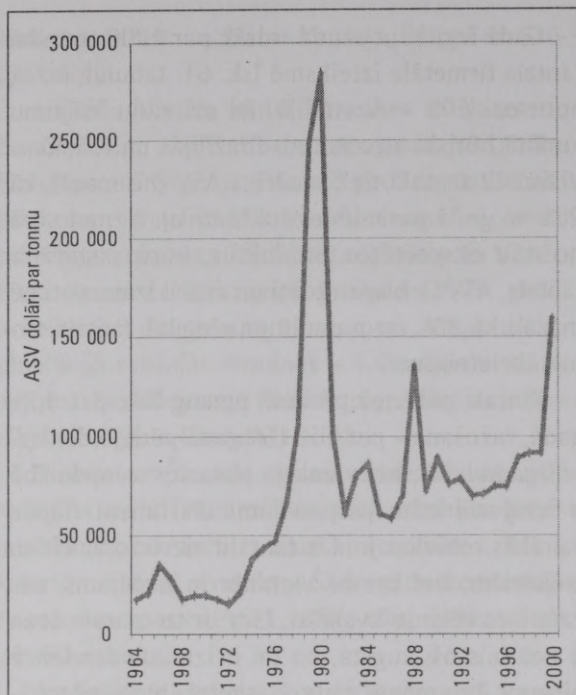
Gadā iegūst nedaudz vairāk par 1200 tonnām tantala tīrmetāla izteiksmē (sk. 61. tabulu), no tā aptuveni 60% – Austrālijā, lai arī rūdu krājumu ziņā tā būtiski atpaliek no Brazīlijas un Kanādas. Visvairāk tantala tiek patērēts ASV (ne mazāk kā 20% no gadā pasaulē iegūtā tantala). Ņemot vērā no ASV eksportētos produktus, kuru sastāvā ir tantals, ASV tiek apstrādāti un citādi izmantoti ne mazāk kā 35% no pasaulē jauniegūtā tantala tīrmetāla izteiksmē.

Tantala patēriņš pasaulē pieaug līdz pat 9,3% gadā, ražošana – pat līdz 16% gadā pēdējo divdesmit gadu laikā, bet vienalga pasaules saimniecībā ir neapmierināts pieprasījums 3% līmenī. Tāpēc vairākās tehnikas jomās tantalu aizvieto ar citām izejvielām, bet tas ne vienmēr ir iespējams, nezaudējot vēlamo kvalitāti. Līdz ar to tantala cena ir neatbilstoši augsta, un tai ir izteikta tendence pieaugt. Prognozes rāda, ka tantala patēriņš tuvākajos gados turpinās pieaugt par 7% gadā.

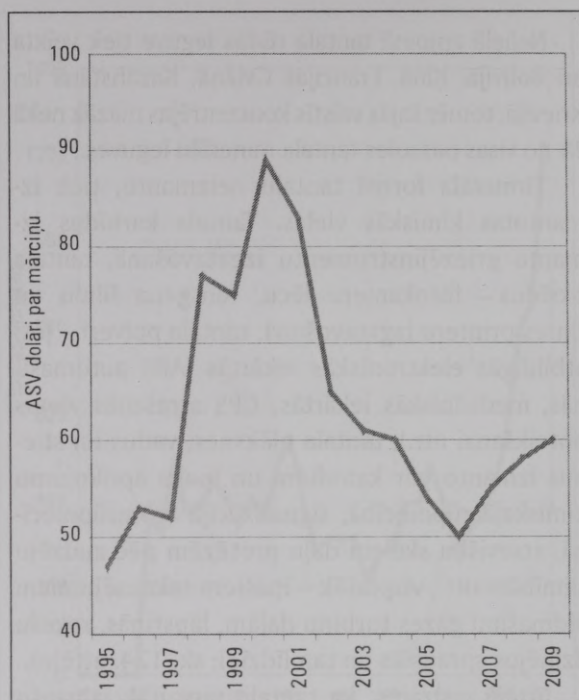
Tantala pamata izejvielu – pirohlorā un tantālīta rūdas – cena netiek izpausta, līdz 1981. gadam tā visās pasaules valstīs bija slepena (kodoltehnoloģiju un augsto militāro tehnoloģiju izplatīšanas ierobežojumu dēļ). Ir pieejami tikai pastarpināti novērtējumi par valstiski regulētām



124. attēls. Tantala svarīgākās izmantošanas jomas un to izmaiņas



125. attēls. Tantara cena vēsturiskā skatījumā



126. attēls. Tantara rūdas koncentrāta cenas izmaiņas un prognozes, ASV dolāros par mārciņu pircēja norādītā ostā (Londonas metālu biržas dati)

iepirkuma cenām pēdējos četrdesmit gados (sk. 125. attēlu).

Kopš 2000. gada rūdas pašizmaksas cena ir 2,5–3 ASV dolāri par mārciņu, mārciņas kolumbīta minerāla koncentrāta (65% Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) vai no pirohlorā iegūta ferrokolumbīta pašizmaksa ir 6,45–6,70 ASV dolāri. Tantara minerālu koncentrāta tirgus cena ir būtiski pieaugusi un salīdzinoši stabila jau vairāk nekā piecus gadus – 35–37 ASV dolāri par mārciņu (neierēķinot transporta izdevumus). Biržas produkts tirgū ir tantalā pentoksīds, tā cena 2006. gadā bija 32–35 ASV dolāri par mārciņu, maksimālā cena – gandrīz 180 ASV dolāru par mārciņu – bija 1979. gadā.

Kopš 2005. gada nogales tantalā rūdas koncentrāta vairumtirdzniecības cena ir pieaugusi līdz 55–70 ASV dolāriem par mārciņu, un tuvāko gadu laikā tās samazināšanās netiek prognozēta (sk. 126. attēlu).

Tantalā metāla cena ir relatīvi augsta, lai arī to nav iespējams salīdzināt ar lieltonnāžas produkciju un starptautiskās tirdzniecības apgrozījumu miljardos tonnu. Tantalā (tīrība 99,9%) cena 2005. gadā sasniedza 110 231–145 505 ASV dolārus par kilogramu, bet lielākais darījumu skaits tika slēgts

par 137 789 ASV dolāriem kilogramā. Atkārtoti tiek izmantoti un pārstrādāti aptuveni 20% no visa iegūtā tantalā metāla, un tas ir ļoti augsts rādītājs, ņemot vērā tantalā piemaisījumu ļoti zemo koncentrāciju (sakausējumos tā saturs reti pārsniedz 1,5%).

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija, ģeoloģija
  - <http://www.tanb.org/>
  - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Ta/geol.html>
  - <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/tantalum>
  - <http://periodic.lanl.gov/elements/73.html>
  - <http://education.jlab.org/itselemental/ele073.html>
  - <http://www.chemsoc.org/viselements/pages/tantalum.html>
  - <http://www.min-eng.com/commodities/metall/tantalum/refs.html>
- ✓ Krājumi, resursi, statistika
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/niobium/tantamcs06.pdf>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/niobium/niobimyb04.xls>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/usbmmyb.html>

<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/tantalum.xls>  
<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/tantalum-use.xls>

✓ Cenās

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/niobium/>  
<http://nickelalloy.com/FreeSite/metals/ta/ta.asp>

## Niobijs

Niobijs ir gaiši pelēks, mehāniski izturīgs, bet arī labi kaļams metāls. Tas ir ķīmiski neaktīvs, jo tā virsmu sedz blīva metāla oksīda aizsargkārtiņa. Normālos apstākļos niobijs reaģē tikai ar fluoru, fluorūdeņražskābi, arī ar fluorskābes un slāpekļskābes maisījumu.

Niobija atklāšanas vēsture ir pārpratumu pilna. Konektikutas (ASV) pirmais gubernators J. Vintrops jaunākais (*John Winthrop the Younger*) 1734. gadā atrada jaunu minerālu un nosauca to par kolumbītu –  $(\text{Fe, Mn, Mg})(\text{Nb, Ta})_2\text{O}_6$ . Paraugu viņš nosūtīja uz Britu muzeju Anglijā. Tur tas neviens neievērots nogulēja līdz 1801. gadam, kad to pētīja Č. Hečets (*Charles Hatchett*) un konstatēja jaunu ķīmisko elementu, kuru viņš nosauca par kolumbītu, bet tā arī nespēja iegūt tīrmetālu. Pirmo reizi to paveica zviedru ķīmiķis A. Ēkebergs 1802. gadā, bet vairākums tā laika ķīmiķu uzskatīja, ka tantals un niobijs ir viens un tas pats ķīmiskais elements, tikai – dažādas to alotropiskās formas. Pierādījumus, veicot pētījumus, 1844. gadā ieguva H. Rosē. 1866. gadā tos apstiprināja Dž. Marignaks (*Jean Charles Galissard de Marignac*), kurš no šiem metāliem ieguva skābes ar atšķirīgām īpašībām. Tā kā H. Rosē pētījumi no jauna atklāja ķīmisko elementu, viņš arī pirmais piedāvāja to nosaukt par niobiju pēc sengrieķu mitoloģijas tēla (Niobe ir Tantala meita). Tomēr niobija tīrmetālu ieguva tikai 1864. gadā zviedru ķīmiķis K. Blomstrands (*Christian Wilhelm Blomstrand*).

Sākumā šo elementu nosauca par kolumbītu, un tam tika piešķirts simbols Cb, bet IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*) oficiāli par 41. elementa nosaukumu niobiju apstiprināja tikai 1950. gadā – pēc vairāk nekā 100 gadu ilguša strīda. Tas bija kompromisa lēmums: IUPAC atteicās no Amerikas lietotā tungsteina nosaukuma par labu Eiropā lietotajam volframam un bija par niobija nosaukumu, atsakoties no kolumbīta.

Niobijs dabā ir reti sastopams. Tā koncentrācija

Visumā pēc masas ir tikai 2 ppb, uz Saules – 4 ppb, meteorītos – 190 ppb, uz Zemes magmatiskos iezos – 17 000 ppb, Pasaulē okeānā – 0,001 ppb. Zemes garozā niobija daudzums tiek vērtēts kā 20 miligrami kilogramā iezū.

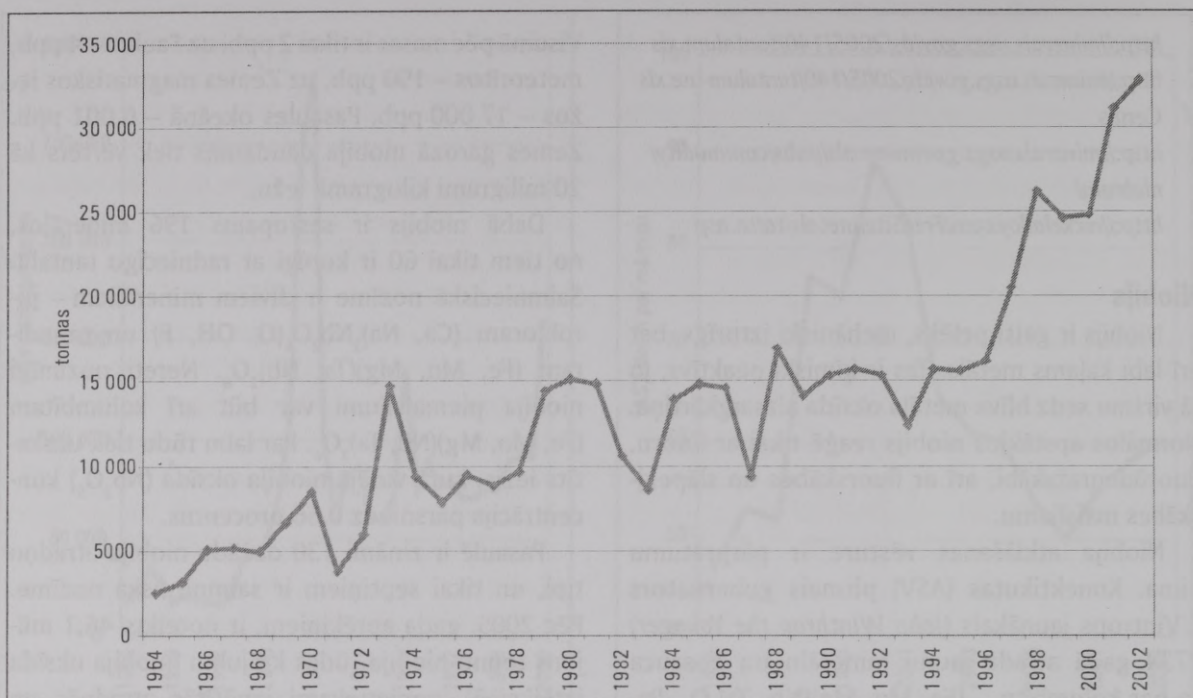
Dabā niobijs ir sastopams 196 minerālos, no tiem tikai 60 ir kopīgi ar radniecīgo tantalu. Saimnieciskā nozīme ir diviem minerāliem – pirohloram  $(\text{Ca, Na})_2\text{Nb}_2\text{O}_6(\text{O, OH, F})$  un tantālītam  $(\text{Fe, Mn, Mg})(\text{Ta, Nb})_2\text{O}_6$ . Nereti nozīmīgi niobija piemaisījumi var būt arī kolumbītam  $(\text{Fe, Mn, Mg})(\text{Nb, Ta})_2\text{O}_6$ . Par labu rūdu tiek uzskatīts iezis, kurā vidējā niobija oksīda ( $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ) koncentrācija pārsniedz 0,66 procentus.

Pasaulē ir zināmi 130 dažādu niobija atradņu tipi, un tikai septiņiem ir saimnieciska nozīme. Pēc 2005. gada aprēķiniem, ir noteikts 46,1 miljoni tonnu niobija rūdas krājumu (niobija oksīda izteiksmē), nepietiekami izpētītās atradnēs un tajās, kuru ekonomiskais novērtējums ir pārstrādājams, – vēl 9,91 miljoni tonnu niobija oksīda. Niobija rūdas resursi zināmajās atradnēs un perspektīvajos laukumos 2005. gadā novērtēti 153 miljoni tonnu apjomā, no tiem gandrīz visus veido tikai divas valstis – Brazīlija un Austrālija – aptuveni vienādā daudzumā. Tomēr vairākumā gadījumu šīs rūdas ieguve arī nākotnē būs ekonomiski neattaisnota zemās kvalitātes dēļ.

Pasaulē lielākā niobija rūdas atradne ir Brazīlijā (Araksas atradne), tajā izpētītie un novērtētie krājumi pārsniedz 460 miljonus tonnu niobija tīrmetāla izteiksmē. Šī atradne viena pati spēj nodrošināt pasaules saimnieciskās vajadzības ilgāk nekā 500 gadu. Šeit tiek iegūta pirohloras minerāla iegulas augšējā sadēdējusī daļa, kas satur 2,5–3,0%  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ . Rūdas ieguve notiek plašā karjerā bez īpašiem spridzināšanas un urbšanas darbiem. Līdz ar to rūdas ieguves pašizmaksa ir ļoti zema.

Otra lielākā niobija rūdas (arī pirohloras) atradne ir *Mineração Catalão* Brazīlijā, kur ir rūda ar vidējo koncentrāciju 1,34% niobija oksīda, kas ļauj šeit iegūt 18 miljonus tonnu niobija tīrmetāla izteiksmē. Pasaulē trešā lielākā ir Niobekas atradne Kvebekā, Kanādā, kur ir iespējams iegūt 18 tūkstošus tonnu niobija.

Tomēr nesalīdzināmi bagātākas ir atradnes Ugandā, kur rūdā konstatētais niobija oksīda daudzums sasniedz 37,9%, arī 52,7% un pat 55%. Šeit zināma arī maksimāli augsta koncentrācija,



127. attēls. Niobija ieguves daudzuma izmaiņas, tonnās, pārrēķinot niobija oksīdā

sasniedzot atradnē kopā 63%. Tie ir ļoti bagāti dabiskie koncentrāti, tomēr to saimnieciskā izmantošana noteikti netiks sākta vēl daudzus gadu desmitus ļoti sarežģīto vietējo ģeoloģisko un tehnisko apstākļu dēļ.

Vajadzības pēc niobija palielinājās (sk. 127. attēlu), pakāpeniski pieaugot līdz 1987. gadam, kad tā ražošana strauji dubultojās sešos gados.

Niobija rūda ir zināma vairāk nekā 30 valstīs pasaulē, dažādos laikos to ieguve ir veikta vairāk nekā 25 valstīs, tomēr mūsdienās ekonomisku iemeslu dēļ rūdas ieguve tiek veikta tikai dažās valstīs (sk. 62. tabulu).

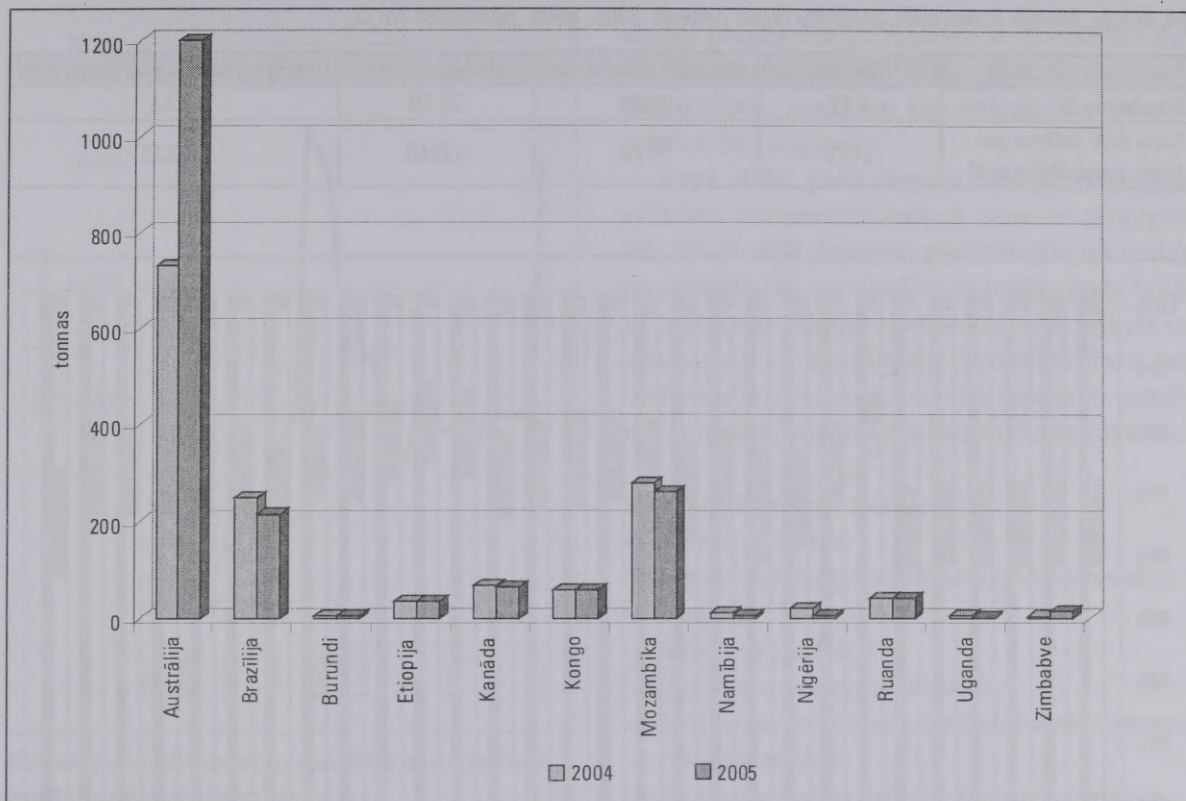
Iegūtā niobija daudzums tūrmetāla izteiksmē (sk. 128. attēlu) uzskatāmi norāda uz ieguves koncentrāciju tikai dažās valstīs pasaulē. Tomēr pēdējos

62. tabula. Niobija saturošu minerālu ieguve pasaulē, tonnās niobija oksīda izteiksmē

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004	2005*	2006*
Austrālija, kolumbīta un tantalīta maisījums	160	230	290	230	200	200	200
Brazīlija, pirohlors	21 800	27 300	28 900	29 000	29 900	35 000	56 000
Etiopija, tantalīts	7	5	6	6	6	7	11
Kanāda:						3310	3500
Pirohlors	2280	3180	3330	3270	3450	ND	ND
Tantalīts	11	15	12	11	10	ND	ND
Mozambika	5	5	8	34	130	34	35
Namībija	1	~7	~7	1	1	ND	ND
Nigērija, kolumbīta un tantalīta maisījums	200	250	65	160	170	40	80
Ruanda	176	76	30	40	63	63	65
Uganda	1	5	3	8	8	ND	ND
Zaira, kolumbīta un tantalīta maisījums	110	50	25	13	52	25	25
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>24 800</b>	<b>31 100</b>	<b>32 700</b>	<b>32 800</b>	<b>34 000</b>	<b>38 700</b>	<b>59 900</b>

\* ASV Ģeoloģijas dienesta nepārbaudīti dati.

ND – dati nav pieejami.



128. attēls. Niobija ieguve pasaulē, tonnās, pārrēķinot tīrmetālā

20 gados ir atrastas daudzas jaunas niobija atradnes Brazīlijā, Ķīnā, Krievijā, Kenijā, Ēģiptē, Zairā, Nigērijā, Kongo, Taizemē, Ugandā, Malaizijā, Ziemeļkorejā un citur, lielākās – Austrālijā, Ēģiptē un Grenlandē. No tām lielākās atradnes ir izpētītas leksējā Mongolijā (Ķīnā), kur ekonomiski novērtēti krājumi niobija oksīda izteiksmē ir seši miljoni tonnu.

Niobija ieguve izteikti koncentrējas valstīs, kurās ir vislielākie izpētītās rūdas krājumi (sk. 63. tabulu). Ir tikai dažas valstis, kurās šīs rūdas ieguvei ir būtiska ietekme uz nacionālo ekonomiku un kurās kalnrūpniecība ir nozīmīgs darba devējs vietējiem iedzīvotājiem.

No niobiju saturošiem minerāliem ( $Nb_2O_5$  koncentrācija 0,6–3,0%) sākotnēji iegūst minerālu koncentrātu – pulverveida vai granulētu masu ( $Nb_2O_5$  25–65%), ko tālāk izmanto sakausējumos (ja nav nepieciešams augstākas tīrības metāls) vai, ķīmiski apstrādājot, iegūst augstas tīrības metāla oksīdu ( $Nb_2O_5$  99,99%). Tirdzniecības prece ir koncentrāti, oksīdi un pirmkausējumi, to daudzuma un cenas proporcijas (sk. 64. tabulu) norāda, ka izteikti dominē koncentrāti, kuru cena ir tuva pirmkausējumu cenai.

63. tabula. Lielākie izpētītie niobija rūdas krājumi un rūdas ieguve pasaulē 2003. gadā

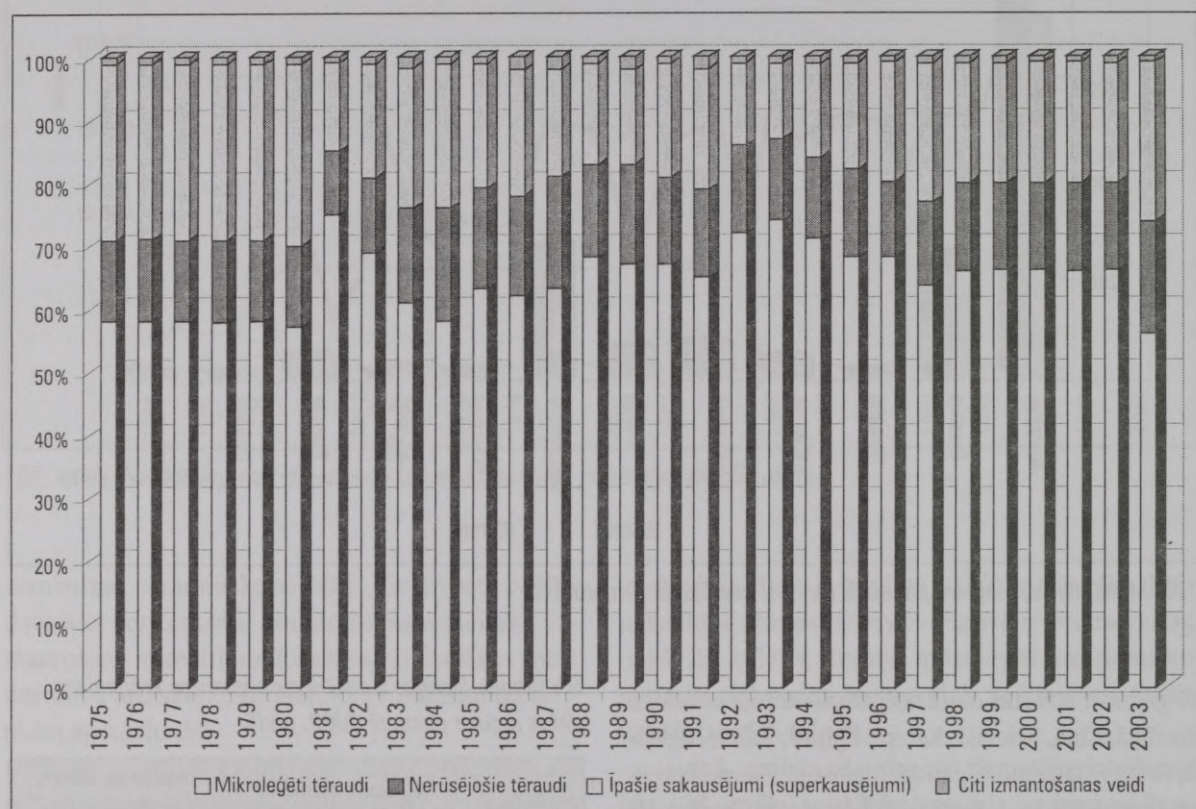
Valsts	Krājumi atradnēs, pārrēķinot $Nb_2O_5$ , %	Ieguve atradnēs, procentos no ieguves pasaulē
Brazīlija	90,0	92,4
Kanāda	7,2	7,1
Nigērija	1,6	0,1
Zaira	0,9	< 0,1
Austrālija	0,3	0,4

Ekonomiski tas ir izdevīgi, jo dominējošajās niobija ražotājvalstīs nav pieejamas augstās tehnoloģijas legētā niobija tērauda ražošanai un nav pietiekami attīstīta augsto tehnoloģiju elektrotehniskā rūpniecība.

Niobija izmantošana ir ļoti plaša. To visvairāk izmanto kā piedevas ļoti augstas kvalitātes legētam tēraudam (sk. 129. attēlu). Šādām vajadzībām izmantoti HSLA feroniobija pirmkausējumi (aptuveni 60%Nb). Niobija oksīdu izmanto litija niobāta ražošanai (akustisko viļņu filtrēšanai, datorekrānu stikla un dažādu keramisko virsmu pārklājumiem).

64. tabula. Niobija komerciālo produktu tirgus pasaulē 2005. gadā, pārrēķinot Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

	Minerāli	Minerālu koncentrāti	Niobija oksīds	Dzelzs un niobija pirmkausējums
Daudzums, %	1,17	60,80	35,50	2,53
Cena ASV dolāros par tonnu piegādātāja ostā	7112	1170	17340	13333



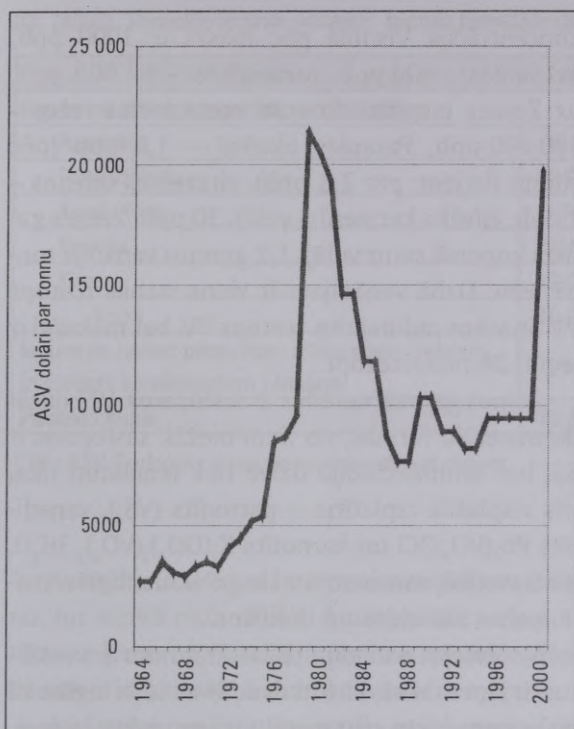
129. attēls. Niobija galapatēriņa struktūra, tonnās, pārrēķinot tīrā niobijā

Niobija karbīdus plaši izmanto, lai uzlabotu griezējinstrumentu kvalitāti, niobija pulveri – mikroelektronikā dažādu pusvadītāju shēmās. Niobija un tantala un niobija un alvas sakausējumi ļoti plaši tiek izmantoti supervadītāju industrijā un magnētiskās rezonanses attēlu veidošanā, niobija un 1% cirkona sakausējumi – nātrija tvaika lampās un ķīmiskās rūpniecības aprīkojuma ražošanā, dzelzs un niobija un niķeļa un niobija sakausējumi – turbīnu lāpstiņu un raķešu sprauslu izgatavošanā.

2005. gadā no izmantotajām 50 tūkstošiem tonnu niobija (oksīda izteiksmē) gandrīz 97% niobija pasaulē tika izlietoti dažādu tērauda šķirņu ražošanā. Galvenie niobija gala izmantošanas veidi ir oglekļa tērauds – 30%, zemi legēts augstas stiprības tērauds – 22%, īpašie sakausējumi – 20%, legēts tērauds (līdz 50 g niobija

vienā tonnā tērauda) – 14%, nerūsējošs un karstumizturīgs tērauds – 13%. Citi izmantošanas veidi kopā aptver līdz 1% no kopējā izmantotā niobija daudzuma.

Niobija pirmproduktu cena ir atkarīga ne tikai no tehnoloģiju attīstības, kas būtiski ietekmē patēriņa daudzumu un dažādus produktus, bet arī no koncentrātu ieguves un pirmkausējumu ražošanas izmaksām, arī transporta izdevumiem. Šīs izmaksas nav tieši salīdzināmas, tāpēc statistiskos aprēķinos kopš 1964. gada attiecībā uz šo metālu ir pieņemts visus produktus izteikt Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> saturā, un katru gadu tiek aprēķināta vidēji svērtā visu niobija pentoksīdu saturošo tirgus produktu (izejvielu) cena pasaulē (sk. 130. attēlu). Šāda pieeja ļāva iekļaut statistikā arī produktus (pamatā sakausējumus), kas jau atradnēs tiek iegūti tikai



130. attēls. Niobija cenas (piegādātāja ostā) izmaiņas, tonnās, pārrēķinot niobija oksidā

militārām vajadzībām, bet aprēķinātie dati neļauj droši noteikt atsevišķo izejvielu cenu, jo tās tiek reizinātas ar mainīgajiem apjomiem, kas joprojām ir konfidenciali.

Niobija pamata izejvielu rūdas cena netiek izplatīta, līdz 1981. gadam tā visās pasaules valstīs bija slepena (kodoltehnoloģiju un augsto militāro tehnoloģiju izplatīšanas ierobežojumu dēļ).

Kopš 2000. gada rūdas pašizmaksas cena ir 2,5–3 ASV dolāri par mārciņu. Mārciņas kolumbīta un pirohlorā koncentrāta (65% Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) vai no pirohlorā iegūta ferokolumbīta pašizmaksa ir 6,45–6,70 ASV dolāri. Niobija minerālu koncentrāta tirgus cena ir būtiski pieaugusi un salīdzinoši stabila jau vairāk nekā piecus gadus – 35–37 ASV dolāri par mārciņu (neierēķinot transporta izdevumus). Biržas produkts tirgū ir niobija pentoksīds, tā cena 2006. gadā bija 32–35 ASV dolāri par mārciņu, maksimālā cena bija 1979. gadā – gandrīz 180 ASV dolāru par mārciņu. Arī 2006. gadā niobija rūdas cena īslaičīgi pieauga līdz pat vienam ASV dolāram par gramu jeb 1000 ASV dolāriem par kilogramu, ko izraisīja "Airbus" konsorcijs A-380 ražošanas vienreizējie ārkārtas iepirkumi, pēc tam cena divu mēnešu laikā stabilizējās. Augstas tīrības (99,99%)

niobija pentoksīda pašizmaksa ir 75 000 ASV dolāru par tonnu rūpnīcā, neierēķinot fasēšanas un uzglabāšanas izmaksas, kas attiecībā uz šo produktu ir ļoti augstas.

Kopš 2005. gada nogales niobija rūdas koncentrāta vairumtirdzniecības cena ir pieaugusi līdz 55–70 ASV dolāriem par mārciņu, un netiek prognozēta tās samazināšanās tuvāko gadu laikā, jo paplašinās niobija speciālo tērauda šķirņu izmantošana aerokosmiskajā rūpniecībā (īpaši lidmašīnu būvē) un kodoltehnikā (pastāvīgi palielinās jaunbūvējamo kodolreaktoru skaits pasaulē).

#### Papildu informācija internetā

##### ✓ Ķīmija, ģeoloģija

- <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/niobium/>
- <http://www.tanb.org/>
- <http://www.tanb.org/niobium1.html>
- <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Nb/geol.html>
- <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/niobium>
- <http://periodic.lanl.gov/elements/41.html>
- <http://education.jlab.org/itselemental/ele041.html>
- <http://www.chemsoc.org/viselements/pages/niobium.html>
- <http://www.min-eng.com/commodities/metallc/niobium/refs.html>

##### ✓ Krājumi, resursi, statistika

- <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/niobium/230798.pdf>
- <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/columbium.xls>
- <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/columbium-use.xls>
- <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/niobium/niobimyb04.xls>

##### ✓ Cenas

- <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/niobium/niobimyb04.pdf>
- <http://www.nrcan.gc.ca/ms/canmet-mtb/mmsl-lmsm/ccrmp/pricesccrmp-e.htm>
- <http://milan2.mofcom.gov.cn/aarticle/supplydemandofchina/200610/20061003441452.html>

#### Vanādijs

Vanādijs ir gaiši pelēks, ciets, kaļams un salīdzinoši viegls metāls. Parastos apstākļos vanādijs ir ķīmiski mazaktīvs, jo tā virsmu sedz vanādija

oksīda kārtiņa. Šādos apstākļos vanādijs reaģē tikai ar fluorūdeņražskābi un karaļūdeni.

Vanādiju 1801. gadā netīšām atklāja spāņu mineralogs A. M. Rio (*Andrés Manuel del Río*) Mehiko, pētot rūdas minerālus, kas būtu noderīgi hroma ieguvei. Viņš pētīja "brūnā svina" minerālu, ko mūsdienās sauc par vanadinītu  $Pb_5(VO_4)_3Cl$  (no piromorfīta – mīmetīta minerālu rindas), un konstatēja skābēs iegūtajiem sāļiem atšķirīgu krāsojumu nekā hromam. Tāpēc jauno elementu A. M. Rio nosauca par *panchromium*, bet vēlāk pats to pārdēvēja par *erythronium* (jo vairākums iegūto jaunā elementa sāļu karstumā krāsojās sarkani). Diemžēl kuģu katastrofas dēļ pārbaudes paraugi Eiropā nonāca tikai daļēji, un to analīzes arī nebija precīzas, tāpēc franču ķīmiķis H. V. Kolē (*Hippolyte Victor Collet-Descotils*) iepriekšējos pētījumus atzina par nepietiekami tīri iegūta hroma sāļu paraugu pētījumiem, kam piekrita arī A. M. Rio draugs barons A. Humbolts (*Alexander von Humboldt*). Tikai 1831. gadā zviedru ķīmiķis N. G. Sefstrēms (*Nils Gabriel Sefström*) vēlreiz atklāja vanādiju, pētot dzelzsrūdas pārstrādes oksīdus, un piedāvāja to saukt par vanādiju. Tajā pašā gadā F. Vēlers apstiprināja A. M. Rio pētījumu pareizību. Viens no pirmajiem ASV ģeologiem G. V. Feterstonhaugs (*George William Featherstonhaugh*) 1835. gadā piedāvāja jauno ķīmisko elementu saukt par rioniumu, akcentējot A. M. Rio ieguldījumu, bet šis ierosinājums netika pieņemts.

Metālisku vanādiju pirmo reizi ieguva H. E. Rosko (*Henry Enfield Roscoe*) 1867. gadā. Pēc tam jaunais ķīmiskais elements tika vispāratzīts. Tam piešķīra vanādija vārdu (*Vanadis* – Īslandē un Zviedrijā atzīta skaistuma dieviete), tādējādi akcentējot vanādija sāļu krāšņos toņus.

Dabā vanādijs ir salīdzinoši reti izplatīts. Tā

koncentrācija Visumā pēc masas ir 1000 ppb, uz Saules – 400 ppb, meteorītos – 62 000 ppb, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 190 000 ppb, Pasaules okeānā – 1,5 ppb (pēc citiem datiem, pat 2,5 ppb), virszemes ūdeņos – 1 ppb, cilvēka ķermenī – vidēji 30 ppb. Zemes garoza kopumā satur vidēji 1,2 gramus vanādija tonnā iežu. Dabā vanādijs ir viens stabils izotops  $^{51}V$  un viens radioaktīvs izotops  $^{50}V$ , bet mākslīgi ir iegūti 24 radioizotopi.

Zemes garozā vanādijs ir sastopams 197 dažādu minerālu formās, no tiem biežāk sastopami ir 65, bet saimnieciskajā dzīvē tiek izmantoti tikai trīs visplašāk izplatītie – patronīts ( $VS_4$ ), vanadinīts  $Pb_5(VO_4)_3Cl$  un karnotīts  $K_2(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot 3H_2O$ . Bieži vanādija savienojumi ir arī akmeņoglēs, naftā, naftas slānekļos un boksītos.

Novērtējot vanādija rūdas krājumus un resursus, ir jāņem vērā, ka ļoti daudz vanādija iegūst kā blakus produktu citu metālu un produktu ieguvē, līdz ar to vanādija rūdas daudzumu var vērtēt tikai indikatīvi (sk. 65. tabulu).

Ģeoloģiskie pētījumi iepriekšējos gadu desmitos liecina, ka pasaulē zināmie vanādija resursi pārsniedz 68 miljonus tonnu tīrmetāla izteiksmē. Tas ir ļoti daudz, kas, esot pašreizējam rūdas patēriņam, nodrošina pasaules saimniecības vajadzības ilgāk nekā 1500 gadu. Jaunas vanādija rūdas atradnes netiek meklētas jau vairāk nekā 25 gadus.

Mūsdienās tikai aptuveni pusi tautsaimniecībā izmantojamā vanādija iegūst no rūdas (sk. 66. tabulu), galvenokārt piecās valstīs, no kurām četrās vanādijs tiek iegūts no kompleksām magnetīta rūdām – visvairāk Ķīnā un Dienvidāfrikā. Japānā un ASV no rūdu koncentrātiem iegūst samērā nelielu daudzumu vanādija, vairāk – no naftas pārstrādes atlikumiem.

65. tabula. Vanādija rūdas krājumi pasaulē, tonnās vanādija tīrmetāla

Valsts	Rūdas krājumi izpētītās un ekspluatācijā esošajās atradnēs, tūkstošos tonnu	Rūdas krājumi atradnēs, nepietiekami izpētītās atradnēs un atradnēs, kuru ekspluatācija ekonomiski ir nepietiekami pamatota, miljonus tonnu
ASV	45	4
Dienvidāfrikas Republika	3000	12
Krievija	5000	7
Ķīna	5000	14
Citas valstis kopā	150	1
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>13 195</b>	<b>38</b>

66. tabula. Vanādija ieguve pasaulē, tonnās tīrmetāla izteiksmē

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004	2005*	2006*
Ieguve no rūdas, koncentrātiem, izdedžiem							
Austrālija	1520	2660	3060	160	0		
Dienvīdāfrika	18 021	18 184	20 500	20 100	17 200	25 000	25 000
Kazahstāna	1000	1000	1000	1000	1000		
Krievija	7500	7500	8000	5800	8000	15100	18 800
Ķīna	12 000	12 000	13 200	13 200	14 000	17 000	17 500
Kopā	40 000	41 300	45 800	40 300	40 200		
Ieguve no naftas pārstrādes atlikumiem, pelniem, izlietotiem katalizatoriem (Japāna)	245	245	245	245	245		
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>40 300</b>	<b>41 600</b>	<b>46 000</b>	<b>40 500</b>	<b>40 400</b>	<b>58 200</b>	<b>62 400</b>

\* Pēc ASV Ģeoloģijas dienesta nepārbaudītiem datiem.

Austrālija 2004. gadā pārtrauca vanādija ražošanu, tur iegūtā rūda nelielā daudzumā tika eksportēta uz Ķīnu, un Austrālijā iegūtais vanādija daudzums ir iekļauts Ķīnā saražotā vanādija apjomā.

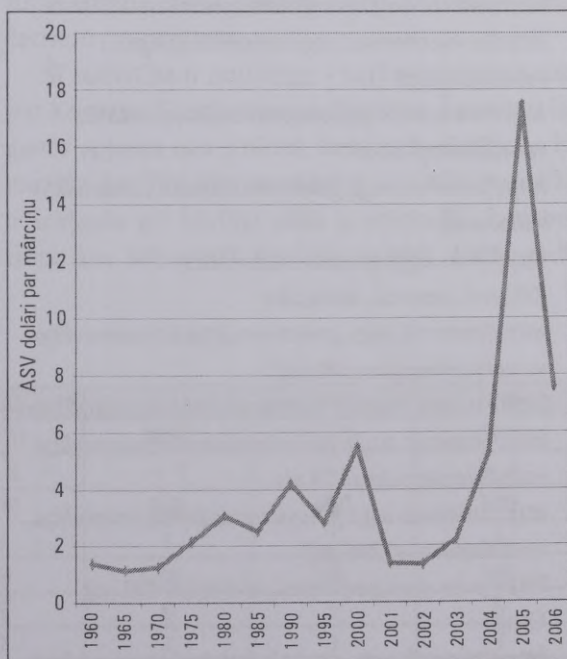
Atkārtota vanādiju saturošu instrumentu un izstrādājumu (katalizatoru ķīmiskajā rūpniecībā) savākšana un pārstrāde notiek ierobežoti. Lielākā vanādija daļa tiek izmantota dažādu tēraudu kausējumos, kuru lūžņus pārstrādājot vanādijs netiek atsevišķi nodalīts.

Vanādijs un to saturoši izstrādājumi tautsaimniecībā tiek izmantoti ļoti plaši. Aptuveni 80% vanādija izmanto kā piedevas tērauda ražošanā. Šāds vanādija legēts tērauds ir nerūsējošs, tas ir karstumizturīgs. Vanādija sakausējumi ar alumīniju un tantalu tiek izmantoti augstas slodzes kustīgos mehānismos (lidmašīnu dzinējos, turbīnās), tos plaši lieto ķēžu un zobratu mehānismos. Liela nozīme ir vanādija karbīdiem, kas tiek izmantoti par sastāva stabilizatoriem legēto tērauda ražošanā, tostarp īpašiem kausējumiem kodoltehnikā. Vanādija folija tiek izmantota tērauda pārklāšanai ar titāna kārtiņu, vanādija un gallija lentes lieto lielas jaudas supervadītāju magnētu ražošanā. Vanādija pentoksīdu ļoti plaši izmanto par katalizatoru sērskābes ražošanā, arī keramiskajā rūpniecībā, stikla pārklājumiem, lai nepieļautu infrasarkanā starojuma noteiktā temperatūras diapazonā, īpašās vanādija elektriskās baterijās. Vanādiju izmanto arī kā piedevu sintētiskiem korundiem, lai iegūtu augstvērtīgus aleksandrita kristālus juvelierizstrādājumu ražošanā.

Tautsaimniecībā vislielākā nozīme ir legētam vanādija tēraudam, tā standarta sakausējumā ir ne-

mazāk kā 0,15% vanādija piemaisījumu, bet īpašie vanādija tērauda sakausējumi (superkausējumi) satur līdz pat 5% vanādija.

Vanādija cena (98% tīrības vanādija pentoksīds) nav augsta ļoti ilgstoši (sk. 131. attēlu), tā būtiski ir mainījusies tikai kopš 2003. gada. Gada sākumā tā bija 6,20–9,0 ASV dolāri par mārciņu atkarībā no koncentrācijas, pēc trim mēnešiem vidējā cena jau sasniedza 12,5 ASV dolārus par mārciņu, bet gala nogalē – 23 ASV dolārus par mārciņu. Šajā laikā Eiropā cena palielinājās no 14,7 līdz 53 ASV dolāriem par kilogramu. Līdzīgi cena mainās arī



131. attēls. Vanādija pentoksīda ilgtermiņa piegāžu cenas izmaiņas

ciem vanādija produktiem, piemēram, vanādija pentoksīda cena ir palielinājusies no 2,75 līdz 9,80 ASV dolāriem par mārciņu.

Vanādija pentoksīda ( $V_2O_5$ ) cena 2005. gada beigās piegādēm no Dienvidāfrikas Republikas un Ķīnas bija 21 495–33 069 ASV dolāri par tonnu, vidēji – 27 282 ASV dolāri par tonnu. 2006. gadā cena stabilizējas – 17 630 ASV dolāru par tonnu. Tiek prognozēts, ka pēc krituma 2006. gadā un turpmāk stabilizētais cenu līmenis (8–9 ASV dolāri par mārciņu  $V_2O_5$ ) saglabāsies arī tuvākajos gados.

Otrs vanādija komerciālais produkts ir ferovanādija sakausējums (vanādija saturs 78–82%). Tā cena 2005. gadā bija 46 297–70 548 ASV dolāri par tonnu, vidēji – 60 627 ASV dolāri par tonnu. Pēc stabilizācijas 2007. gada jūlijā ferovanādija sakausējuma cena bija 41 888–45 195 ASV dolāri par tonnu.

#### Papildu informācija internetā

✓ Ķīmija, ģeoloģija

<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/V/geol.html>

<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/vanadium>

<http://www.mii.org/Minerals/photovan.html>

<http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts58.html>

<http://periodic.lanl.gov/elements/23.html>

<http://education.jlab.org/itselemental/ele023.html>

<http://www.chemsoc.org/viselements/pages/vanadium.html>

<http://www.min-eng.com/commodities/metall/vanadium/refs.html>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/vanadium/>

<http://pubs.usgs.gov/usbmic/ic-9409/>

✓ Krājumi, resursi, statistika

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/vanadium/vanadmcs06.pdf>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/usbmmyb.html>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/vanadium/vanadmyb04.xls>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/vanadium/vmis0706.pdf>

<http://pubs.usgs.gov/usbmic/ic-9409/9409.pdf>

✓ Cenas

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/vanadium/700798.pdf>

<http://nickelalloy.com/FreeSite/metals/v/v.asp>

## Vieglie retie metāli

Par viegliem retiem metāliem tautsaimniecībā visbiežāk sauc beriliju, rubīdiju, titānu un cirkoniju. Ļoti bieži pie šīs grupas pieskaita arī litiju, bet tas vienlaikus tiek pieskaitīts arī pie smagiem krāsainiem metāliem. Ķīmisko elementu sistēmā tie pieder pie IIA un IVB grupas.

### Berilijs

Berilijs ir gaišpelēks ļoti ciets un trausls metāls, tam piemīt liela mehāniskā izturība, augstā temperatūrā tas kļūst plastisks.

Ķīmisko elementu atklāja franču ķīmiķis L. N. Vokalēns (*Louis Vauquelin*) 1798. gadā, iegūstot berilija oksīdu no smaragda ( $Be_3Al_2Si_6O_{18}$ ), un berilija sāļu saldenās garšas dēļ jauno elementu nosauca par gliciniju. Tomēr kopš 1814. gada pakāpeniski jauno elementu sāka saukt minerāla vārdā – par beriliju. 1828. gadā franču ķīmiķi F. Vēlers un A. A. Bizī (*Antoine Alexandre Brutus Bussy*) neatkarīgi viens no otra ieguva berilija tīrmetālu, reducējot berilija hlorīdu ar kāliju.

Berilija vārds un tā izcelsme jau vairākus gadus ir zinātnisko strīdu “ābols”. Daļa uzskata, ka vārds cēlies no grieķu valodas vārda *beryllos*, kas apzīmēja zaļo vērtīgo minerālu; citi – no prakrita *veruliya*, no pali *veuriya*; citi – no dravīdu vai tamilu *veiruor*, *viar*.

Dabā berilijs ir rets elements. Tā koncentrācija Visumā pēc masas ir tikai 1 ppb, uz Saules – 0,1 ppb, meteorītos – 30 ppb, uz Zemes magmatiskos iežos – 1900 ppb, Pasaules okeānā – 0,0006 ppb, virszemes ūdeņos – 0,1 ppb, cilvēka ķermenī – vidēji 0,4 ppb. Zemes garozā vidējais berilija daudzums tiek vērtēts kā 2800 ppb. Dabā berilijam ir sastopams tikai viens stabils izotops  $^9Be$ , un ir zināmi desmit radioizotopi. Berilijs ir viens no pirmajiem četriem ķīmiskajiem elementiem (kopā ar ūdeņradi, hēliju un litiju), kas izveidojās pēc “Lielā sprādziena” Visuma pirmsākumos pirmo sekunžu laikā.

Berilijs ir sastopams 114 minerālos Zemes garozā, bet saimnieciska nozīme ir tikai četriem: bertrandītam ( $Be_4Si_2O_7(OH)_2$ ), berilam ( $Al_2Be_3Si_6O_{18}$ ), kristoberilam ( $Al_2BeO_4$ ) un fenakītam ( $Be_2SiO_4$ ). Sava nozīme ir arī retiem berila minerālu dārgakmeņiem – berilam un akvamarīnam.

Berila rūda (vidēji 11%  $BeO$ ) ir zināma vairāk nekā 70 valstīs pasaulē, tomēr tai nav saimnieciskas nozīmes. Rūdas ieguve intensīvi tiek veikta



132. attēls. Berilija rūdas ieguves apjoms pasaulē

tikai septiņās valstīs, ir ziņas, ka tā tiek iegūta vēl 5–7 valstīs, tomēr tās ANO noliedz šādu kalnrūpniecības veidu. Līdz 1957. gadam berilija tīrmetālu rūpnieciski neieguva un izmantoja tikai berilija sāļus. Mūsdienās berilijs saimnieciskajā apītē nonāk gan rūdas un tās koncentrātu, gan sāļu un kausējumu formā. Pieejamā statistika liecina par kodolieroču ražošanas intensīvākiem periodiem, kā arī enerģijas ieguvei paredzēto reaktoru būvniecības posmu pagājušā gadsimta astoņdesmito gadu pašā sākumā (sk. 132. attēlu).

Mūsdienās gadā tiek iegūts 120–140 tonnu berilija tīrmetāla izteiksmē (sk. 67. tabulu), lai arī drošības apsvērumi neļauj transportēt berilija rūdu, kurā berilija koncentrācija ir augstāka par četriem procentiem.

Šī statistika ir nepilnīga – tajā nav iekļauti dati par Krieviju, Kazahstānu un Nigēriju. Šo valstu ieguves apjoms nav zināms, bet kopā vērtējams kā mazāks par 200 kilogramiem gadā. ASV statistikā ir iekļauta arī berilija rūda (bertrandīta koncentrāts, kas satur 11% berilija oksīda). 2006. gadā

67. tabula. Berilija rūdas ieguve pasaulē, tonnās

Valsts	2001	2002	2003	2004	2005
ASV	2480	1970	2100	2210	2780
Brazīlija	~ 4	~ 4	~ 4	~ 4	~ 4
Ķīna	500	500	500	500	500
Madagaskara	1	1	1	1	1
Mozambika	1	54	78	45	146
Portugāle	5	5	5	5	5
Zambija	7	7	7	7	7
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>2990</b>	<b>2540</b>	<b>2690</b>	<b>2770</b>	<b>3440</b>
<b>Berilija tīrmetāls pasaulē kopā</b>	<b>120</b>	<b>101</b>	<b>108</b>	<b>111</b>	<b>138</b>

pasaulē iegūtā tīrmetāla daudzums samazinājās līdz 127 tonnām – ASV tika samazināta ražošanas līdž ar uzņēmumu modernizāciju, kuru bija paredzēts beigt 2007. gada nogalē.

Dati par beriliju un berilija rūdu ir ļoti fragmentāri, tomēr zināms, ka berilija rūdas resursi pārsniedz 280 tūkstošus tonnu (lielākā atradne pasaulē ir Jūtas pavalstī ASV, aprēķinātie krājumi – 116 tūkstoši tonnu BeO). Krājumi pasaulē tiek vērtēti aptuveni 80 tūkstoši tonnu BeO (no tiem 65% ASV Jūtas un Aļaskas pavalstīs).

Berilija izmantošana ir specifiska – rentgenstaru plūsmas virzītāji un sakausējumi (2% Be) ar niķeli griezējinstrumentu ražošanai, 2% sakausējums ar varu ļauj izgatavot korozijas izturīgus materiālus žirokompasiem, instrumentiem un lieljaudas datoriem; metālu struktūru veidojoši sakausējumi aerokosmiskajā industrijā, raķešu un satelītu pārklājumi; keramikā un kodoltehnikā. Tieši tāpēc, ka beriliju izmanto kodoltehnikā un militārajā aerokosmiskajā industrijā, berilija izmantošanas apjomu rūpīgi kontrolē starptautiskās organizācijas

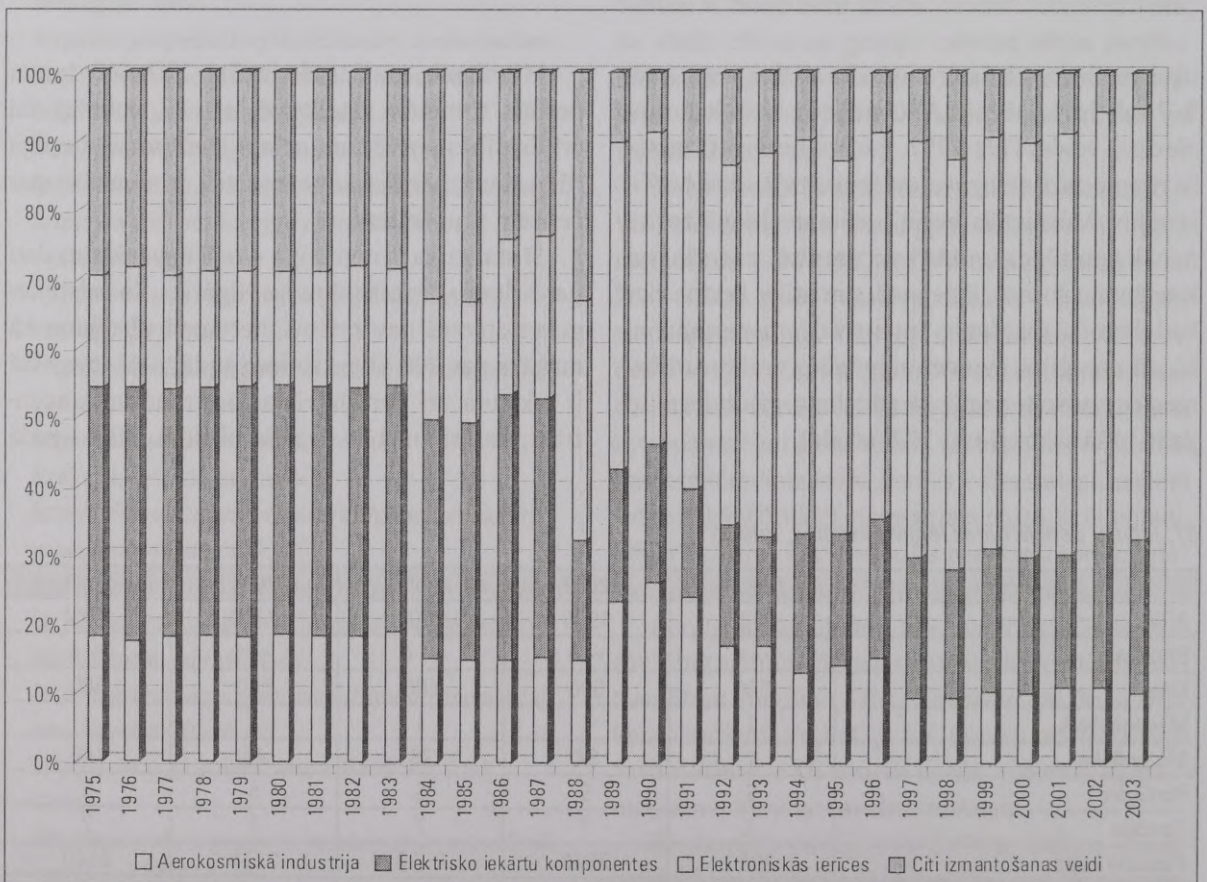
(dažādas ANO komisijas), un dati plašākai sabiedrībai nav pieejami.

Berilija izmantošanas galvenie sektori ir atspoguļoti 133. attēlā. Palielinās izmantotā berilija daudzums elektroniskajās ierīcēs, savukārt aerokosmiskajā industrijā izmantotais berilija daudzums ir salīdzinoši stabils.

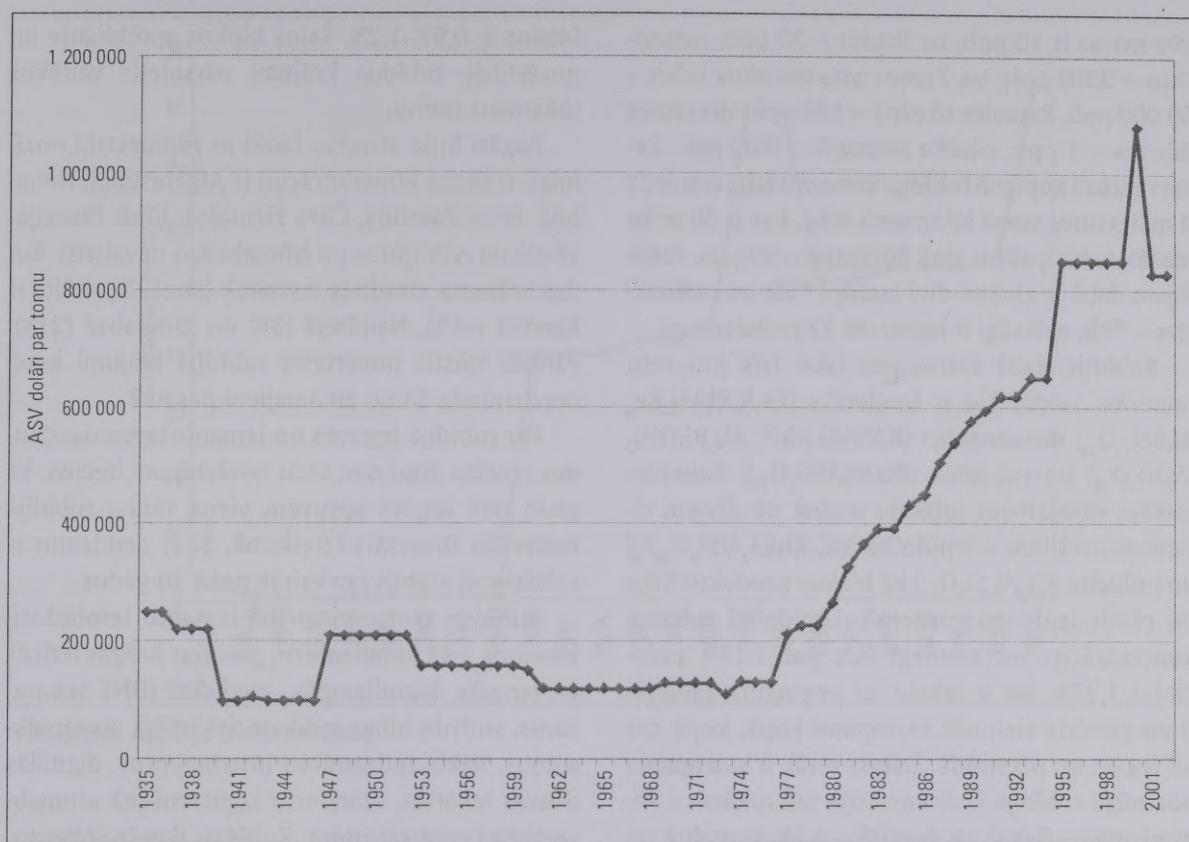
Dati par berilija ieguves ekonomiskajiem aspektiem nav pieejami. Salīdzinot berilija cenu vēstures gaitā (sk. 134. attēlu) ar ieguves intensitāti (sk. 132. attēlu), redzams, ka berilija cena pasaulē pakāpeniski palielinās, bet ieguves apjoms ir nestabils un nedaudz samazinās. Ir jāņem vērā, ka visas kodollielvalstis veido uzkrājumus, kas periodiski tiek iekļauti pārstrādē.

Berilija izstrādājumu atkārtota savākšana pasaulē tiek veikta ļoti nedaudz, un patlaban tā ir novērtēta aptuveni 10% līmenī tikai ASV. Citās valstīs to nedara.

Patēriņa prognozes rāda, ka berilija patēriņš pasaulē palielinās vidēji par 2% un tas būs stabils, līdz kodoltehnoloģijas neapgūs jaunas valstis.



133. attēls. Galvenās berilija izmantošanas jomas



134. attēls. Berilija rūdas cena pasaulē

#### Papildu informācija internetā

##### ✓ Ķīmija, ģeoloģija

<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Be/geol.html>

<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/beryllium>

<http://www.npi.gov.au/database/substance-info/profiles/13.html>

<http://www.mii.org/Minerals/photoberyl.html>

<http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts4.html>

<http://periodic.lanl.gov/elements/4.html>

<http://education.jlab.org/itselemental/ele004.html>

<http://www.chemsoc.org/viselements/pages/beryllium.html>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/beryllium/>

##### ✓ Krājumi, resursi, statistika

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/beryllium/>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/beryllium/berylmcs06.pdf>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/usbmmyb.html>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/beryllium/berylmyb05.xls>

<http://pubs.usgs.gov/circ/c1196p/c1196p.pdf>

<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/beryllium-use.pdf>

<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/beryllium-use.xls>

##### ✓ Cenas

<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/beryllium.pdf>

<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/beryllium.xls>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/beryllium/100798.pdf>

#### Rubīdijs

Rubīdijs ir sudrabaini balts, mīksts metāls ar zemu kušanas temperatūru. Saskaroties ar gaisu, tas strauji uzliesmo un sadeg ar raksturīgu sārti violetu liesmu, veidojot dzeltenu oksīdu maisījuma pulveri.

Ķīmisko elementu atklāja R. V. Bunzens (*Robert Wilhelm Bunsen*) un G. R. Kirhofs (*Gustav Robert Kirchhoff*) 1861. gadā, pētot lepidolīta vizlu spektroskopā. Viņi to nosauca pēc raksturīgās sadegšanas purpursarkanās krāsas gāzes degļa liesmā (latīniski – *rubidus*).

Dabā rubīdijs ir ļoti rets (56. izplatītākais ķīmiskais elements uz Zemes). Tā koncentrācija Visumā

pēc masas ir 10 ppb, uz Saules – 30 ppb, meteo-  
rītos – 3300 ppb, uz Zemes magmatiskos iežos –  
60 000 ppb, Pasaules okeānā – 120 ppb, virszemes  
ūdeņos – 1 ppb, cilvēka ķermenī – 4600 ppb. Ze-  
mes garozā kopumā rubīdija koncentrācija sasniedz  
9 miligramus vienā kilogramā iežu, kas ir 30 reīzu  
mazāk nekā īpašību ziņā līdzīgajam cēzijam. Rubī-  
dijam dabā ir zināmi divi izotopi  $^{85}\text{Rb}$  un radioak-  
tīvs –  $^{87}\text{Rb}$ , mākslīgi ir iegūti vēl 22 radioizotopi.

Rubīdijs dabā sastopams tikai trīs ļoti retu  
minerālu veidā. Tie ir londonīts  $(\text{Cs}, \text{K}, \text{Rb})\text{Al}_4\text{Be}_4$   
 $(\text{B}, \text{Be})_{12}\text{O}_{28}$ , masutomilīts  $(\text{K}, \text{Rb})(\text{Li}, \text{Mn}^{3+}, \text{Al})_3[(\text{F}, \text{OH})_2$   
 $(\text{AlSi})_3\text{O}_{10}]$  un rubiklīns  $(\text{Rb}, \text{K})[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ . Saimnie-  
ciskām vajadzībām rubīdiju iegūst no diviem ci-  
tiem minerāliem – lepidolīta  $[(\text{K}, \text{Rb})\text{Li}_2\text{AlSi}_4\text{O}_{10}\text{F}_2]$   
un polucīta  $(\text{Cs}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12})$  kā blakus produktu litija  
un cēzija iegūšanas procesā. Lepidolītā rubīdija  
koncentrācija var sasniegt līdz pat 3,15%, polu-  
cītā – 1,35%. Šie ir raksturīgi pegmatītu minerā-  
li un gandrīz vienmēr sastopami kopā, kopā tos  
arī iegūst un pārstrādā. Daudz retāk ir sastopama  
nozīmīga rubīdija koncentrācija mikroklīnā – 3%,  
muskovītā – līdz 2,1%, biotītā – 4,1%, karnalītā un  
silvītā – līdz 0,2%. Retos gadījumos ir zināma aug-  
sta rubīdija koncentrācija termālajos avotos Čīlē  
(Atakamas tuksnesī) un Kaidamas baseinā Ķīnā.

Rubīdiju saturošie minerāli ir zināmi Kanādā,  
ASV, Krievijā, Dienvidamerikā un citur. Mūsdie-  
nās rubīdiju visvairāk iegūst Kanādā no lepidolīta  
kā blakusproduktu litija ražošanā. No 1958. līdz  
1975. gadam faktiski vienīgā ražotājvalsts bija  
ASV, kas ražoja rubīdija karbonātu no bāzisku kar-  
bonātu un lepidolīta maisījuma Teksasā (produkta  
nosaukums bija Alkarb).

Pasaulē nav īpašu rubīdija rūdu atradņu, ir litija  
un cēzija minerālu atradnes, kur atsevišķās to vie-  
tās (blokos) ir augsts rubīdija saturs. Arī rubīdija  
minerālu koncentrātu bagātināšana un pārstrāde  
netiek veikta. Rubīdiju iegūst nelielā daudzumā  
tikai kā blakus produktu. Ja tiek pasūtīts noteikts  
rubīdija daudzums, tad litija vai cēzija rūda tiek  
atsevišķi iegūta no blokiem, kas ir bagāta ar rubī-  
dija piejaukumu. Vislielākie šādi atradņu bloki ir  
Berleikas lepidolīta atradnē Kanādā (kopā satur  
2000 tonnu rubīdija tīrmetāla izteiksmē). Arī otra  
lielākā ar rubīdiju bagātu atradņu bloku vieta ir  
Kanādā – Ontario. Pakeagamas ezera pegmatītu  
atradnē (te iegūst kālija laukšpatus keramikajai  
rūpniecībai) rubīdija koncentrācija nodalītajos

blokos ir 0,97–1,2%. Šajos blokos aprēķinātie un  
novērtētie rubīdija krājumi pārsniedz vairākus  
tūkstošus tonnu.

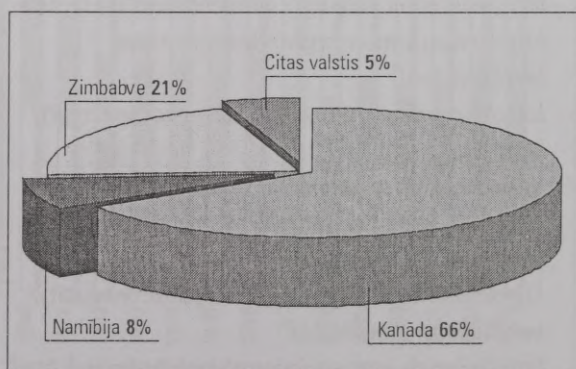
Bagāti litija atradņu bloki ar rūpnieciski nozī-  
mīgu rubīdija koncentrāciju ir Afganistānā, Namī-  
bijā, Peru, Zambijā, Čīles ziemeļos, Ķīnā, Francijā,  
Vācijā un ASV (Jūtas un Ņūmeksikas pavalstīs). Rū-  
das krājumu atradnēs visvairāk (sk. 135. attēlu) ir  
Kanādā (66%), Namībijā (8%) un Zimbabvē (21%).  
Pārējās valstīs novērtētie rubīdija krājumi kopā  
nepārsniedz 5% no zināmajiem pasaulē.

Par rubīdija ieguves un izmantošanas daudz-  
umu precīzu ziņu nav, taču novērtējumi liecina, ka  
gadā tiek iegūta aptuveni viena tonna rubīdija  
materiālu tīrmetāla izteiksmē. Šāds daudzums ir  
salīdzinoši stabils jau vairāk nekā 20 gadus.

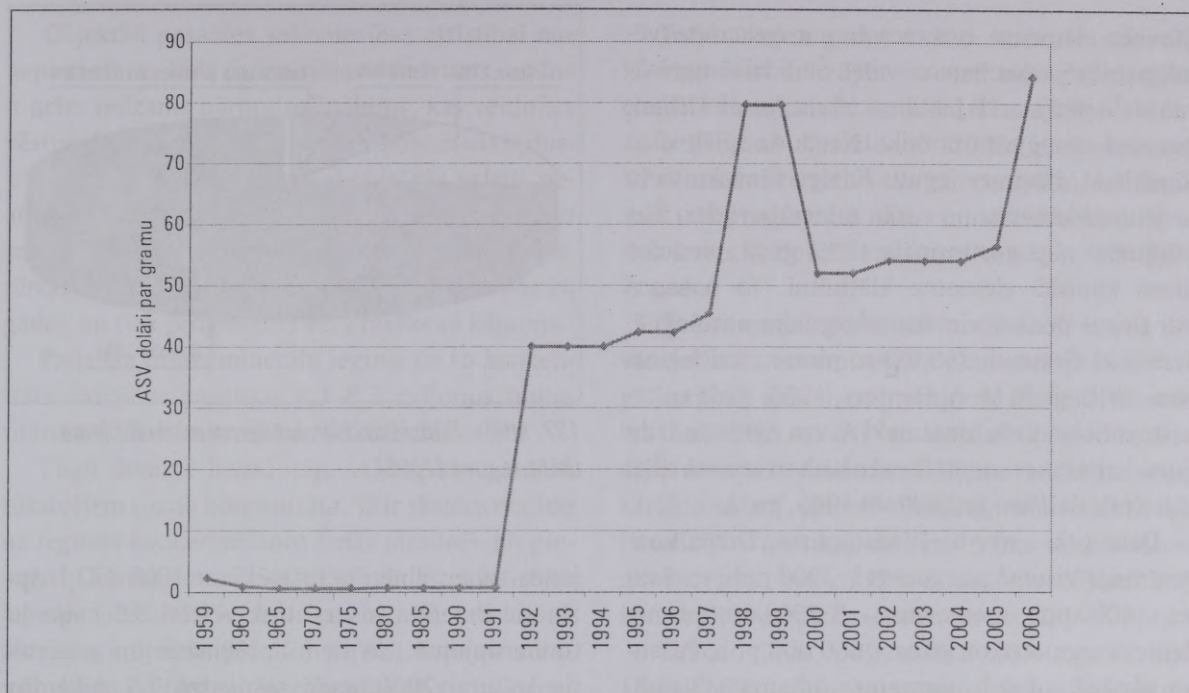
Rubīdiju tautsaimniecībā izmanto ierobežoti,  
visvairāk – kā katalizatoru, gaismas jutīgās ierīcēs  
un lampās, katodlampās, medicīnā (DNS separa-  
toros, sirdsdarbības indikatoriekārtās), atompul-  
ksteņos, nakts redzamības instrumentos, digitālās  
drukas iekārtās, standartu izgatavošanā atomab-  
sorbcijas analizatoriem. Rubīdiju daudz izmanto,  
lai ģeohronoloģiskos pētījumos noteiktu iežu un  
minerālu vecumu.

Ļoti nedaudz rubīdija sāļus un metālu iegūst  
kompānijas arī Dānijā, Vācijā, Japānā, Krievijā un  
Apvienotajā Karalistē. Pasaulē ir daudz nelielu  
kompāniju, kas ražo kādus noteiktus rubīdija sa-  
vienojumus vai to derivātus.

Rubīdijs un tā savienojumi nav tirgus prece, to  
piegāde tiek veikta tikai uz īpašu līguma pama-  
ta, kas tiek starptautiski kontrolēti. Šāds piegāžu  
līgums nosaka ne tikai nepieciešamā produkta  
daudzumu, bet arī tā konkrēto kvalitāti, piegādes



135. attēls. Aprēķinātie un novērtētie rubīdija krājumi pasaulē (2005)



136. attēls. Rubīdija cenas izmaiņas

secību un izmantošanas kontroles kārtību. Šādu kārtību ievieša kā obligātu pagājušā gadsimta deviņdesmitajos gados, un tas atspoguļojas rubīdija cenā (sk. 136. attēlu).

Eiropas Savienības valstīs rubīdija cena dažādu papildu ierobežojumu dēļ ir daudz augstāka (piemēram, 2005. gadā Eiropā grams rubīdija maksāja 108,5 ASV dolārus, 2006. gadā – 166,98 eiro), tas ir, gandrīz divas reizes vairāk nekā ASV, Kanādā vai Japānā.

Mūsdienās rubīdiju tehnikā un tehnoloģijās aizvieta galvenokārt ar daudz lētāku cēziju, un tiek prognozēts, ka šī tendence turpināsies, kas ļaus pasaules saimniecībai nepieciešamo rubīdija daudzumu tīrmetāla izteiksmē šajā gadsimtā saglabāt aptuveni divu tonnu līmenī gadā.

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija, ģeoloģija  
<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Rb/geol.html>  
<http://video.google.com/videoplay?docid=-2134266654801392897&q>  
<http://www.mii.org/Minerals/photorubidium.html>  
<http://periodic.lanl.gov/elements/37.html>  
<http://www.ktf-split.hr/periodni/en/rb.html>  
<http://education.jlab.org/itselemental/ele037.html>

<http://www.chemsoc.org/viselements/pages/rubidium.html>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cesium/>

#### ✓ Krājumi, resursi, statistika

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cesium/rubidmcs06.pdf>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cesium/cesiumcs06.pdf>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cesium/201798.pdf>

<http://pubs.usgs.gov/of/2003/of03-045/of03-045.pdf>

#### ✓ Cenas

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cesium/201798.pdf>

### Titāns

Titāns ir gaiši pelēks, viegls, plastisks, mehāniski izturīgs metāls. Metālam piemīt korozijizturība, jo uz tā virsmas veidojas plāna blīva oksīdu kārtiņa. Parastos apstākļos titāns ir inerts arī agresīvā vidē un reaģē gandrīz vienīgi ar fluorūdeņražskābi.

Titānu neatkarīgi cits no cita atklāja vairāki pētnieki. Angļu ķīmiķis un amatieris minerālu pētījumos V. Gregors (*Reverend William Gregor*) 1791. gadā, pētot ilmenīta minerālu un jaunatklāto

ķīmisko elementu, nosauca to par *menachite* (vēlāk pārdēvēja par *manaccanite*). Šajā laikā nezināmo vielu pētīja arī F. J. Millers (*Franz Joseph Müller*), bet viņš nespēja to noteikt. Nedaudz vēlāk vācu ķīmiķis M. Klaprots ieguva līdzīgu ķīmisko vielu ar jaunu elementu no rutila minerāla rūdas. Šos pētījumus viņš apstiprināja 1795. gadā, pierādot jauna ķīmiskā elementa klātbūtni. To nosauca par titānu pēc stiprinieka tēla grieķu mitoloģijā. Tomēr kā tīrmetālu (99,9%) to pirmo reizi ieguva tikai 1910. gadā M. A. Hanter, 1925. gadā to atkārtoja holandiešu zinātnieki A. van Akels un I. de Burs, bet eksperimentālā ražošanā to ieviesa tikai V. J. Krols (*William Justin Kroll*) 1946. gadā.

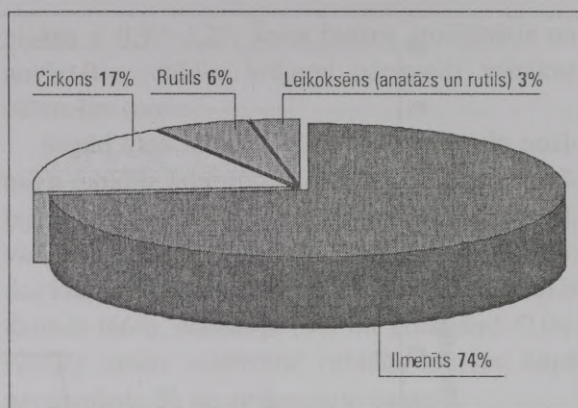
Dabā titāns nav bieži sastopams. Titāna koncentrācija Visumā pēc masas ir 3000 ppb, uz Saules – 4000 ppb, meteorītos – 5 550 000 ppb, uz Zemes magmatiskos iežos – 660 000 ppb, Pasaulē okeānā – 1 ppb, virszemes ūdeņos – 3 ppb. Zemes garozā titāna daudzums vidēji ir 5,65 grami kilogramā iežu, un tas ir devītais izplatītākais ķīmiskais elements Zemes garozā. Dabā titāns ir piecu stabilu izotopu maisījums, ir zināmi 11 mākslīgi iegūti titāna radioizotopi.

Dabā titāns sastopams 370 minerālos. Izplatītākās ir minerālu oksīdu formas – rutils ( $TiO_2$ ), ilmenīts ( $FeTiO_3$ ) un tā paveids titanomagnetīts ( $FeTiO_3 \cdot Fe_3O_4$ ). Par atsevišķu titānu saturošu minerālu daži sauc arī leikoksēnu, kas patiesībā ir kāds no diviem citiem nepietiekami precīzi noteiktiem minerāliem (anatāzs vai rutils). Šo apkopojošo vēsturisko nosaukumu nereti lieto, raksturojot titāna rūdas un izejvielas.

Kā titāna minerālus pasaulē rūpnieciski izmanto (sk. 137. attēlu) ilmenītu (74%), cirkonu (17%), rutilu (6%) un leikoksēnu (anatāzu un rutilu; 3%).

Ilmenīts ir galvenā rūda titāna iegūšanai (pasaulē 90% titāna iegūst no ilmenīta), kuru visvairāk izmanto metāliskā titāna, ferotitāna un leģētu tērauda šķirņu ražošanai. Savukārt iegūtos titāna produktus izmanto dažādās saimniecības jomās – no kosmiskās tehnikas līdz mākslīgu locītavu veidošanai ķirurģijā, speciālu stiklu ražošanai, daudzās valstīs – arī baltās titāna krāsas ražošanai. Eiropas Savienībā titāna oksīds un titāna krāsas ir aizliegts produkts, to atļauts izmantot tikai ierobežotā daudzumā medicīnas un citām vajadzībām.

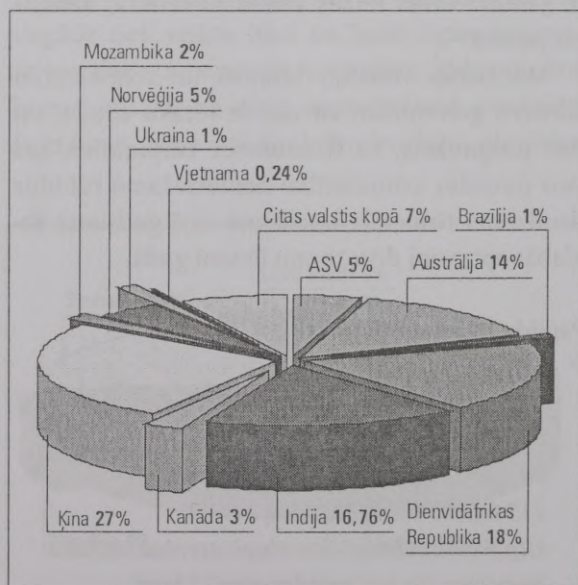
Pasaulē ik gadu iegūst aptuveni 5,2–5,3 mil-



137. attēls. Rūpnieciski izmantojamo minerālu loma titāna ieguvē (2005)

jonus tonnu ilmenīta (pārrēķinot 100%  $TiO_2$ ). Apzinātie ilmenīta resursi tiek vērtēti 3,5 miljardu tonnu apjomā. No tiem aprēķinātie un novērtētie krājumi 2006. gadā sasniedza 2,5 miljardus tonnu, tajā skaitā ekspluatācijā esošajās atradnēs – 1,25 miljardus tonnu. Lielākās piegādātājas pasaules tirgum ir Dienvidāfrikas Republika (24%) un Austrālija (23%), daudz mazāk piedāvā (dilstošā secībā) Kanāda, Ķīna, Norvēģija un ASV. Pēdējos gados nozīmīgas atradnes ir atrastas un izpētītas arī Malaizijā, Senegālā, Gambijā un Kenijā.

Pasaulē izpētītajās atradnēs esošie titāna rūdas krājumi (2006. gada 1. janvārī titāna oksīda izteiksmē) starp valstīm sadalās šādi (sk. 138. attēlu):



138. attēls. Titāna rūdas krājumu sadalījums starp valstīm

Objektīvi pasaules saimniecības attīstībai nav nepieciešams šāds titāna rūdas daudzums, un tas ir acīm redzams pārnodrošinājums, kas veidojies vēsturisku iemeslu dēļ. Tā ir aerokosmiskās industrijas attīstība lielā slepenībā vairākās valstīs neatkarīgi citai no citas. Katra šāda lielvalsts veidoja savu neatkarīgu izejvielu bāzi. Tomēr arī titāna patēriņš pasaulē strauji pieaug (vidēji vismaz par 2% gadā), un tiek prognozēts vēl krasāks tā kāpums.

Patlaban titāna minerālu ieguve un to koncentrātu ražošana sasniedz 8,3–8,5 miljonus tonnu titāna oksīda izteiksmē (sk. 68. tabulu).

Tirgū dominē lielražotāju valstis, kas piedāvā tūkstošiem tonnu koncentrāta. Tā ir skaidra norāde uz ieguves koncentrēšanas lielās atradnēs un pieaugošo konkurenci. Zinot titāna rūdas pašreizējās ieguves intensitāti un izmaiņas (sk. 68. tabulu), kā arī rūdas krājumus (sk. 138. attēlu), ir pamats domāt, ka to pietiks vairākiem simtiem gadu, neņemot vērā titāna metāla atkārtotu izmantošanu.

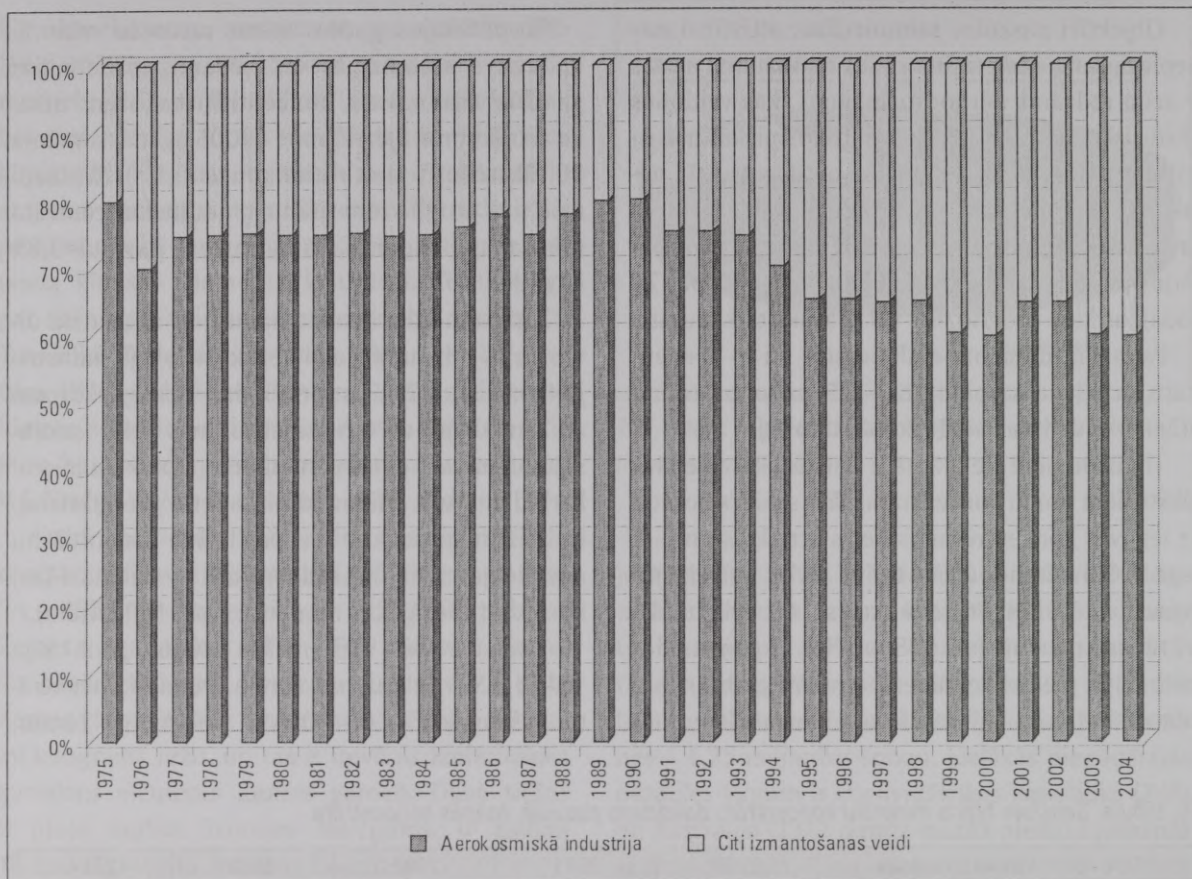
Turpmākajos gados titānu saturošo minerālu ieguve stabilizējās un nedaudz palielinājās gandrīz visas valstīs, koncentrātu ražošanu atsāka uzņēmumi Sjerraleonē (2006. gadā saražoja 80 tūkstošus tonnu rutila koncentrāta). Arī turpmāk tiek prognozēta titāna minerālu koncentrāta ražošanas palielināšanās aptuveni par 3,5–3,8% ik gadu.

Titāna metāla izmantošanu nosacīti iedala divās daļās – izmantošana aerokosmiskajā industrijā (korpusi, spārni, stiprinājumi, dzinēju korpusi un tamlīdzīgi) un citi izmantošanas veidi (sakausējumiem ar citiem metāliem, pārklājumiem, karbīdiem un citiem ķīmiskajiem produktiem). Detalizēti statistikas dati par titāna izmantošanu nav pieejami, bet arī šāds nosacīts iedalījums ļauj konstatēt svarīgākās tendences (sk. 139. attēlu).

Titāna rūdas pašizmaksa 2006. gadā bija 15–20 ASV dolāru par tonnu, rūdas koncentrātu pašizmaksa – 65–70 ASV dolāru par tonnu.

68. tabula. Saražoto titāna minerālu koncentrātu daudzums pasaulē, tonnās koncentrāta

Koncentrāta veidi un valstis	2000	2001	2002	2003	2004
<i>Ilmenīts un leukoksēns</i>					
ASV	400 000	500 000	400 000	500 000	500 000
- Austrālija					
Ilmenīts	2 146 000	2 017 000	1 917 000	2 006 000	1 921 000
Leukoksēns	27 000	30 000	39 000	57 000	45 000
Brazīlija	123 000	164 644	177 027	169 852	170 000
Ēģipte	125 000	125 000	125 000	125 000	125 000
Indija	380 000	430 000	460 000	500 000	520 000
Ķīna	250 000	300 000	750 000	800 000	840 000
Malaizija	124 801	129 750	106 046	95 148	100 000
Norvēģija	750 000	750 000	750 000	840 000	860 000
Ukraina	436 000	485 000	512 000	421 000	370 000
Vjetnama	174 000	180 000	180 000	180 000	190 000
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>4 940 000</b>	<b>5 110 000</b>	<b>5 420 000</b>	<b>5 690 000</b>	<b>5 640 000</b>
<i>Rutīls</i>					
ASV	8	8	8	8	8
Austrālija	208 000	206 000	218 000	173 000	162 000
Brazīlija	3 62	2270	1878	2337	2350
Dienvīdāfrikas Republika	122 000	134 000	138 000	108 000	110 000
Indija	17 000	19 000	18 000	18 000	19 000
Ukraina	58 600	60 000	70 000	60 000	60 000
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>409 000</b>	<b>421 000</b>	<b>446 000</b>	<b>361 000</b>	<b>353 000</b>
<i>Titāna un dzelzs pirmkausējumi</i>					
Dienvīdāfrikas Republika	1 090 000	1 025 000	973 000	1 010 000	1 020 000
Kanāda	910 000	1 010 000	900 000	873 000	865 000
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>2 000 000</b>	<b>2 040 000</b>	<b>1 870 000</b>	<b>1 880 000</b>	<b>1 890 000</b>



139. attēls. Galvenie titāna izmantošanas veidi

Pasaules tirgū titāna ražošanai tiek piedāvātas tikai trīs atšķirīgas izejvielas – ilmenīta koncentrāts, rutīla koncentrāts un dzelzs un titāna pirmkausējums. Titāna ražošanai nepieciešamo izejvielu cena nav augsta, un tā ir stabila salīdzinoši ilgā laikposmā (sk. 69. tabulu), tāda tā saglabājas arī 2006. un 2007. gadā.

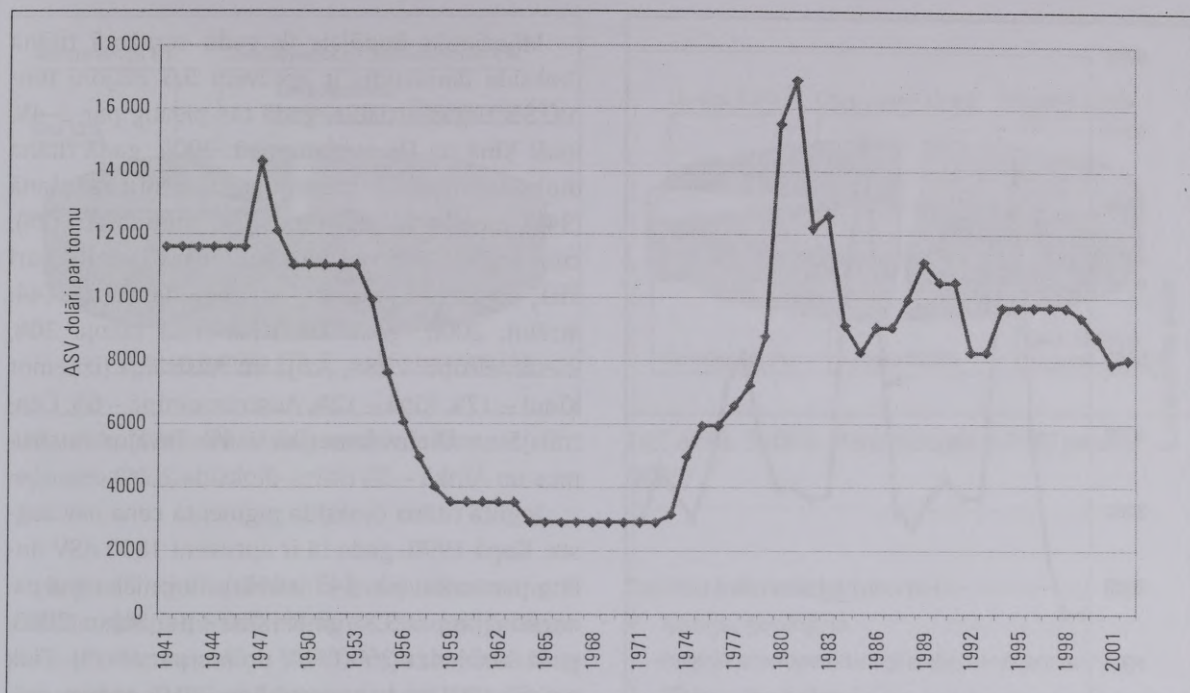
Titāns nav lēts metāls (sk. 140. attēlu). Tā cena no 1992. gada līdz pat 2005. gada janvārim bija ļoti stabila – aptuveni astoņi tūkstoši ASV dolāru par tonnu tīrmetāla. 2004. gadā daudzās pasaules valstīs sāka tehniski modernizēt nacionālās aviobiedrības, Eiropas Savienība sāka īstenot iero-bežojumus attiecībā uz gaisu piesārņojošām un skaļām lidmašīnām, ieviesa tā saucamo aviokom-

pāniju "melno sarakstu". Lidmašīnu būves uzņēmumi vairs nespēja izpildīt pasūtījumus pat piecu gadu laikā, un tās sāka asu konkurences cīņu par titāna metāla pieejamību lidmašīnu būvei. Tas atspoguļojās titāna metāla cenā, kas mēneša laikā pieauga līdz 16,755 tūkstošiem ASV dolāru par tonnu, bet līdz ar Ķīnas iepirkumiem valsts būvniecības pasūtījumu izpildei gada beigās sasniedza 22 tūkstošus ASV dolāru par tonnu.

Ferotitāna cena 2005. gada nogalē bija 20 392,7–26 455,4 ASV dolāri par tonnu (Ti saturs vismaz 70%), otrs galvenais tirgus produkts porainais titāns (*titanium sponge*) maksāja 25 000–30 000 ASV dolāru par tonnā (vidēji 27 500 dolāru). Kausējumi ar zemāku titāna saturu

69. tabula. Titāna izejvielu cena, ASV dolāri par tonnu, bez piegādes

Izejviela	2001	2002	2003	2004	2005
Ilmenīta koncentrāts, minimāli 54% TiO <sub>2</sub>	100	93	90	81	80
Rutīla koncentrāts, minimāli 95% TiO <sub>2</sub>	475	450	430	455	470
Dzelzs un titāna pirmkausējums, 80–95% TiO <sub>2</sub>	335–518	340–527	385–444	347–466	390–555

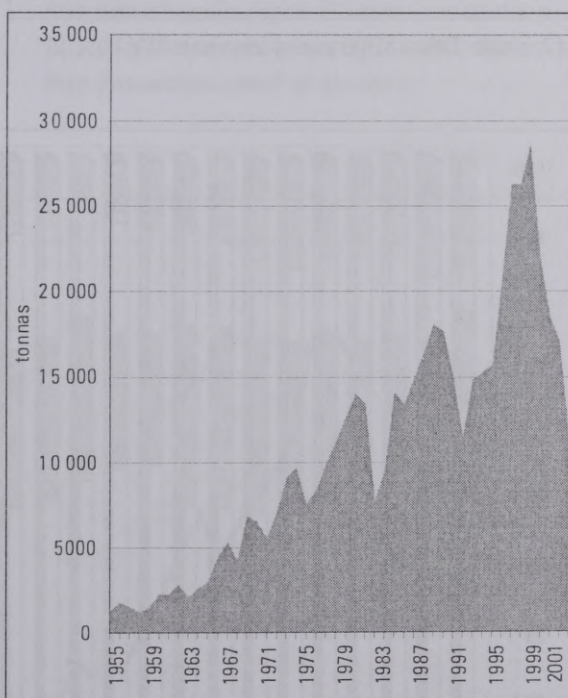


140. attēls. Titāna metāla cenas izmaiņas

(35% Ti) 2006. gada nogalē maksāja 11 000 ASV dolāru par tonnu, bet tradicionālo produktu (Ti vairāk nekā 70%) cena stabilizējās un bija 1958–2008 ASV dolāri par tonnu. Līdzīgas cenas izmaiņas ir arī Krievijā, kur analogs produkts 2006. gada novembrī maksāja 1600–1900 ASV dolāru par tonnu. Vienlaikus minerālu koncentrātu cena visu šo laikposmu nemainījās, tās kāpums paredzams pēc 2007. gada. Tomēr vēl 2007. gada jūlijā ferotitāna kausējuma vairumtirdzniecības cena bija stabilizējusies – 12 566–12 787 ASV dolāri par tonnu.

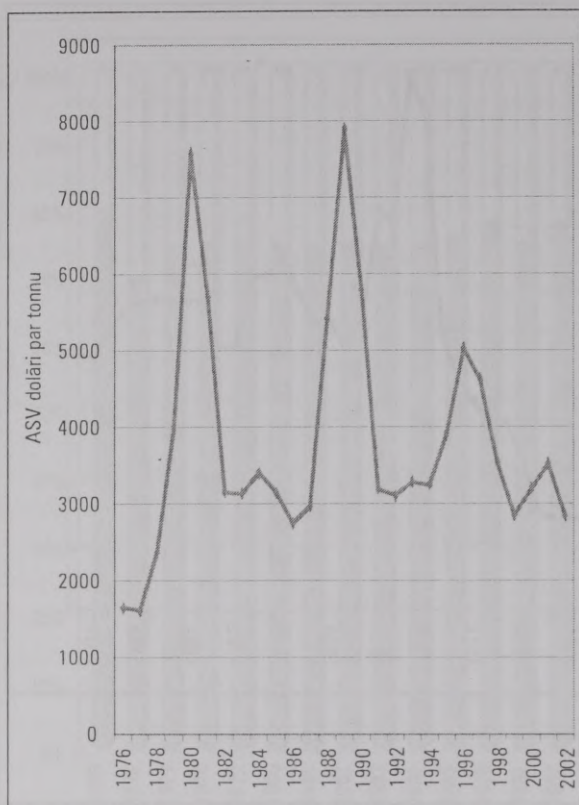
Nereti tiek akcentēts, ka nozīmīga loma metālu, tostarp titāna, cenu stabilizācijā būtu metāllūžņu atkārtotai pārstrādei. Titānu saturošo lūžņu atkārtota pārstrāde tika ieviesta līdz ar metāllūžņu rūpniecisku šķirošanu 1955. gadā, tomēr tehniski ir iespējams savākt atkārtotai pārstrādei tikai ierobežotu titāna daudzumu, jo tie ir sakausējumi ar salīdzinoši nelielu titāna piemaisījumu. Pārstrādāto titānu saturošo lūžņu daudzums (sk. 141. attēlu) ir visai nenozīmīgs, kaut gan cena par tiem ir samērā augsta (sk. 142. attēlu).

Atsevišķi raksturojama ir cita titāna izmantošanas joma, kurai tiek ražots atšķirīgs produkts. Tas ir **titāna dioksīds kā krāsviela**. Titāna dioksīdu iegūst no tiem pašiem minerālu koncentrātiem, kas tika raksturoti iepriekš, bet no tiem iegūst



141. attēls. Pārstrādāto titānu saturošo lūžņu daudzums pasaulē, tonnās titāna tīrmetāla

nevis titāna metālu, bet sniegbaltu dioksīdu. To ļoti plaši izmanto kā pigmentu dažādu krāsu, papīru, plastmasu un citu izstrādājumu iekrāsošanai (sk. 143. attēlu).



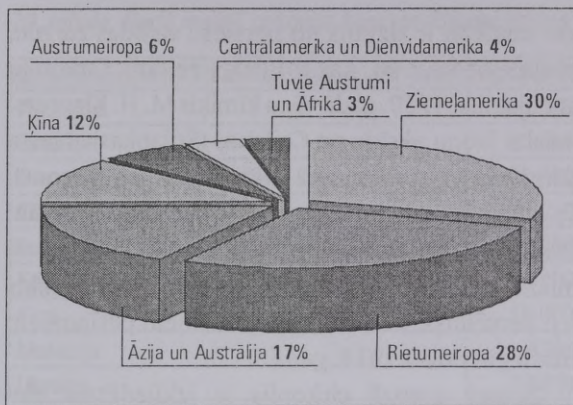
142. attēls. Titāna lūžņu cenas izmaiņas ASV

Mūsdienās kopējais ik gadu saražotā titāna dioksīda daudzums ir aptuveni 5,5 miljoni tonnu. Šis tirgus attīstās, gadā tas pieaug par 2–4%, īpaši Ķīnā un Dienvidamerikā. 2006. gadā titāna dioksīdu visvairāk izmantoja pigmentu ražošanā (94%), metālu sakausējumos (3%), metināšanā (2%), citur – 1%. Pēdējos gados notikušas izmaiņas arī TiO<sub>2</sub> pigmentu ražošanā pa reģioniem (sk. 144. attēlu). 2006. gadā Ziemeļamerikā ražoja 30%, Rietumeiropā – 28%, Āzijā un Austrālijā (izņemot Ķīnu) – 17%, Ķīnā – 12%, Austrumeiropā – 6%, Centrālajā un Dienvidamerikā – 4%, Tuvajos Austrumos un Āfrikā – 3% titāna dioksīda.

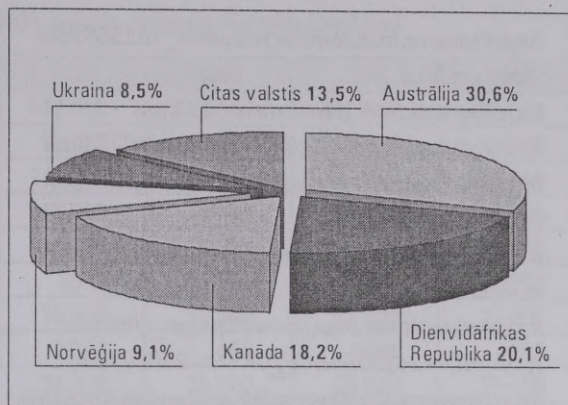
Iegūtā titāna dioksīda pigmenta cena nav augsta. Kopš 1990. gada tā ir aptuveni 1800 ASV dolāru par tonnu (sk. 145. attēlu). Turpmāk cena paaugstinājās par 5,8% gadā (Ķīnā – par 8%) un 2005. gadā sasniedza 2500 ASV dolāru par tonnu. Tiek prognozēts, ka laikposmā līdz 2010. gadam titāna dioksīda patēriņš pieaugs vidēji par 5% gadā, pēc tam – par 2% gadā. 2006. gada laikā TiO<sub>2</sub> cena pieauga vairākos soļos, un kopš otrā pusgada papildu cenas pieaugums tika noteikts 110–150 ASV dolāru par tonnu.



143. attēls. Titāna dioksīda galvenie izmantošanas veidi



144. attēls. Titāna dioksīda pigmentu ražošana pa reģioniem (2006)

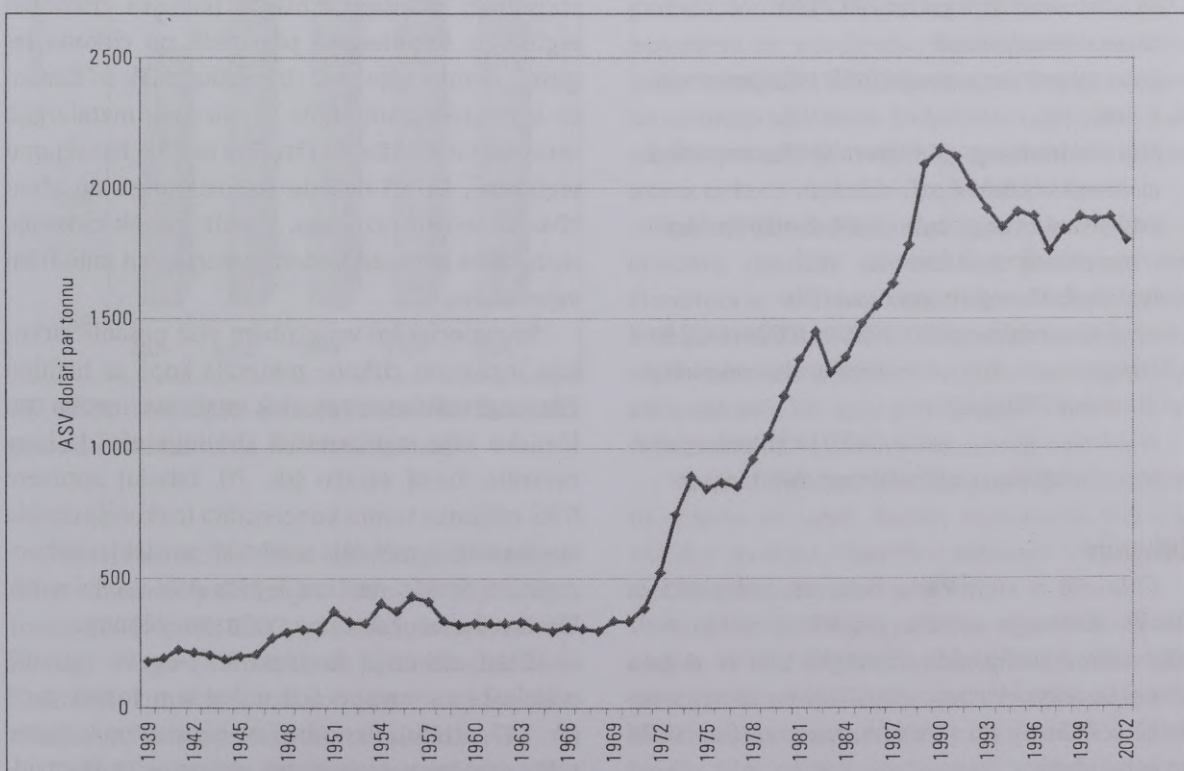


146. attēls. Lielākie titāna dioksīda ražotāji pasaulē (2005)

Reģionāli titāna dioksīda izmantošanas tirgus sadalās starp Ziemeļameriku (33% no patēriņa pasaulē), Rietumeiropu (31%), Āziju un Klusā okeāna valstīm (24%) un pārējo pasauli (12%). Titāna dioksīdu krāsvielām un piedevām ražo tās pašas valstis, kurās tiek veikta titāna metāla ieguve. Izteikti dominē piecas valstis (sk. 146. attēlu), kuras kopā saražo vairāk nekā 85% no visā pasaulē patērētā titāna dioksīda.

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija, ģeoloģija  
[http://encyclopedia.thefreedictionary.com/Titan+\(mythology\)](http://encyclopedia.thefreedictionary.com/Titan+(mythology))  
<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Ti/geol.html>  
<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/titanium>  
<http://darwin.nap.edu/books/POD140/html>  
<http://www.titaniuminfogroup.com/>



145. attēls. Titāna dioksīda cenas izmaiņas

- [http://encarta.msn.com/encyclopedia\\_761569280/Titanium.html](http://encarta.msn.com/encyclopedia_761569280/Titanium.html)
- <http://periodic.lanl.gov/elements/22.html>
- <http://education.jlab.org/itselemental/ele022.html>
- <http://www.chemsoc.org/viselements/pages/titanium.html>
- <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/titanium/>
- [http://www.titane.asso.fr/asso5/pages\\_cfm/index.cfm?CFID=2423065&CFTOKEN=91080782](http://www.titane.asso.fr/asso5/pages_cfm/index.cfm?CFID=2423065&CFTOKEN=91080782)
- <http://www.nationalminesatlas.gov.au/info/rockfiles/titanium.jsp>
- <http://www.titan-japan.com/indexe.htm>
- <http://titan-association.com/>
- ✓ Krājumi, resursi, statistika
- [http://www.indexmundi.com/en/commodities/minerals/titanium/titanium\\_table15.html](http://www.indexmundi.com/en/commodities/minerals/titanium/titanium_table15.html)
- <http://www.msm.cam.ac.uk/phase-trans/2003/titanium.movies/titanium.html>
- <http://www.titanium.org/>
- <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/titanium/timimcs06.pdf>
- <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/titanium/tidiomcs06.pdf>
- <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/titanium/titanmyb04.xls>
- <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/titaniumdioxide-use.xls>
- <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/titanium.xls>
- ✓ Cenas
- <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/niobium/niobimyb04.pdf>
- <http://www.nrcan.gc.ca/ms/canmet-ntb/mmsl-lmsm/ccrmp/pricesccrmp-e.htm>
- <http://milan2.mofcom.gov.cn/aarticle/supplydemandofchina/200610/20061003441452.html>
- <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/titanium/670798.pdf>
- <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/titanium.xls>
- <http://nickelalloy.com/FreeSite/metals/ti/ti.asp>

## Cirkonijs

Cirkonijs ir sudrabaini balts un ļoti plastisks metāls. Cirkonija virsmu gandrīz vienmēr sedz blīva cirkonija dioksīda aizsargkārtiņa ar augstu korozijizturību. Parastos apstākļos cirkonijs nereaģē ar skābēm un sārmjiem, izņemot fluorskābi un karaļūdeni.

Metāls savu nosaukumu ieguvis no arābu *zarkūn*,

kas savukārt ir aizgūts no persiešu valodas *zargūn*, apzīmējot kaut ko, kas ir līdzīgs zeltam. Cirkoniju atklāja tikai 1789. gadā vācu ķīmiķis M. H. Klaprots, izdalot jaunu oksīdu no Ceilonas (Šrilankas) atvesta dārgakmens – cirkona (tā laika sinonīms – jargons). To viņš nosauca par *Zirkonertz* (*zirconia*). Tīrmetālu cirkoniju tikai tā īpašību noteikšanai 1824. gadā mikroskopiskā daudzumā ieguva zviedru ķīmiķis J. J. Bercēliuss, bet tīrmetāls plašākiem pētījumiem tika iegūts tikai 1914. gadā.

Zemes garozā cirkonijs ir izkliedētais elements un sastopams reti. Tā koncentrācija Visumā pēc masas vidēji ir 50 ppb, uz Saules – 40 ppb, meteorītos – 6700 ppb, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 130 000 ppb, Pasaules okeānā – 0,026 ppb, virszemes ūdeņos – 3 ppb, cilvēka ķermenī – 50 ppb. Cirkonija koncentrācija Zemes garozā ir 165 miligrami kilogramā iežu. Dabā cirkonijs ir sastopams četru stabilu izotopu veidā, mākslīgi ir iegūti vēl 18 radioizotopi.

Uz Zemes cirkonijs ir sastopams 128 minerālos, no tiem plašāk izplatīti ir cirkons ( $ZrSiO_4$ ) un badeleīts ( $ZrO_2$ , ko nereti nepareizi sauc arī par badelītu). Saimnieciska nozīme mūsdienas ir tikai cirkonam, kuru izmanto apstrādātu kā vērtīgu dārgakmeni vai kā vienu no svarīgākajām izejvielām mākslīgo dimantu (kubiskā cirkonija) iegūšanai. Rūpnieciskā pārstrādē no cirkona iegūst cirkonija sāļus vai tīrmetālu, tālāk to izmanto keramikajā un stikla rūpniecībā, metalurģijā termiski un mehāniski izturīgu metālu kausējumu iegūšanai, kā arī dažādu ugunsizturīgu un abrazīvo materiālu ražošanā. Daudz mazāk cirkonija materiālus izmanto kodolrūpniecībā un militārām vajadzībām.

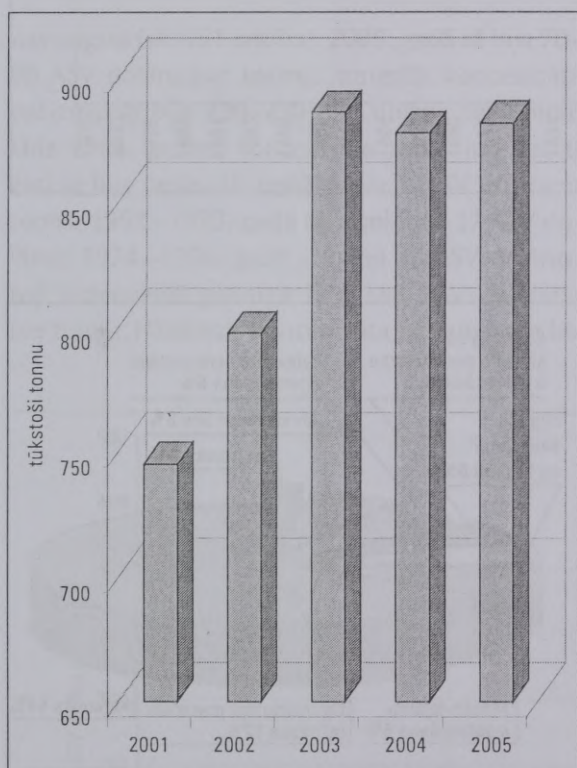
Saimnieciskām vajadzībām visā pasaulē cirkoniju iegūst no cirkona minerāla kopā ar hafniju. Pēc bagātināšanas tas tiek realizēts metāla vai ķīmisko sāļu iegūšanai kā cirkonija oksīda koncentrāts. Gadā saražo (sk. 70. tabulu) aptuveni 0,88 miljonus tonnu koncentrāta (cirkonija oksīda izteiksmē). Tomēr šajā statistikā nav iekļauts koncentrāta daudzums, kas iegūts ASV un Taizemē, kur šos datus uzskata par valsts noslēpumu.

Tātad cirkonija koncentrāta ieguve pasaulē palielinās un tuvojas 0,9 miljoniem tonnu gadā (sk. 147. attēlu). To nodrošina ieguves un koncentrātu ražošanas pieaugums, galvenokārt Dienvidāfrikā un Austrālijā.

70. tabula. Gadā iegūtā cirkonija koncentrāta daudzums pasaulē, tonnās cirkonija dioksīda izteiksmē

Valsts	2001	2002	2003	2004	2005
Austrālija	393 000	412 000	462 000	441 000	445 000
Brazīlija	20 553	20 000	29 900	34 855	35 000
Dienvīdāfrikas Republika	245 000	274 000	300 000	302 000	305 000
Indija	19 000	19 000	20 000	20 000	20 000
Indonēzija	250	250	250	200	200
Krievija	6500	6500	6500	6500	6500
Ķīna	15 000	15 000	15 000	17 000	17 000
Malaizija	3768	5293	3456	6886	3500
Ukraina	33 600	34 300	35 000	35 000	35 000
Vjetnama	8000	11 000	13 000	14 000	14 000
<b>Kopā</b>	<b>745 000</b>	<b>797 000</b>	<b>885 000</b>	<b>877 000</b>	<b>881 000</b>

Piezīme: dati par ASV un Taizemi nav publiski pieejami.



147. attēls. Gadā iegūtā cirkonija koncentrāta daudzums pasaulē, tonnās cirkonija dioksīda izteiksmē

Pēc stabilizācijas 2003.–2005. gadā koncentrātu ražošana palielinājās līdz 920 tūkstošiem tonnu 2006. gadā. 2007. gadā ražošana turpināja pieaugt – ieguvē tika iekļauti jauni atradņu bloki Austrālijā, kur tiek ražoti koncentrāti arī no Indonēzijas un Malaizijas importētās rūdas.

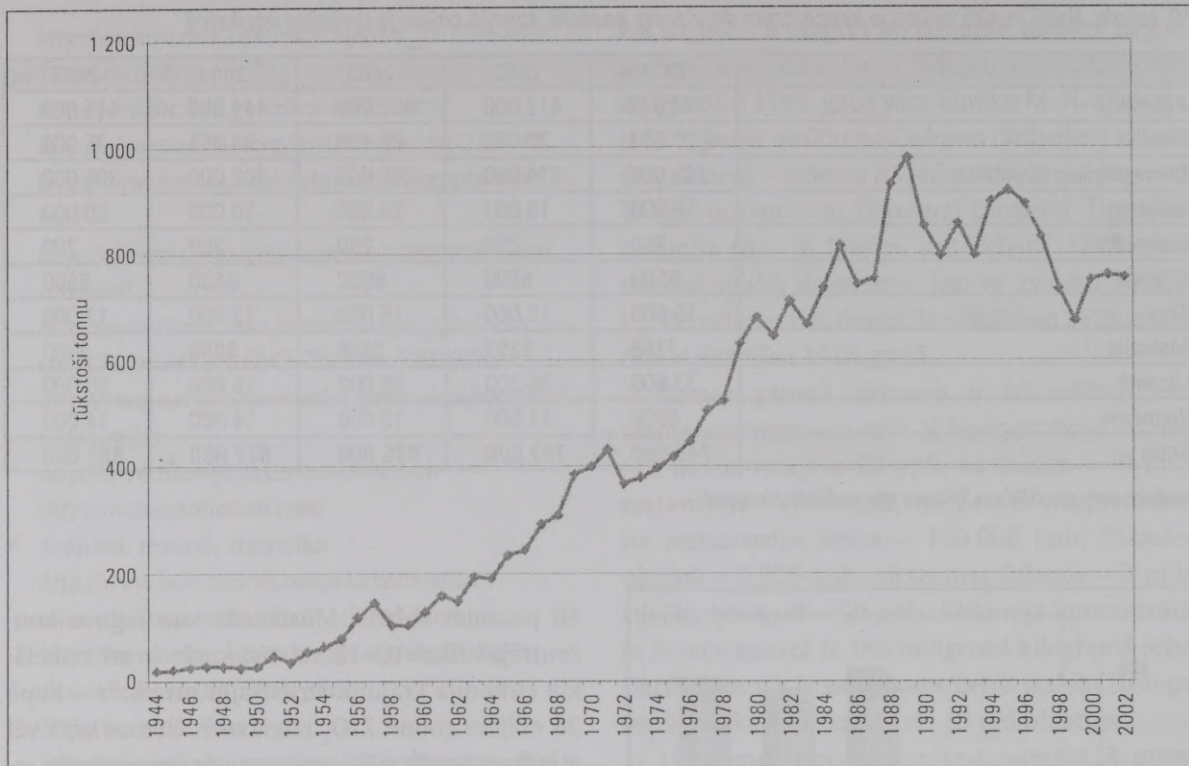
Cirkona minerāla atradnes ir zināmas visos kontinentos, un tās tika izmantotas vairāk nekā

80 pasaules valstīs. Mūsdienās visa ieguve koncentrējas tikai 10–12 valstīs, kurās ir arī vislielākie cirkonija krājumi izpētītajās atradnēs – kopā 38 miljoni tonnu  $ZrO_2$  izteiksmē. Ņemot vērā vēl atradnes, kurās pētījumi turpinās un minerālu ieguve pagaidām ekonomiski nav pamatota, krājumi sasniedz 72 miljonus tonnu cirkonija dioksīda izteiksmē. Vēl jāpieskaita aptuveni 14 miljoni tonnu, kas zināmi ASV. Jaunas ļoti bagātīgas atradnes un perspektīvi laukumi ir atrasti Austrālijā, Madagaskarā, Mozambikā un Dienvidāfrikā. Nākotnē ir paredzēta un mūsdienās tehniski un tehnoloģiski jau ir iespējama cirkonija (un arī hafnija) ieguve no cirkonija silikātiem (eidialīta un gitinsīta), kuru resursi pasaulē ir novērtēti aptuveni 60 miljoni tonnu cirkona dioksīda izteiksmē.

Lai arī daudzējādā ziņā cirkonija īpašības ir unikālas, daudzās saimniecības jomās tas tiek aizvietots ar lētākām izejvielām – olīvīnu, špineli, niobiju un titānu. Tikai pēdējos gados ir izdevies iegūt noteiktu īpašību sudraba–kadmija–indija sakausējumu, kas spēj pilnībā aizstāt cirkoniju kodolrūpniecībā.

No cirkonija koncentrāta gandrīz 95% izmanto cirkona minerālā formā, izgatavojot cirkonija oksīdus un sāļus, tikai 5% – cirkonija tīrmetāla un metāla sakausējumu formā.

Pasaulē cirkonija patēriņš tīrmetāla izteiksmē ir 45–55 tūkstoši tonnu gadā. Koncentrātu pārstrādes jaudas 2005. gada beigās sasniedza 65 tūkstošus tonnu, tomēr tās jau 2006. gada beigās tika pilnībā noslogotas, strauji pieaugot cirkonija patēriņam Ķīnā, Indijā un Dienvidkorejā.



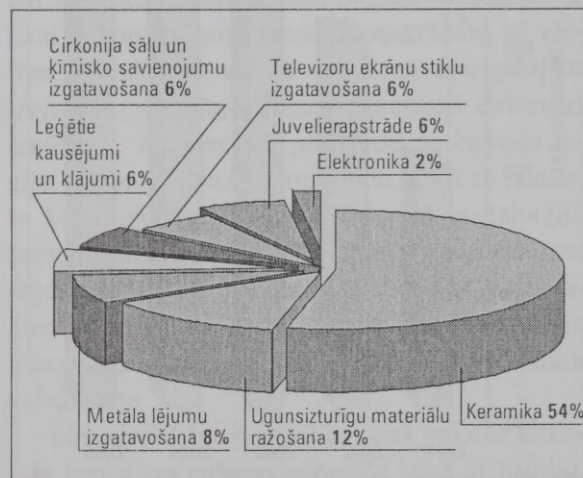
148. attēls. Cirkona koncentrāta ieguves daudzums pasaulē

Jaunas pārstrādes vēl tiek tikai projektētas Austrālijā, Brazīlijā un Madagaskarā, tāpēc tiek prognozēts cirkonija izejvielu deficīts (2,5–3% no pasaules ieguves) līdz 2010. gadam.

Cirkonija ražošanas apjoms pagājušajā gadsimtā ir ļoti būtiski mainījies: aptuveni viena tonna gadā (1900.–1911. gadā); ieguves pārtraukums līdz 1921. gadam; koncentrāta un oksīdu ieguves straujš pieaugums – no deviņām tonnām 1922. gadā līdz 3310 tonnām 1927. gadā. Par nākamā laikposma dati ir nepilnīgi. Detalizēti dati ir pieejami kopš 1944. gada (sk. 148. attēlu).

Cirkoniju izmanto (sk. 149. attēlu) keramiskajā rūpniecībā (54%), ugunsizturīgu materiālu ražošanā (12%), metāla lējumu izgatavošanā (8%), leģētiem kausējumiem un klājumiem (6%), cirkonija sāļu un ķīmisko savienojumu izgatavošanā (6%), televizoru ekrānu stiklu izgatavošanā (6%), juvelierapstrādei – cirkona minerālus (6%), citās jomās – galvenokārt elektroniskajā rūpniecībā (kopā 2%).

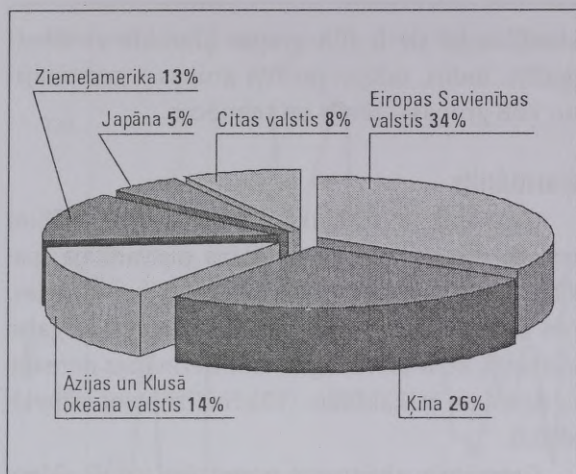
Lielākās cirkonija gala patērētājas (sk. 150. attēlu) ir Eiropas Savienības valstis (34%), Ķīna (26%), citas Āzijas un Klusā okeāna reģiona valstis (14%), Ziemeļamerika (13%), Japāna (5%) un citas valstis kopā – tikai 8%.



149. attēls. Cirkonija izmantošana (2005)

Pasaulē cirkona koncentrātu iegūst un tālāk pārstrādā 48 kompānijas, bet eksporta tirgus ir sadalīts tikai starp dažām kompānijām. 2005. gadā kompānijas "Iluka" daļa pasaules cirkonija un tā materiālu tirgū bija 37%, "RBM" – 20%, "Namakwa" – 11%, "Ticor" – 10%, "DuPont" – 6%, pārējās citas kompānijas kopā aizņēma tikai 16% pasaules tirgus.

Cirkona minerāla rūdas ieguves pašizmaksa

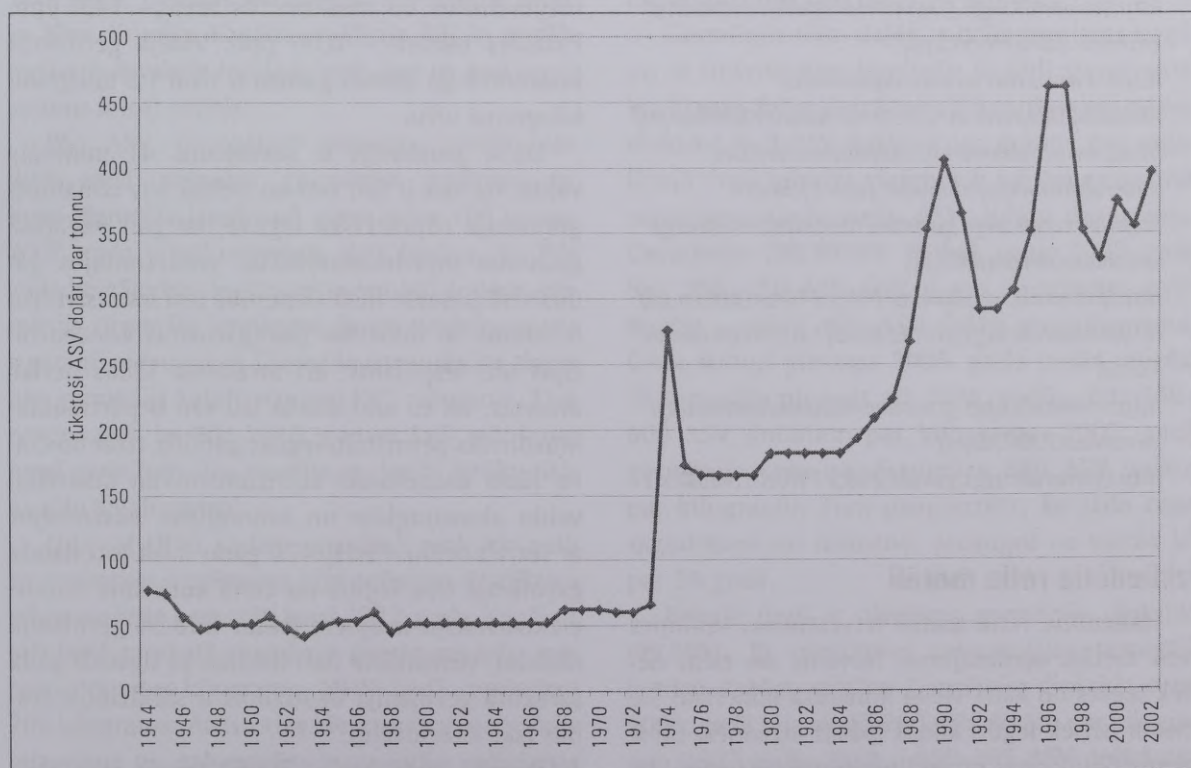


150. attēls. Cirkonija koncentrāta imports (2005)

nav augsta (sk. 151. attēlu). 2005. gadā tā bija 70–90 ASV dolāru par tonnu, minerāla koncentrāta pašizmaksa bija 220–250 ASV dolāru par tonnu. Līdz 1961. gadam koncentrāta ražošanas pašizmaksa bija nedaudz zemāka par 9 ASV dolāriem tonnā, 1962.–1973. gadā tā sasniedza 22 ASV dolārus, 1974.–1976. gadā – vidēji 35 ASV dolārus, tad lēcienvēidā pieauga līdz 188 ASV dolāriem par tonnu. Nākamais koncentrāta pašizmaksas kā-

pums bija 1980. gadā. Turpmākajos gados tā stabilizējās 200 ASV dolāru līmenī, no 1984. līdz pat 2004. gadam mainījās maz un bija vidēji 250 ASV dolāru par tonnu. Turpmāk ražošanas pašizmaksā gadā pieauga par 50–100 ASV dolāriem tonnā. Cenas stabilizēšanās nav paredzama līdz 2008. gadam, jo koncentrāta ražošanas jaudas pasaulē ir visā pilnībā noslogotas, bet patēriņš pieaug par 3–4% gadā.

Pēdējā laikā strauji pieaugot cirkonija metāla sakausējumu patēriņam Ķīnā un Indijā, kā arī keramikas produkcijas ražošanas apjomam Spānijā un Itālijā, cirkona koncentrāta cena būtiski (par 24%) ir pieaugusi un 2005. gadā sasniedza 635 ASV dolārus par tonnu, 2006. gadā tā palielinājās vēl par 25%. 2006. gada beigās tā stabilizējās – 700 ASV dolāru par tonnu, bet tikai līdz 2007. gada pirmajiem mēnešiem, kad tirgus atbilstību būtiski ietekmēja zemākas kvalitātes koncentrāti no Nigērijas, Malaizijas un Indonēzijas, kuru cena ir būtiski mazāka. Tie ir tikai daļēji apstrādāti dabiskie koncentrāti (“cirkona smiltis”) ar  $ZrO_2$  saturu 40% (300 ASV dolāru par tonnu), 45% (310 ASV dolāru par tonnu) un 50% (320 ASV dolāru par tonnu).



151. attēls. Cirkona koncentrāta cenas dinamika pasaulē

Cirkonija tīrmetāls netiek brīvi pārdots, jo tas ir klasificēts kā kodolmateriāls. Tā pārdošanu un izmantošanu pārrauga ANO komitejas. Pirmkautsējuma cena līdz 2005. gadam bija vidēji 25 000 ASV dolāru par tonnu, bet kopš tā laika ir pieaugusi par 30–35%. Augstas tīrības (99,998%) cirkonija metāla pulvera cena ir 430–450 tūkstoši ASV dolāru par tonnu (2005. gadā).

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija, ģeoloģija  
<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/zirconium>  
<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Zr/geol.html>  
<http://lab.nap.edu/nap/cgi/discover.cgi?term=zirconium&restric=NAP>  
<http://periodic.lanl.gov/elements/40.html>  
<http://education.jlab.org/itselemental/ele040.html>  
<http://www.chemsoc.org/viselements/pages/zirconium.html>  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/zirconium/>  
[http://www.nationalminesatlas.gov.au/info/aimr/mineral\\_sands.jsp](http://www.nationalminesatlas.gov.au/info/aimr/mineral_sands.jsp)  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/usbmmyb.html>
- ✓ Krājumi, resursi, statistika  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/zirconium/zirconomyb05.pdf>  
<http://www.auzircon.com.au/mmedia/Annual%20Reports/2005%20AZC%20Ann%20Rep.pdf>  
[http://www.indexmundi.com/en/commodities/minerals/titanium/titanium\\_table15.html](http://www.indexmundi.com/en/commodities/minerals/titanium/titanium_table15.html)  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/zirconium/zirconomyb05.xls>  
<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/zirconium.pdf>  
<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/zirconium.xls>
- ✓ Cenas  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/zirconium/730798.pdf>  
<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/zirconium.xls>

#### Izklidētie retie metāli

Izklidētie retie metāli ir vēsturiski veidojies reto metālu apzīmējums. Neviens no tiem netiek iegūts no kāda viena konkrēta minerāla. Šie metāli netiek iegūti kādās īpašās atradnēs, tie ir piemaisījumi citos minerālos un tiek arī iegūti blakus citiem metāliem. Atbilstoši ķīmisko elementu

klasifikācijai tie ir IIIA grupas ķīmiskie elementi (gallijs, indijs, tallijs), no IVA grupas – germānijs, no VIIB grupas – rēnijs un tehnēcijs.

#### Germānijs

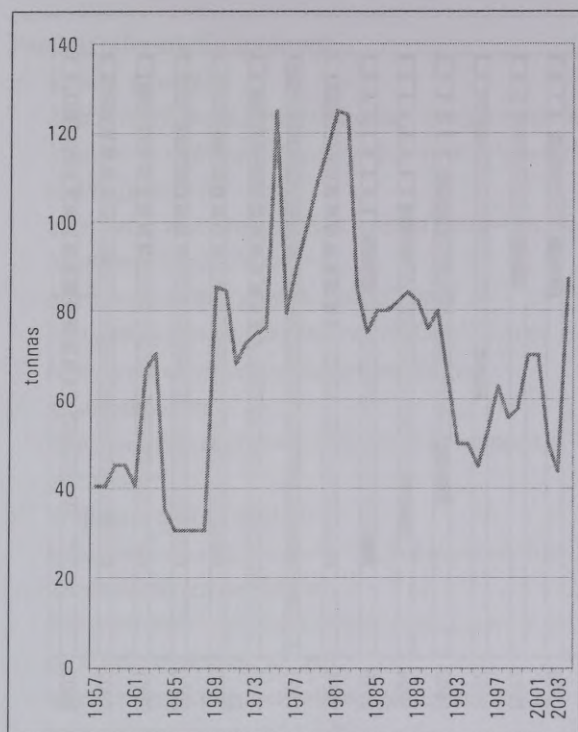
Germānijs ir sudrabaini pelēks, ciets un ļoti trausls metāls, tam ir izteiktas pusvadītāja īpašības. Parastos apstākļos tas gaisā neoksidējas, bet paaugstinātā temperatūrā tas reaģē ar gaisa skābekli, sēru un halogēniem. Germānijs nereaģē ar ūdeni un atšķaidītām skābēm (izņemot slāpekļskābi).

Germānija eksistenci paredzēja jau D. Mendelejevs, 1869. (1871.) gadā izstrādājot ķīmisko elementu periodisko tabulu pēc analogijas ar silikātu grupas elementiem (ekasilikoniem), bet atklāja to vācu ķīmiķis K. A. Vinklers (*Clemens Alexander Winkler*) 1886. gadā, pētot Saksijā (Freiburgas tuvumā) atrastu arigorīta minerālu ( $\text{Ag}_8\text{GeS}_6$ ). Viņš to nosauca par germāniju (no Vācijas nosaukuma latīņu valodā *Germania*).

Ķīmiskais elements germānijs ir izklidētais elements, un tas ir sastopams dažādu veidu silikātos, sulfīdos, oglēs un naftā. Tā koncentrācija dabā un Visumā pēc masas ir vidēji 200 ppb, uz Saules – 200 ppb, meteorītos – 21 000 ppb, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 1400 ppb, Pasaulē okeānā – 0,06 ppb. Vidējā germānija koncentrācija Zemes garozā ir tikai 1,5 miligrami kilogramā iežu.

Dabā germānijs ir sastopams 41 minerāla veidā, tie visi ir ļoti reti un nekad nav izmantoti germānija rūpnieciskā ieguvē, lai gan pagājušā gadsimta piecdesmitajos un sešdesmitajos gados visā pasaulē lielā slepenībā ļoti intensīvi tika meklētas šo minerālu paaugstinātas koncentrācijas un, iespējams, arī atradnes. Tādas netika atrastas, un to meklēšana jau sen ir pārtraukta. Mūsdienās germāniju iegūst gandrīz tikai no cinka rūdu kausēšanas atkritumiem un atsevišķu veidu akmeņoglēm un brūnoglēm, ekstrahējot ar tetrahlorīdu. Pēdējo 20 gadu laikā ļoti daudz germānija tiek iegūts no cietā kurināmā termoelektrostaciju kvēpiem (satur līdz 5% germānija oksīdu). Vēsturiskie dati liecina, ka ilgstoši gadā saražotā germānija daudzums ir salīdzinoši stabils (sk. 152. attēlu).

Pasaulē gadā iegūst 50–60 tonnu germāniju (sk. 71. tabulu). Papildus aptuveni 30 tonnu tiek



152. attēls. Pasaulē saražotā germānija daudzums

iegūts no lūžņiem, ekstrahējot šo metālu. Kopējais patēriņa tirgus pasaulē 2005. gadā tika novērtēts kā 87 tonnas, un tam ir tendence pieaugt par 1,5% gadā. Lielākās germānija ražotājas ir Beļģija, Ķīna, Krievija, Kanāda un Vācija. Vēl šo metālu iegūst 7–8 valstīs (no lūžņiem), bet to saražotais apjoms ir ļoti neliels.

Pēc ASV Ģeoloģijas dienesta aprēķiniem, 2006. gadā pasaules germānija patēriņa apjoms tīrmetāla izteiksmē pārsniedza 100 tonnu. 2007. gada pirmā pusgada dati liecina, ka līdz gada beigām tiks iegūts aptuveni 107 tonnas germānija tīrmetāla izteiksmē. Jauns patēriņa avots ir strauji pieaugošais Dienvidaustrumāzijas tirgus pēc germānija katalizatoriem PET ražošanai. Tiek prognozēts, ka līdz 2010. gadam šajā ražošanas jomā germānijs tiks aizstāts ar daudz lētāku titāna sāļu katalizatoru.

Līdz pat 1950. gadam germānijs praktiski netika izmantots, izņēmums bija anēmijas ārstēšanai rekomendētie preparāti kopš 1922. gada. Kopējais tajā laikā saražotā germānija daudzums bija mērāms desmitos kilogramu, 1940. gadā sasniedzot 200 kilogramu. Attīstoties elektronikai, germānijs bija viena no galvenajām pusvadītāju ražošanas industrijas izejvielām līdz pat pagājušā gadsimta

71. tabula. Germānija ieguve pasaulē no rūdas, tonnās tīrmetāla

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004
ASV	23	20	15	12	15
Ķīna	14	21	20	20	20
Japāna	2	2	1	1	1

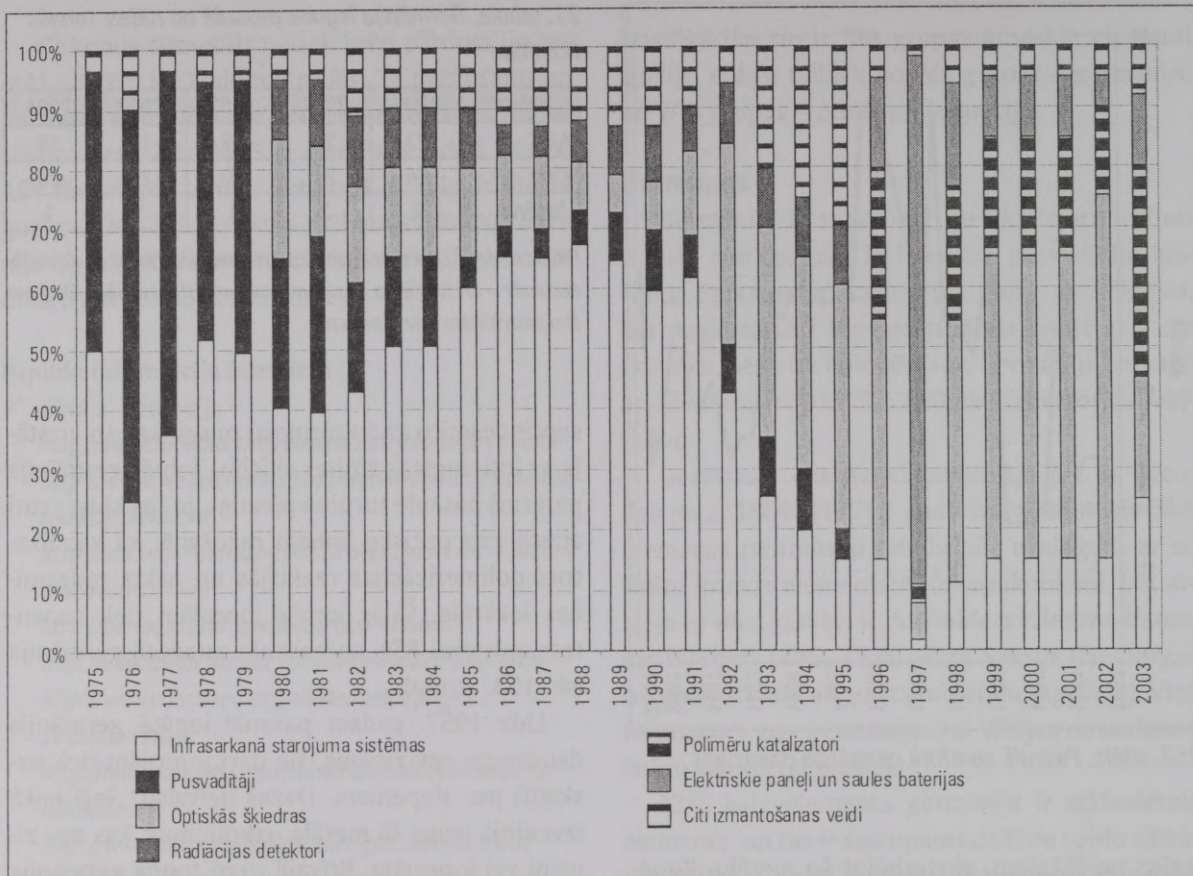
Piezīme: daudz germānija iegūst arī Francijā, Vācijā un Krievijā, nedaudz – arī Itālijā no vietējām un importētām rūdām. Dati par šīm aktivitātēm nav pieejami.

septiņdesmito gadu pirmajai pusei, kad to aizstāja ar ļoti augstas tīrības silīciju. Tomēr germānija patēriņš pasaulē turpina pieaugt, jo tas kļūst grūti aizstājams optisko kabeļu ražošanā, kā katalizators polimerizācijas reakcijās un nakts redzamības iekārtās. Šajās jomās joprojām tiek izmantots aptuveni 85% no pasaulē saražotā germānija (sk. 153. attēlu).

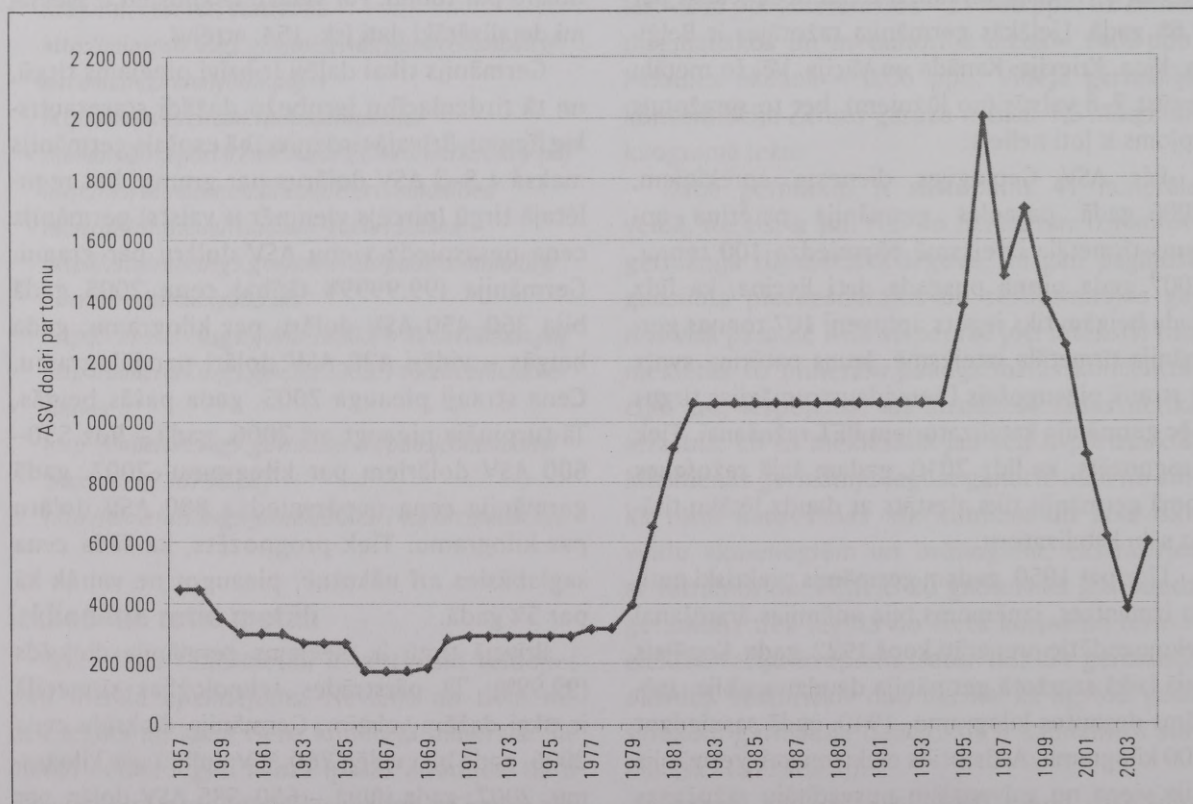
Līdz 1957. gadam pasaulē iegūtā germānija daudzums nav zināms, šie dati joprojām tiek uzskatīti par slepeniem. Dažas lielvalstis šajā laikā izveidoja lielus šā metāla uzkrājumus, kas nav zināmi vēl joprojām. Brīvajā tirgū tonna germānija oksīda šajā laikā maksāja 440–540 tūkstošus ASV dolāru par tonnu. Par vēlāko laikposmu ir pieejami detalizētāki dati (sk. 154. attēlu).

Germānijs tikai daļēji ir brīvi pieejams tirgū, un tā tirdzniecību ierobežo dažādi starptautiskie līgumi. Brīvajā tirdzniecībā esošais germānijs maksā 1,8–3 ASV dolārus par gramu, bet regulētajā tirgū (pircējs vienmēr ir valsts) germānija cena nesasniedz vienu ASV dolāru par gramu. Germānija (99,9999% tīrība) cena 2005. gadā bija 360–450 ASV dolāru par kilogramu, gada beigās – vidēji 425 ASV dolāri par kilogramu. Cena strauji pieauga 2005. gada pašās beigās. Tā turpināja pieaugt arī 2006. gadā – līdz 550–600 ASV dolāriem par kilogramu. 2007. gadā germānija cena nepārsniedza 880 ASV dolāru par kilogramu. Tiek prognozēts, ka šāda cena saglabāsies arī nākotnē, pieaugot ne vairāk kā par 5% gadā.

Brīvajā tirgū ir pieejams germānija dioksīds (99,99%). Tā pārstrādes tehnoloģijas tīrmetālā ir tikai dažām valstīm. Germānija dioksīda cena 2006. gadā bija vidēji 760 ASV dolāru par kilogramu, 2007. gada jūlijā – 650–585 ASV dolāri par kilogramu.



153. attēls. Germānija izmantošana pasaulē



154. attēls. Germānija oksīda cenas izmaiņas pasaulē

## Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija, ģeoloģija  
<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/germanium>  
<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Ge/geol.html>  
<http://lab.nap.edu/nap/cgi/discover.cgi?term=germanium&restric=NAP&mw=>  
<http://periodic.lanl.gov/elements/32.html>  
<http://education.jlab.org/itselemental/ele032.html>  
<http://www.chemsoc.org/viselements/pages/germanium.html>  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/germanium/>
- ✓ Krājumi, resursi, statistika  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/germanium/germamyb04.xls>  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/germanium/germamcs06.pdf>  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/germanium/germamyb04.pdf>  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/usbmyb.html>  
<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/germanium.pdf>  
<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/germanium-use.pdf>
- ✓ Cenas  
<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/germanium.xls>  
<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/germanium-use.xls>  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/germanium/220798.pdf>  
<http://nickelalloy.com/FreeSite/metals/ge/ge.asp>

## Gallijs

Gallijs ir sudrabaini balts, mīksts un plastisks metāls. Gallijam ir vairākas īpašības, kas līdzīgas svinam, bet ķīmiskās īpašības ir līdzīgas alumīnijam, tomēr atšķiras no tā, reaģējot ar fosforu un nereaģējot ūdenī.

Elementa eksistenci paredzēja jau D. Mendelejevs, kas to 1870. gadā nosauca par *eka-alumīniju*. Tomēr ķīmisko elementu pavisam drīz (1875. gadā) spektroskopiski pēc divām violetām līnijām atklāja franču ķīmiķis P. Lekoks de Buabodrāns (*Paul-Émile Lecoq de Boisbaudran*), analizējot cinka spīdi (mūsdienās to sauc par minerālu sfalerītu) no Pirenejiem. Tajā pašā gadā P. Lekoks de Buabodrāns elektrolītiski ieguva arī gallija tīrmetālu. Viņš jauno ķīmisko elementu nosauca par *gallia* – kā Francijas provinces daļu, kur pats bija dzimis, bet piedāvāja

tam arī otru sinonīmu, ko lietot franču valodā, – saukt to viņa vārdā *Lecoq*. Tā ir vārdu spēle, jo izcilā ķīmiķa vārds franciski nozīmē gailis vai kūts lakta, kas latīniski ir *gallus*.

Dabā gallijs ir sastopams tikai izkliedus un ļoti zemā koncentrācijā. Visumā gallija vidējā koncentrācija pēc masas ir 10 ppb, uz Saules – 40 ppb, meteorītos – 7800 ppb, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 19 000 ppb, Pasaules okeānā – 0,03 ppb, virszemes ūdeņos – 0,15 ppb.

Zemes garozā gallija vidējā koncentrācija tiek novērtēta kā 1,9 miligrami kilogramā iegu. Gallijs ir zināms tikai septiņu minerālu formā. Relatīvi izplatītākie ir karnevalīts  $Cu_3GaS_4$  un gallīts  $CuGaS_2$ . Gallobeudanīts, šongeīts un cumgalīts ir atrasti tikai divās vietās pasaulē, bet pārējiem diviem minerāliem vēl nav pat apstiprināti nosaukumi. Visi gallija minerāli ir retums, un ar tiem var lepoties jebkurš muzejs pasaulē. Līdz ar to pasaulē nav nevienas gallija rūdas atradnes vai perspektīvas teritorijas, kur to varētu atrast nākotnē.

Daudz biežāk gallijs ir sastopams kā piemaisījums diasporā, sfalerītā, germānijā, boksītos un ogļu sadedzināšanas atlikumos (kvēpos). Rūpnieciskām vajadzībām galliju iegūst tikai kā blakus produktu cinka un alumīnija kausēšanā. Šajās rūdās gallija vidējā koncentrācija ir 0,00005% svara izteiksmē. Šāda koncentrācija tiek uzskatīta par rūpnieciski nozīmīgu, zinot gallija cenu mūsdienās. Gallija tīrmetāla resursi tiek vērtēti aptuveni 1,2 miljardu kilogramu apjomā, no tiem aptuveni 20% – ASV teritorijā. Šis daudzums ir pietiekams, lai nodrošinātu gallija patēriņu pasaulē visu šo tūkstošgadi

Pagājušā gadsimta sešdesmitajos gados līdz ar elektronikas attīstību “aukstā kara” apstākļos pasaules lielvalstīs izveidoja visai lielas jaudas gallija iegūšanai no alumīnija rūdas. Zināmās ražošanas jaudas ir novērtētas 179 tonnu apjomā gadā (sk. 72. tabulu). Tajās nav iekļautas ASV gallija ražošanas jaudas, kas nekad nav deklarētas un daļēji atrodas ārpus ASV administratīvajām robežām. Tās tiek vērtētas 20–25 tonnu apjomā gadā. Tātad, ņemot vērā iepriekšējās tabulas datus, gallija kopējās ražošanas jaudas pasaulē pārsniedz 100 tonnu gadā.

Kopš 1973. gada (sk. 155. attēlu) pasaulē nekad nav saražots vairāk kā 93 tonnas gallija gadā. Dati par laikposmu no 1943. gada, kad rūpnieciski tika iegūts gallijs, līdz 1973. gadam nav pieejami,

72. tabula. Pasaulē lielākās gallija ražotājvalstis (2005)

Valsts	Ražošanas jaudas pasaulē, tonnas gadā
Japāna	20
Kazahstāna	20
Krievija	19
Ķīna	59
Slovākija	8
Ungārija	8
Ukraina	10
Vācija	35
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>179</b>

tomēr zināms, ka maksimālais gallija daudzums saražots laikposmā no 1959. līdz 1963. gadam. Gallija uzkrājumus saimnieciskajā tirgū regulāri realizē tikai ASV kopš 1981. gada. Ir paredzams, ka tas notiks arī ar citu valstu (Krievijas, Ukrainas un Ķīnas) stratēģiskajām metāla rezervēm.

Mūsdienās arvien vairāk gallija iegūst no brūnoglū un akmeņoglū dedzināšanas kvēpiem, kas uzkrājas termoelektrostaciju dūmeņos. Šajos kvēpos gallija vidējā koncentrācija ir aptuveni 1,5% svara izteiksmē. Eiropas Savienības valstīs paaug-

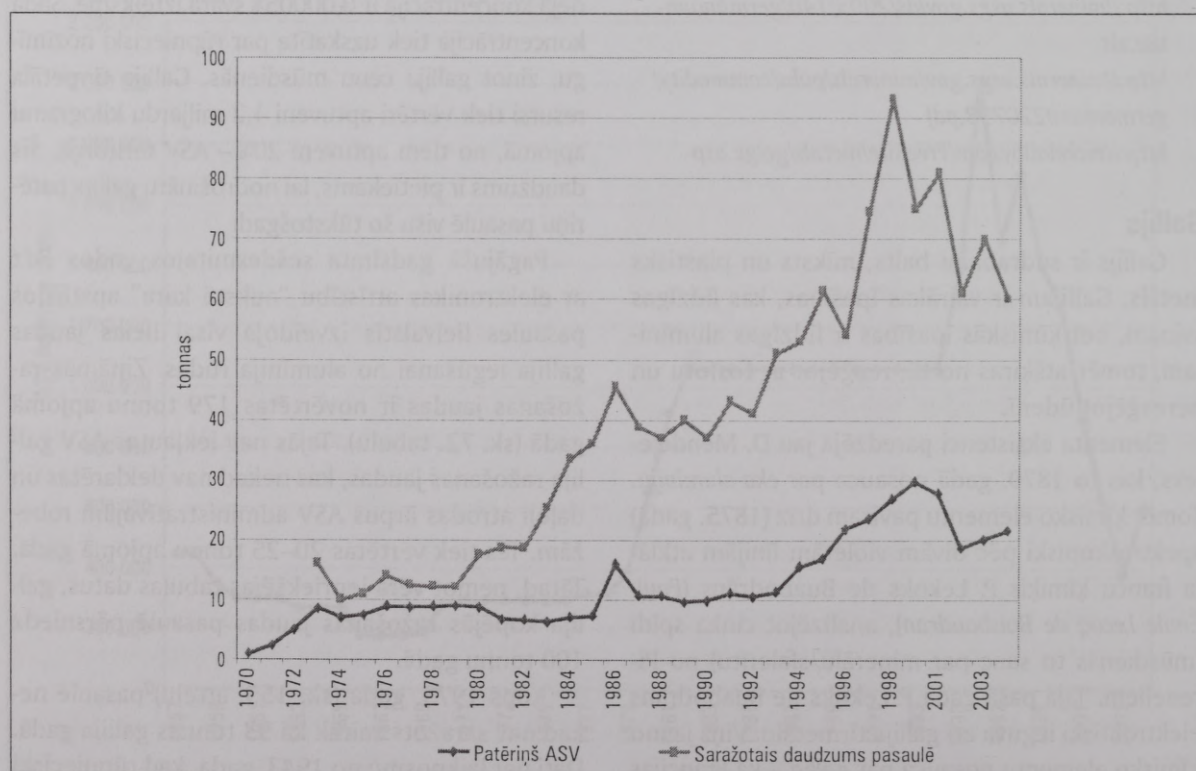
stināto vides aizsardzības normu dēļ šī koncentrācija ir daudz zemāka, un gallijs šādā veidā vairs netiek iegūts. Aptuveni 26% (jeb 31 tonnu) gallija iegūst no lūžņiem, kā arī atkārtoti pārstrādājot galliju saturošus izstrādājumus Vācijā, Apvienotajā Karalistē, Japānā un ASV.

Ekonomiski izdevīgāk ir iegūt galliju kopā ar alumīniju, kas nodrošina ļoti augstas tīrības gallija tīrmetālu (99,9999%) elektrotehniskās un mikroelektronikas rūpniecības vajadzībām.

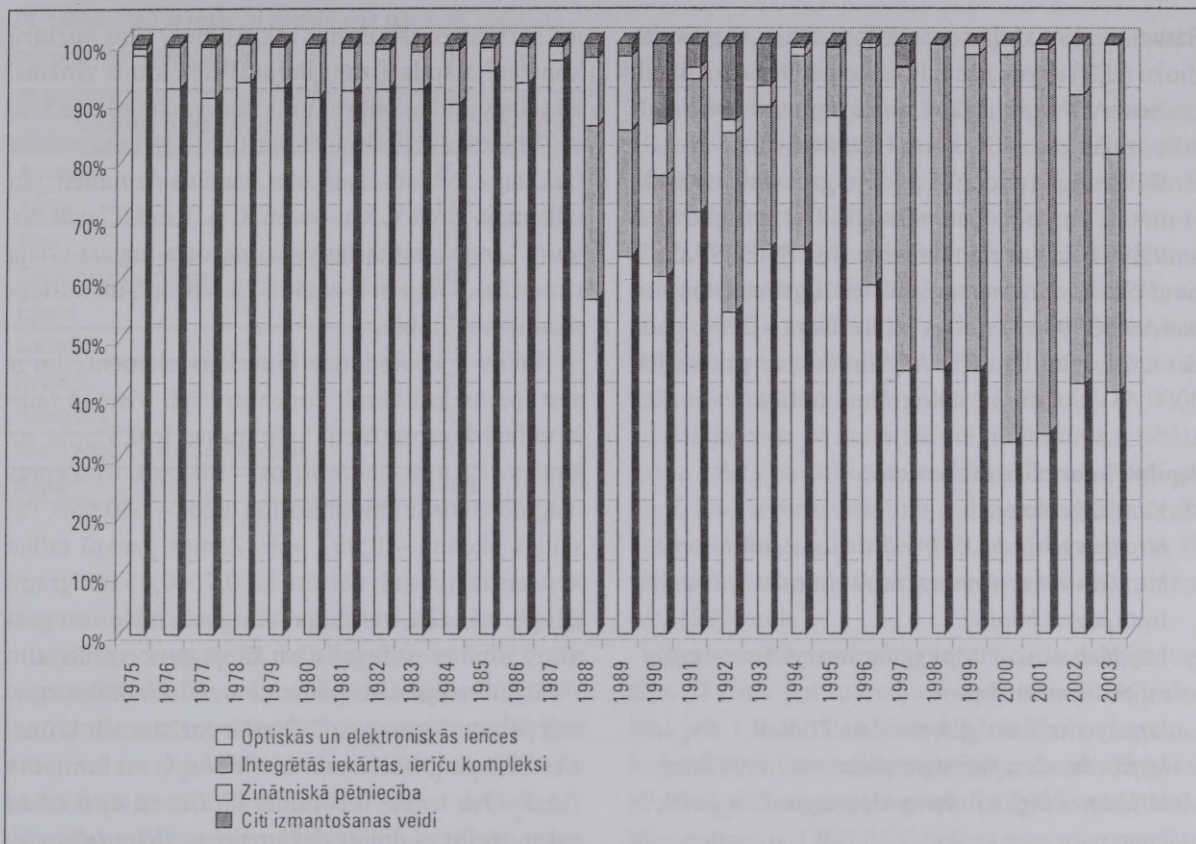
Tautsaimniecībā visplašāk izmanto gallija arsenīdu ar izteiktām pusvadītāja īpašībām integrālo shēmu ražošanai, galvenokārt – lāzera un gaismas diožu ražošanai (sk. 156. attēlu).

Ļoti raksturīga ir dažādas tīrības gallija patēriņa un uzkrājumu veidošana pasaulē (sk. 73. tabulu). Visvairāk tiek patērēts vidējas tīrības gallijs – diodēs, nevis integrētajās shēmās, bet uzkrājumi tiek veidoti no zemākas kvalitātes izejvielām. Tiek prognozēta gallija patēriņa tirgus struktūras maiņa, un rezerves tiek veidotas lētākās un viegli pārstrādājamās izejvielās, jo ražošanas prasības nākotnē nav zināmas.

Gallijs nav lēts metāls. Tā patiesā cena ir komerciāls noslēpums, pieejami ir dažādi starpnieku



155. attēls. Gallija patērētais daudzums pasaulē



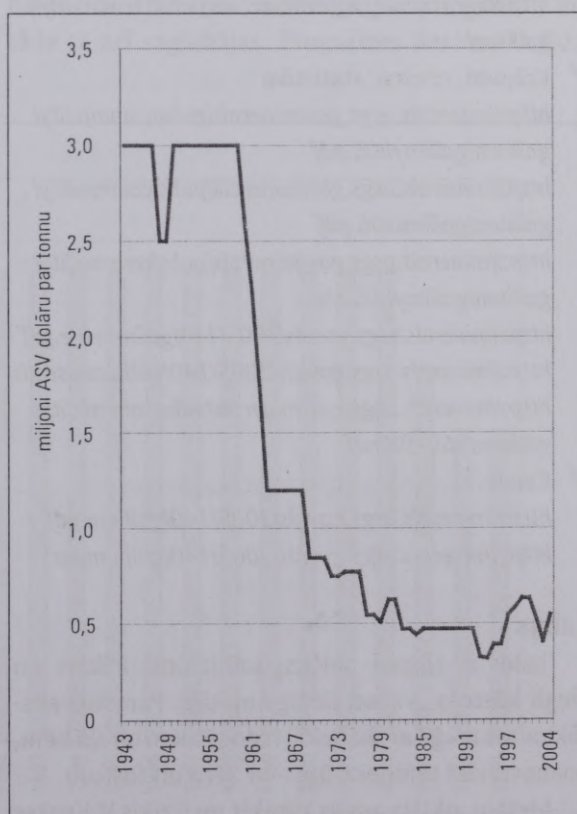
156. attēls. Gallija izmantošana pasaulē

73. tabula. Atšķirīgas tīrības gallija patēriņš un veidotie uzkrājumi pasaulē (2005. gada dati), %

Metāla tīrība	Patēriņš	Uzkrājumi
99,99%–99,999%	0,3	27,9
99,999%	95,7	64,4
99,99999%–99,999999%	4,0	7,7

piedāvājumi ļoti plašā cenu diapazonā. Tomēr pastarpināti ir iespējams novērtēt gallija cenas izmaiņas pat vēsturiskā posmā (sk. 157. attēlu). Ir konstatējama ne tikai svarīgākā tendence – pāreja no valstu regulētām, slepenām cenām uz tirgus regulēšanu un patēriņa uzraudzību (1993. gadā), bet arī gallija metāla cenas pazemināšanās vairākas reizes.

Gallijs salīdzinoši nav dārgs metāls, un tā cena ir būtiski atkarīga no tīrības. 99,9999% tīrības metāls 2004. gadā maksāja 550 ASV dolāru par kilogramu, 2005. gadā – 538 ASV dolārus par kilogramu, bet 99,99% tīrības metāls – attiecīgi tikai 188 un 244 ASV dolārus par kilogramu. Nākamajos gados 99,99% tīrības gallija cena stabilizējās –



157. attēls. Gallija cenas izmaiņas pasaulē

510–538 ASV dolāri par kilogramu, jo gaismas diožu (LED) tirgus pasaulē palielinājās līdz 3,5 miljardiem ASV dolāru (50% no šā tirgus aizņem GaN zilās, zaļās un baltās krāsas indikatori).

Raksturīga tendence pēdējo gadu laikā ir gallija metāla cenas samazināšanās. Tiek prognozēts, ka 99,99% tīrības metāla cena līdz 350 ASV dolāriem par kilogramu saglabāsies. Ļoti augstas tīrības (99,99999+%) gallijs ir ļoti dārgs – 2006. gadā tā vidējā cena bija trīs ASV dolāri par gramu jeb 3000 ASV dolāru par kilogramu metāla.

#### Papildu informācija internetā

✓ Ķīmija, ģeoloģija

<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/gallium>

<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Ga/geol.html>

<http://lab.nap.edu/nap-cgi/discover.cgi?term=gallium&restric=NAP&mw=>

<http://periodic.lanl.gov/elements/31.html>

<http://education.jlab.org/itselemental/ele031.html>

[http://www.lngs.infn.it/site/exppro/gno/Gno\\_home.htm](http://www.lngs.infn.it/site/exppro/gno/Gno_home.htm)

<http://www.chemsoc.org/viselements/pages/gallium.html>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/gallium/>

✓ Krājumi, resursi, statistika

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/gallium/gallimyb05.pdf>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/gallium/gallimcs06.pdf>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/gallium/gallimyb05.xls>

<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/gallium-use.pdf>

<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/gallium-use.xls>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/gallium/460798.pdf>

✓ Cenas

<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/gallium.pdf>

<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/gallium.xls>

#### Tallijs

Tallijs ir zilgani pelēks, salīdzinoši mīksts un viegli kūstošs svinam līdzīgs metāls. Parastos apstākļos tas reaģē ar skābekli, halogēniem un skābēm, paaugstinātā temperatūrā – ar sēru un fosforu.

Metālu atklāja angļu ķīmiķis un fiziķis V. Krukss (*Sir William Crookes*) 1961. gadā, spektrāli analizē-

jot sērskābes ražošanas atkritumus. Viņš spektrā konstatēja spilgti zaļu līniju. Vēlāk kļuva zināms, ka tallija joni arī liesmu iekrāso smaragdzaļā krāsā. Tāpēc to arī nosauca par talliju (grieķu valodā *θαλλός* – *thallos* – zaļš zars, jaunais dzinums). Jau nākamajā gadā V. Krukss un K. A. Lamī (*Claude-Auguste Lamy*) neatkarīgi viens no otra ieguva tallija tīrmetālu. Tallijam ir zināmi 25 izotopi, no kuriem tikai divi ir stabili.

Tallijs ir izkliedētais ķīmiskais elements un ir sastopams ļoti zemā koncentrācijā. Visumā tallija vidējā koncentrācija pēc masas ir 0,5 ppb, uz Saules – 1 ppb, meteorītos – 80 ppb, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 530 ppb, Pasaules okeānā – 0,001 ppb. Zemes garozā tallija koncentrācija tiek vērtēta kā 0,70–0,85 miligrami kilogramā iežu, visvairāk – augsnē, mālos un granītos kopā ar paaugstinātu kālija koncentrāciju.

Dabā tallijs sastopams tikai 47 minerālos, turklāt piemaisījumu veidā. Plašāk pazīstami ir krūkezīts  $\text{TlCu}_7\text{Se}_4$ , hutčinsonīts  $\text{TlPbAs}_5\text{S}_9$  un lorandīts  $\text{TlAsS}_2$ . Tie ir ļoti reti minerāli un reti apskatāmi pat muzejos. Saimnieciskām vajadzībām talliju iegūst kā blakus produktu no vara, svina, cinka un citu sulfīdu rūdām.

Tallija resursu novērtējums tiek rēķināts kā piemaisījumu daudzums esošās vara, svina un cinka atradnēs, kurās krājumi ir apstiprināti. Patlaban pieejamais tallija daudzums ir aptuveni 380 tonnu, kopā ar atradnēm, kuru ekspluatācija tiks sākota, – 650 tonnu. Kopējie tallija resursi atradnēs un perspektīvos laukumos pasaulē tiek vērtēti 17 miljonu kilogramu apjomā, no tiem lielākā daļa ir Eiropā, Kanādā un ASV. Papildus vēl 630 miljoni kilogramu tallija ir koncentrēti okeānos dzelzs mangāna konkrēcijās. Tallija resursi atkārtoti tika vērtēti 2006. gadā, un to kritisks vērtējums liecina, ka patlaban tautsaimniecībai ir pieejami 1000 miljoni mārciņu tallija tīrmetāla izteiksmē (sk. 74. tabulu).

Pagājušā gadsimta sākumā tallija sulfātu kā vielu bez garšas un smaržas plaši izmantoja žurku un skudru indēšanai, bet vēlāk tā lietošana tika aizliegta. Tomēr to daudz vēl izmantoja medikamentu ražošanā tuberkulozes, dizentērijas un citu slimību ārstēšanai. Kopš pagājušā gadsimta divdesmitajiem gadiem talliju plaši lieto fotogrāfijā, dažādu fotoelementu šūnu ražošanā. Kompleksās tallija–broma un joda sāls kristāli plaši tiek

74. tabula. Tallija resursu sadalījums pasaulē, miljonus mārciņu tīrmetāla (2005)

Valsts, reģions	Novērtētie resursi, miljonus mārciņu
Austrālija	250
Āfrika	140
Kīna	100
Dienvidaustrumāzija	100
Ēģipte	100
Kanāda	180
Brazīlija	30
Grenlande	50
Neatkarīgo Valstu Sadraudzība	50
<b>Kopā</b>	<b>1000</b>

izmantoti infrasarkanās optikas ierīču ražošanā, pusvadītāju industrijā, mūsdienās – daudz retāk augsta optiskā blīvuma stiklu ražošanā. Tallija sāļus daudz izmanto medicīnā, tostarp radiācijas medicīnā un radioaktivitātes detektoru ražošanā, kā arī ādas slimību ārstēšanā. Pēdējos desmit gados visstraujāk ir pieaudzis tallija patēriņš magnētiskās rezonanses attēlu veidošanā un augstas temperatūras supervadītāju ražošanā. Talliju plaši izmanto īpašiem ķīmiski izturīgiem un viegli kūsotošiem sakausējumiem, zemas temperatūras ter-

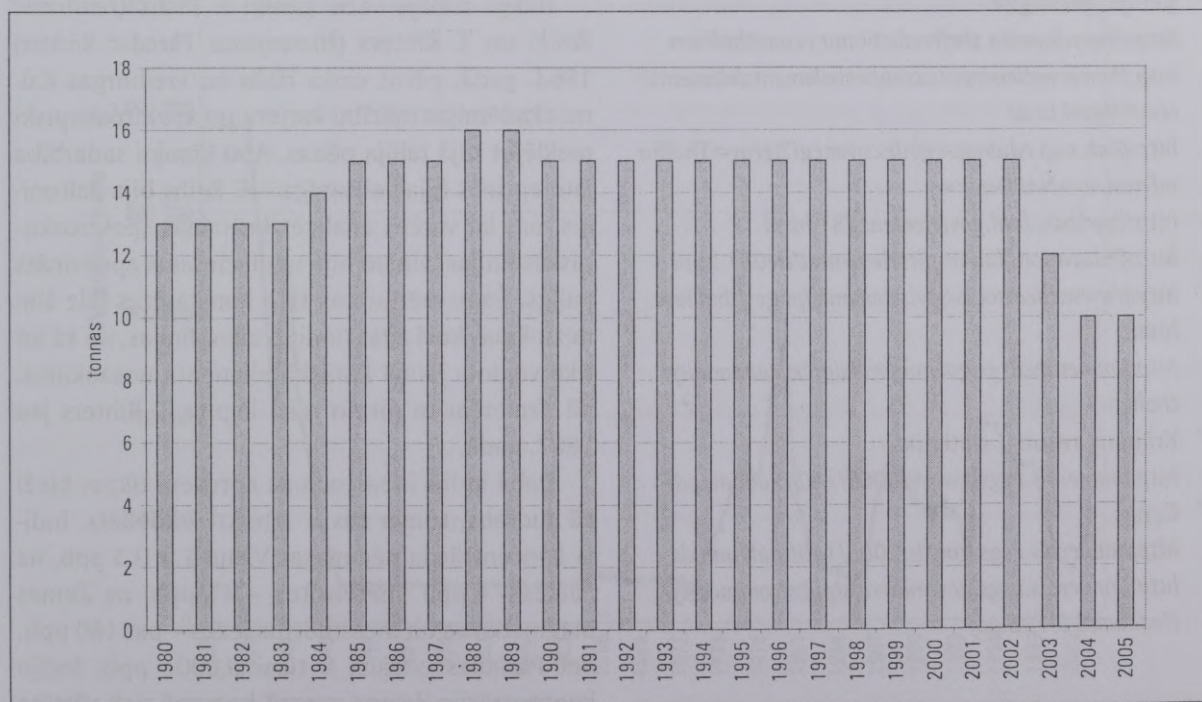
mometros, izotopu  $^{204}\text{Tl}$  – par  $\beta$  starojuma avotu medicīnā un rūpniecībā.

Mūsdienās pasaulē gadā iegūst aptuveni 10 tonnu tallija tīrmetāla (sk. 158. attēlu), no tām aptuveni sešas tonnas – tikai divās atradnēs Kanādā (Vodginas un Grīnbrušes atradnēs).

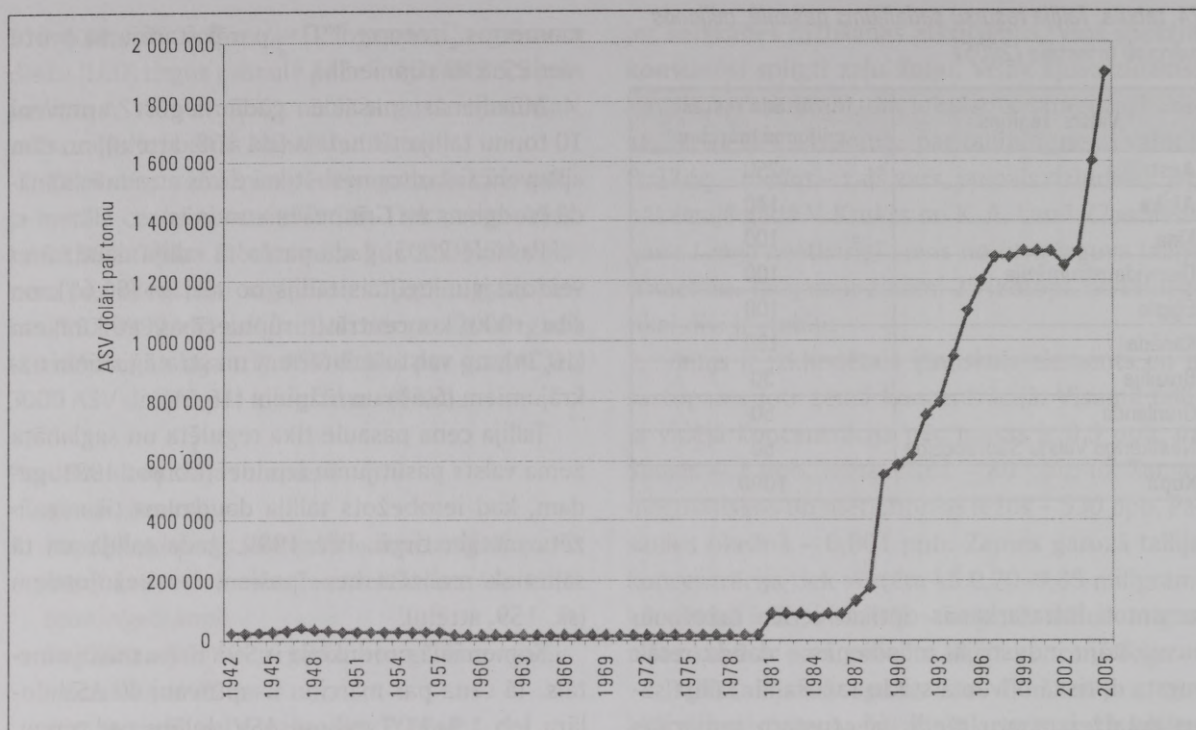
Pasaulē 2005. gadā patērētā tallija daudzumu veidoja jauniegūtais tallijs no rūdām (66,6%), no citu rūdu koncentrātu rūpniecības atlikumiem (10,3%), no valstu militāriem un stratēģiskiem uzkrājumiem (6,6%) un lūžņiem (16,5%).

Tallija cena pasaulē tika regulēta un saglabāta zema valsts pasūtījumu izpildei līdz pat 1981. gadam, kad ierobežots tallija daudzums tika realizēts metālu tirgū. Pēc 1989. gada tallija un tā sāļi tiek realizēti bez īpašiem ierobežojumiem (sk. 159. attēlu).

Komerciālā produkcija ir 99% tīrības tallija metāls. Tā cena par mārciņu ir aptuveni 40 ASV dolāru jeb 1,9–2,05 miljoni ASV dolāru par tonnu. Augstākas tīrības pakāpes tallijs ir daudz dārgāks. 99,999% tīrības metāls granulās 2006. gadā maksāja aptuveni 1200 ASV dolāru par mārciņu. Jau 2006. gada beigās tallija cenas sasniedza 5170 ASV dolāru par kilogramu, 2007. gada martā samazinājās līdz 1000 ASV dolāriem par kilogramu, un tāda tā arī saglabājas. Prognozes liecina, ka līdz



158. attēls. Pasaulē saražotā tallija daudzums



159. attēls. Tallija cenas izmaiņas pasaulē

2008. gadam pasaulē būs tallija pārprodukcija un tā cena kritīsies par 10–15% gadā. Cena atkal kāps pēc 2009. gada, stabilizējoties 2003. gada līmenī.

#### Papildu informācija internetā

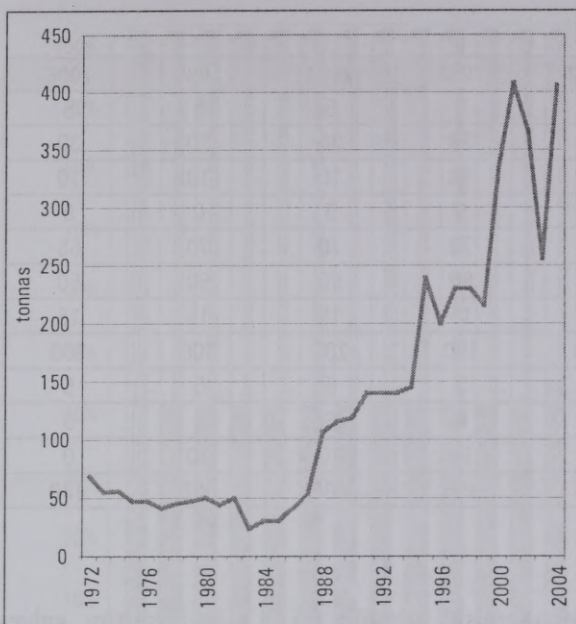
- ✓ Ķīmija, ģeoloģija
  - <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/thallium>
  - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Tl/geol.html>
  - <http://lab.nap.edu/nap/cgi/discover.cgi?term=Thallium&restric=NAP&mw=>
  - <http://periodic.lanl.gov/elements/81.html>
  - <http://education.jlab.org/itselemental/ele081.html>
  - <http://www.chemsoc.org/viselements/pages/thallium.html>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/thallium/>
- ✓ Krājumi, resursi, statistika
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/thallium.pdf>
- ✓ Cenas
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/thallium.xls>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/thallium/840798.pdf>

#### Indijs

Indijs ir mīksts sudrabaini balts metāls, to var griezt pat ar nazi. Dabā tas ir ļoti izkliedēts elements. Ķīmisko īpašību ziņā indijs ir ļoti līdzīgs alumīnijam, mazāk līdzīgs gallijam.

Indiju atklāja vācu ķīmiķi F. Reihls (*Ferdinand Reich*) un T. Rihters (*Hieronymus Theodor Richter*) 1863. gadā, pētot cinka rūdu no Freiburgas Kalnu akadēmijas mācību karjera un spektroskopiski meklējot tajā tallija pēdas. Abu ķīmiķu sadarbība jau iepriekš bija veiksmīga – F. Reihls bija daltoniķis, un, lai varētu analizēt krāsainās spektroskopiskās līnijas, viņam bija nepieciešams apdāvināts palīgs. Šajos pētījumos tika konstatētas līdz šim nezināmas koši zilās (indigo zilās) līnijas, no kā arī tika veidots jaunā ķīmiskā elementa nosaukums. Kā tīrmetālu to pirmo reizi ieguva T. Rihters jau 1867. gadā.

Dabā indijs ir sastopams aptuveni tikpat bieži kā sudrabs, tomēr tas ir izteikti izkliedēts. Indija koncentrācija pēc masas Visumā ir 0,3 ppb, uz Saules – 4 ppb, meteorītos – 45 ppb, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – pat 160 ppb, bet Pasaules okeānā – tikai 0,0001 ppb. Indija koncentrācija Zemes garozā kopumā tiek vērtēta kā 0,25 miligrami kilogramā iegu.



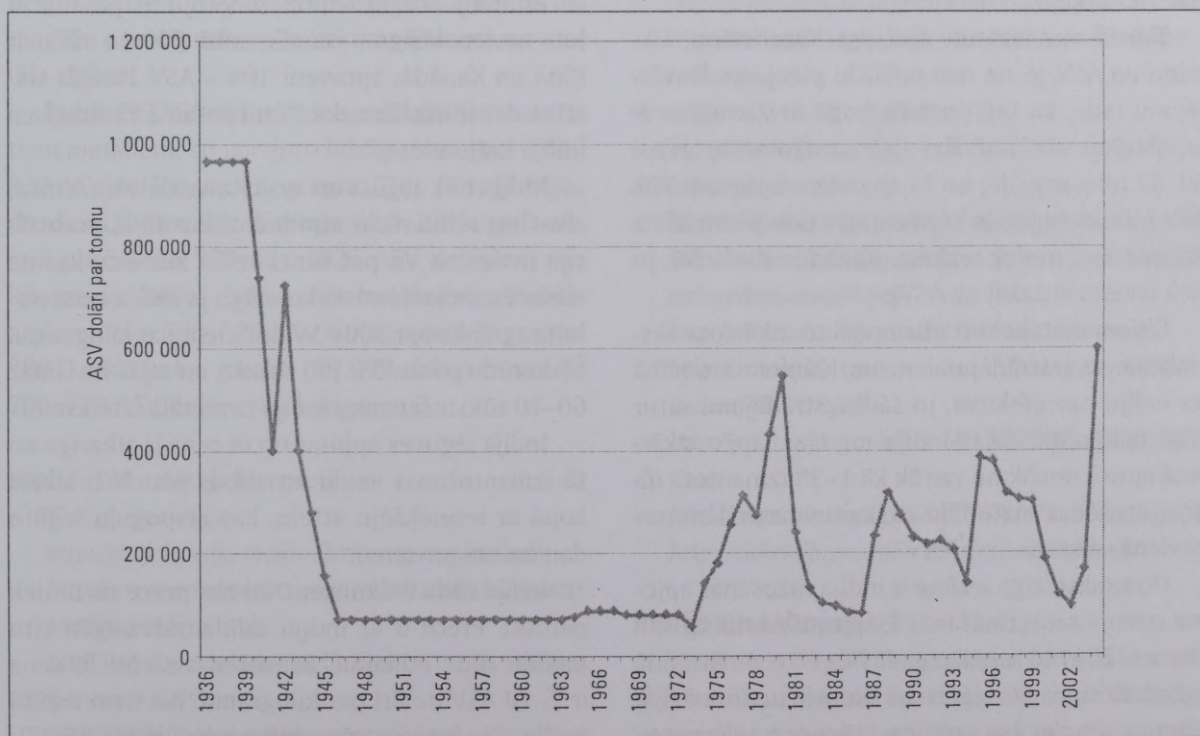
160. attēls. Pasaulē saražotā indija daudzums

Indijs uz Zemes veido tikai dažus minerālus. Zināmi ir 13 minerāli, no tiem vienam joprojām nav apstiprināts nosaukums (zināms tikai viens graudiņš šā minerāla visā pasaulē). Pazīstamākie minerāli ir tīrādņu indijs, kadmoindīts un indīts, tomēr arī tie ir apskatāmi tikai izcilākajos pasaules muzejos.

Saimnieciskām vajadzībām indiju iegūst tikai no cinka, dzelzs, svina un vara rūdām (to koncentrātiem), ķīmiski izdalot indija sāļus un elektrolītiski iegūstot indiju.

Līdz 1924. gadam pasaulē bija iegūts tikai aptuveni viens grams indija. Tā ieguve būtiski palielinājās atklātajos sakausējumos ar sudrabu gaismas reflektoru ražošanai, kas vienmērīgi atstaro visu garumu gaismas viļņus. Tam sekoja viegli apstrādājamas augstvērtīgas korozijizturīgas speciālas tērauda šķirnes ar zemu šo sakausējumu kušanas temperatūru. Vēl viens tradicionāls indija izmantošanas veids ir zobārstniecības amalgamas. Paplašinoties indija izmantošanas veidiem, atsevišķos vēsturiskos posmos tā patēriņš pieauga lēcienveidā (sk. 160. attēlu).

Lai arī statistika par laikposmu līdz 1972. gadam joprojām nav pieejama, arī esošie dati uzskatāmi norāda uz patēriņa un cenas izmaiņām (sk. 161. attēlu): 1945.–1946. gadā līdz ar Otrā pasaules kara beigām, kad būtiski samazinājās kaujas lidmašīnu dzinēju, kā arī dažādu spoguļreflektoru ražošana; 1973.–1974. gadā, kad tika sākta masveida mikroprocesoru ražošana, indija cena pieauga vairākas reizes; 1980.–1986. gadā bija pārprodukcijas periods, ko sarežģīja vienlaikus



161. attēls. Indija cenas izmaiņas pasaulē

75. tabula. Pasaulē iegūtā indija daudzums, tonnās tīrmetāla

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Apvienotā Karaliste	5	5	5	5	5	5	5
Beļģija	40	40	40	30	30	30	30
Francija	65	65	65	10	10	10	10
Itālija	5	5	5	5	5	0	0
Japāna	55	55	60	70	70	70	55
Kanāda	45	45	45	50	50	50	50
Krievija	15	15	15	15	15	15	15
Ķīna	200	159	110	150	200	300	300
Nīderlande	5	5	5	5	5	5	5
Peru	5	4	6	6	6	6	6
Vācija	10	10	10	10	10	10	0
<b>Kopā</b>	<b>450</b>	<b>408</b>	<b>366</b>	<b>356</b>	<b>406</b>	<b>500</b>	<b>480</b>

pasaulē tirgū realizētie uzkrājumi un indija aizvietošana ar citiem metāliem mikroshēmu ražošanā; 1986.–1988. gadā, kad mikroelektronikas izstrādājumu tirgus tika būtiski paplašināts, ienākot tajā Ķīnā ražotajiem lētajiem izstrādājumiem; 1994., 2000. un 2004. gadā (prognozējot tirgus pieaugumu šķidro kristālu ekrānu ražošanas sektorā, tika radītas papildu indija ražošanas jaudas, kas ļāva gandrīz dubultot ražošanu).

Pēdējo gadu laikā indija ražošana stabilizējas. Nemainīgs ir arī galveno ražotāju saraksts (sk. 75. tabulu).

Tabulā nav iekļauti dati par Kazahstānu, Ukrainu un ASV, jo tie nav publiski pieejami. Novērtējumi rāda, ka šajās valstīs kopā ar Ziemeļkoreju, Taivānu un Filipīnām tiek saražotas aptuveni 50–52 tonnas gadā, no šā apjoma – aptuveni 70% ASV (Aļaskā iegūtais koncentrāts tiek pārstrādāts Kanādā, bet netiek iekļauts Kanādas statistikā, jo tiek izvests atpakaļ uz ASV).

Citiem metāliem tradicionālā to atkārtota ekstrakcija no izstrādājumiem un lūžņiem attiecībā uz indiju nav efektīva, jo šādi izstrādājumi satur tikai miligramu daļas indija metāla. Tāpēc atkārtotā apritē nonāk ne vairāk kā 1–3% izmantotā indija, un šādas materiālu uzskaites pagaidām nav nevienā valstī.

Otra raksturīga iezīme ir indija ražošanas apjoma strauja samazināšanās Eiropas Savienības valstīs no 120–140 tonnām gadā līdz 65 tonnām gadā tagad. Kritums vērojams arī Dienvidaustrumāzijā. Eiropas rūpniecība gadā patērē vismaz divas reizes vairāk indija, un palielinās Eiropas Savienības

ekonomiskā atkarība no tā ražotājvalstīm, galvenokārt no Ķīnas.

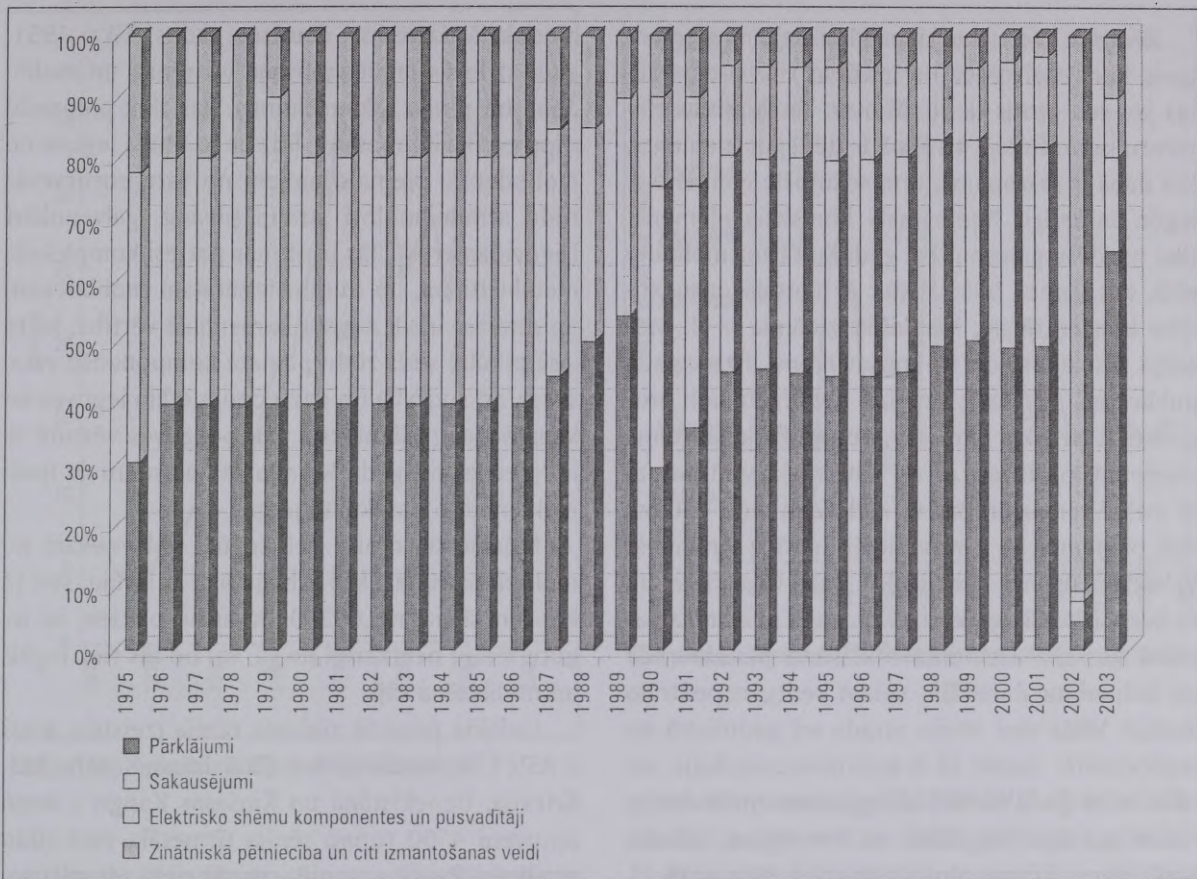
Tā kā indijs tiek iegūts no citu metālu rūdas koncentrātiem un to pārstrādes produktiem, īpašu indija rūdas atradņu nav. Ar indiju visbagātākā ir vara sulfīdu rūda. Tajā vidējais indija saturs tiek mērīts desmitdaļās svara procentu, un šādā rūdā jau ekspluatācijā esošajās atradnēs ir 2800 tonnu indija tīrmetāla izteiksmē; ņemot vērā arī rezervē esošās atradnes un tās, kas tiek gatavotas izmantošanai, kopā ir 6000 tonnu.

Ar indiju bagātu rūdu izvietojums pasaulē ir ļoti nevienmērīgs – vairāk nekā 50% šo rūdu ir Ķīnā un Kanādā, aptuveni 10% – ASV. Pārējās valstīs katrā ir mazāk nekā 5% no pasaulē zināmajiem indija krājumiem.

Indijs tiek iegūts arī no cita veida vara, cinka, alvas un svina rūdu atradnēm, kur tā koncentrācija ir desmit un pat simts reižu zemāka, kas ne vienmēr ir ekonomiski izdevīgi, ja indija cena nokrītas zemāk par 300 ASV dolāriem par kilogramu. Šādu rūdu pasaulē ir ļoti daudz, un tajās ir vismaz 60–70 tūkstoši tonnu indija tīrmetāla izteiksmē.

Indija ieguves apjoms un tā cena ir atkarīga no tā izmantošanas veidu attīstības (sk. 162. attēlu kopā ar iepriekšējo attēlu, kas atspoguļo iegūto daudzumu un cenu).

Indija rūda un koncentrāti nav prece un netiek pārdoti. Prece ir ar indiju salīdzinoši bagāti citu metālu rūdu atlikumi, kausēšanas sārņi. To cena ir 7–10 ASV dolāri par kilogramu. No tiem iegūtā indija sāļu koncentrāta pašizmaksa ir 90–95 ASV dolāri par tonnu. Indija tīrmetāla cena 2005. gada



162. attēls. Galvenie indija izmantošanas veidi pasaulē

beigās bija 1–5 ASV dolāri par gramu atkarībā no piegāžu nosacījumiem, iepirkuma lieluma un metāla tīrības.

Indija (99,99% tīrība) cena salīdzinājumā ar citiem metāliem, ko izmanto līdzīgi, ir zema – 780–830 ASV dolāru par kilogramu. Tāda tā saglabājās daudzus gadus, līdz pieauga tikai 2005. gada otrajā pusē – no 950 līdz 1025 ASV dolāriem par kilogramu. 2006. gadā indija metāla cena stabilizējās un bija 700–800 ASV dolāru par kilogramu. 2007. gadā indija metāla (99,99% tīrība) cena bija 700–720 ASV dolāru par kilogramu.

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija, ģeoloģija
  - <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/indium>
  - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/In/geol.html>
  - <http://lab.nap.edu/nap-cgi/discover.cgi?term=indium&restric=NAP&mw=>
  - <http://periodic.lanl.gov/elements/49.html>
  - <http://education.jlab.org/itselemental/ele049.html>

<http://www.chemsoc.org/viselements/pages/indium.html>  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/indium/>

- ✓ Krājumi, resursi, statistika
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/indium/indiumyb04.xls>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/usbmmyb.html>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/indium/indiummcs06.pdf>
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/indium.xls>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/indium/490798.pdf>
  - <http://pubs.usgs.gov/of/2004/1300/2004-1300.pdf>
- ✓ Cenas
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/indium.pdf>
  - <http://nickelalloy.com/FreeSite/metals/in/in.asp>

#### Rēnijs un tehnēcijs

Rēnijs ir gaišpelēks, plastisks, ķīmiski mazaktīvs metāls. Parastos apstākļos rēnijs ir noturīgs un nereaģē ar ūdeni un gaisu, bet sakarsēts reaģē ar gaisa skābekli, halogēniem un sēru.

Rēnijs ir viens no tiem ķīmiskajiem elementiem, kura eksistence un īpašības tika prognozētas jau sen pirms tā atklāšanas. Tās ķīmisko elementu periodiskajā sistēmā ir pēdējais elements, kas dabā ir sastopams; tam sekojošie elementi ir iegūti mākslīgi. Nezināmais ķīmiskais elements tika meklēts galvenokārt gadolinītā un molibdenītā, kas varētu būt saistīts ar tantala paaugstinātu koncentrāciju. Visplašāk zināmie ir H. Moselija meklējumi un to kopsavilkums 1914. gadā publicētajā pārskatā, kur jau detalizēti tiek prognozētas ne tikai ķīmiskās, bet arī fizikālās jaunā elementa īpašības. Lai arī zinātnieki visā pasaulē meklē rēniju un par tā atklāšanu ziņo daudzi, tiek pieņemts, ka pirmatklājēji ir vācu zinātnieki V. Nodaks (*Walter Noddack*), Ī. Take (*Ida Tacke*) un O. Bergs (*Otto Berg*), kuri 1925. gadā informēja par jaunā ķīmiskā elementa atklāšanu platīna rūdā un kolumbīta minerālā, veicot rentgenspektrālo analīzi. Vēlāk viņi rēniju atrada arī gadolinītā un molibdenītā. Tomēr tā ir mikrokoncentrācija, un tikai 1928. gadā no 660 kilogramiem molibdenīta rūdas, kas bija piegādāta no Norvēģijas, izdevās iegūt pirmo gramu rēnija tīrmetāla. Līdz ar to ķīmiskā elementa nosaukums tiek apstiprināts kā vācu cilmes vārds – pēc Īdas Takes dzimtā novada – Reinas apgabala (latīniski *Rhenus*).

Dabā rēnija koncentrācija ir ļoti zema. Rēnija vidējā koncentrācija pēc masas Visumā ir 0,2 ppb, uz Saules – 0,1 ppb, meteorītos – 50 ppb, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 2,6 ppb, Pasaules okeānā – tikai 0,001 ppb. Zemes garozā kopumā rēnija koncentrācija tiek novērtētas nedaudz zemāk – 0,7 ppb, jo nogulumiežos rēnijs ir sastopams ļoti nelielā koncentrācijā.

Dabā rēnijs ir izteikti izkliedēts elements, tas pat atsevišķos minerālos tā kristāliskajā struktūrā atrodas ļoti izkliedus, kas ne reizi vien ir maldinājis pētniekus, jo analīzes norāda uz tā nepavisam ne tik zemu koncentrāciju Zemes garozā kopā (0,001 ppm – miljondaļas svara). Tomēr rēnijs kā minerālu sastāvu veidojošs ķīmiskais elements ir tikai piecu minerālu sastāvā. Tie ir ļoti reti sastopami minerāli: tīrradņu rēnijs Re, rēnīts  $\text{ReS}_2$ , rēnija molibdenīts  $(\text{Mo,Re})\text{S}_2$ , džežkazganīts  $\text{ReMoCu}_2\text{PbS}_6$  un tarkianīts  $(\text{Cu,Fe})(\text{Re,Mo})_4\text{S}_8$ .

Tieši metāla izkliedētība, augstā dispersijas pakāpe, nevis zemā koncentrācija dabas objektos ir galvenais iemesls, kāpēc to neizmantoja saim-

nieciskajā dzīvē ļoti daudzus gadus. Tikai 1951. gadā izdevās iegūt volframa un rēnija un molibdēna un rēnija sakausējumus, kas tiek pieprasīti rūpnieciskajā ražošanā, līdz ar to rēnija ieguve no molibdenīta piemaisījumiem no vara porfīrveida rūdu atradnēm ļoti strauji pieaug, galvenokārt Dienvidamerikā. Tās ir pirmās patiesi kompleksās metālu rūdas, no kurām iegūtajam molibdēnam un rēnijam ir tik augsta komerciālā vērtība, ka tā visā pilnībā sedz rūdu pamata komponentu vara, svina, arī sudraba un dažu citu metālu ieguves un kausēšanas pašizmaksu. Rūdu ieguves vēsturē tā ir "piecdesmit gadu Klondaika" un raktuvju īpašniekiem dod pasakainu peļņu.

Mūsdienās rēnijs tiek iegūts galvenokārt no molibdēna rūdas, kas ir bagātāka ar rēniju, šeit tā koncentrācija ir 0,002–0,2%, ar ko pietiek, lai iegūtu rēniju neatkarīgi no tā, vai no tās tiek iegūti arī molibdēna sāļi.

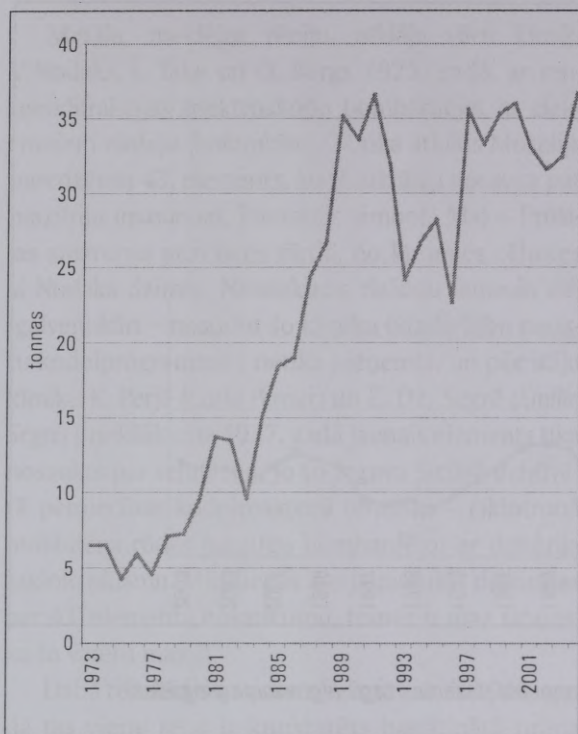
Lielākie pasaulē zināmie rēnija izejvielu avoti ir ASV, Čīlē, Kanādā, Peru, Ķīnā, Irānā, Kazahstānā, Krievijā, Uzbekistānā un Kinšasas Kongo – kopā aptuveni 4500 tonnu rēnija tīrmetāla vara rūdu atradnēs. Pārējā pasaulē – vairāk nekā 60 valstīs – vēl ir vairāki simti citu metālu rūdu atradņu, kurās ir aptuveni 5500 tonnu rēnija tīrmetāla izteiksmē. Jaunas rēniju saturošas rūdu atradnes netiek meklētas jau vairāk nekā 20 gadu.

Līdz pat 1972. gadam saražotā rēnija daudzums nav zināms, un tiek pieņemts, ka tas nav pārsniedzis piecas tonnas tīrmetāla izteiksmē gadā (sk. 163. attēlu).

Pasaulē ik gadu iegūst 40–50 tonnu rēnija tīrmetāla izteiksmē (sk. 76. tabulu), no tām aptuveni 10–12 tonnu tiek izvietotas krājumos, pārējās tiek izmantotas saimnieciskajā dzīvē. Lielākās rēnija ražotājvalstis ir Čīle, ASV un Peru, nesenā pagātnē arī Kazahstāna.

Tabulā nav iekļauti dati par vairākām nozīmīgām valstīm, piemēram, Uzbekistānu, kuras ražošanas jaudas būtiski pārsniedz 1000 tonnu gadā.

Rēnija ieguvē vēsturiski ir izveidojusies noteikta specializācija. Armēnijā, ASV, Čīlē, Kanādā, Kazahstānā, Krievijā, Peru un Uzbekistānā tiek iegūtas rēniju saturošas rūdas un arī to koncentrāti. Turpmāko pārstrādi veic uzņēmumi Apvienotajā Karalistē, ASV, Čīlē, Ķīnā, Igaunijā, Francijā, Vācijā, Kazahstānā un Nīderlandē. Papildus ik gadu aptuveni 10 tonnu rēnija tiek iegūts, pārstrādājot

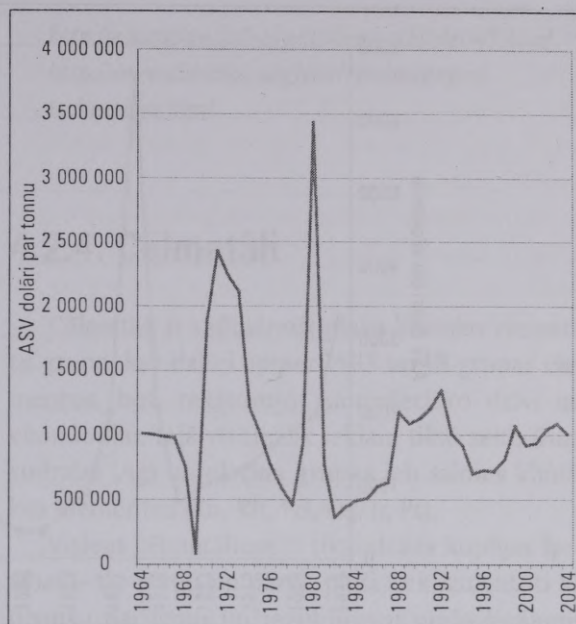


163. attēls. Pasaulē saražotā rēnija daudzums

platīna un rēnija katalizatorus un speciālos rēniju saturošos kausējumos.

Rēnija izmantošanā izteikti dominē platīna un rēnija katalizatoru ražošana, kas ļauj iegūt augsta oktāna skaitļa degvielu bez svina piedevām, un īpašie sakausējumi. Visvairāk šādus sakausējumus izmanto dažādos kontaktos, kur nepieciešama paaugstināta korozijnoturība, termopāru ražošanā, kā arī foto zibspuldžu ražošanā.

Rēnija metāla cena ir ļoti nepastāvīga un mainās ne tik daudz no patēriņa dinamikas, cik to ietekmē lielvalstu stratēģisko rezervju izpārdošana par iespējami augstu cenu. 1928. gadā viens



164. attēls. Rēnija (99% tīrība) cenas izmaiņas pasaulē

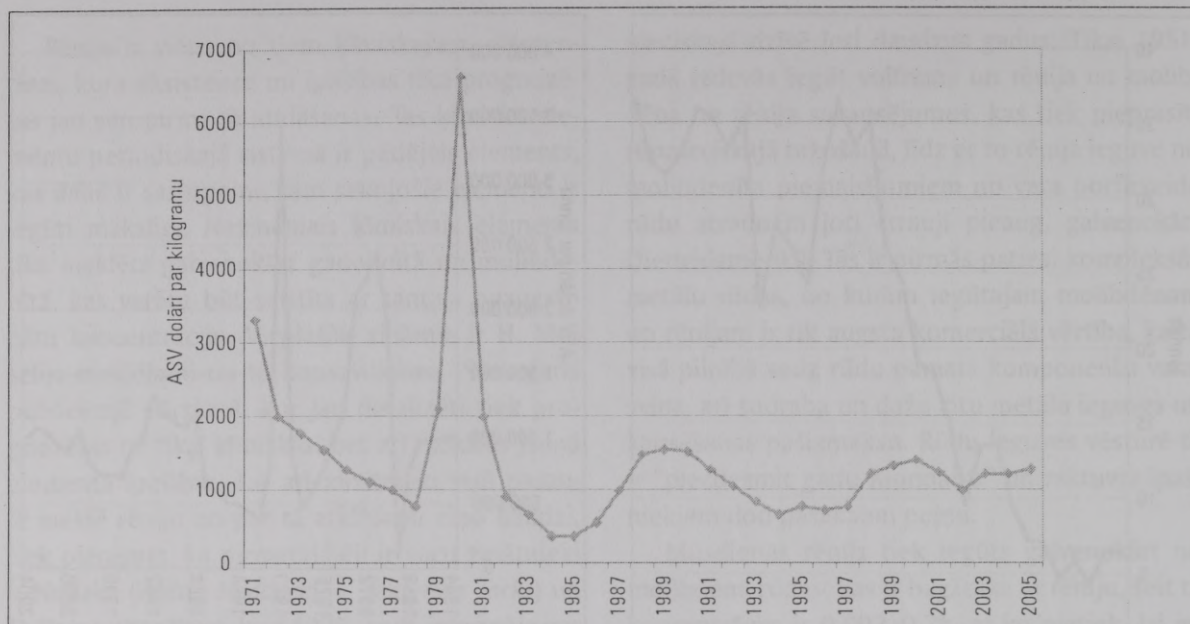
grams rēnija maksāja 10 000 ASV dolāru, mūsdienās rēnija cena ir 1,2–1,3 ASV dolāri par gramu.

Rēnija cena ir atkarīga no tā tīrības pakāpes, bet ne tik izteikti kā citiem retiem metāliem, jo augstas tīrības rēnija ir ļoti maz pieprasīts. Tāpēc cenu dinamikas līknēs (sk. 164. un 165. attēlu) ir vērojamas līdzīgas tendences, bet nav kādu raksturīgu strauju izmaiņu, kas norādītu uz tehnoloģiskiem jauninājumiem vai jaunām tā izmantošanas jomām.

Rēnija tīrmetāla (99% tīrība) cena ir augstāka. 2005. gadā tā sasniedza 1543 ASV dolārus par kilogramu. 2006. gada beigās rēnija tīrmetāla cena bija 4607–5842 ASV dolāri par kilogramu, 2007. gada vidū – 8377,6–8818,5 ASV dolāri par

76. tabula. Pasaulē iegūtā rēnija daudzums, kilogramos tīrmetāla

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Armēnija	700	750	800	1000	1000	1200	1200
ASV	7200	5500	4000	3900	5900	7100	6200
Čīle	15 200	15 900	15 100	15 800	18 100	20 500	20 100
Kanāda	1600	1700	1700	1700	1700	1700	1700
Kazahstāna	2400	2500	2600	2600	2600	8000	8000
Krievija	1100	1200	1400	1400	1400	1400	1400
Peru	4800	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Citas valstis kopā	3000	590	1000	1000	1000	1000	1000
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>36 000</b>	<b>33 100</b>	<b>31 600</b>	<b>32 400</b>	<b>36 700</b>	<b>45 900</b>	<b>44 600</b>



165. attēls. Rēnija metāla (69,4% tīrība) vidēji svērtās cenas izmaiņas pasaules tirgū (ilgtermiņa piegādes)

kilogramu. Dārgāks ir rēnija tīrmetāla pulveris (99,99% tīrība), kas 2007. gadā vidēji maksāja 1170 ASV dolāru par kilogramu.

#### Papildu informācija internetā

##### ✓ Ķīmija, ģeoloģija

[http://www.mindat.org/chemsearch.php?inc=In%2C](http://www.mindat.org/chemsearch.php?inc=In%2C&exc=&sub=Search+for+Minerals)

<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/rhenium>

<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Re/geol.html>

[http://lab.nap.edu/nap/cgi/discover.cgi?term=rhenium](http://lab.nap.edu/nap/cgi/discover.cgi?term=rhenium&restric=NAP&mw=&submit.x=9&submit.y=8)

<http://periodic.lanl.gov/elements/75.html>

<http://education.jlab.org/itselemental/ele075.html>

<http://www.chemsoc.org/viselements/pages/rhenium.html>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rhenium/>

##### ✓ Krājumi, resursi, statistika

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rhenium/rhenimcs06.pdf>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rhenium/rhenimyb04.pdf>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rhenium/rhenimyb04.xls>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/usbmmyb.html>

##### ✓ Cenas

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rhenium/530798.pdf>

<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/quartzcrystal.xls>

<http://nickelalloy.com/FreeSite/metals/re/re.asp#Tables>

**Tehnēcijs** ir sudrabaini balts metāls, tas ir mazāk aktīvs nekā mangāns un ķīmisko īpašību ziņā līdzīgs rēnijam. Ārēji tas ir līdzīgs platīnam, tomēr visbiežāk ir neizskatīgs gaiši pelēks pulveris.

Metāla eksistenci prognozēja jau kopš 19. gadsimta paša sākuma. To meklēja un kļūdaini konstatēja platīna rūdā 1828. gadā, nosaucot to par *polinium*, bet vēlāk izrādījās, ka tas ir nepietiekami pareizi noteikts irīdijs. 1846. gadā tika kļūdaini noteiktas niobija īpašības, un jaunais elements tika nosaukts par *ilmenium*. Šo kļūdu atkārtoja D. Mendelejevs 1847. gadā, "atklājot" jaunu ķīmisko elementu – *pelopium*. Vēlāk, tikai prognozējot iespējamās īpašības, viņš to nosauca par *ekamanganesium*. 1877. gadā krievu ķīmiķis S. Kerns platīna rūdā atrada jaunu elementu, ko nosauca par *davyum*. Līdzīgi tika atklāts arī *lucium*. 1908. gadā japāņu ķīmiķis M. Ogava atklāja 43. elementa klātbūtni torianīta minerālā. Jauno ķīmisko elementu viņš nosauca par *nipponium*, tomēr vēlāk pats konstatēja, ka tas ir bijis rēnijs.

Metālu, meklējot rēniju, atklāja vācu ķīmiķi V. Nodaks, Ī. Take un O. Bergs 1925. gadā, ar rentgendifrakcijas spektroskopu bombardējot ar elektroniem niobiju (kolumbītu). Tā tika atklāts Moselija paredzētais 43. elements, ko tā atklājēji nosauca par mazūriju (*masurium*, ķīmiskais simbols Ma) – Prūsijas austrumu provinces vārdā, no kurienes cēlusies V. Nodaka dzimta. Nosaukums dažādu iemeslu dēļ (galvenokārt – nosodot šo ķīmiķu līdzdarbību nacistu kodolprogrammās) netika pieņemts, un pēc itāļu ķīmiķu K. Perjē (*Carlo Perrier*) un E. Dž. Segrē (*Emilio Segrè*) priekšlikuma 1937. gadā jaunais elements tika nosaukts par tehnēciju, jo to ieguva Sicīlijā uzbūvētā pētniecības kodolreaktorā tehniski – ciklotronā molibdēna rūdas paraugu bombardējot ar deitērija kodolu plūsmu. Mūsdienās ir atjaunojušās diskusijas par 43. elementa nosaukumu, tomēr ir maz ticams, ka to varētu mainīt.

Dabā tehnēciji nav sastopams, tomēr 1940. gadā tas vienu reizi ir konstatēts bagātinātā urāna rūdā. Joprojām nav nepārprotama skaidrojuma par šo atradumu – vai tehnēciji ir dabiskos procesos rūdā veidojies un tur saglabājies, vai tas izveidojies, rūdu bagātinot. Turpmākie tehnēcija meklējumi dažādās urāna rūdās un to produktos nav bijuši sekmīgi. Tehnēcija klātbūtni ir ļoti grūti novērot, jo tā stablākais izotops  $^{99}\text{Tc}$  ir konstatējams tikai dažas minūtes. 1962. gadā no Beļģijas Kongo atvestajā urāna rūdā (pičblendes rūda – uraninīta minerāla kompleksas rūdas nosacīts apzīmējums, ko ieviesa M. Kiri) tika konstatēts tehnēciji ļoti nelielā daudzumā (0,2 nanogrami kilogramā rūdas). Kopš tā laika tehnēciji šādā mikroskopiskā daudzumā ir konstatēti ļoti daudzos dabas objektos.

Saimnieciskām vajadzībām tehnēciju iegūst mākslīgi no urāna, sasniedzot  $^{99}\text{Tc}$  koncentrāciju līdz 6,1% svara izteiksmē, kas ir komerciāls produkts. Tehnēciju plaši izmanto kā traseri zinātniskos pētījumos un medicīnā, ļoti specifiskos gadījumos – kā izcilu supervadītāju un tērauda pretkorozijas inhibitoru.

Tehnēciji nav dārgs metāls – tā cena ir aptuveni 60 ASV dolāru par gramu. Tehnēciju var iegādāties tikai ar īpašām atļaujām, jo tas ir radioaktīvs.

#### Papildu informācija internetā

<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/technetium>  
<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Tc/uses.html>

<http://education.jlab.org/itselemental/ele043.html>  
<http://www.chemsoc.org/viselements/pages/technetium.html>

## 4.2.4. Cēlmetāli

Cēlmetāli ir salīdzinoši plaša ķīmisko elementu grupa, kas daļēji aptver VIIIB un IB grupas elementus, bet, raksturojot saimniecisko dzīvi un ekonomiku, tajā visbiežāk iekļauj tikai zeltu (Au), sudrabu (Ag) un platīna grupas jeb saimes ķīmisko elementus (Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt).

Visiem cēlmetāliem ir tikai dažas kopējas īpašības – tie ir reti un dārgi, plaši tiek izmantoti kā finanšu darījumu un ieguldījumu nodrošinājums un garants, tās ir vēsturiski veidojušās vērtības un ir ļoti konservatīvas. Ķīmisko īpašību ziņā visi šie metāli pieder pie krāsainajiem metāliem. Raksturīgi, ka šo metālu daudzumu nemēra kilogramos vai tonnās, bet gan Trojas uncēs (starptautiski apzīmē kā *Troy oz* jeb *troy ounce*), kas ir vienāda ar 31,1034768 gramiem.

### Zelts

Zelts ir smags, mīksts un plastisks metāls ar spoži dzeltenu spīdumu, tas ļoti labi vada elektrību un siltumu. Ķīmiski zelts ir inerts un nereaģē ar vielām tikai paaugstinātas temperatūras apstākļos, izņemot ar dzīvsudrabu un sārnu metālu cianīdiem. Zelts ir viens no vissenāk pazīstamajiem metāliem pasaulē, un to augstu vērtēja senajās kultūrās tā spožās krāsas un noturības dēļ pret ārējo apstākļu iedarbību. To izmanto jau vairāk nekā septiņus tūkstošus gadu. Latīniski zeltu sauc par *aurum*.

Zelta koncentrācija dabā ir zema. Zelta koncentrācija pēc masas Visumā ir 0,6 ppb, uz Saules – 1 ppb, meteorītos – 170 ppb, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 3,1 ppb, Pasaulē okeānā – 0,05 ppb, virszemes ūdeņos – 0,002 ppb, cilvēka ķermenī – 100 ppb. Zemes garozas iežos zelta koncentrācija tiek vērtēta vidēji kā  $4 \times 10^{-3}$  miligrami kilogramā iežu.

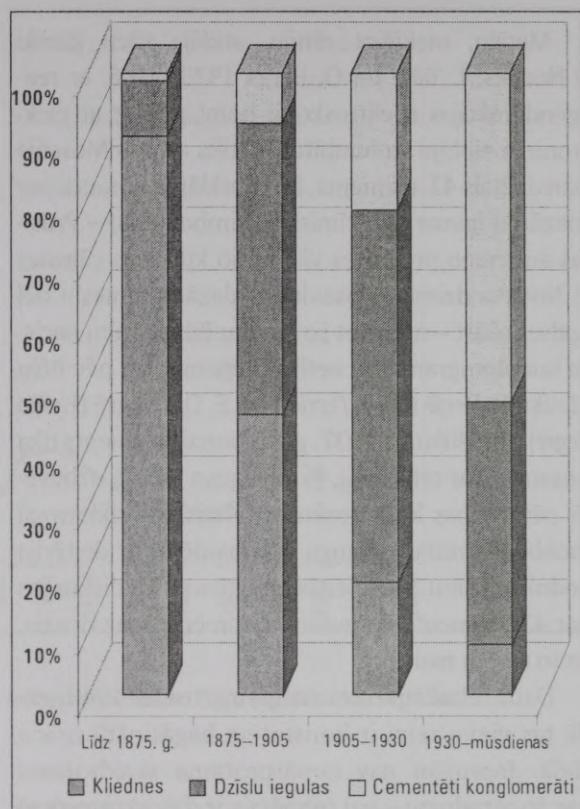
Dabā zelts ir sastopams 50 minerālos, bet saimnieciska nozīme ir tikai vienam – tīrradņu zeltam. Tā ieguve rūpnieciski tiek veikta atradnēs

(atradnēs var būt arī tikai daži desmiti kilogramu zelta), bet daudz zelta (līdz 2,5%) joprojām tiek iegūts neorganizētā veidā (amatieri, zelta meklētāji u. tml.), kā arī atrodot senāk zaudētus izstrādājumus no zelta

Savas vērtības dēļ zelta atradnes ir zināmas visā pasaulē, ieskaitot Antarktīdu, tomēr vislielākās ir Vītvatersranda Dienvidāfrikā, Bendigo un Balarta Austrālijā un Kolara Indijā. Visvairāk zelta patērē juvelierizstrādājumu ražošanā un elektrotehnikā, mazāk par 20% tradicionāli nonāk dažādās naudas un vērtību krātuvēs.

Zelta krājumi pasaulē nav zināmi, un ļoti bieži dažādi paziņojumi presē ir saistīti ar kāda uzņēmuma akciju emisijām un papildu līdzekļu piesaisti saimnieciskās darbības paplašināšanai. Zelta ieguves apjomu nekad vēl nav ierobežojis zināšanu trūkums par atradnēm un tajās esošajiem zelta krājumiem, vienmēr ir bijušas izpētītas un apzinātas atradnes daudzus gadu desmitus uz priekšu. Mūsdienās izpētītajās atradnēs, kurās, esot pašreizējām zelta cenām, ir ekonomiski izdevīgi to iegūt, koncentrēti aptuveni 90–110 tūkstoši tonnu zelta, tajā skaitā 42 tūkstoši tonnu atradnēs, kurās jau tiek veikta rūdu ieguve. Šajos aprēķinos nav iekļautas atradnes un perspektīvie laukumi Pasaules okeānā un kontinentālajā šelfā, teritorijas uz ziemeļiem no Polārā loka, Antarktīda, teritorijas, kuras atzītas par aizsargājamām, gandrīz visas atradnes Eiropas Savienības valstīs neprognozējamo vides aizsardzības prasību pieauguma dēļ, teritorijas, kurās ilgstoši norisinās karadarbība un etniskie konflikti. Šajās teritorijās vien zināmie zelta resursi ir līdz pat 10 reizēm augstāki nekā iepriekš minētie lielumi. Tomēr pasaules zelta rūpniecība attīstās, un par perspektīvākām teritorijām tālākā nākotnē (pēc 2030. gada) tiek atzītas tikai sešas – ASV rietumdaļa, Dienvidamerika (Peru, Kolumbija, Brazīlijas ziemeļrietumi), Āfrika (Gvineja, Kotdivuāra, Senegāla), Āzija (Turcija, Sīrija), Austrālijas centrālā un rietumu daļa, kā arī Indonēzija (Java, Sumatra un Kalimantanā) un Malaizija.

Tiek prognozēts, ka pēc 2040.–2050. gada pasaules zelta ieguves industrija kopumā pārorientēsies no zelta ieguves klieknēs, cementētos konglomerātos un dzīslu atradnēs uz citu metāla rūdu atradnēm, kurās zelts ir piemaisījumu veidā (sk. 166. attēlu).

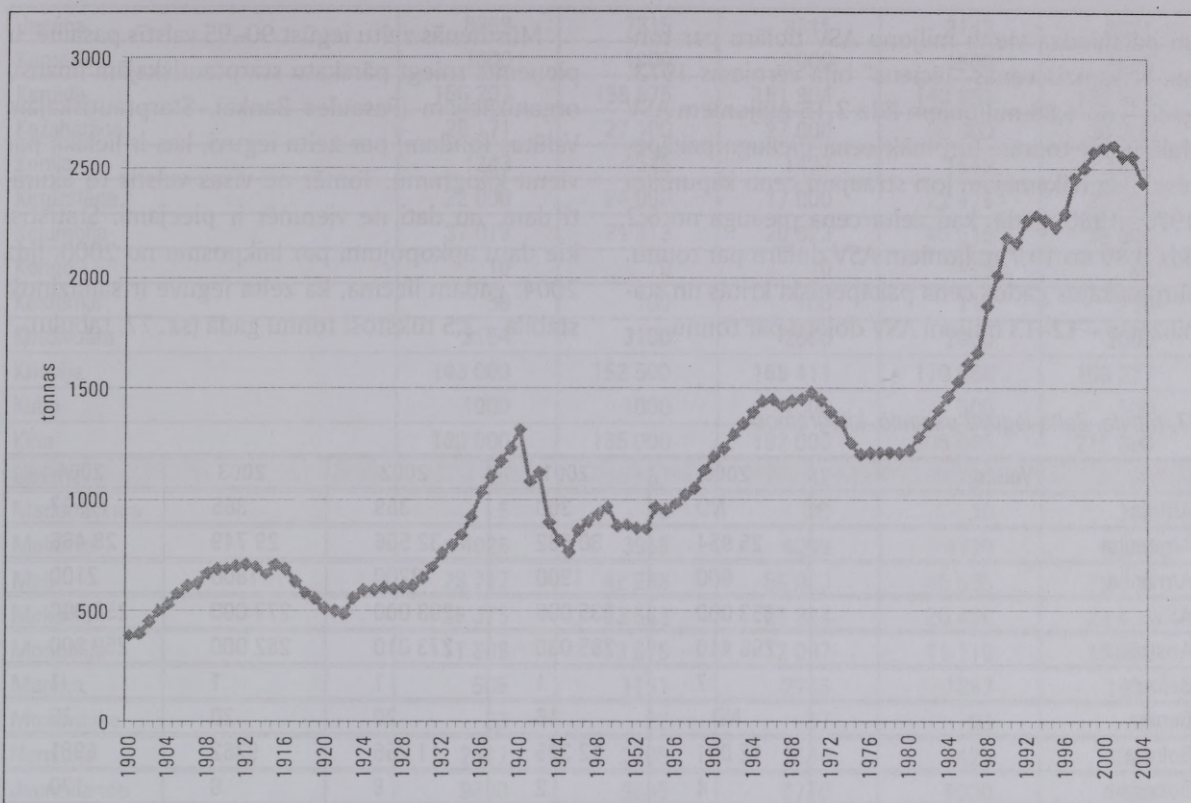


166. attēls. Zelta ieguve pasaulē pēc atradņu tipa, % no kopējās ieguves

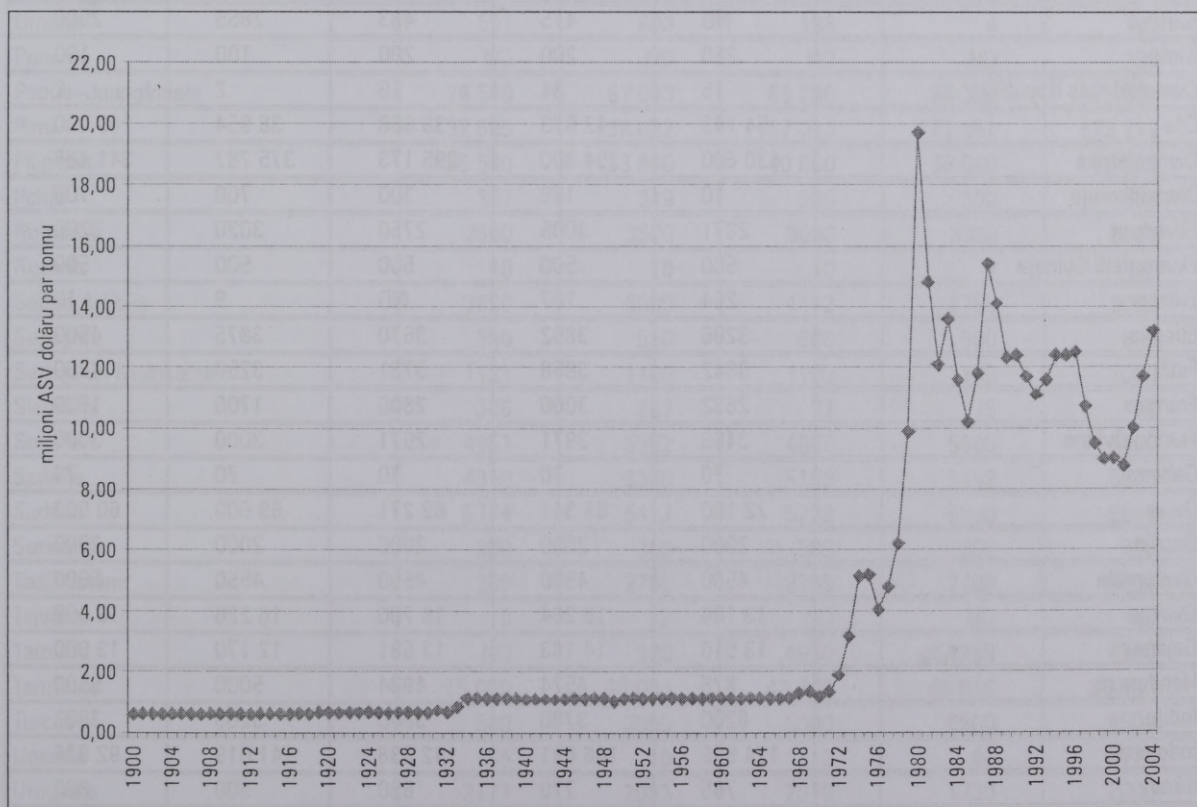
Patlaban šāda prakse ir galvenokārt sudraba rūdu atradnēs, retāk svina un molibdēna rūdu ieguvē, bet pēdējos gados veiktie rūpnieciska mēroga izmēģinājumi norāda, ka nākotnes zelta rūdas, visticamāk, būs vara porfirveida rūdas, kurās zelta saturs ir 0,05–0,8 gramu tonnā. No šādām rūdām iegūtā zelta pašizmaksa jau tagad ir salīdzināma ar zelta izmaksām, ko iegūst no klieknēm, bet vara rūdu atradnēs ir iespējas nākotnē to samazināt. Šādas rūdās koncentrētie zelta resursi nav zināmi, bet aplēses liecina, ka tie ir simtiem tūkstošu tonnu.

Zelta ieguve pasaulē nav stabila un mainās atkarībā no tirgus pieprasījuma un tirgus maksātspējas. Pagājušajā gadsimtā (sk. 167. attēlu) zelta ieguve ir pieaugusi no 386 tonnām 1900. gadā, sasniedzot 1000 tonnu 1936. gadā, līdz 2000 tonnām 1989. gadā un 2470 tonnām 2005. gadā.

Raksturīgas ir arī zelta cenas izmaiņas, kas konkrētā gada cenās mainās līdzīgi ieguves apjoma pieaugumam (sk. 168. attēlu). Kopš gadsimta sākuma zelta cena ir salīdzinoši stabila – 0,6 miljoni ASV dolāru par tonnu. 1934. gadā tā pieauga par 25%



167. attēls. Pasaulē iegūtā zelta daudzums pagājušajā gadsimtā



168. attēls. Pasaulē iegūtā zelta cenas izmaiņas pagājušajā gadsimtā

un pārsniedza vienu miljonu ASV dolāru par tonnu. Nākamais cenas "lēciens" bija vērojams 1973. gadā – no 1,88 miljoniem līdz 3,15 miljoniem ASV dolāru par tonnu. Turpmāk cena pieauga pakāpeniski līdz nākamajam ļoti straujam cenu kāpumam 1978.–1980. gadā, kad zelta cena pieauga no 6,2 līdz 9,89 un 19,7 miljoniem ASV dolāru par tonnu. Turpmākajos gados cena pakāpeniski kritās un stabilizējās – 12–13 miljoni ASV dolāru par tonnu.

Mūsdienās zeltu iegūst 90–95 valstīs pasaulē. Ir pieņemts sniegt pārskatu starptautiskajām finanšu organizācijām (Pasaules Bankai, Starptautiskajam Valūtas fondam) par zelta ieguvu, kas ir lielāka par vienu kilogramu. Tomēr ne visas valstis to akurāti dara, un dati ne vienmēr ir pieejami. Statistiskie datu apkopojumi par laikposmu no 2000. līdz 2004. gadam liecina, ka zelta ieguve ir salīdzinoši stabila – 2,5 tūkstoši tonnu gadā (sk. 77. tabulu).

77. tabula. Zelta ieguve pasaulē, kilogramos

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004
Alžīrija	ND	300	369	365	597
Argentīna	25 954	30 632	32 506	29 749	28 466
Armēnija	600	1900	3200	1800	2100
ASV	353 000	335 000	298 000	277 000	258 000
Austrālija	296 410	285 030	273 010	282 000	259 000
Beliza	7	1	1	1	1
Benina	ND	16	20	20	20
Bolīvija	12 001	12 395	11 256	9362	6951
Botsvāna	4	2	8	8	170
Brazīlija	50 393	42 884	41 730	40 438	40 500
Bulgārija	868	1540	1110	1100	2000
Burkinafaso	625	229	209	770	1125
Burundi	ND	415	483	2855	2900
Birma	250	200	200	100	100
Centrālāfrikas Republika	15	34	16	2	2
Čīle	54 143	42 673	38 688	38 954	40 000
Dienvīdāfrika	430 800	394 800	395 173	375 787	341 485
Dienvīdkoreja	10	188	300	700	700
Ekvadora	2871	3005	2750	3020	3200
Ekvatoriālā Gvineja	500	500	500	500	500
Eritreja	264	107	ND	9	10
Etiopija	3206	3862	3670	3875	4500
Fidži	3842	3858	3731	3250	4200
Francija	2632	3000	2800	1700	1500
Franču Gviāna	3469	3971	2971	3000	3000
Gabona	70	70	70	70	70
Gana	72 100	68 341	69 271	69 600	60 000
Gruzija	2000	2000	2000	2000	2000
Gvatemala	4500	4500	4500	4550	5000
Gvineja	13 104	16 264	16 700	16 226	16 000
Gajāna	13 510	14 183	13 581	12 170	13 000
Hondurasa	878	4574	4984	5000	5500
Indija	6200	3700	3800	3200	3800
Indonēzija	124 596	166 091	142 238	141 019	92 936
Irāna	765	770	650	500	800
Itālija	709	503	500	100	ND
Jamaika	ND	214	328	131	20

Japāna	8399	7815	8615	8143	8021
Kamerūna	1000	1000	1000	1500	1500
Kanāda	156 207	158 875	151 904	140 861	128 504
Kazahstāna	28 171	27 100	27 000	30 000	30 000
Kenija	1243	1545	1477	1543	1600
Kirgizstāna	22 000	24 000	17 000	22 476	22 000
Kolumbija	37 018	21 813	20 823	46 515	35 000
Kongo	10	10	10	75	60
Kostarika	50	100	100	110	150
Kotdivuāra	3154	3100	2000	2000	2000
Krievija	143 000	152 500	168 411	170 068	169 237
Kuba	1000	1000	1000	500	500
Kīna	180 000	185 000	192 000	205 000	215 000
Libērija	25	57	42	20	20
Madagaskara	5	10	ND	10	200
Malaizija	4026	3965	4289	4739	4800
Mali	28 717	42 288	56 043	45 535	39 000
Meksika	26 375	23 543	21 324	20 406	22 400
Mongolija	11 808	13 675	12 097	11 119	18 600
Maroka	505	1191	2746	1863	1900
Mozambika	23	22	17	63	56
Namībija	2417	2706	2644	2425	2220
Jaunzēlande	9880	9885	9770	9500	7300
Nikaragva	3673	3840	3493	3029	3500
Nigēra	25	30	28	28	28
Nigērija	52	37	40	50	50
Omāna	551	603	188	4	ND
Panama	ND	ND	ND	ND	200
Papua–Jaungvineja	74 540	67 043	65 200	64 000	73 000
Peru	132 585	138 022	157 013	171 551	173 219
Filipīnas	36 540	33 840	40 000	38 000	35 500
Polija	367	349	296	300	300
Rumānija	3500	3500	3000	3000	3000
Ruanda	10	10	10	2	ND
Saūda Arābija	3800	5000	4192	8769	9000
Senegāla	550	550	600	600	600
Serbija un Melnkalne	1121	1100	1100	1100	1000
Slovākija	306	157	77	75	75
Somija	4951	5552	4666	5600	8500
Spānija	4310	3300	5158	5362	5600
Sudāna	5774	5417	5239	5000	5000
Surinama	300	300	300	300	300
Tadžikistāna	200	2700	2700	2700	3000
Taivāna	9	2	ND	ND	ND
Taizeme	ND	320	4950	4269	4900
Tanzānija	15 060	30 088	43 320	48 018	50 000
Turcija	500	2000	5000	6500	4500
Uganda	56	10	3	40	178
Urugvaja	2177	2083	2079	1730	2000
Uzbekistāna	85 000	87 000	90 000	90 000	93 000
Venecuēla	7332	9076	9465	7900	9666

Vjetnama	3000	3000	2000	2000	2000
Zaira	52	50	50	100	400
Zambija	600	ND	ND	ND	ND
Zālamana salas	338	300	100	100	ND
Ziemeļkoreja	6600	6600	6600	6300	6000
Zimbabve	22 070	18 050	15 469	12 564	21 330
Zviedrija	3570	4986	4500	4300	5300
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>2 570 000</b>	<b>2 560 000</b>	<b>2 550 000</b>	<b>2 550 000</b>	<b>2 430 000</b>

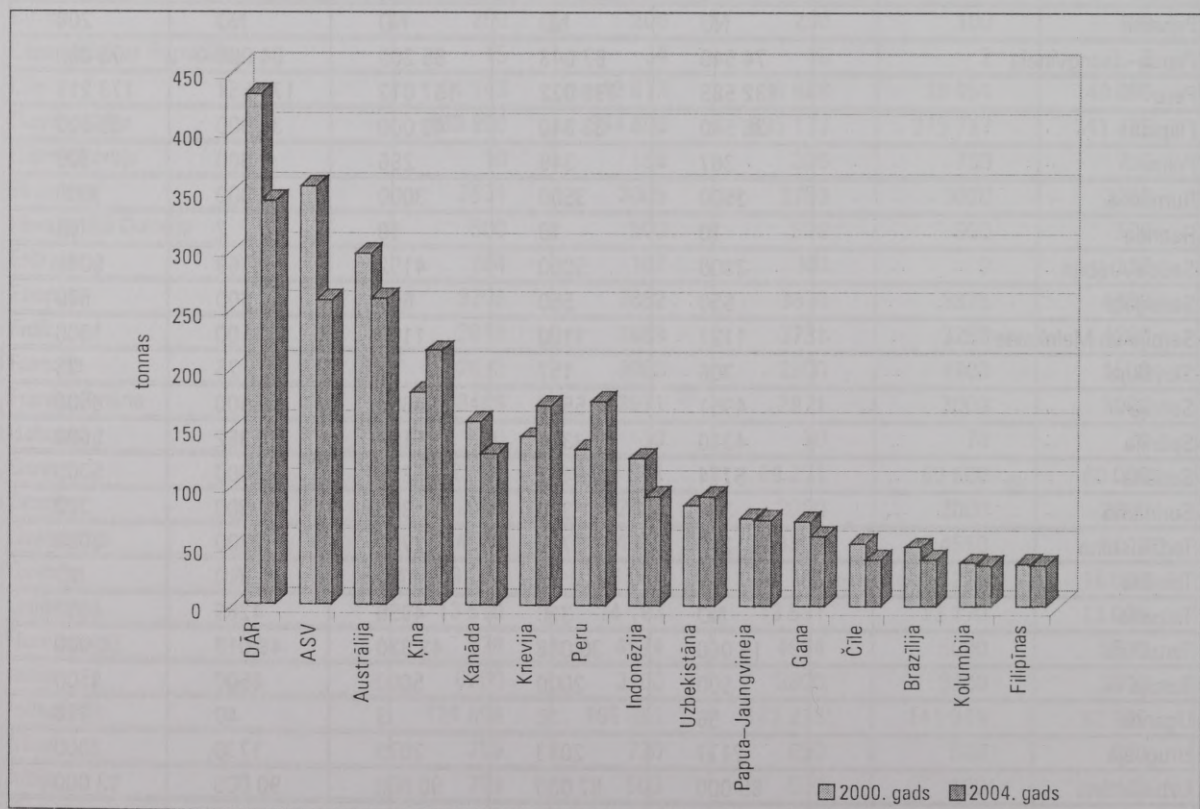
ND – dati nav pieejami.

Dati par zelta ieguvu 2005. un 2006. gadā vēl nav pieejami, jo tos vairākkārt pārbauda attiecībā uz tā izcelsmi un realizācijas veidu. Ļoti daudzu valstu kompānijas zeltu iegūst citās valstīs, daudz zelta iegūst kā blakus produktu, aptuveni 5% no zelta pasaulē iegūst nelegāli (bet realizē pasaules tirgos). Šie pārbaudītie dati būs pieejami vēlāk, bet pagaidām ir zināmi ASV Ģeoloģijas dienesta un Pasaules zelta padomes (*World Gold Council*) iepriekšējie novērtējumi (sk. 78. tabulu).

Pēdējo gadu dati liecina, ka to valstu pozīcijas, kas iegūst zeltu, mainās maz un ir stabilas (sk. 169. attēlu). Lielākās izmaiņas skar tās valstis,

78. tabula. Nepārbaudīti dati par zelta ieguvu pasaulē 2005. un 2006. gadā, tonnās

Valsts	2005	2006
ASV	256	260
Austrālija	262	260
Dienvidāfrikas Republika	295	270
Indonēzija	140	145
Kanāda	119	120
Krievija	169	162
Kīna	225	240
Peru	208	210
Citas valstis kopā	793	840
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>2 470</b>	<b>2 500</b>



169. attēls. Vadošās valstis zelta ieguvē

kurās blakus ražošanas pārstrukturēšanai, lai izpildītu vides aizsardzības prasības (ASV, Austrālija, Kanāda), sava loma ir arī politiskajai nestabilitātei (Dienvidāfrikas Republika, Indonēzija, Gana) un ekonomikas izaugsmei iegūstošajā sektorā (Ķīna, Krievija, Peru).

Kopš gadsimtu mijas zelta ieguves apjoms būtiski nemainās, tas ir nedaudz samazinājies – līdz 2430 tonnām 2005. gadā. Svarīgākas izmaiņas ir ieguves samazināšanās Dienvidāfrikā (līdz 300 tonnām), nenozīmīgs kritums zelta ieguvē ASV (līdz 250 tonnām), Austrālijā (līdz 254 tonnām) un Kanādā (līdz 115 tonnām), nozīmīga ieguves palielināšanās Indonēzijā (līdz 140 tonnām) un neliela ieguve palielināšanās Ķīnā (līdz 225 tonnām). Šīs tendences saglabājās arī 2006. gadā un iezīmēja lielo zelta ražotāju valstu ieguves apjoma un lomas samazināšanos zelta vairumtirdzniecības tirgū, kam ir divi galvenie iemesli. Svarīgākais ir zelta patēriņa tirgus struktūras maiņa par labu juvelierizstrādājumiem un mākslas priekšmetiem. Izteiktāks kritums ir valstīs, kurās netiek ražoti šādi izstrādājumi un ir ierobežots to patēriņa tirgus. Otrs iemesls – peļņa no ieguves jau vairākus gadus stabili samazinās salīdzinājumā ar citiem kalnrūpniecības sektoriem, un kompānijas tos attīsta. Izņēmums ir Dienvidāfrikas Republika, kur politiskās nestabilitātes dēļ jau gadiem ilgi ir neatrisinātas problēmas ar vietējo varu par uzņēmumu peļņas sadali un darbaspēka piesaistes nosacījumiem.

Zelta ieguves izmaksas ir augstas. 2005. gadā vidējā zelta ieguves pašizmaksa bija 235 ASV dolāri par trojas unci, ko veido 25 ASV dolāri par tiesībām iegūt zeltu, maksa par licenci, 30 ASV dolāru dažādos nodokļos, 110 ASV dolāru tiešās ieguves izmaksas, 30 ASV dolāru amortizācijas izmaksas, 40 ASV dolāru virsizmaksas (administratīvās izmaksas, peļņa, rezervju veidošana utt.). Tātad zelta ieguvē tikai 60% no pašizmaksas ir tiešās ražošanas izmaksas.

Dati par zelta koncentrāciju atradnēs nav tieši pieejami un nav salīdzināmi, jo tiek piedāvātas ziņas tikai par atsevišķiem atradņu blokiem vai vēsturiskie dati par atradnēm, kuras jau ir izsmeltas. Zelta koncentrāciju atradnēs mēra gramos tonnā. Labākajās Dienvidāfrikas atradnēs zelta vidējā koncentrācija ir 8–10 gramu tonnā (Anglogoldas atradņu grupa), bet zemākās kvalitātes pazemes

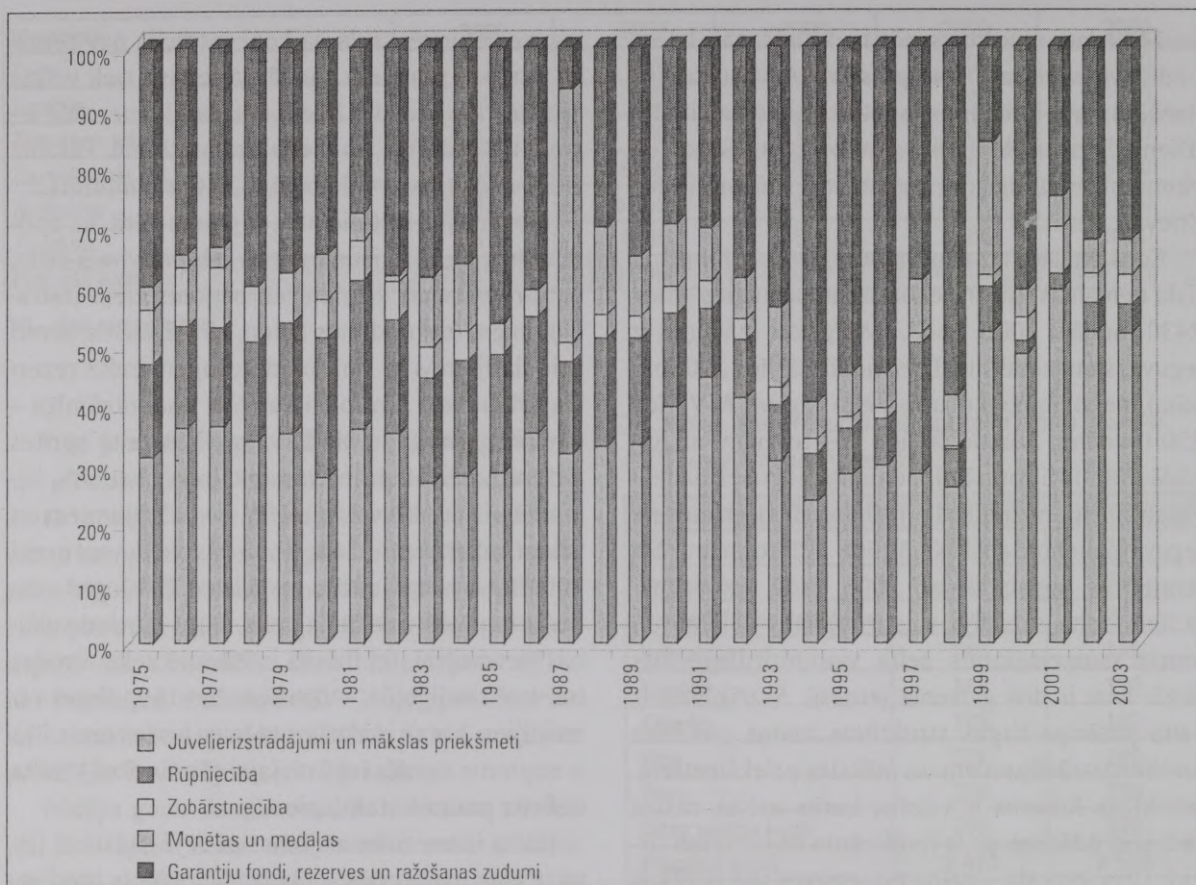
ieguve vēl ir rentabla, ja koncentrācija nav zemāka par 4–6 gramu tonnā. Ja ieguve tiek veikta atklātos karjeros no klieknēm, tad komerciāla ieguve ir lietderīga no viena grama tonnā. Pasaulē vidēji šāda tipa atradnēs tā ir 3–4 gramu tonnā.

Novērtējot zelta ieguvi, ir jāņem vērā, ka aprītē nonāk ne tikai jauniegūtais jeb primārais zelts, bet arī zelts no lūžņiem un pārkausētiem izstrādājumiem (sekundārais zelts), kā arī valstis nereti veic darījumus ar tām piederošajiem zelta rezervju krājumiem. To loma var būt visai nozīmīga – pēdējo piecu gadu laikā no kopējās zelta aprītes tautsaimniecībā primārais zelts bija tikai 68%. Sekundārais metāls veidoja 16%, no uzkrājumiem un valstu rezervēm – 24%. Kopā tas veido aptuveni 180 tonnu zelta deficīta gadā kopš 2000. gada, un tas ir iepriekš uzkrātais zelts, kuru pārdod valdības viena otrai, un fiziskā izteiksmē zelts atrodas tur, kur tas ir bijis, – drošībā, bet tā īpašnieks ir mainījies, par to maksājot tā laika biržas cenu. Tas ir nopietns signāls iegūstošajai rūpniecībai – zelta deficīts pasaulē stabili pieaug.

Zelta izmantošanas jomas pēdējā gadsimta laikā ir maz mainījušās – tās tradicionāli ir juvelierizstrādājumi un mākslas priekšmeti, rūpniecība, zobārstniecība, monētas un medaļas, garantiju fondi un rezerves. Taču šo zelta izmantošanas pamatjomu savstarpējās proporcijas pēdējo 30 gadu laikā ir būtiski mainījušās (sk. 170. attēlu).

Raksturīga iezīme ir juvelierizstrādājumu un mākslas priekšmetu izgatavošanas apjoma pieaugums 1998.–1999. gadā, kad gadā iegūtā zelta izmantošana šādām vajadzībām pieauga no 28 līdz 52 procentiem.

Juvelierizstrādājumu ražošanā daudzus gadus desmitus dominē Indija, kas gadā pārstrādā 600–620 tonnu zelta. No Indijas tikai nedaudz atpaliek Itālija (500–510 tonnu zelta gadā), seko ASV un Ķīna (katra aptuveni 165 tonnas), Saūda Arābija (145 tonnas). Indonēzija, Turcija un Ēģipte gadā pārstrādā aptuveni vienādu daudzumu zelta – 120 tonnas. Rūpniecībā izmantojamo zeltu galvenokārt iestrādā elektroniskajās iekārtās, to izmanto aerokosmiskajā industrijā un militārām vajadzībām. Šajā patēriņa sektorā dominē Japāna (aptuveni 90 tonnu zelta gadā), ASV (58 tonnas) un Dienvidkoreja (23 tonnas). Krievija un NVS valstis gadā pārstrādā 12 tonnas zelta, Vācija – 10, Taivāna – 6, Francija – 4, Apvienotā Karaliste, Šveice



170. attēls. Galvenie zelta izmantošanas veidi un to nozīmes izmaiņas

un Singapūra – katra aptuveni 3,5 tonnas zelta. Zobārstniecībā zeltu visvairāk patērē Vidusjūras reģiona zemēs un Āzijā. Monētas un uzkrājumi ir nepārtrauktā apritē, un šī zelta īpašnieku nacionālā piederība nav zināma. Zināms, ka lielākā daļa šo vērtību pakāpeniski uzkrājas ASV, Šveices un Japānas bankās.

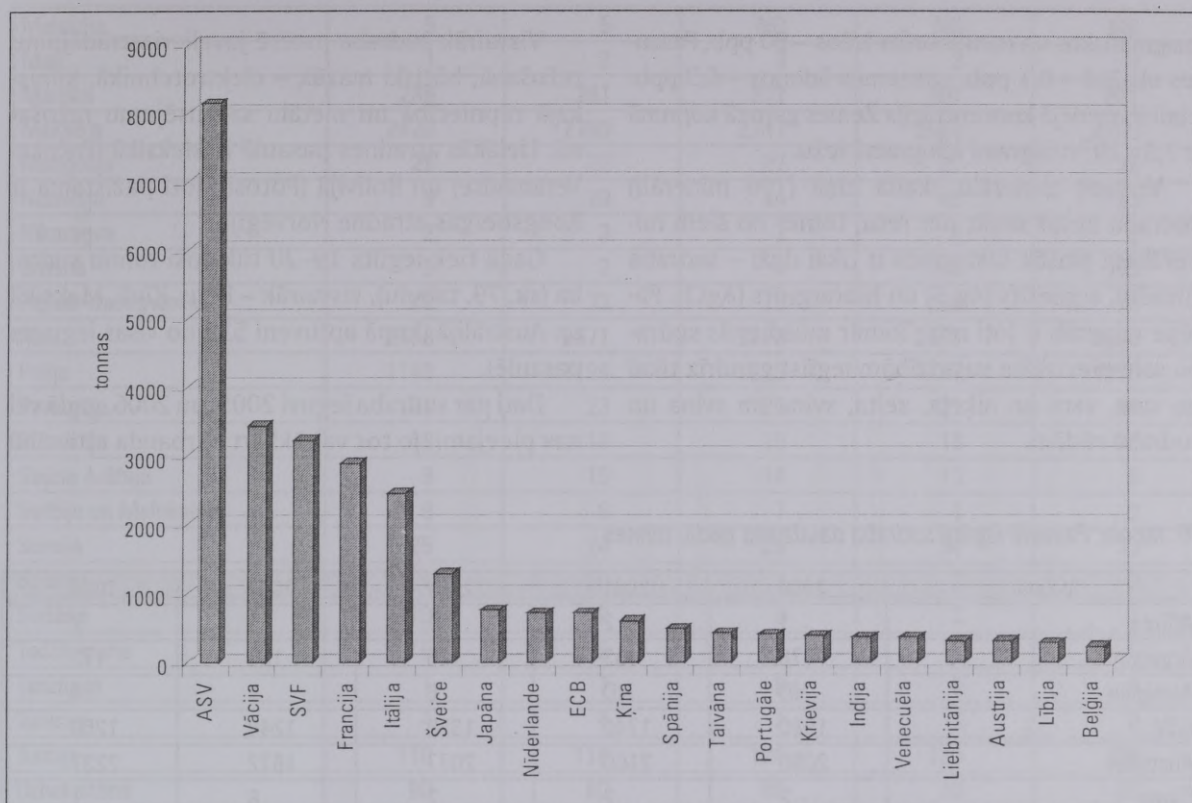
Zelta cena ir izteikti svārstīga. 2006. gada otrajā pusē tā bija 574–610 ASV dolāru par Trojas unci, 2007. gada jūlijā – 658–675 ASV dolāri par Trojas unci. Pēdējo 50 gadu laikā visaugstākā zelta cena bija 1980. gada 21. janvārī – 850 ASV dolāru par Trojas unci jeb 27 300 ASV dolāru par kilogramu. Zemākā zelta cena fiksēta 1999. gada 21. jūnijā – 252,90 ASV dolāri par Trojas unci jeb 8131 ASV dolārs par kilogramu.

Zelts ir ne tikai tradicionālo metāla biržu produkts, bet arī “universālā valūta”. Tās ISO (ISO 3166-1 alpha-2) valūtas kods ir XAU (Latvijas lats, piemēram, ir LV). Daudzas valstis, lai garantētu savu nacionālo valūtu, daļēji vai pat pilnībā veido zelta rezerves. Šādas rezerves veido arī lielas

bankas un finanšu korporācijas. Tomēr 2000. gada jūnijā oficiālās zelta rezerves bija tikai 40 valstīm. Vislielākie krājumi lietņos un monētās bija ASV un Vācijai (sk. 171. attēlu).

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija, ģeoloģija
  - <http://education.jlab.org/itselemental/ele079.html>
  - <http://periodic.lanl.gov/elements/79.html>
  - <http://lab.nap.edu/nap-cgi/discover.cgi?term=gold>
  - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Au/uses.html>
  - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Au/geol.html>
  - <http://www.chemsoc.org/viselements/pages/gold.html>
- ✓ Krājumi, resursi, statistika
  - <http://www.gold.org/>
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/gold.xls>
  - [http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/gold/gold\\_mcs06.pdf](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/gold/gold_mcs06.pdf)
  - [http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/gold/gold\\_myb04.pdf](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/gold/gold_myb04.pdf)



171. attēls. Valstu oficiālās zelta rezerves (2007. gada janvāris)

[http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/gold/gold\\_myb04.xls](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/gold/gold_myb04.xls)

<http://pubs.usgs.gov/ds/2005/139/>

<http://pubs.usgs.gov/ds/2005/139/Data/2004datafiles/2004sitedata.xls>

✓ Cenas

<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/gold-use.xls>

<http://nickelalloy.com/FreeSite/metals/au/au.asp>

<http://www.infomine.com/investment/metalschart.asp?c=gold&u=oz&x=usd>

## Sudrabs

Sudrabs ir smags, mīksts un plastisks metāls ar spoži baltu spīdumu, tam ir ļoti augsta siltumvadītspēja un elektrovadītspēja.

Sudraba nosaukums latviešu valodā ir pārņemts no anglosakšu vārda *seolfor*, kas pārņemts no augšvācu *silabar*. Romāņu grupas valodās ķīmiskā elementa nosaukums cēlies no latīņu vārda *argentums*, kas nozīmē gaiši vizuļojošs. Sudrabu Senajā Ēģiptē izmantoja jau vairāk nekā pirms pieciem tūkstošiem gadu, tomēr tajā laikā vēl nebija izdevies nodalīt sudrabu no svina. Sud-

rabs ir pieminēts arī Vecajā Derībā (Mozus Pirmā grāmata), bet visvairāk liecību ir par Senās Romas saimniecisko dzīvi, kurā sudrabu izmantoja ļoti plaši – no ūdens garšas uzlabošanas un medicīnas līdz mākslas izstrādājumiem un dažādiem maksāšanas līdzekļiem. Šajā laikā ļoti lielas sudraba raktuves impērijas vajadzībām tika izveidotas mūsdienu Spānijas teritorijā. Viduslaikos sudrabs bija viens no plašāk alķīmijā izmantotajiem elementiem (*hydrargyrum* jeb “ūdens sudrabs”), tas tika asociēts ar Mēnesi, bet par tā īpašu paveidu uzskatīja dzīvsudrabu.

Centrālamerikas senajā kultūrā sudrabs bija pazīstams kopš mūsu ēras pirmajiem gadsimtiem, īpaši Peru teritorijā, kur praktiski nebija zināma dzelzs un tās vietā tika izmantots sudrabs. Spāņu konkistadoru izlaupītais sudrabs nonāca Eiropā un izraisīja pirmo zināmo inflācijas vilni mūsdienu pasaulē. Arī Senajā Ķīnā sudrabs bija plaši izplatīts kā dārgmetāls. Interesanti, ka sudraba raktuvju dēļ savu nosaukumu ir ieguvusi Argentīna.

Dabā sudrabs ir salīdzinoši izkliedēts elements. Tā koncentrācija Visumā masas izteiksmē ir 0,6 ppb, uz Saules – 1 ppb, meteorītos – 140 ppb, uz Zemes

magmatiskos un metamorfos iežos – 80 ppb, Pasaulē okeānā – 0,1 ppb, virszemes ūdeņos – 0,3 ppb. Sudraba vidējā koncentrācija Zemes garozā kopumā ir  $7,5 \times 10^{-2}$  miligrami kilogramā iežu.

Veidoto minerālu skaita ziņā (196 minerāli) sudrabu nevar saukt par retu, tomēr no šiem minerāliem plašāk sastopami ir tikai daži – sudraba tīrradņi, argentīts ( $Ag_2S$ ) un hlorargirīts ( $AgCl$ ). Pārējie minerāli ir ļoti reti. Tomēr mūsdienās sudrabu saimnieciskām vajadzībām iegūst gandrīz tikai no vara, vara un niķeļa, zelta, svina un svina un sudraba rūdām.

Visvairāk sudraba patērē juvelierizstrādājumu ražošanā, būtiski mazāk – elektrotehnikā, ķīmiskajā rūpniecībā un metālu sakausējumu ražošanā. Lielākās atradnes pasaulē ir Meksikā (Pačuķa, Vetamadre) un Bolīvijā (Potosi), ļoti pazīstama ir Kongsbergas atradne Norvēģijā.

Gadā tiek iegūts 19–20 tūkstoši tonnu sudraba (sk. 79. tabulu), visvairāk – Peru, Ķīnā, Meksikā un Austrālijā (kopā aptuveni 53% no visas ieguves pasaulē).

Dati par sudraba iegūvi 2005. un 2006. gadā vēl nav pieejami, jo tos vairākkārt pārbauda attiecībā

79. tabula. Pasaulē iegūtā sudraba daudzums gadā, tonnas

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004
Alžīrija	1	2	1	1	2
Argentīna	78	153	126	134	172
Armēnija	ND	ND	6	4	4
ASV	1980	1740	1350	1240	1250
Austrālija	2060	2100	2077	1872	2237
Birma	2	2	2	8	1
Bolīvija	434	411	83	85	85
Brazīlija	91	96	33	31	32
Bulgārija	54	57	60	50	50
Čīle	1242	1349	1210	1313	1360
Dienvīdāfrikas Republika	144	110	113	80	72
Ekvadora	2	2	5	5	5
Etiopija	1	4	1	1	1
Fidži	1	ND	ND	ND	ND
Filipīnas	17	17	9	9	18
Francija	1	1	1	1	1
Gana	6	2	2	2	2
Grieķija	37	62	75	79	79
Hondurasa	32	47	53	48	48
Indija	41	50	52	51	13
Indonēzija	256	270	294	285	263
Irāna	22	22	23	23	23
Īrija	25	19	5	20	20
Itālija	4	4	4	4	3
Jamaika	ND	5	5	5	5
Japāna	104	80	81	79	79
Jaunzēlande	23	23	32	32	52
Kanāda	1212	1320	1408	1310	1336
Kazahstāna	927	982	893	827	733
Krievija	370	380	400	700	1277
Kolumbija	8	7	7	10	8
Kostarika	5	5	5	5	5
Ķīna	1600	1910	2200	2400	2450
Makedonija	22	15	12	10	10

Malaizija	5	5	ND	ND	ND
Mali	1	2	3	3	3
Maroka	289	281	277	201	201
Meksika	2620	2760	2747	2569	2700
Mongolija	25	27	27	27	28
Namībija	9	20	44	45	50
Nikaragva	2	3	2	2	2
Omāna	5	3	4	ND	ND
Papua–Jaungvineja	73	73	75	74	74
Peru	2438	2571	2870	2921	3060
Polija	1148	1194	1229	1237	1250
Portugāle	21	23	20	21	24
Rumānija	18	18	15	18	20
Saūda Arābija	9	15	14	13	6
Serbija un Melnkalne	9	6	7	1	2
Somija	25	24	29	34	33
Spānija	66	60	3	2	2
Sudāna	ND	2	3	3	3
Tadžikistāna	5	5	5	5	5
Tanzānija	1	7	8	8	8
Tunisija	4	4	3	3	2
Turcija	110	118	126	123	130
Uzbekistāna	90	80	80	80	80
Zambija	5	ND	ND	ND	ND
Zālamana salas	5	ND	ND	ND	ND
Ziemeļkoreja	20	20	20	20	20
Zimbabve	4	3	3	2	5
Zviedrija	329	306	293	307	293
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>18 100</b>	<b>18 900</b>	<b>18 500</b>	<b>18 400</b>	<b>19 700</b>

ND – dati nav pieejami.

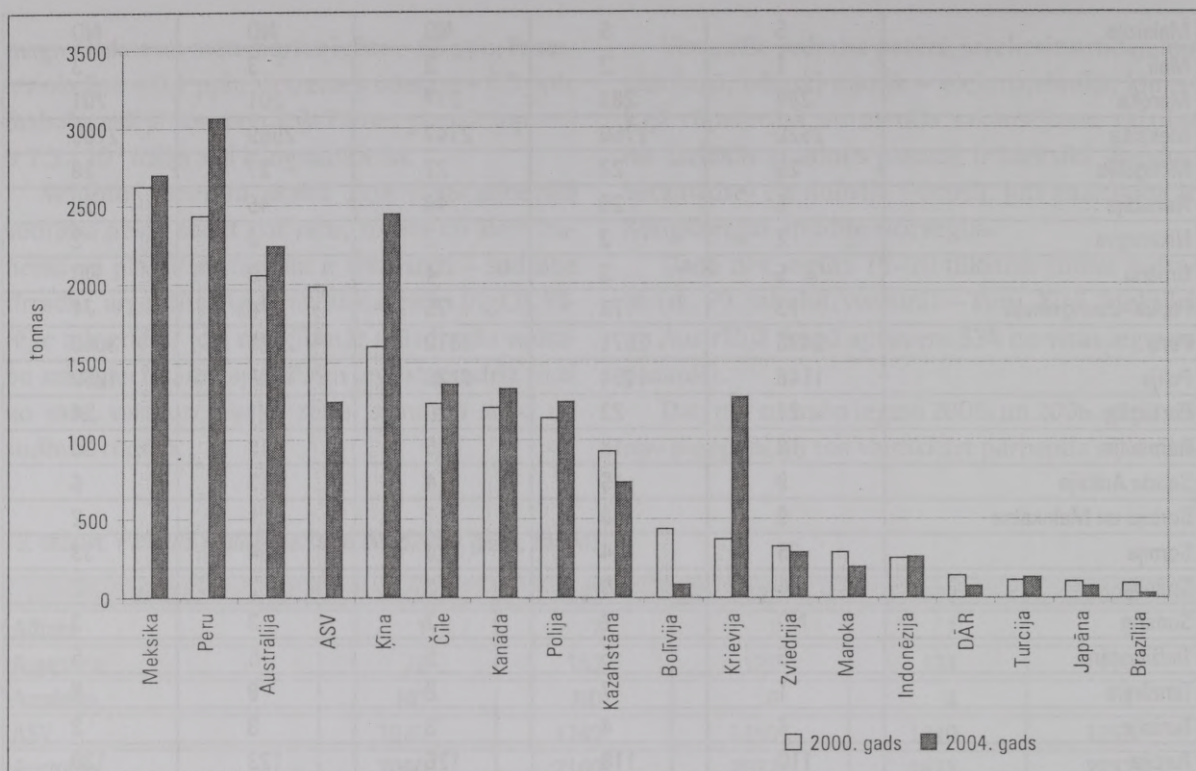
uz tā izcelsmi un realizācijas veidu. Pagaidām ir zināmi ASV Ģeoloģijas dienesta un Sudraba institūta (*Silver Institute*) iepriekšējie novērtējumi (sk. 80. tabulu).

Pēdējo gadu dati liecina, ka to valstu pozīcijas, kas iegūst sudrabu, mainās maz un ir stabilas (sk. 172. attēlu). Lielākās izmaiņas skar tikai dažas valstis – ieguve būtiski ir samazinājusies ASV un Bolīvijā (ASV kompānijām veidojot uzkrājumus atradnēs un investējot citās valstīs), ieguve ir palielinājusies Peru strādājošo ASV kompāniju raktuvēs, ir atjaunots darbs vairākās lielās sudraba raktuvēs Krievijā.

Atradnēs aprēķināties sudraba krājumi 2005. gadā sasniedza 570 tūkstošus tonnu, tajā skaitā 270 tūkstošus tonnu atradnēs, kas patlaban tiek ekspluatētas. To lielākā daļa ir Polijā, Ķīnā, ASV un Meksikā (kopā vairāk nekā 70% no pasaulē

80. tabula. Nepārbaudīti dati par sudraba iegūvi pasaulē 2005. un 2006. gadā, tonnās.

Valsts	2005	2006
ASV	1230	1100
Austrālija	2050	2150
Čīle	1400	1400
Dienvīdāfrikas Republika	89	90
Kanāda	1120	1310
Ķīna	2500	2550
Meksika	2890	3000
Peru	3190	3200
Polija	1300	1300
Citas valstis kopā	3500	3400
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>19 300</b>	<b>19 500</b>



172. attēls. Dominējošās valstis sudraba ieguvē

zināmajiem un aprēķinātajiem krājumiem). Tomēr jāņem vērā, ka pēdējos gados lielākā sudraba daļa tiek iegūta cinka atradnēs (sk. 81. tabulu) no svina un cinka rūdas, kas iepriekšējā bilancē nav iekļauta.

Tas attiecināms arī uz sudraba ieguves attīstību nākotnē, kas vēl izteiktāk orientēsies uz sudraba ieguvī kā blakus produktu (biproduktu) no citu metālu ražošanas procesiem. Tāpēc jaunas sudraba rūdas atradnes jau sen netiek meklētas, izņemot tradicionālo tīrradņu meklēšanu nerūpnieciskiem mērķiem.

Komerčiālie produkti ir sudraba sāļi (galvenokārt hlorīds) un metāls ar 99,9% vai 99,999% tīrību. Pasaulē iegūtā sudraba un tā cenas izmaiņas pagājušajā gadsimtā (sk. 173. un 174. attēlu) norāda uz

pakāpeniskām pārmaiņām, palielinot gan ieguves apjomu, gan cenu.

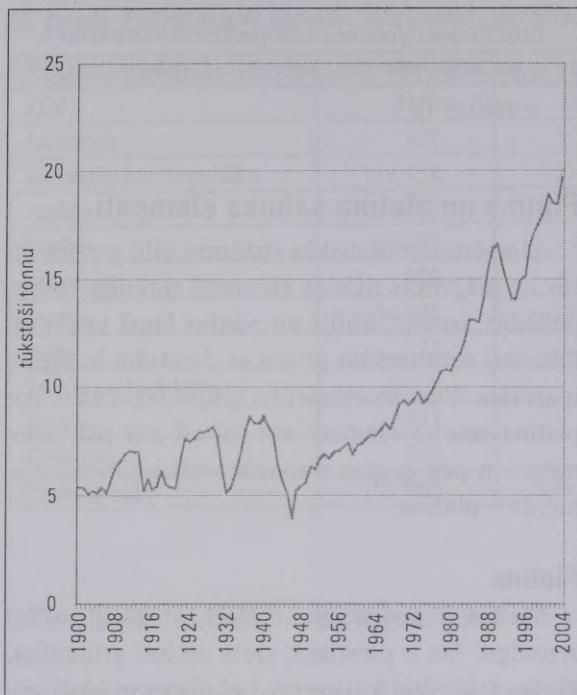
Ir noteiktas likumsakarības saražotā sudraba daudzuma un cenas atkarībā no pasaules ekonomikas nozīmīgiem pavērsiena punktiem (plaša karadarbība, naftas krīzes), turklāt šī atkarība ir līdzīga vara un zelta cenas vēsturiskai dinamikai (skatīt nodaļas par šiem metāliem).

Tomēr šīm likumsakarībām neatbilst tādas pašas izmaiņas sudraba patēriņa sektoru dinamikā (sk. 175. attēlu) – tās ir daudz pakāpeniskākas, un to ietekme pēdējo 30 gadu laikā ir nenozīmīga.

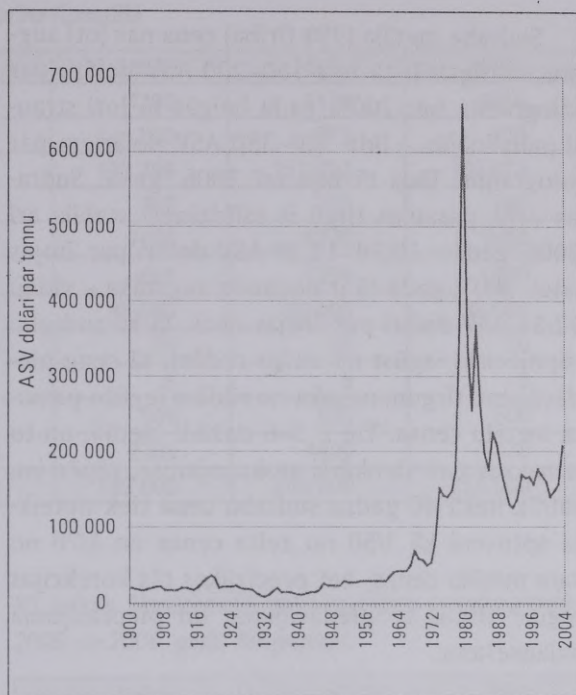
Pastāvīgi samazinās fotografēšanai izmantojamā sudraba daudzums, taču palielinās ķīmiskajā rūpniecībā, elektrotehnikā un elektronikā. Sudraba patēriņš strauji pieaug krāsaino fotogrāfiju izgatavošanai nepieciešamo materiālu un papīra ražošanā, sudraba antibakteriālo īpašību izmantošanā apģērbu, trauku un pat telpu dezinfekcijai. Mūsdienās daudzos ražošanas procesos sudrabs tiek aizstāts ar citām vielām, piemēram, alumīnijs un rodijs aizstāj sudrabu spoguļu un atstarotāju ražošanā, tantāls – ķirurģijā izmantojamos instrumentos. Plašāk tiek aizvietotas sudrabu saturošās baterijas ar lētākām.

81. tabula. Sudraba ieguve no dažādām rūdām, %

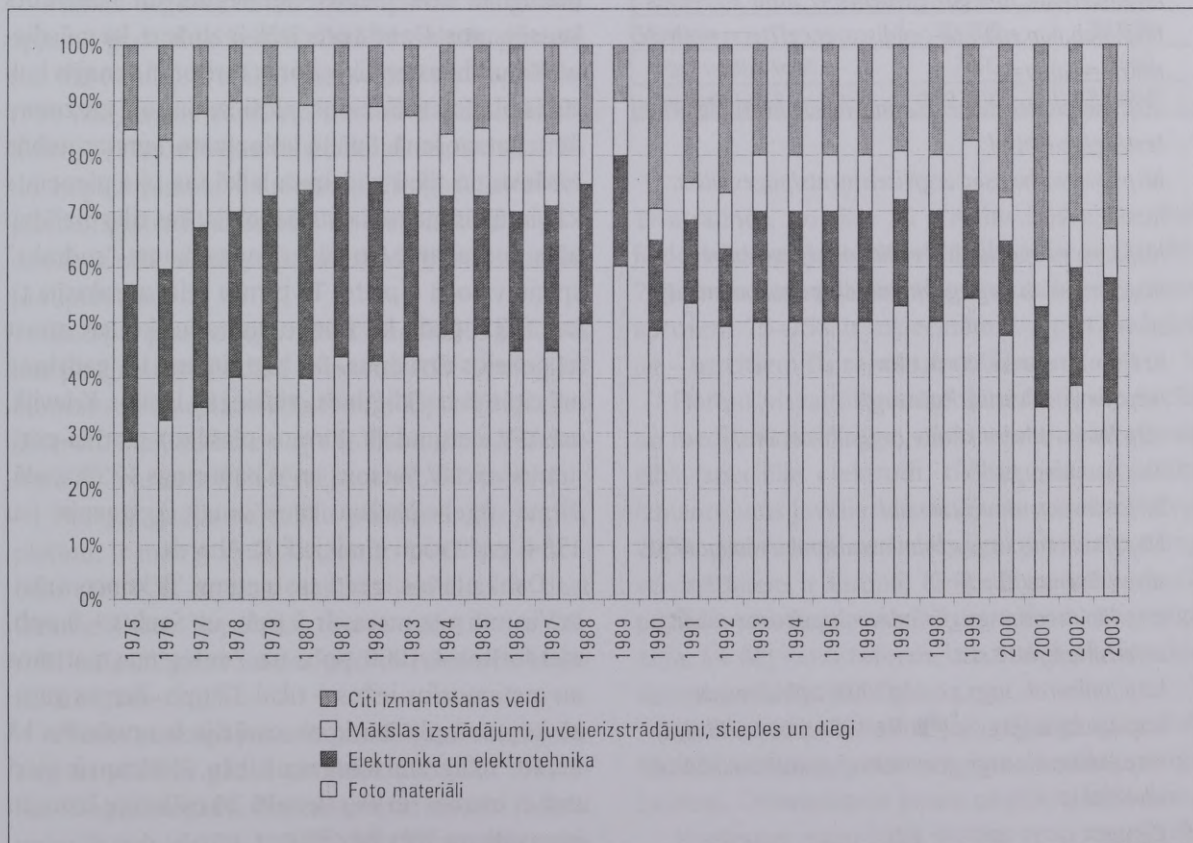
Rūdās veidi	2004	2005
Sudraba rūda	28	29
Svina un cinka rūda	33	33
Vara rūda	26	26
Zelta rūda	13	12
Citu metālu rūdas un izejvielas	1	1



173. attēls. Pasaulē saražotā sudraba daudzums



174. attēls. Sudraba cenas izmaiņas pasaulē pagājušajā gadsimtā



175. attēls. Sudraba patēriņa galvenie sektori

Sudraba metāla (99% tīrība) cena nav ļoti augsta, un ilgstoši tā bija 150–200 ASV dolāru par kilogramu, bet 2005. gada beigās tā ļoti strauji palielinājās – līdz 320–380 ASV dolāriem par kilogramu. Tāda tā bija arī 2006. gadā. Sudraba cena pasaules tirgū ir salīdzinoši stabila arī 2006. gadā – 10,74–12,29 ASV dolāri par Trojas unci. 2007. gadā tā ir nedaudz augstāka – vidēji 12,84 ASV dolāri par Trojas unci. Tā kā sudrabu rūpnieciski iegūst no citām rūdām, tā cenu piedāvājumu tirgum nosaka no rūdām iegūto pamata metālu cenas. Tie ir 5–6 dažādi metāli, un to izmaksas nav vienkārši saskaņojamas, tāpēc jau vairāk nekā 40 gadus sudraba cena tiek noteikta aptuveni kā 1/50 no zelta cenas un 1/70 no vara metāla cenas, bet precīzākas tās korekcijas regulē tirgus ar piedāvājuma un pieprasījuma balansēšanu.

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija, ģeoloģija
  - <http://education.jlab.org/itselemental/ele047.html>
  - <http://periodic.lanl.gov/elements/47.html>
  - <http://lab.nap.edu/nap/cgi/discover.cgi?term=silver&restric=&mw=>
  - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Ag/geol.html>
  - <http://www.chemsoc.org/viselements/pages/silver.html>
  - <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/silver>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/silver/>
- ✓ Krājumi, resursi, statistika
  - <http://www.silverinstitute.org/>
  - <http://www.silverinstitute.org/publications/wss06summary.pdf>
  - <http://www.ausimm.com.au/>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/silver/silvermcs06.pdf>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/silver/silvermyb04.xls>
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/silver.xls>
  - <http://pubs.usgs.gov/of/2004/1251/2004-1251.pdf>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/silver/stat/>
- ✓ Cenas
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/silver/880798.pdf>
  - <http://nickelalloy.com/FreeSite/metals/ag/ag.asp>

<http://www.infomine.com/investment/metalschart.asp?c=silver&u=oz&submit1=Display+Chart&x=usd&r=1y>

## Platīns un platīna saimes elementi

Elementu periodiskās sistēmas VII B grupas otrās un arī trešās triādes elementi rutēnijs, rodijs, pallādijs, osmijs, irīdijs un platīns kopā veido salīdzinoši retu metālu grupu ar daudzām kopīgām īpašībām. Visu šo elementu grupu kopā sauc par platīna saimes elementiem vai arī par platīnelementiem pēc grupas vispazīstamākā ķīmiskā elementa – platīna.

### Platīns

Platīns ir sudrabains metāls, ar gaiši pelēku atspulgu. Tas ir plastisks, ciets un ļoti grūti kūst. Platīns ir ķīmiski ļoti inerts, bet disperss – ļoti labi adsorbē gāzes.

Platīns ir konstatēts vairākos metāla izstrādājumos Senajā Ēģiptē, bet nav zināms, vai tiešām platīns ir ticis mērķtiecīgi iegūts un izmantots kausējumos. Daudz precīzāk ir zināms, ka mūsdienā Kolumbijas un Ekvadoras teritorijā senajās kultūrās platīnu salīdzinoši plaši izmantoja greznumlietu gatavošanā. Spāņu kolonizatoriem tas nebija zināms, un tikai gadsimta laikā tas tika pieņemts kā vietējais maksāšanas līdzeklis, kas tika pielīdzināts sudrabam. No tā arī nosaukums “sudrabs” spāņu valodā – *plata*. To pirmo reizi aprakstīja tikai 1735. gadā kā smago sudrabu, ko var atrast kā nelielus tīrradņus. Tas bija zināms 18. gadsimtā arī citās zelta kļiednēs, visbiežāk Urālos Krievijā, arī ASV rietumdaļā. Pirmos plašākos platīna pētījumus veica V. Vatsons un V. Baurings 1750. gadā. Pirmo tīgeli platīna kausēšanai izgatavoja jau 1784. gadā vācu ķīmiķis F. K. Ahards.

Dabā platīns ir reti sastopams. Tā koncentrācija Visumā pēc masas ir 5 ppb, uz Saules – 9 ppb, meteorītos – 1000 ppb, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – tikai 37 ppb. Zemes garozā kopumā platīna koncentrācija ir novērtēta kā  $5 \times 10^{-3}$  miligrami kilogramā iežu. Platīnam ir pieci stabili izotopi un vairāk nekā 20 mākslīgu izotopu intervālā no  $^{166}\text{Pt}$  līdz  $^{202}\text{Pt}$ .

Platīns dabā sastopams 64 minerālu formā, no tiem plašāk izplatīts ir tikai tīrradņu platīns, daudz retāk – arī sperilīts ( $\text{PtAs}_2$ ), bet pārējie minerāli ir

82. tabula. Platīna ieguve pasaulē, kilogramos, pārrēķinot platīna tīrmetālā

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004
ASV	3110	3610	4390	4170	4040
Austrālija	171	174	200	225	230
Dienvīdāfrikas Republika	114 459	130 307	133 796	151 022	160 013
Japāna	782	791	762	770	780
Kanāda	6302	7410	7400	6930	7000
Kolumbija	339	674	661	1393	1400
Krievija	34 000	35 000	35 000	36 000	36 000
Polija	21	20	20	20	20
Serbija un Melnkalne	5	5	5	5	5
Somija	441	510	508	505	500
Zimbabve	505	519	2306	4400	4438
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>160 000</b>	<b>179 000</b>	<b>185 000</b>	<b>205 000</b>	<b>214 000</b>

mineraloģiski retumi, un tos augstu vērtē kolekcionāri.

Lielākās atradnes ir Krievijā (Urāli), Kolumbijā, Kanādā (Sudberi) un Dienvidāfrikā (Vitvatersranda). Lielākais zināmais platīna tīrradnis atrasts Urālos (9,6 kg), parasti to lielums ir daži grammi.

Platīna ieguve vairāk nekā piecu kilogramu apjomā gadā tiek veikta tikai 11 valstīs pasaulē (sk. 82. tabulu). Dominē Dienvidāfrikas Republika (75% no pasaulē saražotā platīna daudzuma) un Krievija (17%). Pārējās valstis kopā iegūst tikai 8% no kopējā platīna daudzuma. Eiropas Savienībā platīnu iegūst tikai Somijā un Polijā, taču kopā – daudz mazāk, nekā gadā patērē Vācijas automobiļu rūpniecība.

Dati par platīna ieguvi 2005. un 2006. gadā vēl nav pieejami, pagaidām ir zināmi ASV Ģeoloģijas dienesta un Starptautiskās fonogrāfijas federācijas (*International Federation of the Phonographic Industry, IFPI*) iepriekšēji novērtējumi (sk. 83. tabulu).

Pēdējos gados to valstu pozīcijas, kas iegūst platīnu, ir maz mainījušās, un to pozīcijas ir stabilas (sk. 176. attēlu). Lielākās izmaiņas ir tikai Dienvidāfrikas Republikā, kuras ražotnes ir būtiski palielinājušas jaudas pēc to rekonstrukcijas tūkstošgades mijā.

Platīna patēriņš pasaulē pastāvīgi nedaudz pieaug un pēdējos gadus sasniedz 205–220 tūkstošus kilogramu gadā. Platīna grupas metālu resursi pasaulē tiek vērtēti 100 miljonu kilogramu apjomā, tajā skaitā aprēķinātie krājumi (2005. gadā) ir 190 tūkstoši kilogramu, no tiem izmantojamās atradnēs – 71 tūkstotis kilogramu, galvenokārt

83. tabula. Nepārbaudīti dati par platīna ieguvi pasaulē 2005. un 2006. gadā, kilogramos

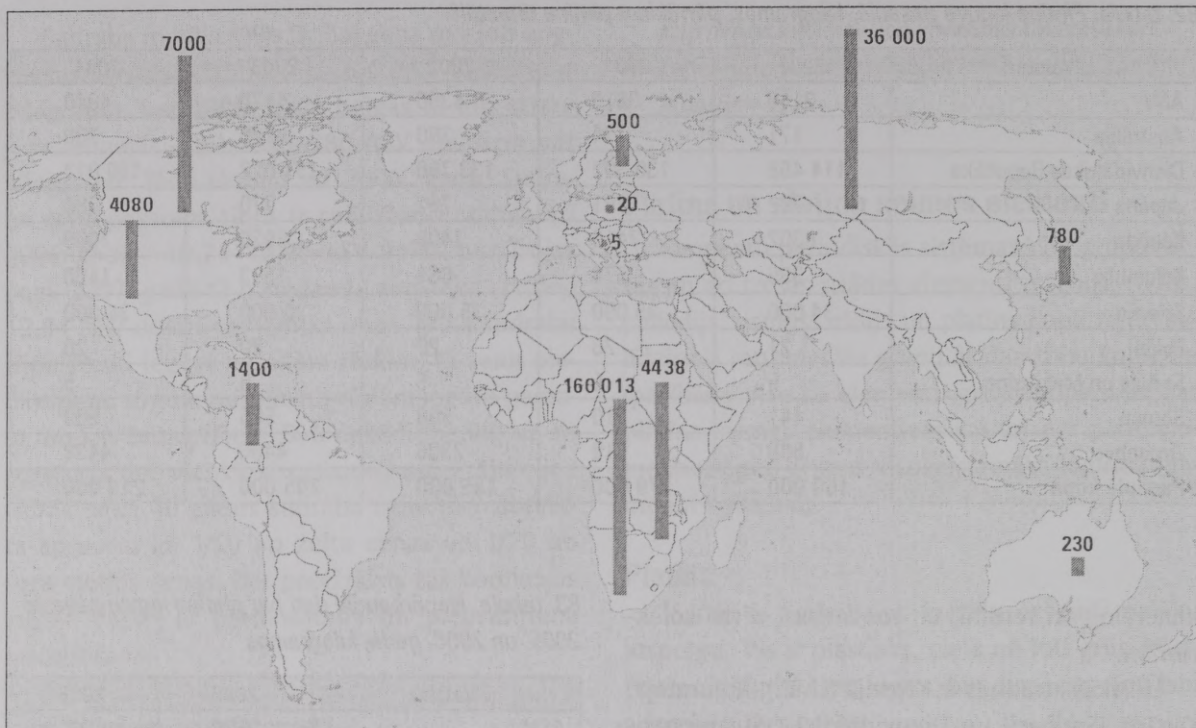
Valsts	2005	2006
ASV	3920	4000
Dienvīdāfrikas Republika	169 000	172 000
Kanāda	6400	6700
Kolumbija	1080	1000
Krievija	30 000	32 000
Citas valstis kopā	7000	7600
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>217 000</b>	<b>223 000</b>

17 atradnēs, no tām 10 atrodas Bušveldes (Bušfeldes) kompleksā Dienvidāfrikā, kur iegūst līdz 75% no pasaules platīna daudzuma. No šā apjoma aptuveni 70–75% ir attiecināmi uz platīnu, pārējie – uz citiem šīs saimes metāliem.

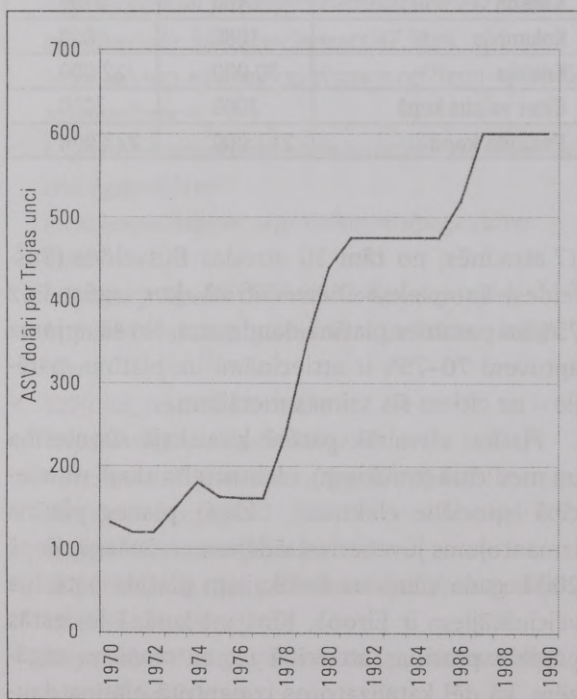
Platīnu visvairāk patērē ķīmiskajā rūpniecībā un medicīnā (traukiem), elektrotehniskajā rūpniecībā (speciālie elektrodi, tīkliņi), pieaug platīna izmantojums juvelierizstrādājumu ražošanā. Kopš 2004. gada viens no lielākajiem platīna patēriņa veicinātājiem ir Eiropā, Ķīnā un Japānā ieviestās papildu prasības attiecībā uz automašīnu atgāzēm, kā dēļ katalizatoros izmantotā platīna daudzums pastāvīgi pieaug.

Platīna cena pasaulē ir ļoti atšķirīga un mainās (sk. 177. attēlu) no pirkuma apjoma, iepirkuma regularitātes, izmantošanas jomas un citiem faktoriem.

Divdesmit gadu laikā platīna cena mainījusies vairāk nekā četras reizes, ko nosaka patēriņa izmaiņas, galvenokārt paplašinoties platīna izmantošanai ķīmiskajā un automobiļu rūpniecībā.



176. attēls. Platīna rūdas ieguve pasaulē, kilogramos tīrmetāla (2005)



177. attēls. Platīna metāla cenas izmaiņas 1970.–1990. gadā

Platīna cena nereti tiek tieši saistīta ar zelta cenu, paredzot, ka platīna tīrmetāla cena ir aptuveni astoņas reizes augstāka par zelta cenu. Pagājušā gadsimta nogalē platīna cena bija ļoti stabila, un

ar to nereti tika salīdzināti valūtu kursi (500 ASV dolāru par Trojas unci). Pēdējos divos gados metāla cena ļoti strauji ir pieaugusi. Platīna cena 2006. gadā stabilizējās un bija 1154–1355 ASV dolāri par Trojas unci. 2007. gadā cena ir kritusies – tā vidēji ir 813,20 ASV dolāru par Trojas unci.

### Pallādijs

Pallādijs ir sudrabaini balts mīksts metāls, kas ļoti labi adsorbē gāzes. Pallādijs plaši izmanto sakausējumos ar citiem metāliem juvelierizstrādājumu, zobu protēžu un katalizatoru ražošanā, kā arī elektrotehnikā un elektronikā.

Ķīmisko elementu atklāja angļu mediķis un dabaszinātnieks V. Volastons (*William Hyde Wollaston*) 1803. gadā. Nākamajā gadā viņš jaunatklāto elementu nosauca par pallādijs asteroīda Pallasas vārdā (kas tika atklāts tikai pirms pāris gadiem). Jauno ķīmisko elementu V. Volastons atklāja, pētot platīna rūdu no Dienvidamerikas, to šķīdinot karaļūdenī (*aqua regia*), tad neitralizējot ar bāzi, apstrādājot ar amonija hlorīdu un pievienojot dzīvsudraba cianīdu, tādējādi tika iegūts pallādijs cianīds, kuru iztvaicējot varēja iegūt pallādijs tīrmetālu.

Sākotnēji jaunais ķīmiskais elements tika izmantots tuberkulozes ārstēšanas preparātu

iegūšanai. Turpmāk ieguva dažādus sakausējumus un izmantoja galvenokārt juvelierizstrādājumu ražošanā. Pazīstamākie pallādija juvelierizstrādājumi ir sakausējumi ar zeltu (baltais zelts), ko plaši izmanto pulksteņu, aproču un citu izstrādājumu izgatavošanā.

Dabā pallādijs ir izteikti izkliedēts elements. Tā koncentrācija Visumā pēc masas ir 2 ppb, uz Saules – 3 ppb, meteorītos – 670 ppb, uz Zemes magmatiskos iežos – 6,3 ppb. Zemes garozā kopumā pallādija koncentrācija tiek vērtēta vidēji kā  $1,5 \times 10^2$  miligrami kilogramā iežu. Pallādijs veido 106 minerālus, kas ir ļoti reti, gandrīz 30 no tiem vēl nav pat sava nosaukuma.

Saimnieciskām vajadzībām pallādiju iegūst kopā ar platīnu, bet tikai deviņās valstīs – atsevišķi (tiek uzskaitīta pallādija ieguve, kas pārsniedz vienu kilogramu gadā). Izteikti dominē (sk. 84. tabulu) Dienvidāfrikas Republika (41% no visas ieguves pasaulē) un Krievija (39%). Pārējās valstis kopā iegūst 20%. Pallādija ieguves apjoms strauji pieaug Zimbabvē, un ir paredzams, ka nākotnē ieguve vēl vairāk palielināsies, jo turpinās atradņu iekļaušana ekspluatācijā.

Pasaules ekonomisti uzskata, ka ieguves koncentrācija tikai divās valstīs rada ļoti augsta riska situāciju, jo nevienu no šīm valstīm nevar uzskatīt par drošu partneri ilgtermiņa piegāžu plānošanā. Līdz ar to tirgū vienlaikus ir vērojamas vismaz divas ļoti atšķirīgas cenas atkarībā no piegādātājvalsts, ja pirkuma apjoms pārsniedz 100 gramu.

Zināmie pallādija resursi ir visai lieli un tiek vērtēti aptuveni 45–60 tūkstoši tonnu tīrmetāla

izteiksmē, tomēr pēdējo desmit gadu laikā pallādija rūda netiek meklēta, jo pasaulē ir pallādija pārprodukcija un tiek realizēti metāla uzkrājumi. Tiek pārdoti arī ASV autobūves giganta Ford uzkrājumi, kas tika veidoti pagājušā gadsimta nogalē, mēģinot panākt metāla cenas strauju kāpumu un kontroli par šā metāla pieejamību pasaulē. Krievija 2000. gadā pasaules tirgū realizēja ļoti daudz pallādija, ko turpina darīt, tādējādi kompānija zaudē vairāk nekā vienu miljardu dolāru. Mūsdienās pallādijs ir tradicionāls metālu biržas produkts.

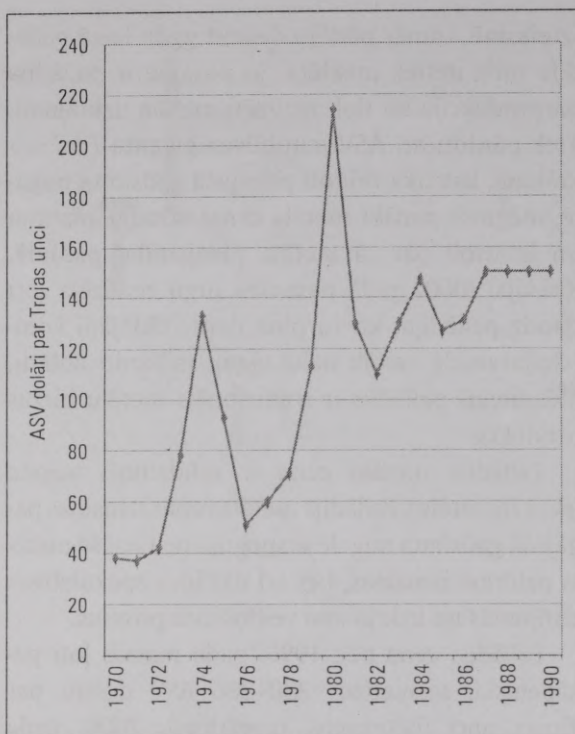
Pallādija metāla cena ir salīdzinoši augsta (sk. 178. attēlu). Pallādija metāla cenas izmaiņas pagājušā gadsimta nogalē atspoguļo ne tikai šā metāla patēriņa izmaiņas, bet arī dažādus spekulatīvus darījumus un uzkrājumu veidošanas posmus.

Pallādija cena pēc 1990. gada mainās ļoti pakāpeniski, sasniedzot 230–280 ASV dolāru par Trojas unci (ilgtermiņa piegādēm). 2000. gada beigās pallādija cena lēcienveida sasniedza tirgus maksimumu – 470 ASV dolāru par Trojas unci. Nākamajā gadā tā nedaudz samazinājās un minimumu – 150 ASV dolāru par Trojas unci – sasniedza 2003. gada februārī. Turpmāk cena bija aptuveni 195–220 ASV dolāru, līdz 2005. gada februārī sākās jauns cenas kāpums, 2006. gada jūnijā sasniedzot 405 ASV dolārus. Turpmāk cena stabilizējās – aptuveni 320 ASV dolāru par Trojas unci. Nākotnē tiek prognozēta nenozīmīga pallādija cenas samazināšanās. 2007. gada pirmajā pusē tā bija 215,50 ASV dolāru par Trojas unci. Ir tendence cenai pieaugt līdz 371 ASV dolāram par Trojas unci.

84. tabula. Pallādija ieguve pasaulē, kilogramos tīrmetāla

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004	2005*	2006*
ASV	10 300	12 100	14 800	14 000	13 700	13 300	13 600
Austrālija	812	828	810	820	830		
Dienvidāfrikas Republika	55 818	62 601	64 244	72 758	78 455	84 900	87 000
Japāna	4712	4805	5618	5500	5600		
Kanāda	9949	11 700	11 500	10 785	12 000	13 000	13 700
Krievija	71 000	72 000	73 000	74 000	74 000	97 400	97 000
Polija	12	12	12	12	12		
Serbija un Melnkalne	25	25	25	20	20		
Zimbabve	366	371	1943	3170	3564		
Citas valstis kopā						9900	10 200
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>153 000</b>	<b>164 000</b>	<b>172 000</b>	<b>181 000</b>	<b>188 000</b>	<b>21 9000</b>	<b>222 000</b>

\* ASV Ģeoloģijas dienesta iepriekšējie novērtējumi.



178. attēls. Pallādija metāla cenas izmaiņas 1970.–1990. gadā

### Citi platīna grupas metāli

Citi platīna grupas metāli – rutēnijs, rodijs, osmijs un irīdijs – dabā ir ļoti reti sastopami. Tos iegūst no platīna rūdas kopā un ķīmiski nodala noslēguma posmā. Šo metālu nozīme saimniecībā ir pieaugusi kopš pagājušā gadsimta sešdesmitajiem gadiem – no simtiem kilogramu līdz vairāk nekā 65 tonnām 2005. gadā. Pēdējos gados (sk. 85. tabulu) vērojams salīdzinoši straujš ieguves apjoma pieaugums un divu lielvalstu izteikta dominānce. Dienvidāfrikas Republikā iegūst 75%, Krievijā – 22% no visas šo metālu ieguves apjoma pasaulē. Tiesa gan, šos metālus iegūst tikai četrās valstīs.

Grafiski tas parādīts 179. attēlā, kur redzama divu valstu – Dienvidāfrikas Republikas un Krievijas – loma, ka saglabājās arī 2005. un 2006. gadā.

### Rutēnijs

Rutēnijs ir sudrabaini balts, spožs, ļoti trausls metāls. To atklāja vairākkārt. Vispirms K. Klauss (*Karl Klaus*) 1844. gadā to ieguva no platīna rūdas, šķīdinot ar karaļūdeni. Tās ļāva iegūt pirmos sešus gramus tīrmetāla. Jauno metālu nosauca par rutēniju (*Ruthenia*). J. Bercēliuss 1827. gadā pētīja platīna ekstrakcijas atlikumus no Urālu rūdām. Tajās J. Bercēliuss neatrada neko savdabīgu, bet G. Osans konstatēja trīs jaunus ķīmiskos elementus un vienu no tiem nosauca par rutēniju. Jo-projām neviennozīmīgi tiek skaidroti poļu ķīmiķa J. Sniadecka atklājumi 1807. gadā, kad no platīna rūdas tika izdalīts līdz tam nezināms ķīmiskais elements, ko viņš nosauca par *vestium*. Turpmākie pētījumi to neapstiprināja, un J. Sniadeckis atsauca savu atklājumu.

Rutēniju izmanto par aizsargpārklājumu speciāliem elektriskajiem kontaktiem un elektrodēm, par dekoratīvu pārklājumu juvelierizstrādājumiem, par piedevu speciāliem mehāniski izturīgiem sakausējumiem (piedeva titāna tēraudam). Mūsdienās rutēniju visvairāk patērē naftas pārstrādes rūpniecībā, kur tas tiek izmantots par katalizatoru sērūdeņraža gāzes nodalīšanai no naftas un tās pārstrādes produktiem.

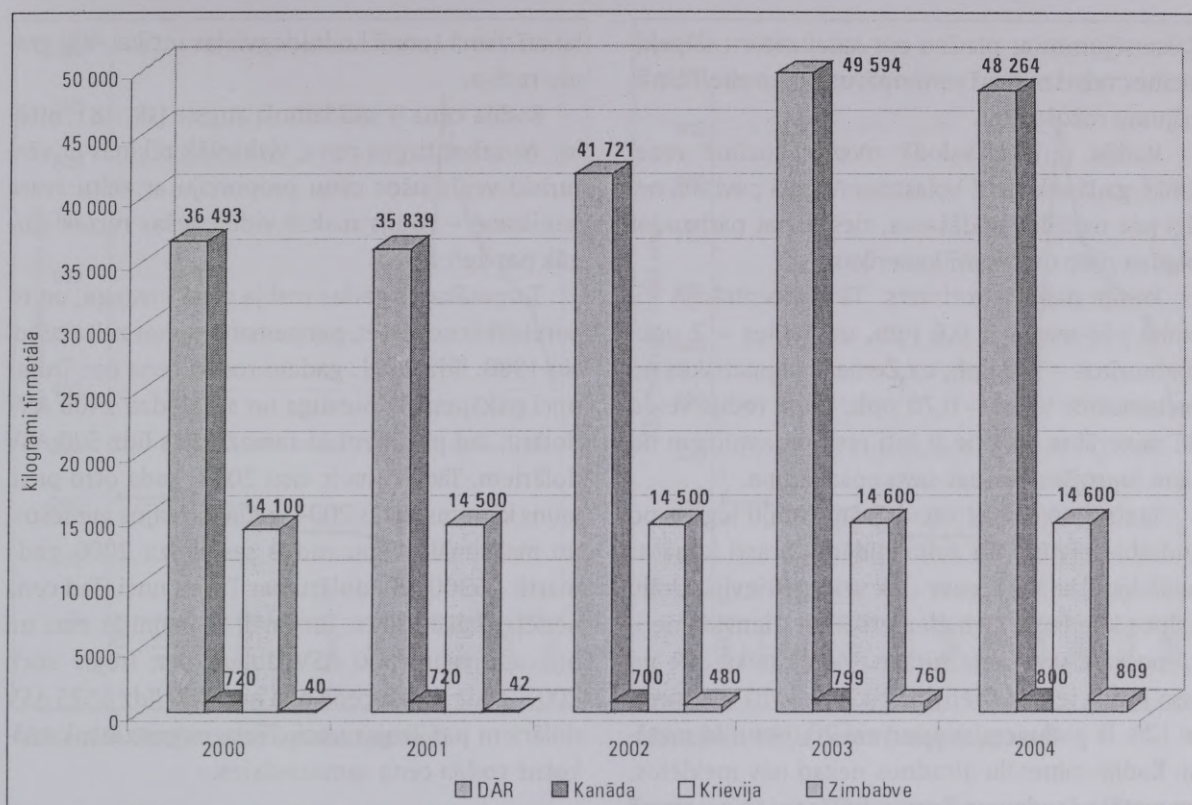
Dabā rutēnijs ir ļoti nelielā koncentrācijā. Rutēnija koncentrācija Visumā pēc masas ir 4 ppb, uz Saules – 5 ppb, meteorītos – 830 ppb, uz Zemes magmatiskos iežos – 1,0 ppb, Pasaules okeānā – 0,0007 ppb.

Rutēnijs dabā veido tikai 21 minerālu, kas visi ir ļoti reti. Saimnieciskām vajadzībām rutēniju iegūst no pentlandīta –  $(\text{Fe,Ni})_9\text{S}_8$  – Krievijā, Kanādā, arī Kolumbijā, no piroksenītiem – Dienvidāfrikā un Zimbabvē.

Dati par rutēnija ieguves apjomu un tā apzīnātiem krājumiem Zemes dzīlēs nav pieejami, tie raksturoti tikai visiem platīna grupas metāliem kopā (sk. 85. tabulu). Tomēr zināms, ka šo metālu

85. tabula. Citu platīna grupas metālu ieguves apjoms (izņemot platīnu un pallādiju), kilogramos tīrmetāla izteiksmē

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004
Dienvidāfrikas Republika	36 493	35 839	41 721	49 594	48 264
Kanāda	720	720	700	799	800
Krievija	14 100	14 500	14 500	14 600	14 600
Zimbabve	40	42	480	760	809
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>51 400</b>	<b>51 100</b>	<b>57 400</b>	<b>65 800</b>	<b>64 500</b>



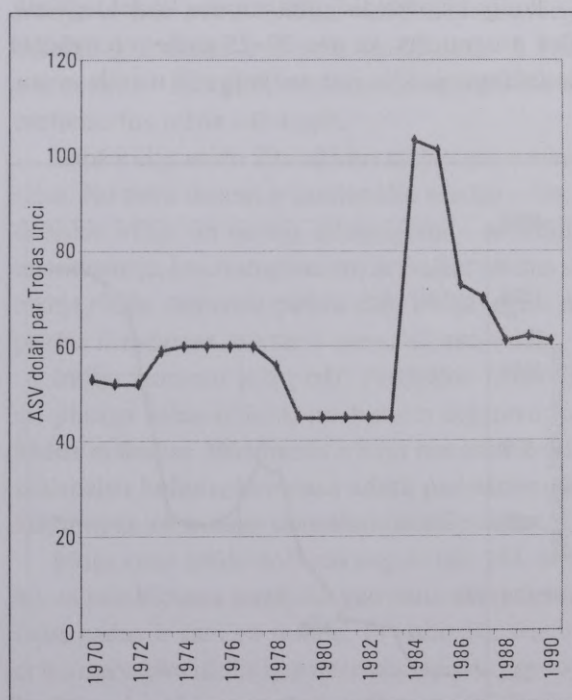
179. attēls. Rutēnija, rodija, osmija un irīdija kopējā ieguve pasaulē

iegūst tikai tik daudz, cik ir iespējams realizēt, jo šā metāla ieguve ir sarežģīta, bet cena – zema. Rutēnija cena nav augsta platīna grupas metālu ietvaros (sk. 180. attēlu).

Turpmākajos gados rutēnija cena būtiski nemainījās, un 2004. gadā tā bija 41 ASV dolārs par Trojas unci. 2005. gadā tā paaugstinājās un bija 67–82 ASV dolāri par Trojas unci. 2006. gada jūnijā rutēnija cena paaugstinājās un pārsniedza 100 ASV dolāru par Trojas unci jeb vidēji 2733 ASV dolārus par kilogramu gada otrajā pusē. Tomēr rutēnija tirgus nav stabils, un 2006. gada decembrī tā cena lēcienveidā sasniedza 420 ASV dolāru par Trojas unci. Tiek uzskatīts, ka tā samazināsies vismaz līdz 280–300 ASV dolāriem par Trojas unci. Turpmāk dažādu tirgus ierobežojumu dēļ rutēnija cena pieaugs. 2007. gada sākumā 99,9% tīrības metāls maksāja 672 ASV dolārus par Trojas unci, bet gada otrajā pusē – tikai 378 ASV dolārus par Trojas unci.

## Rodijs

Rodijs ir sudrabaini balts, spožs un ļoti ciets metāls. To izmanto galvaniskajos pārklājumos dažādiem reflektoriem, plaši lieto rodija



180. attēls. Rutēnija cenas izmaiņas

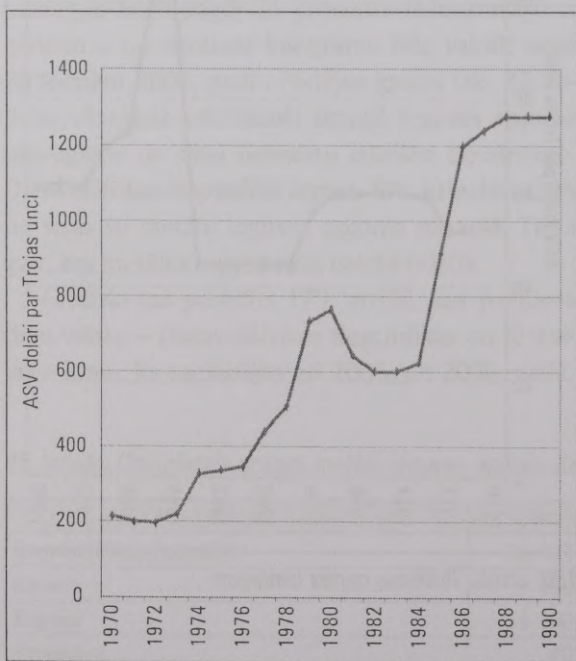
sakausējumos ar platīnu par katalizatoru slāpekļskābes ražošanā, arī termopāros un juvelierizstrādājumu ražošanā.

Rodiju (grieķu valodā *rhodon* nozīmē roze) 1803. gadā atklāja V. Volastons Anglijā pavisam neliģi pēc pallādijs atklāšanas, tieši tāpat pārbaudot platīna rūdu no Dienvidamerikas.

Rodijs dabā ir ļoti rets. Tā koncentrācija Visumā pēc masas ir 0,6 ppb, uz Saules – 2 ppb, meteorītos – 180 ppb, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 0,70 ppb. Dabā rodijs veido 35 minerālus. Visi tie ir ļoti reti, un astoņiem no tiem joprojām nav pat sava nosaukuma.

Tautsaimniecības vajadzībām rodiju iegūst no sudraba, platīna un zelta rūdām parasti kopā ar pallādijs. Lielākā ieguve tiek veikta Krievijā, Urālu kalnos kļiednēs, Ziemeļamerikā un Dienvidamerikā no vara un niķeļa rūdām. Vairāk nekā 80% no visa rodijs iegūst Dienvidāfrikā, Krievijā – aptuveni 12%. Ik gadu iegūst aptuveni 20 tonnu šā metāla. Rodijs minerālu atradnes nekad nav meklētas, un metāla daudzums Zemes dzīlēs vai to pieejamā daļa saimnieciskām vajadzībām līdz šim nav vērtēta. Mūsdienās rodiju iegūst tikai tādā daudzumā, kāds nepieciešams tirgum.

Rodijs kā piemaisījums atrodas kodoldegvielā. Tiek prognozēts, ka pēc 20–25 gadiem izstrādāta kodoldegviela kļūs par nozīmīgu šā metāla avotu,



181. attēls. Rodijs cenas izmaiņas pasaulē

lai arī vienā tonnā kodoldegvielas ir tikai 400 gramu rodija.

Rodija cena ir salīdzinoši augsta (sk. 181. attēlu). Nosakot tirgus cenu, visbiežāk rēķinās ar vēsturiski veidojušos cenu proporciju ar zeltu svara izteiksmē – rodijs maksā vidēji sešas reizes dārgāk par zeltu.

Turpmākajos gados rodija cena pieauga, un to pareizāk ir novērtēt, par pamatu ņemot zelta cenu. No 1990. līdz 2001. gadam rodija cena par Trojas unci pakāpeniski pieauga un sasniedza 2400 ASV dolāru, tad pakāpeniski samazinājās līdz 500 ASV dolāriem. Tāda cena ir visu 2003. gada otro pusi. Jauns kāpums sākās 2004. gada pirmajos mēnešos, un maksimālo cenu rodijs sasniedza 2006. gada martā – 6300 ASV dolāru par Trojas unci. Tad cena nedēļas laikā kritās. Turpmāk tā mainījās maz un bija aptuveni 4600 ASV dolāru par Trojas unci. 2007. gadā rodija cena bija no 5950 līdz 6525 ASV dolāriem par Trojas unci. Tiek prognozēts, ka nākotnē rodija cena samazināsies.

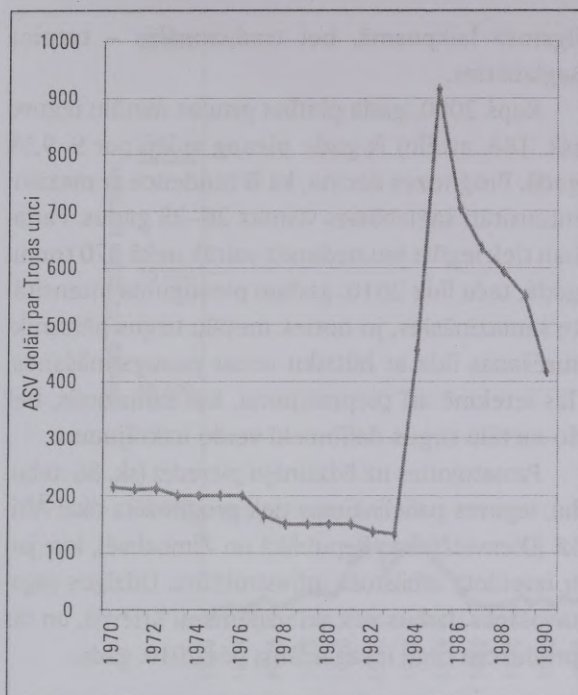
## Osmijs

Osmijs ir zilganpelēks ļoti ciets, bet trausls metāls. Osmiju 1804. gadā atklāja S. Tenants (*Smithson Tennant*) no platīna rūdas šķīdināšanas atlikumiem. Viņš to nosauca pēc osmija oksīda izteikti nepatīkamās smakas, ko grieķu valodā sauc – *osme*.

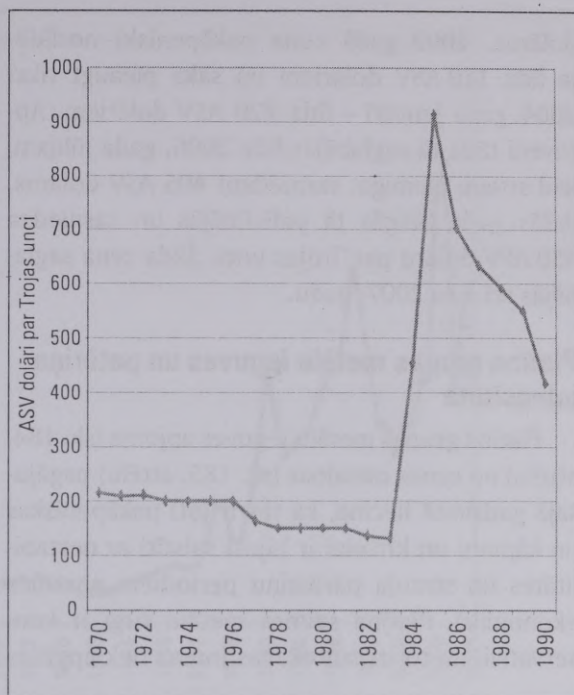
Dabā osmijs ir sastopams ļoti zemā koncentrācijā. Osmija koncentrācija Visumā pēc masas ir 3 ppb, uz Saules – 2 ppb, meteorītos – 670 ppb, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – tikai 1,8 ppb.

Osmijs sastopams tikai 17 minerālās formās, visas tās ir ļoti retas. Saimnieciskām vajadzībām osmiju iegūst no citu metālu rūdām, visvairāk – no minerāla iridiosmija jeb siserskīta (Os, Ir), kas ir dabisks šo divu metālu sakausējums. Visvairāk osmija iegūst Krievijā (Urālos) no platīna kļiednēm, Ziemeļamerikā (Kanādā un Aļaskā) un Dienvidamerikā (Kolumbijā). Otra svarīgākā rūda ir niķeļa rūda Ontario provincē Kanādā. Tomēr visvairāk osmija rūdas ir Turcijā (šeit aprēķinātie krājumi ir 127 tūkstoši tonnu tīrmetāla izteiksmē) un Bulgārijā (2500 tonnu tīrmetāla). Šīs atradnes netiek izstrādātas, jo patlaban tas nav ekonomiski izdevīgi.

Osmiju izmanto ļoti daudzveidīgi, īpaši sakausējumos ar irīdiju, piemēram, pirkstu nospiedumu



182. attēls. Osmija cenas izmaiņas pasaulē



183. attēls. Irīdija cenas izmaiņas pasaulē

iegūšanai, elektronu mikroskopijā, medicīniskos implantos, elektriskos kontaktos, skaņu plašu ieraksta adatās u. tml. Osmiju visvairāk izmanto kvēlspuldžu diegu pārklāšanā, arī pasaulē labi zināmais uzņēmums OSRAM savu nosaukumu veido no ražošanā izmantojamiem pamata metāliem (*OSmium und wolFRAM*).

Osmijs nav izcili dārgs metāls, un tā cena ļoti ilgstoši ir 400–600 ASV dolāru par Trojas unci (sk. 182. attēlu).

Turpmākajos gados osmija cena nesamazinājās. No 2001. gada līdz pat 2006. gada beigām tā bija ļoti stabila – 400 ASV dolāru par Trojas unci. Tā nemainījās arī 2007. gadā. Arī nākamajā gadā tiek prognozēta aptuveni tāda pati cena.

Pasaules metāla biržās osmija metāls ir brīvā tirdzniecībā – aptuveni 100 ASV dolāru par gramu tīrmetāla, bet atsevišķi osmija produkti ir daudz dārgāki. Visaugstākā ir <sup>187</sup>Os dabiskā izotopa cena – 25 000 ASV dolāru par gramu.

## Irīdijs

Irīdijs ir sudrabaini balts ļoti ciets un grūti kūstošs metāls, tas ir otrs smagākais metāls aiz osmija. To 1803. gadā atklāja S. Tenants, pētot tumši pelēkas karaļūdenī šķīdinātas platīna rūdas nogulsnes. Iegūtie irīdija sāļi bija ļoti dažādās spilgtās

krāsās, kuru dēļ jauno ķīmisko elementu nosauca par irīdiju (latīniski *iris* – varavīksne).

Dabā irīdijs ir reti sastopams, un tā koncentrācija ir ļoti zema. Irīdija vidējā koncentrācija Visumā pēc masas ir 2 ppb, uz Saules – 2 ppb, meteorītos – 550 ppb, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 0,4 ppb.

Dabā irīdijs veido 39 dažādus un ļoti retus minerālus. No tiem diviem ir komerciāla vērtība – tie ir dabiskie irīdija un osmija sakausējumi – osmirīdijs un iridosmijs, kas sastopami tradicionālās platīna un niķeļa rūdās. Aptuveni piekto daļu irīdija iegūst no platīna tīrradņiem, kur tas ir piemaisījumu veidā.

Irīdiju izmanto ļoti plaši. Vērtīgākie ir osmija un platīna sakausējumi, no kuriem izgatavo dažādus etalonus. Mūsdienās irīdiju izmanto lodīšu pildspalvu lodītēs, kompasa adatu pamatnes pārklājumiem, elektrisko kontaktu pārklājumiem.

Irīdija cena salīdzinoši nav augsta (sk. 183. attēlu) un pēc kāpuma pagājušā gadsimta astoņdesmitajos gados ir samērā stabila. To visbiežāk skaidro ar konservatīvo irīdija izmantošanas veidu, jo pēdējos 25 gados tā izmantošanas sfēra nepaplašinās.

Turpmākajos desmit gados irīdija cena samazinājās – līdz 170–230 ASV dolāriem par Trojas unci. Viena Trojas unce irīdija tīrmetāla 2001. gada beigās maksāja vidēji 400–408 ASV

dolārus. 2002. gadā cena pakāpeniski noslīdēja līdz 110 ASV dolāriem un sāka pieaugt tikai 2004. gada janvārī – līdz 220 ASV dolāriem. Aptuveni tāda tā saglabājās līdz 2006. gada jūlijam, kad strauji pieauga, sasniedzot 405 ASV dolārus. Pašās gada beigās tā palielinājās un sasniedza 450 ASV dolāru par Trojas unci. Šāda cena saglabājās arī visu 2007. gadu.

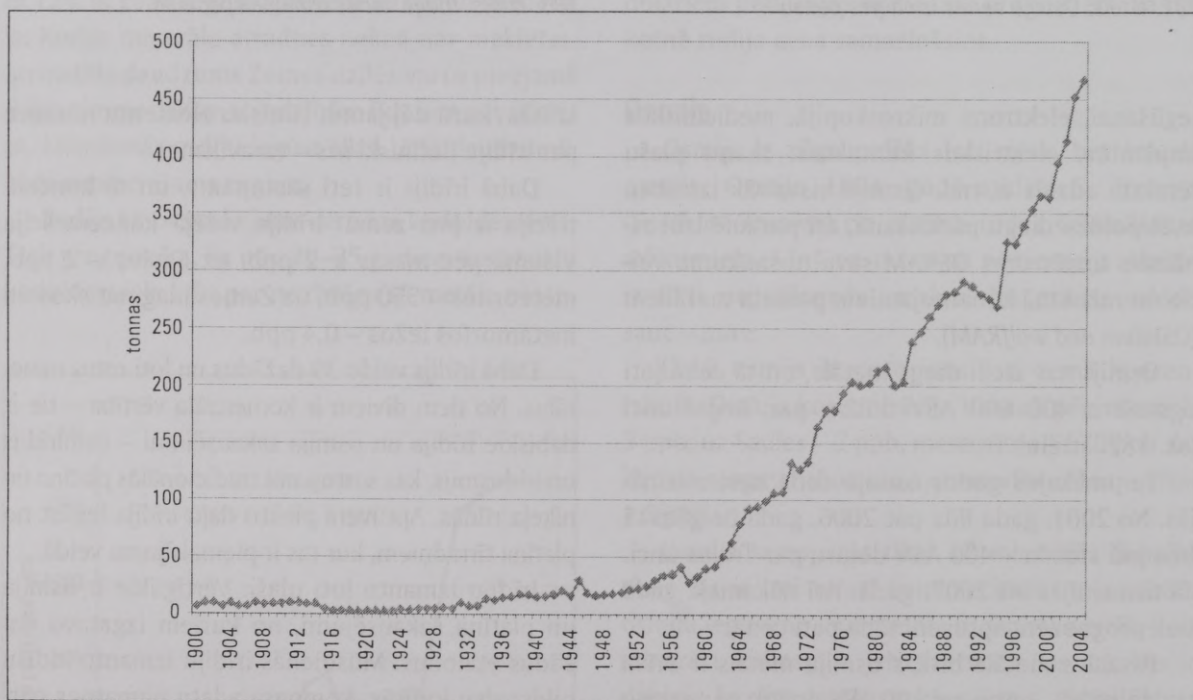
### Platīna grupas metālu ieguves un patēriņa intensitāte

Platīna grupas metālu ieguves apjoma (sk. 184. attēlu) un cenas izmaiņas (sk. 185. attēlu) pagājušajā gadsimtā liecina, ka tās ir ļoti pakāpeniskas un kāpumi un kritumi ir bijuši saistīti ar nestabilitātes un strauju pārmaiņu periodiem pasaules ekonomikā. Platīna saimes metālu tirgi ir konservatīvi, un to izmantošanas jomas tiek apgūtas

ilgstošā laikposmā, bet tradicionālās – turpina saglabāties.

Kopš 2000. gada platīna grupas metālu ieguve (sk. 186. attēlu) ik gadu pieaug vidēji par 9–9,5% gadā. Prognozes liecina, ka šī tendence ar mazāku intensitāti saglabāsies vismaz 20–25 gadus. Patlaban tiek iegūts jau nedaudz vairāk nekā 470 tonnu gadā, taču līdz 2010. gadam pieauguma intensitāte samazināsies, jo notiek metālu tirgus pārstrukturēšanās līdz ar būtisku cenas paaugstināšanos. Tas ietekmē arī pieprasījumu, kas samazinās, bet šo metālu tirgus dalībnieki veido uzkrājumus.

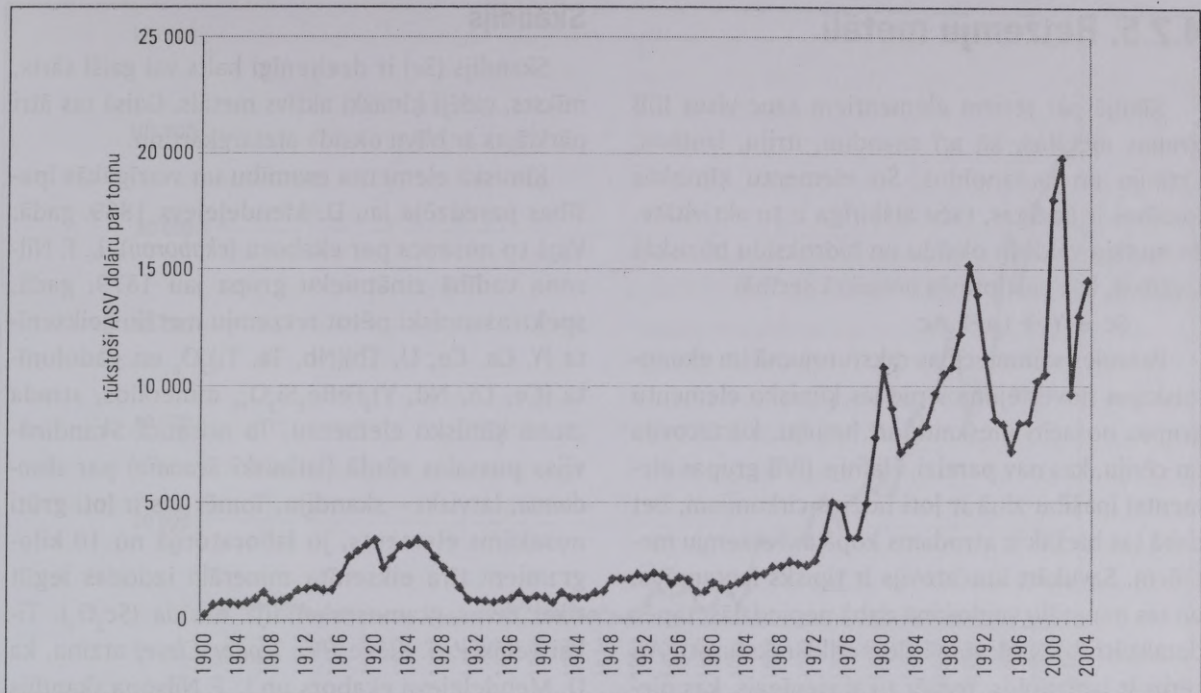
Pamatojoties uz līdzšinējo pieredzi (sk. 86. tabulu), ieguves palielinājums tiek prognozēts tikai Āfrikā (Dienvīdāfrikas Republikā un Zimbabvē), kur jau ir izveidota atbilstoša infrastruktūra. Līdzīgus sagatavošanas darbus veic arī uzņēmumi Krievijā, un tās produkcija tirgū ir sagaidāma pēc 2010. gada.



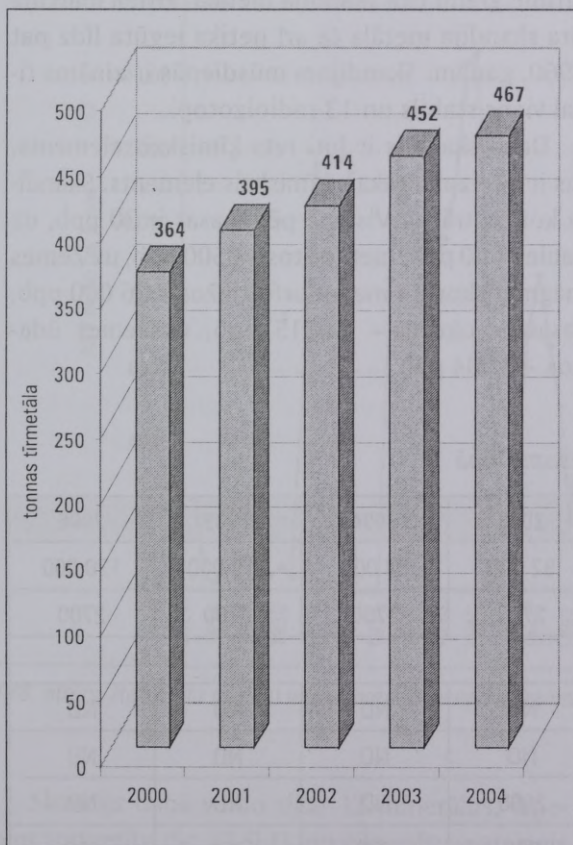
184. attēls. Platīna grupas elementu ieguve pasaulē

86. tabula. Platīna grupas metāli bez platīna un pallādija kopā, kilogramos tīrmetāla

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004
Dienvīdāfrikas Republika	36 493	35 839	41 721	49 594	48 264
Kanāda	720	720	700	799	800
Krievija	14 100	14 500	14 500	14 600	14 600
Zimbabve	40	42	480	760	809
<b>Kopā</b>	<b>51 400</b>	<b>51 100</b>	<b>57 400</b>	<b>65 800</b>	<b>64 500</b>



185. attēls. Platīna grupas elementu vidēji svērtās cenas pasaulē



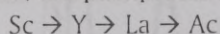
186. attēls. Platīna grupas metālu kopējās gada ieguves pieaugums pasaulē tīrmetāla izteiksmē

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija, ģeoloģija
  - <http://education.jlab.org/itselemental/ele078.html>
  - <http://periodic.lanl.gov/elements/78.html>
  - <http://lab.nap.edu/nap/cgi/discover.cgi?term=platinum&submit.x=6&submit.y=8>
  - <http://www.chemsoc.org/viselements/pages/platinum.html>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/platinum/>
- ✓ Krājumi, resursi, statistika
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/platinum/platimyb04.xls>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/usbmmyb.html>
  - <http://pubs.usgs.gov/circ/2004/1196am/>
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/platinum.xls>
  - <http://pubs.usgs.gov/ds/2005/139/>
  - <http://pubs.usgs.gov/of/2004/1224/>
- ✓ Cenas
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/platinum/stat/>
  - <http://nickelalloy.com/FreeSite/metals/pt/pt.asp>
  - <http://www.infomine.com/investment/metalschart.asp?c=platinum&u=oz&submit1=Display+Chart&x=usd&r=1y>
  - <http://www.engelhard.com/eibprices/DPCharts.aspx?MetalName=Ruthenium>

## 4.2.5. Retzemju metāli

Ķīmijā par retiem elementiem sauc visus IIIB grupas metālus, kā arī skandiju, itriju, lantānu, aktīniju un lantanoīdus. Šo elementu ķīmiskās īpašības ir līdzīgas, taču atšķirīga ir to aktivitāte, šo metālu veidoto oksīdu un hidroksīdu bāziskās īpašības, kas pastiprinās noteiktā secībā:



Pasaules saimniecības raksturojumā un ekonomiskajos novērtējumos pie šīs ķīmisko elementu grupas nosacīti pieskaita arī hafniju, kurčatoviju un cēriju, kas nav pareizi. Hafnijs (IVB grupas elements) īpašību ziņā ir ļoti līdzīgs cirkonijam, bet dabā tas biežāk ir atrodams kopā ar retzemju metāliem. Savukārt kurčatovijs ir tipisks lantanoīds, un tas minerālu veidošanā dabā nepiedalās, tāpēc detalizēti šajā izdevumā tie netiks raksturoti. Arī cērijs ir lantanoīds, tomēr tikai vienīgais, kas piedalās minerālu veidošanā dabā, un tā īpašā loma nākotnē vēl ir pētāma.

Retzemju metāliem ir visai nozīmīga loma tautsaimniecībā, un to ieguve pieaug jau vairākus gadus, pārsniedzot 100–120 tūkstošus tonnu gadā metālu oksīdu izteiksmē (sk. 87. tabulu).

Šos metālus iegūst tika dažās valstīs, un dominē tikai viena – Ķīna. Tas, kā ir mainījusies retzemju metālu vidēji svērtā vērtība un to kopējais iegūtais daudzums (sk. 187. un 188. attēlu), skaidri norāda uz dažādiem ļoti nozīmīgiem politiskiem notikumiem pasaules vēsturē pēdējā pusgadsimta laikā.

## Skandij

Skandij (Sc) ir dzeltenīgi balts vai gaiši sārts, mīksts, vidēji ķīmiski aktīvs metāls. Gaisā tas ātri pārklājas ar blīvu oksīda aizsargkārtiņu.

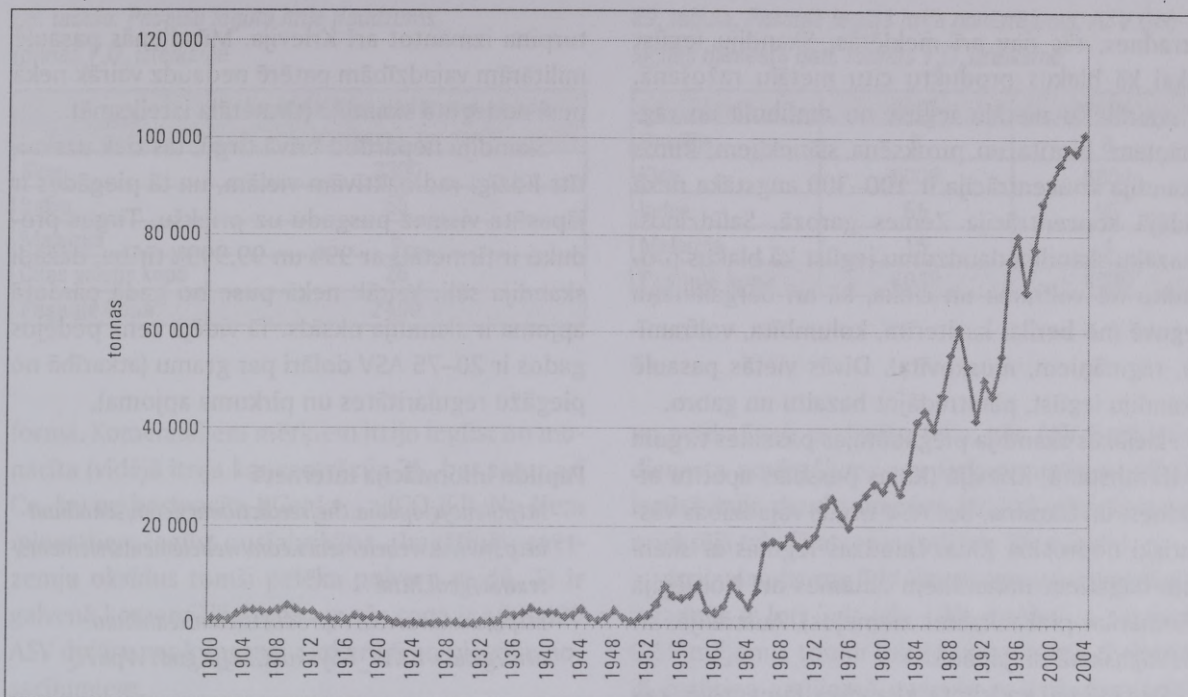
Ķīmiskā elementa esamību un svarīgākās īpašības paredzēja jau D. Mendelejevs 1869. gadā. Viņš to nosauca par ekaboru (*ekaboron*). L. F. Nilsona vadībā zinātnieku grupa jau 1879. gadā, spektroskopiski pētot retzemju metālus eiksenīta (Y, Ca, Ce, U, Th)(Nb, Ta, Ti)<sub>2</sub>O<sub>6</sub> un gadolonīta (Ce, La, Nd, Y)<sub>2</sub>FeBe<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>10</sub> minerālos, atrada jaunu ķīmisko elementu. To nosauca Skandināvijas pussalas vārdā (latīniski *Scandia*) par *skandiumu*, latviski – skandiju. Tomēr tas ir ļoti grūti nosakāms elements, jo laboratorijā no 10 kilogramiem tīra eiksenīta minerāla izdodas iegūt tikai divus gramus skandija oksīda (Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Tikai vēlāk P. T. Klēve (*Per Teodor Cleve*) atzina, ka D. Mendelejeva ekabors un L. F. Nilsona skandij ir viens un tas pats ķīmiskais elements, bet tam ne visi ķīmiķi piekrita, līdz 1937. gadā tika iegūti pirmie grami tīra skandija metāla. Pirmā mārciņa tīra skandija metāla tā arī netika iegūta līdz pat 1960. gadam. Skandijam mūsdienās ir zināms tikai viens stabils un 13 radioizotopi.

Dabā skandij ir ļoti rets ķīmiskais elements, tas ir 50. izplatītākais ķīmiskais elements. Skandija koncentrācija Visumā pēc masas ir 30 ppb, uz Saules – 40 ppb, meteorītos – 6500 ppb, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 26 000 ppb, Pasaules okeānā – 0,0015 ppb, virszemes ūdeņos – 0,004 ppb.

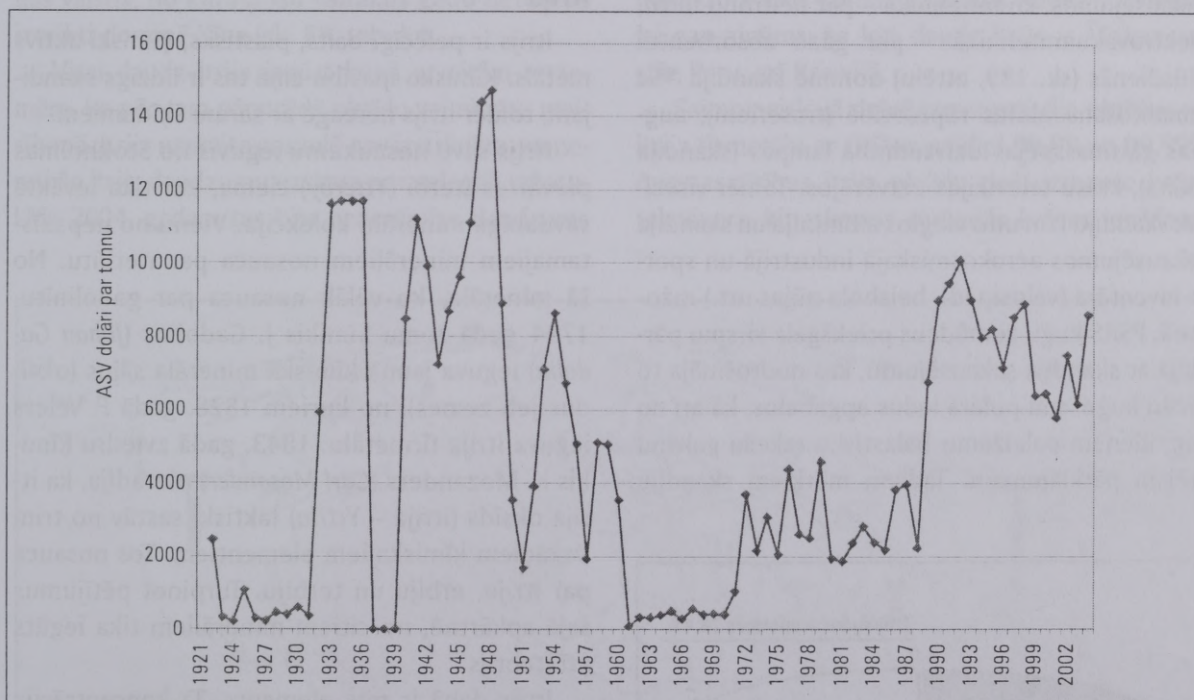
87. tabula. Retzemju metālu ieguve pasaulē, tonnās oksīdu izteiksmē kopā

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Ķīna	73 000	80 600	88 000	92 000	98 000	119 000	120 000
Indija	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700
Kirgizstāna							
Sāļi	6800	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Metāli	7736	3800	100	ND	ND	ND	ND
Citi	2000	2000	2000	2000	ND	ND	ND
Malaizija	446	351	240	360	250	750	200
<b>Kopā</b>	<b>92 700</b>	<b>89 500</b>	<b>93 000</b>	<b>97 100</b>	<b>101 000</b>	<b>123 000</b>	<b>123 000</b>

Piezīme: ND – dati nav pieejami; dati par ieguvu ASV un Krievijā netiek publiskoti; zināms, ka tika iegūts vēl 400 tonnu citās valstīs 2005. un arī 2006. gadā.



187. attēls. Iegūto retzemju metālu daudzums pasaulē



188. attēls. Retzemju metālu vidēji svērtās cenas izmaiņas pasaulē

Skandījs dabā veido tikai 13 minerālus, izņemot tortvetītu  $(Sc, Y)_2Si_2O_7$  un eiksenītu (pareizais minerāla nosaukums *Euxenite* – Y), kas ir ļoti reti minerāli. Skandījs ir viens no retajiem metāliem, kas līdz šim nav atrasts tīrradņu formā. Tomēr mikropiemaisījumu – pēdu – formā skandījs ir

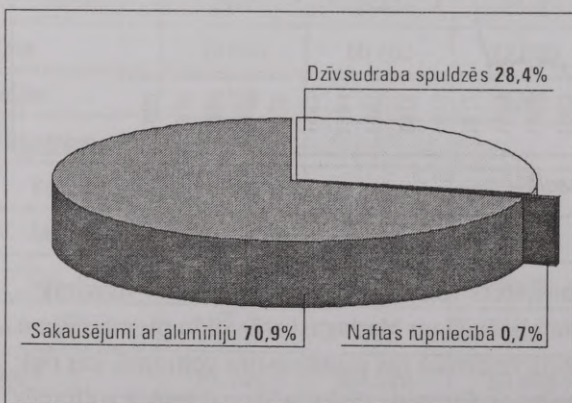
konstatēts vairāk nekā 800 minerālos, visvairāk – Skandināvijā un Madagaskarā. Šādu piemaisījumu veidā visbiežāk tas ir sastopams volframā, kas tiek iegūts no Cīnvaldē (Saksija Vācija) iegūtā volframīta, un berila zilās krāsas varietātē (akvamarīnā).

Pasaulē nav zināmas atsevišķas skandija rūdas

atradnes, tās nav arī meklētas. Skandiju iegūst tikai kā blakus produktu citu metālu ražošanā. Visvairāk šo metālu iegūst no amfibola un ragmāņiem, biotīta un piroksēna slānekļiem, kuros skandija koncentrācija ir 100–300 augstāka nekā vidējā koncentrācija Zemes garozā. Salīdzinoši mazāku skandija daudzumu iegūst kā blakus produktu no volframa un cinka, kā arī dārgakmeņu ieguvē (no berila, kasiterīta, kolumbīta, volframīta, ragmāņiem, muskovīta). Divās vietās pasaulē skandiju iegūst, pārstrādājot bazaltu un gabro.

Lielākās skandija piegādātājas pasaules tirgum ir Kazahstāna, Krievija (Kolas pussalas apatītu atradnes) un Ukraina, bet ASV tirgus vajadzības vēsturiski nodrošina Ķīna. Daudzas iegulas ar skandiju bagātiem minerāliem zināmas arī Norvēģijā (Finmarkas plakankalnes ziemeļos), Austrālijā, arī Madagaskarā un Japānā.

Pagājušajā gadsimtā skandiju izmantoja galvenokārt korozijizturīgos un mehāniski izturīgos sakausējumos, kodoltehnikā – par neitronu filtru, elektrovakuumechnikā – par gāzu absorbentu. Mūsdienās (sk. 189. attēlu) dominē skandija <sup>46</sup>Sc izmantošana naftas rūpniecībā (traseriem), augstas gaismasspējas dzīvsudraba lampās (skandija jodīts), krāsu televīzijas uztvērējos. Tomēr visvairāk skandiju izmanto vieglos alumīnija un skandija sakausējumos aerokosmiskajā industrijā un sporta inventāra (velosipēdi, beisbola nūjas utt.) ražošanā. PSRS kuģu zemūdens priekšgala virsmu pārklāja ar skandija sakausējumu, kas nodrošināja to drošu kuģošanu polārā ledus apgabalos, kā arī no zemūdenēm palaižamo balastisko raķešu galviņu ārējam pārklājumam. Tādiem mērķiem skandiju



189. attēls. Skandija izmantošana pasaulē (2005)

turpina izmantot arī Krievija. Mūsdienās pasaulē militārām vajadzībām patērē nelielu daudzumu vairāk nekā pusi no iegūtā skandija (tīrmetāla izteiksmē).

Skandiju nepārdod brīvā tirgū, tas tiek uzskaitīts līdzīgi radioaktīvām vielām, un tā piegādes ir jāpasūta vismaz pusgadu uz priekšu. Tirgus produkti ir tīrmetāls ar 99% un 99,999% tīrību, dažādi skandija sāļi. Vairāk nekā puse no gadā pārdotā apjoma ir skandija oksīds. Tā vidējā cena pēdējos gados ir 20–75 ASV dolāri par gramu (atkarībā no piegāžu regularitātes un pirkuma apjoma).

#### Papildu informācija internetā

- <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/scandium>
- <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Sc/geol.html>
- [http://www.rareearthproducts.com/scandium.htm?gclid=CKW\\_65yzkokCFRjXgodYWp67Q](http://www.rareearthproducts.com/scandium.htm?gclid=CKW_65yzkokCFRjXgodYWp67Q)

## Itrijs

Itrijs ir pelēcīgi balts, plastisks, ķīmiski aktīvs metāls. Ķīmisko īpašību ziņā tas ir līdzīgs skandijam, tomēr itrijs nereaģē ar sārmi šķīdumiem.

Itrijs savu nosaukumu ieguvis no Stokholmas pievārtē Iterbi (*Ytterby*) ciema, kur tika ievākta savdabīga minerālu kolekcija. Vienu no nepazīstamajiem minerāliem nosauca par iterbītu. No šā minerāla, ko vēlāk nosauca par gadolīnītu, 1794. gadā somu ķīmiķis J. Gadolīns (*Johan Gadolin*) ieguva jaunā ķīmiskā minerāla sāļus (oksīdus jeb zemes), no kuriem 1828. gadā F. Vēlers ieguva itrija tīrmetālu. 1843. gadā zviedru ķīmiķis K. Mozanders (*Carl Mosander*) pierādīja, ka itrija oksīds (itrija – *Yttria*) faktiski sastāv no trim dažādiem ķīmiskajiem elementiem. Tos nosauca par itriju, erbiju un terbiju. Turpinot pētījumus šajā apkārtnē, no citiem minerāliem tika iegūts arī itebrijs.

Itrijs dabā ir rets elements. Tā koncentrācija Visumā pēc masas ir 7 ppb, uz Saules – 10 ppb, meteorītos – 1900 ppb, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 29 000 ppb, Pasaules okeānā – 0,013 ppb, virszemes ūdeņos – 50 ppb. Arī uz Mēness tā grunts paraugos ir konstatēts liels itrija daudzums.

Dabā itrijs piedalās 135 minerālu veidošanā, no tiem lielākā daļa ir saistīti ar urāna oksīdu minerāliem, bet līdz šim itrijs nav atrasts tīrradņu

88. tabula. Pasaulē iegūtā itrija daudzums, tonnās  $Y_2O_3$  izteiksmē

Valsts	iegūtais itrija daudzums oksīda izteiksmē, tonnas
Kīna	2300
Indija	55
Malaizija	5
Citas valstis kopā	26
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>2400</b>

formā. Komerciāliem mērķiem itriju iegūst no monacīta (vidējā itrija koncentrācija 3%, bet satur arī Ce, La) un bastnacīta [(Ce, La, ...)(CO<sub>3</sub>)F)]. No šiem minerāliem iegūst pusfabrikātu – bagātinātus retzemju oksīdus tumši pelēka pulvera veidā. Tā ir galvenā komerciālā prece, un tās cena ir 100–400 ASV dolāru par kilogramu atkarībā no piegāžu nosacījumiem.

Itriju komerciāliem mērķiem iegūst tikai astoņās valstīs, no kurām jau vairākus gadus desmitus izteikti dominē Kīna (sk. 88. tabulu).

Visai daudz itrija iegūst kopā ar citām retzemēm, ko pēc tam pārstrādā oksīdu vai nitrātu maisījumā. Itrija uzskaitē pasaulē nav izstrādāta, un nereti šo itrija daudzumu uzskata par nelegāli ražotu. Līdz 2004. gadam tas bija nenozīmīgs daudzums

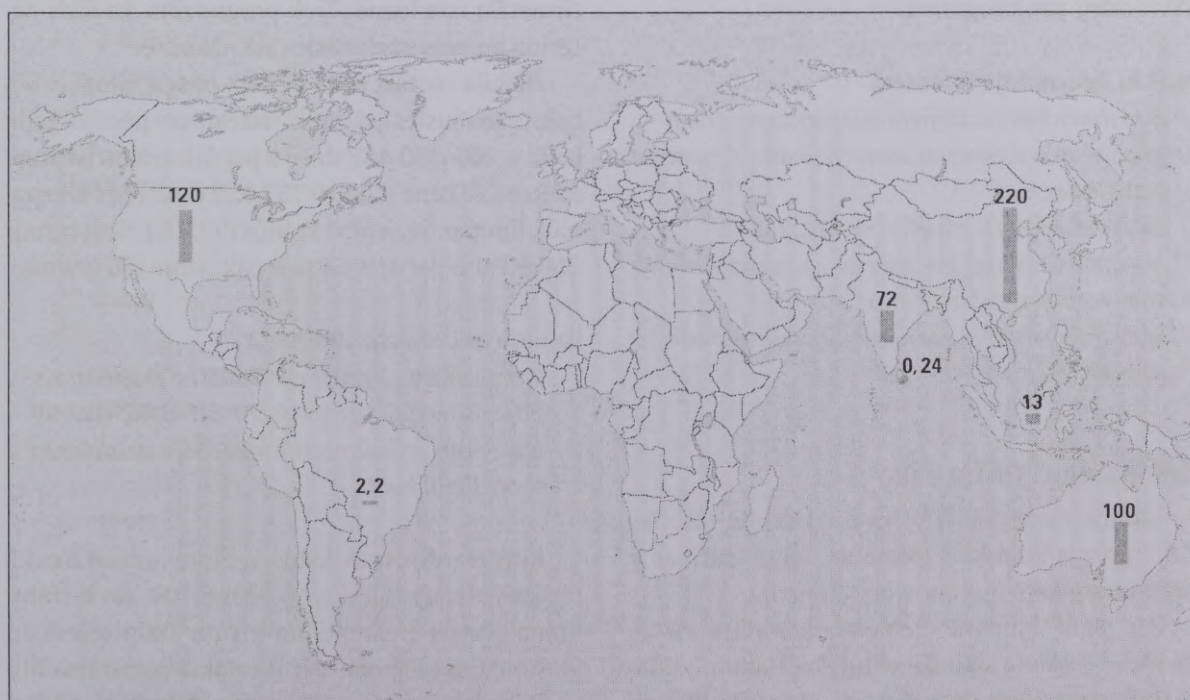
89. tabula. Pasaulē iegūtā itrija novērtējums, ASV Ģeoloģijas dienesta dati, tonnās  $Y_2O_3$  izteiksmē

Valsts	2005	2006
Brazīlija	8	8
Kīna	6000	8800
Indija	55	55
Malaizija	15	4
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>6080</b>	<b>8900</b>

un netika īpaši analizēts, taču, pēc ASV Ģeoloģijas dienesta novērtējuma, tie tiek summēti ar pārējo iegūtā itrija daudzumu, kas būtiski atšķiras no iepriekšējā tabulā atspoguļotā (sk. 89. tabulu).

Itrija daudzums līdz šim ekspluatācijā esošajās atradnēs ir ļoti liels (sk. 190. attēlu) un sasniedz 0,55 miljonus tonnu (oksīda izteiksmē). Pašreizējā patēriņa gadījumā pasaule ar itrija izejvielām ir nodrošināta vismaz 200 gadu. Tāpēc jau vairāk nekā 20 gadus jaunas atradnes netiek meklētas, lai gan zināms, ka ļoti daudz itrija ir Āfrikas valstīs, Peru, arī Krievijā.

Saimnieciskajā dzīvē izmanto itrija oksīdus un itrija tīrmetālu ar tīrības pakāpi 99,0% un 99,99%. Augstas tīrības itrija oksīdu tieši izmanto krāsu televizoru kineskopos sarkanās krāsas iegūšanai



190. attēls. Novērtēto itrija rūdas krājumu izvietojums pasaulē, tūkstošos tonnu  $Y_2O_3$  izteiksmē

attēlā, mikroviļņu krāsniņš efektīvu filtru izgatavošanai. Itrijs un dzelzs vai alumīnija kausējumu oksīdiem piemīt īpatnējas magnētiskās īpašības, tos izmanto akustiskās enerģijas pārnesei, kā arī ļoti cietu materiālu ieguvei un apstrādei (to cietība pēc Mosa skalas ir 8,5). Plaši šos savienojumus izmanto mākslīgo dimantu ražošanā. Itrijs daudz izmanto par katalizatoru etilēna polimerizācijā, infrasarkanos lāzeros, mūsdienās – arī supervadītāju ražošanā. Pēdējo gadu laikā spuldžu un kineskopu ražošanā izmantoja līdz 98% no visa pasaulē saražotā itrija, sakausējumos – aptuveni 1%, tikpat daudz izmanto citām vajadzībām.

Itrijs tirdzniecībā pasaulē notiek ierobežoti, jo to iegūst tikai pēc konkrēta pasūtījuma, visbiežāk šis atradnes arī kontrolē itrija pircējs. Komerciāli produkti ir monacīta koncentrāts (3%  $Y_2O_3$ ), itrija sāļi, oksīdi (99% un 99,99% tīrība) un metāls. Itrijs saturētais monacīta koncentrāta pašizmaksa 2006. gadā bija aptuveni 270 ASV dolāru par kilogramu, vairumtirdzniecības cena – 400–450 ASV dolāru par kilogramu. Itrijs 99,9% tīrības metāla komerciālā cena ir aptuveni 75 ASV dolāri par Trojas unci jeb aptuveni 2,5 ASV dolāri par gramu. Ilgtermiņa piegādē cena ir zemāka, un, ja pirkums pārsniedz 10 kilogramu, vidējā cena 2006. un 2007. gadā bija aptuveni 500 ASV dolāru par kilogramu. 99,0–99,99% tīrības itrija oksīda cena ir 85–120 ASV dolāru par kilogramu.

#### Papildu informācija internetā

<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/yttrium>  
<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Y/index.html>  
<http://periodic.lanl.gov/elements/39.html>  
[http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare\\_earths/index.html#myb](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare_earths/index.html#myb)  
[http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare\\_earths/rareemyb04.xls](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare_earths/rareemyb04.xls)

### Hafnijs un ruterfordijs

Hafnijs ir sudrabaini balts, plastisks metāls. Tas ir IVB grupas ķīmiskais elements, un tā īpašības ir tuvas cirkonijam un tā savienojumiem.

Par jaunā ķīmiskā elementa klātbūtni cirkonā rūdās nojauta daudzi pētnieki. Hafniju atklāja D. Kosters (*Dirk Coster*) un G. Hevesijs (*George Charles von Hevesy*) tikai 1923. gadā. Tā nosaukums

veidots no latīņu *Hafnia*, kas nozīmē Kopenhāģena, kur tika veikts šis atklājums. Hafnijs tika atklāts ar rentgenspektroskopijas analīzi cirkonija rūdā no Norvēģijas.

Dabā hafnijs ir sastopams tikai miljarddaļās svara vienību. Hafnija koncentrācija Visumā pēc masas ir 0,7 ppb, uz Saules – 1 ppb, meteorītos – 170 ppb, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 3300 ppb, Pasaulē okeānā – 0,008 ppb. Dabā hafnijs ir sastopams sešu izotopu veidā, viens no tiem –  $^{174}\text{Hf}$  – ir radioaktīvs.

Hafnijs ir izkliedēts elements, un savienojumu veidā dabā tas ir sastopams tikai divos minerālos – hafnonā ( $\text{Hf, Zr}[\text{SiO}_4]$ ) un cekcerītā  $\text{LiNa}(\text{Zr, Ti, Hf})\text{Si}_6\text{O}_{15}$ . Tie ir ļoti reti, un ir zināmas tikai dažas vietas pasaulē, kur tie līdz šim ir atrasti. Daudz plašāk ir zināmi hafnija piemaisījumi cirkonija rūdā, parasti 1–2%, reti – līdz 5%.

Cirkonija ieguves daudzums pasaulē nav droši zināms, bet zināmi ir tā krājumi (sk. 191. attēlu) izpētītās atradnēs un to flangos.

Attēlā nav iekļauts hafnija daudzums atradnēs Ķīnā, Ukrainā, Madagaskarā, Malavi un Mozambikā, par ko dati nav pieejami. ASV hafnija resursi ir novērtēti 130 tūkstošu tonnu apjomā. Līdz šim nepietiekami apzinātie resursi pasaulē ir noteikti lielāki par vienu miljonu tonnu hafnija oksīda izteiksmē.

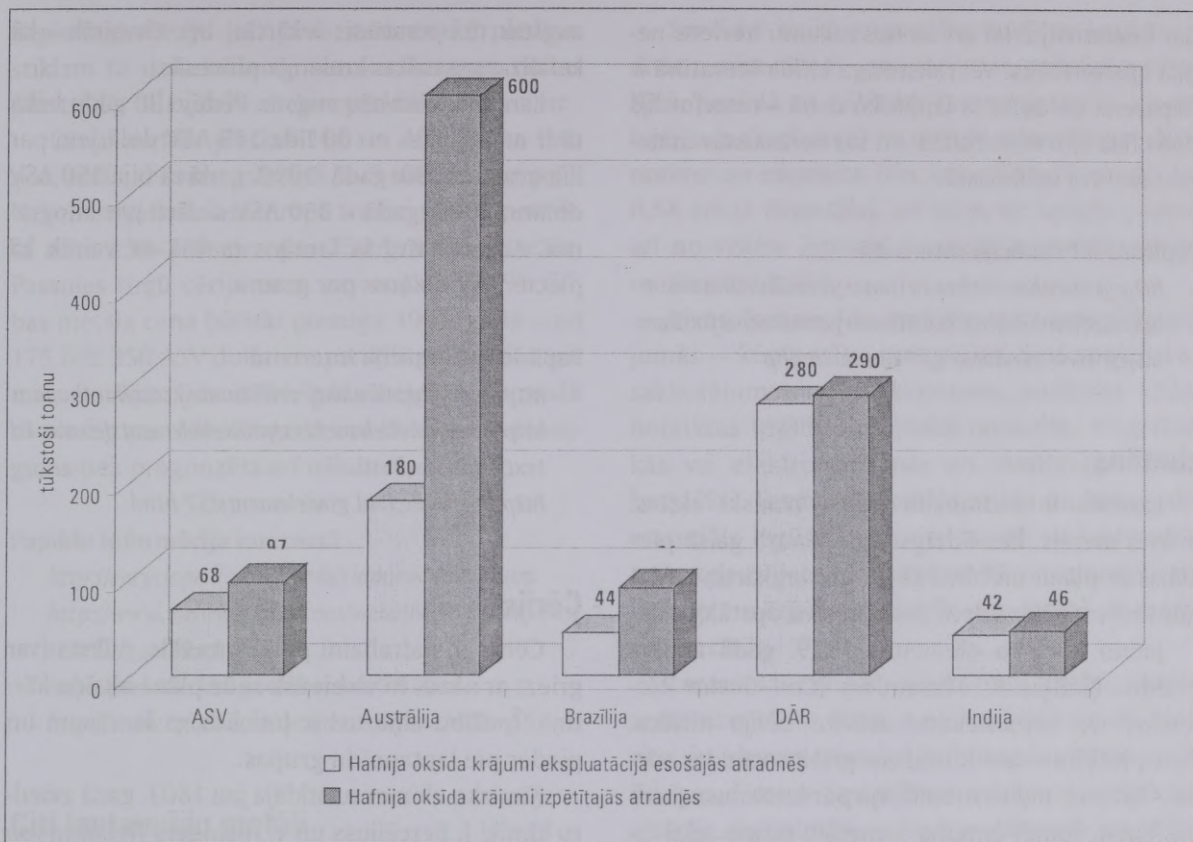
Pasaulē ik gadu iegūst 50–52 tonnas hafnija tīrmetāla izteiksmē. Tiek prognozēts, ka šāds patēriņa apjoms saglabāsies arī nākotnē.

Hafnija metāla cena pēdējā pusgadsimtā ir būtiski mainījies (sk. 192. attēlu) un pēdējo gadu laikā ir 200–350 ASV dolāru par kilogramu (vēsturē maksimālā cena ir bijusi 752 ASV dolāri par kilogramu). Eiropas Savienībā hafnija (99,9% tīrība) cena ir 260,60 eiro par standarta iepakojumu (50 gramu).

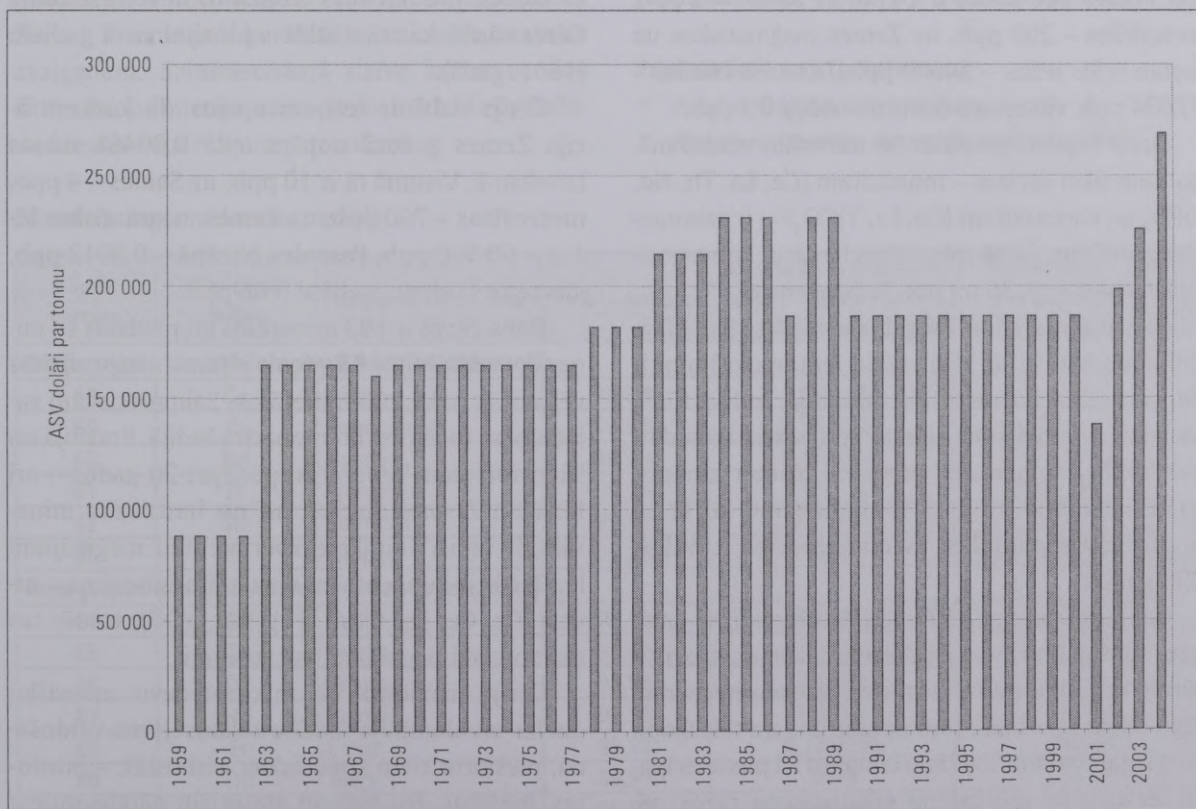
#### Papildu informācija internetā

<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/hafnium.xls>  
<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/hafnium.pdf>  
<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Hf/geol.html>

**Ruterfordijs** ir mākslīgi veidots radioaktīvs ķīmiskais elements ar kārtas skaitli 104. Tas ir transurāna grupas elements un ir tuvs aktinoidiem arī īpašību ziņā. Elements ir nosaukts pazīstamā britu fiziķa lorda Ernesta Ruterforda (*Rutherford*) vārdā. Bijušajā Padomju Savienībā šo elementu sauca



191. attēls. Hafnija rūdas krājumi pasaulē, tūkstošos tonnu hafnija oksīda ( $HfO_2$ ) izteiksmē



192. attēls. Hafnija cenas izmaiņas pēdējā pusgadsimta laikā

par kurčatoviju, lai arī šo nosaukumu neviens nebija apstiprinājis. Vēl raksturīga kļūda literatūrā ir nepareizi norādītā tā izplatība dabā – ruterfordijs dabā līdz šim nav atklāts, un tas neiesaistās minerālu sastāva veidošanā.

#### Papildus informācija internetā

<http://columbia.thefreedictionary.com/kurchatovium>

<http://columbia.thefreedictionary.com/rutherfordium>

<http://www.mindat.org/chemsearch.php>

## Lantāns

Lantāns ir sudrabaini balts, ķīmiski aktīvs, mīksts metāls, kas līdzīgs alvai. Sausā gaisā pārklājas ar plānu un blīvu  $\text{La}_2\text{O}_3$  aizsargkārtiņu. Metāls lēni reaģē ar ūdeni pat parastos apstākļos.

Jauno ķīmisko elementu 1839. gadā atklāja zviedru ķīmiķis K. Mosanders (*Carl Gustav Mosander*) no nepietiekami attīrīta cērija nitrāta. Tam piešķīra nosaukumu no grieķu valodas vārda – *lantana*, tad to modificēja par *lanthanum* (esot paslēpts). Tomēr lantāna tīrmetālu pirmo reizi izdevās iegūt tikai 1923. gadā.

Lantāns ir rets ķīmiskais elements. Tā koncentrācija Visumā pēc masas ir 2 ppb, uz Saules – 2 ppb, meteorītos – 290 ppb, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 34000 ppb, Pasaules okeānā – 0,0034 ppb, virszemes ūdeņos – vidēji 0,2 ppb.

Dabā lantāns piedalās 98 minerālu veidošanā, no tiem tikai diviem – monačitam (Ce, La, Th, Nd, Y)PO<sub>4</sub> un bastnazītam (Ce, La, Y)CO<sub>3</sub>F – ir saimnieciska nozīme. Šajos minerālos lantāna koncentrācija var sasniegt 25 un pat 38 procentus.

Visvairāk lantāna (oksīda formā) iegūst Ķīnā, Indijā un Malaizijā. Vislielākie lantāna krājumi ir koncentrēti ASV, Austrālijā, Brazīlijā, Indijā, Ķīnā, Malaizijā un Šrilankā. Detalizēti statistikas dati par lantāna ieguvu nav pieejami, tomēr zināms, ka tā apzinātie krājumi ir pietiekami, lai ar to nodrošinātu pasaules tautsaimniecību tuvākos 300 gados.

Lantāna izmantošana ir ļoti daudzveidīga – lampām studiju un kino projicēšanas iekārtās, speciālu sārnu noturīgu un infrasarkanu gaismu necaurīdīgu stiklu ražošanā, foto aparatūras un teleskopu lēcu izgatavošanā. Lantānu izmanto kā piedevu īpašu tērauda un molibdēna sakausējumu ražošanā, mākslīgo kramu izgatavošanā, katodu materiāliem

augstas temperatūras iekārtās, bet visvairāk – kā katalizatoru naftas krekina procesā.

Lantāna cena nav augsta. Pēdējo 30 gadu laikā tā ir mainījies no 88 līdz 115 ASV dolāriem par kilogramu 1980. gadā. 1990. gadā tā bija 150 ASV dolāru, 2000. gadā – 350 ASV dolāru par kilogramu. Augstas tīrības lantāns maksā ne vairāk kā piecus ASV dolārus par gramu.

#### Papildu informācija internetā

<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/lanthanum>

<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/La/index.html>

<http://periodic.lanl.gov/elements/57.html>

## Cērijs

Cērijs ir sudrabaini pelēks metāls, mīksts (var griezt ar nazi), to visbiežāk sedz plāna oksīdu kārtiņa. Īpašību ziņā tas ir ļoti līdzīgs lantānam un pieder pie lantanoīdu grupas.

Ķīmisko elementu atklāja jau 1803. gadā zviedru ķīmiķi J. Bercēliuss un V. Hisingers (*Wilhelm von Hisinger*), tajā pašā gadā – neatkarīgi arī vācu ķīmiķis M. Klaprots. Cērijs ir pazīstamākais retzemju elements. J. Bercēliuss ieteica to dēvēt asteroīda Ceres vārdā, kas tika atklāts pirms diviem gadiem (1801. gadā).

Cērijs dabā ir reti sastopams. Tā koncentrācija Zemes garozā nepārsniedz 0,0046% masas izteiksmē, Visumā tā ir 10 ppb, uz Saules – 4 ppb, meteorītos – 760 ppb, uz Zemes magmatiskos iežos – 60 000 ppb, Pasaules okeānā – 0,0012 ppb, virszemes ūdeņos – tikai 0,06 ppb.

Dabā cērijs ir 193 minerālos un piedalās šo minerālu veidošanā. Kā piemaisījums cērijs zināms vēl vairāk nekā 200 minerālos. Saimnieciskām vajadzībām to iegūst no monačīta Indijā, Brazīlijā un Dienvidāfrikas Republikā, pēdējos 20 gados – arī Ķīnā un Ziemeļamerikā, arī no bastnazīta minerāla. Ir bijuši vairāki eksperimentāli mēģinājumi iegūt cērija koncentrātu no alanīta (sinonīms – ortīts)  $(\text{Ca}, \text{Ce}, \text{La}, \text{Y})_2(\text{Al}, \text{Fe})_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$ , tomēr tas ekonomiski pagaidām nav izdevīgi.

Cēriju izmanto kā mikropiedevu atsevišķu dzelzs un alumīnija metālu sakausējumu veidošanā, piešķirot tiem specifiskas, visbiežāk – piroforas, īpašības. No šādiem materiālu pārklājumiem veido cepamos traukus (viegli tīrāmi un kopjami,

nepiedeg). Cēriju ļoti plaši izmanto kā piedevu stiklam tā dzidrināšanā, autokatalizatoru naftas pārstrādē, televizoru ekrānu pārklāšanā un citur.

Cērija metālu pārdod 100 un 450 gramu lietošos, retāk ar svaru mārciņā (1–5 mārciņas smagi). Nelieliem pirkumiem Eiropā tradicionāli ir noteikta cena 250–300 eiro par 250 gramiem metāla. Pasaules tirgū cērija cena nav augsta. 99,9% tīrības metāla cena būtiski pieauga 1992. gadā – no 175 līdz 350 ASV dolāriem par kilogramu. Šī cena maz mainījās līdz 2004. gada beigām. Turpmāk tā pieaug par 10–15% gadā, un šāds cenas pieaugums tiek prognozēts arī nākotnē.

#### Papildu informācija internetā

<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/cerium>

<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Ce/geol.html>

<http://periodic.lanl.gov/elements/58.html>

<http://www.azom.com/details.asp?ArticleID=592>

### Citi lantanoīdu metāli

Visus cērija grupas lantanoīdus, izņemot prometiju, atrod dabā uz Zemes. Prometiju iegūst gandrīz tikai no monacīta. Tas nav sastopams uz Zemes. Prometijs ir konstatēts uz Saules un citām zvaigznēm. Saimnieciskajā dzīvē izmanto tikai sintezētu prometiju, izotopu formā to lieto dažādu biezuma mēritāju izgatavošanā.

Savukārt itrija grupas lantanoīdus iegūst no diviem minerāliem – monacīta un gadolinīta (tikai Ķīnā, Kanādā un ASV). Izņēmums ir terbijs un erbijs, kurus iegūst vēl no diviem minerāliem – ksenotīma un eiksenīta (abi satur līdz 1% tebrija un 0,5% erbija tīrmetāla), arī tūlijs un itebrijs (iegūst arī no visiem iepriekš nosauktajiem minerāliem un tīrādņu itrija).

Visus lantanoīdu metālus izmanto līdzīgās jomās – kompozītu materiālos, ļoti specifiskos sakausējumos un pārklājumos, piešķirot kādas noteiktas īpašības (ķīmiskā noturība, magnētiskās vai elektrovadīšanas un tamlīdzīgas īpašības). Plaši izmanto speciālo stiklu un keramisko materiālu iegūšanai, arvien vairāk – elektronikā, to izotopus lieto medicīnā un kā starojuma avotu biežumu mēritājos (tekstila rūpniecībā un papīrrūpniecībā).

Lantanoīdu cena ir visai atšķirīga (sk. 90. tabulu), un tā visvairāk ir atkarīga no konkrētā metāla patēriņa, jo ieguves tehnoloģijas un to izmaksas ir ļoti līdzīgas. Eiropas Savienība ir salīdzinoši neliels patērētājs, tirdzniecība ar šiem metāliem ir ļoti strikti regulēta, un to izmantošanu ierobežo dažādas direktīvas. Tās būtiski sadārdzina metālu cenu un to produktu cenu, kuros tiek izmantoti šie metāli.

#### Papildu informācija internetā

✓ Produkti un to raksturojums, cenas

<http://www.baotou-rareearth.com/index.html>

90. tabula. Lantanoīdu cena pasaulē

Kārtas numurs	Ķīmiskais simbols	Ķīmiskais elements	Tīrības pakāpe	Metāla cena pasaules tirgū (ražotāja cena), ASV dolāri par gramu	Metāla cena Eiropas Savienībā, eiro par gramu
<b>Cērija grupas ķīmiskie elementi (vieglās retzemes)</b>					
58	Ce	Cērijs	99,8 %	0,35–0,42	1–1,5
59	Pr	Prazeodīms	99,9 %	0,54–0,71	3,5–4,0
60	Nd	Neodijs	99,9 %	0,45–0,50	1,5–1,7
61	Pr	Prometijs	99,9%	110–130	150
62	Sm	Samārijs	99,9%	0,3–0,38	1,9–2,3
63	Eu	Eiropijs	99,9%	6,58	30–32
<b>Itrija grupas ķīmiskie elementi (smagās retzemes)</b>					
64	Gd	Gadolīnijs	99,9%	0,4–0,5	4–4,5
65	Tb	Terbijs	99,9%	13–15,6	26,6–28
66	Dy	Disprozijs	99,9%	0,5–0,6	2,0–2,3
67	Ho	Holmijs	99,9%	1,2–1,4	14–17
68	Er	Erbijijs	99,9%	0,73–0,58	58–70
69	Tm	Tūlijs	99,9%	65–8	58–62
70	Yb	Iterbijs	99,9%	1,6–1,9	7,5–9
71	Lu	Lutētijs	99,9 %	75–90	111–120

## 4.2.6. Radioaktīvie metāli

Nereti pie šīs grupas saimnieciskajā ģeogrāfijā un dažādās ekonomikas klasifikācijās pieskaita arī aktīniju un lantānu, kas nav pareizi. Tāpat šajā grupā kļūdaini iekļauj nevis ķīmiskās vielas, bet gan to sintētiski iegūtos izotopus, kuru īpašības un to izmantošanu piedēvē pašam ķīmiskajam elementam.

Dabā visplašāk izplatītākais radioaktīvais metāls ir urāns, otrs izplatītākais ir torijs. Šajā izdevumā tie tiķa apskatīti atsevišķi pie enerģijas avotiem.

### Rādijs

Rādiju 1898. gadā atklāja Marija Sklodovska-Kirī (*Maria Skłodowska-Curie*) un Pjērs Kirī (*Pierre Curie*), pētot uraninīta minerāla rūdu (pičblendītu) no Ziemeļbohēmijas Jačimovas apkārtnē (Čehija). Rūda arī pēc tās atbrīvošanas no urāna un bārija joprojām bija radioaktīva un karsējot krāsoja liesmu sarkanu. Tika iegūtas arī līdz šim nezināmas spektra līnijas sarkanajā krāsu diapazonā. Rādija tīrmetālu izdevās iegūt tikai 1902. gadā izkausēta rādija hlorīda elektrolīzē. Jaunais ķīmiskais elements tika nosaukts par rādiju (latīņu valodā *radius* – stars), akcentējot starus, starojuma plūsmu.

Rādijs dabā ir sastopams salīdzinoši bieži, bet tā koncentrācija ir ļoti zema. Rādija koncentrācija pēc masas Zemes magmatiskos un metamorfos iežos ir 0,00010 ppb, Pasaules okeānā – 0,00000001 ppb, virszemes ūdeņos – 0,0000004 ppb, cilvēka ķermenī – 0,000001 ppb.

Dabā rādijs piedalās tikai viena minerāla veidošanā. Tas ir rādija barīts  $(\text{Ba,Ra})\text{SO}_4$  un tas ir atrasts tikai piecās vietās pasaulē atsevišķu kristālu veidā. Rādijs daudz biežāk ir sastopams mikropiemaisījumu veidā gandrīz visos urāna minerālos, visvairāk – ASV (Kolorādo), Kongo Republikā, Kanādā (pie Lielajiem ezeriem) un Austrālijā.

No rādija 1936. gadā ieguva pirmos izotopus pasaulē (E rādiju jeb  $^{210}\text{Bi}$ ). Kopš tā laika rādija izotopi plaši tiek izmantoti medicīnā (radona vannas, apstarošana ļaundabīgo audzēju ārstēšanā). Mūsdienās rādija izmantošana strauji samazinās, jo to aizstāj ar daudz lētākiem sintētiskiem kobalta un cēzija izotopiem.

Mūsdienās vairāk nekā 82% no pasaulē patērētā rādija iegūst Katangā (Kongo Republikā Beļģijas kompānija UMHK) no augstas kvalitātes urāna rūdas, pārējo rādiju iegūst septiņās valstīs. Tomēr lielāko patērētā rādija daļu iegūst sintētiski kodolreaktoros. Rādija cena ir augsta, vidēji aptuveni 25 000 ASV dolāru par gramu.

### Papildu informācija internetā

<http://www.mindat.org/chemsearch.php>

<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/radium>

<http://periodic.lanl.gov/elements/88.html>

<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Ra/geol.html>

<http://www.lateralscience.co.uk/radium/RaDisc.html>

### Polonijs

Polonijs ir sudrabaini balts, mīksts, radioaktīvs metāls, tas gaisā ātri oksidējas. Īpašību ziņā tas ir līdzīgs telūrijam un bismutam.

Ķīmisko elementu vienlaikus ar rādiju 1898. gadā atklāja Marija Sklodovska-Kirī un Pjērs Kirī, pētot uraninīta minerāla rūdu (pičblendītu) no Ziemeļbohēmijas Jačimovas apkārtnē (Čehija). To nosauca Marijas Kirī dzimtenes – Polijas – vārdā (*Polonia* – latīņu valodā).

Dabā polonijs ir sastopams ļoti reti kā mikropiemaisījums un ir konstatēts divos gadījumos rādijā (kā 0,2% piemaisījums), dabā nav sastopams minerālā formā vai piemaisījumos (ir daži izņēmumi, kad tīrradņu urānā ir konstatēts koncentrācijā 100 mikrogrami tonnā urāna). Pasaules okeānā polonijs ir konstatējams vidējā koncentrācijā – 0,00000000002 ppb.

Poloniju izmanto sakausējumos vai maisījumos ar beriliju par neitronu avotu, izmanto kā statiskās elektrības savācēju tekstilrūpniecībā, kā putekļu piesaistītāju no senām fotofilmām arhīvos utt.

Pirms vairāk nekā 30 gadiem visvairāk polonija patērēja, veicot dažādus zinātniskus pētījumus nolūkā radīt jauna tipa kodoldegvielu kosmosa kuģiem, kā arī mēģinot to izmantot par enerģijas avotu kosmosa staciju apsildīšanai. Šie pētījumi bija nesekmīgi.

Polonija standartprece ir sintezēts  $^{210}\text{Po}$  ar aktivitāti 0,1  $\mu\text{Ci}$ , enerģiju 5304,5 KeV un pussabrukšanas periodu 138 dienas. Polonija cena 2007. gadā bija 65–80 ASV dolāru par gramu.

#### Papildu informācija internetā

<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Po/geol.html>  
<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/polonium>  
<http://www.globalsecurity.org/wmd/intro/polonium.htm>  
<http://periodic.lanl.gov/elements/84.html>

### Aktīnijs

Aktīnijs ir radioaktīvs ķīmiskais elements, tas ir sudrabaini balts metāls ar lantānam līdzīgām īpašībām. Aktīnijs dabā minerālu veidošanā nepiedalās un nav sastopams. Tomēr ir zināmi vairāki gadījumi, kad bagātā urāna rūdā aktīnijs ir konstatēts ļoti mazā daudzumā. Mūsdienās urāna rūdas kvalitātes aprēķinos tiek pieņemts, ka vienā tonnā rūdas ir aptuveni 0,5 miligrami aktīnija. Visstabilākā aktīnija izotopa <sup>227</sup>Ac pussabrukšanas periods ir 21,8 gadi.

Aktīniju atklāja franču ķīmiķis A. Debjērs (*André-Louis Debierne*) 1899. gadā, pētot uraninīta paveidu pičblendītu. To neatkarīgi atklāja arī vācu ķīmiķis O. Gīzels (*Friedrich Otto Giesel*) 1902. gadā, nosaukumā latinizējot grieķu vārdu *aktis*, *aktinos* – stars, staru kūlis. Brīvā veidā aktīniju pirmo reizi ieguva sintētiski kodolpārvērtību procesā 1950. gadā.

Aktīnijs ir aptuveni 150 reižu vairāk radioaktīvs nekā rādijs, un to izmanto galvenokārt neitronu starojuma avotiem. Medicīnā plaši lieto no <sup>225</sup>Ac iegūto <sup>213</sup>Bi, kas ir pamatviela radioimūnoterapijā.

Tirgū aktīniju realizē tikai kā izotopus, parasti <sup>225</sup>Ac vai <sup>228</sup>Ac. Tā cena ir aptuveni 120 ASV dolāru par gramu.

#### Papildu informācija internetā

<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Act/index.html>  
<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/actinium>  
[http://www.qivx.com/ispt/elements/ptw\\_089.php](http://www.qivx.com/ispt/elements/ptw_089.php)

### Aktinoīdu grupas ķīmiskie elementi

Aktinoīdu elementu grupas ķīmiskie elementi torijs un urāns ir vienīgie, kuru daudzums un koncentrācija dabā ir nozīmīgi. Abi elementi tautsaimniecībā tiek plaši izmantoti. Tie šajā izdevumā ir apskatīti iepriekš sadaļā par kodolenerģētikas resursiem. Dabā mikroskopiskā daudzumā ļoti bagātā urāna rūdā līdz šim ir atrasts arī plutonijs, bet tā arī nav izdevies noteikt, ar kuru minerālu tas ir saistīts. Daži dati par šo elementu ieguvī un cenām sniegti 91. tabulā.

#### Papildu informācija internetā

✓ Izmantošana, produkti un cenas  
<https://www.osti.gov/opennet/forms.jsp?formurl=document/rdd-1/drwrta.html#ZZ0>  
<http://www.physlink.com/Reference/PeriodicTable.cfm>  
<http://www.webelements.com/>  
<http://www.mateck.de/HiPuMa/spg08e.asp>

91. tabula. Aktinoīdu cena pasaulē

Kārtas numurs	Ķīmiskais simbols	Ķīmiskais elements	Tirības pakāpe vai izotops realizācijai tirgū	Metāla cena pasaules tirgū (ražotāja cena), ASV dolāri par gramu	Metāla cena Eiropas Savienībā, eiro par gramu	Galvenie minerāli kā izejvielas
90	Th	Torijs	99,8 %	20–22	46–50	Monacīts, torīts
91	Pa	Protaktīnijs	<sup>231</sup> Pa	28,0–50,0	20–25	Dabā nav atrasts
92	U	Urāns	<sup>235</sup> U	16–25	8–12	Uraninīts un tā paveidi, karnotīts
93	Np	Neptūnijs	<sup>237</sup> Np	178–280	220–494	Dabā nav atrasts
94	Pu	Plutonijs	99,9%	5,6–26,4	50–51	Uraninīts un tā paveidi, karnotīts
95	Am	Amerīcijs	<sup>241</sup> Am	600–1500		Dabā nav atrasts

96	Cm	Kirijs	<sup>244</sup> Cm	100 000	Dabā nav atrasts
97	Bk	Berklijs	Nav komerciālas vērtības		Dabā nav atrasts
98	Cf	Kalifornijs	<sup>252</sup> Cf	10 000	Dabā nav atrasts
99	Es	Einšteinijs	Nav komerciālas vērtības		Dabā nav atrasts
100	Fm	Fermijs	Nav komerciālas vērtības		Dabā nav atrasts
101	Md	Mendeļejevijs	Nav komerciālas vērtības		Dabā nav atrasts
102	No	Nobelījs	Nav komerciālas vērtības		Dabā nav atrasts
103	Lr	Lourensijs	Nav komerciālas vērtības		Dabā nav atrasts
<b>Transurāna grupas ķīmiskie elementi</b>					
104	Rf	Ruterfordijs	Nav komerciālas vērtības		Dabā nav atrasts
105	Db	Dubnijs	Nav komerciālas vērtības		Dabā nav atrasts
106	Sg	Sīborgijs	Nav komerciālas vērtības		Dabā nav atrasts
107	Bh	Borijs	Nav komerciālas vērtības		Dabā nav atrasts
108	Hs	Hasijs	Nav komerciālas vērtības		Dabā nav atrasts
109	Mt	Meitnerijs	Nav komerciālas vērtības		Dabā nav atrasts
110	Ds	Darmštatijs	Nav komerciālas vērtības		Dabā nav atrasts
111	Rg	Roentģēnijs	Nav komerciālas vērtības		Dabā nav atrasts

# 5

## Ķīmiskās rūpniecības izejvielas

Mūsdienās ķīmiskā rūpniecība ir ļoti daudzpusīga, un dažādās tās nozares un apakšnozares ir ieguvušas atsevišķus nosaukumus. Būvmateriālu rūpniecība apgādā mūs ar cementu, ķieģeļiem, būvniecības blokiem un citiem celtniecības materiāliem, metalurģija – ar metāliem un to sakausējumiem, farmaceitiskā rūpniecība – ar medikamentiem utt. Ķīmiskā rūpniecība ražo krāsas, minerālmēslus un augu aizsardzības līdzekļus, polimērmateriālus, sintētiskās šķiedrvielas un mazgāšanas līdzekļus, papīru, degvielu, kā arī dažādus citus nepieciešamus materiālus.

Tās visas apvieno divas pazīmes: 1) cilvēks kā patērētājs; 2) to izejvielas tiek iegūtas Zemes dzi-

lēs. Vajadzībām mainoties, daudzas tradicionālas izejvielas un to pārstrādes tehnoloģijas tiek mainītas, un nereti trūkst pārliciecības, vai jaunām izmaiņām ir pietiekami daudz nepieciešamo jauno izejvielu Zemes dziļēs.

Ļoti lielās ķīmiskās rūpniecības ražošanas tehnoloģisko procesu un saražoto produktu dažādības dēļ ķīmiskās rūpniecības izejvielas tikai nosacīti var grupēt, nodalot pamatizejvielas, ķīmisko elementu izejvielas un cēlgāzes. Savukārt būvmateriālu dabiskās izejvielas, kas arī ir ļoti nozīmīgs ķīmiskās rūpniecības izejmateriāls, to daudzveidības dēļ ir apskatītas atsevišķā nodaļā.

### 5.1. Pamatizejvielas

To pamatizejvielu uzskaitījums, kuras tiek pieskaitītas pie ķīmiskās rūpniecības pamatizejvielām, ir atšķirīgs, tomēr sēra, fosfora, slāpekļa, kālija, fluora un kalcija izejvielas tajā ir gandrīz vienmēr. Neviennozīmīga ir sērskābes (rūpniecības “asinis”) vēsturisko izejvielu (pirīts) piederība, jo mūsdienās nesalīdzināmi vairāk nepieciešamās sērskābes iegūst no citām izejvielām. Nereti pie šīs grupas pieskaita arī vairākas citas izejvielas, bet šajā izdevumā tās ir apskatītas pēc to pamata izmantošanas veida mūsdienās.

#### 5.1.1. Sērs

Sērs ir tipisks nemetāls, tas ir raksturīgs VIA grupas ķīmiskais elements, un tā īpašības ir atkarīgas no tā alotropiskā veida. Visbiežāk dabā ir sastopams rombiskais sērs – tie ir gaiši dzeltenīgi oktaedriski kristāli. Sēru izkausējot un lēni

atdzesējot, veidojas prizmatiskais (monoklīnais) sērs, bet tā adatveida kristāli parastā temperatūrā pakāpeniski pārvēršas rombiskajā sērā, kas ir stabilāks. Ja izkausētu sēru strauji atdzesē ūdenī, tad veidojas plastiskais sērs, kas arī ir nestabils un pakāpeniski pārvēršas rombiskajā sērā. Ja sērs tiek sakarsēts līdz kušanas temperatūrai, tas pārvēršas par dzeltenīgu šķidrumu; ja karsēšanu turpina – par tumši brūnu viskozu masu, bet aptuveni 250 grādu temperatūrā tas pārvēršas sīrupveida masā. Turpinot karsēšanu līdz 444,6 °C, sērs atkal kļūst šķidr, sāk vārīties un iztvaiko, veidojot dzeltenīgi iesārtus vai pat oranžus tvaikus. Tiem kondensējoties, veidojas sīki ļoti gaiši dzeltenīgi rombiskā sēra kristāliņi (“sēra ziedi”).

Sērs tiek izmantots jau vairāk nekā četrus tūkstošus gadu, un tā senākie izmantošanas veidi ir saistīti ar sērūdeņradi saturošu ūdeņu vannām, medicīnas līdzekļu ražošanu Senajā Indijā un Romā. Latīniskais sēra nosaukums – *sulphur* – acīmredzot ir cēlies no sanskrita *sulvere*, kas pieminēts

arī Vecajā Derībā, raksturojot elli, bet pasaulē šo vārdu ieviesa no arābu valodas *sufra*, kas nozīmē dzeltens (pēc rombiskā sēra krāsas dabā). Sēru raksturo arī Homērs 424. gadā pirms mūsu ēras kā vienu no briesmu pulvera sastāvdaļām, ar kuru tika apšaudīti un sagrauti Senās Grieķijas pilsētas Boētas (Βοιωτία) mūri. Ir zināms, ka 12. gadsimtā ķīnieši ir plaši izmantojuši šaujampulveri no ogles, salpetra (kālija nitrāta) un sēra maisījuma. Liela loma sēram ir viduslaiku alķīmiķu pētījumos. Tikai 1772. gadā A. Lavuazjē panāca, ka sēru atzina par ķīmisko elementu pretēji viedoklim, ka tas ir vairāku pirmvielu savienojums.

Sērs ir vidēji bieži izplatīts elements. Tā koncentrācija Zemes garozā pēc masas visbiežāk ir 0,026%. Vidējais sēra daudzums Visumā ir 500 000 ppb, uz Saules – 400 000 ppb, meteorītos – 41 000 000 ppb, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 420 000 ppb, Pasaulē okeānā – 928 000 ppb, virszemes ūdeņos – 4000 ppb, cilvēka ķermenī – 2 000 000 ppb.

Sērs dabā ir izplatīts ķīmiskais elements un ir sastopams gan brīvā veidā, gan savienojumos. Plaši izplatīts ir tīrradņu sērs (kristālisks un tvaiku veidā), sērs ir sērūdeņraža gāzes ( $H_2S$ ) sastāvdaļa, sēra savienojumi ir šķidrā stāvoklī naftā un naftas ūdeņos un veido ļoti daudz kristālisku vielu (minerālus). Dabā izplatītākie un daudzveidīgākie ir sulfīdi un sulfāti. Kopumā sērs dabā veido 1120 minerālus, no kuriem daudzi ir plaši izplatīti.

Sērs cilvēka organismā tiek izmantots nervu un kaulaudu šūnu veidošanā. Sēram ir nozīme vielmaiņā. Uzturā organismam vajadzīgo sēru saturošo savienojumu daudzumu nodrošina olas, gaļa, pākšaugi un ķiploki.

Sēra minerāli veidojas efuzīvos, dēdēšanas un bioķīmiskos procesos – līdz ar to sērs dabā ir ļoti daudzveidīgs, ar dažādiem piemaisījumiem un asociācijās. Tīrradņu sērs visbiežāk ir atrodams karsto avotu tuvumā daudzas vietās pasaulē, visvairāk Klusā okeāna "Uguns lokā". Sērs var veidot nozīmīgas iegulas, kas intensīvi tiek izmantotas Indonēzijā, Čīlē un Japānā. Mazāk nozīmīgas ir evaporītu sēra atradnes Meksikas līča piekrastē, Rietumāzijā, arī Eiropas austrumos. Lielākā daļa šo atradņu ir tieši saistītas ar ģipša atradnēm ASV, Polijā, Krievijā, Turkmēnistānā un Ukrainā. Tās ir visbagātākās atradnes, kurās iegūst līdz 65% no mūsdienās komerciāli izmantojamā sēra.

Pasaulē sēra ieguve gadā vidēji sasniedz 62–66 miljonus tonnu (sk. 193. attēlu un 92. tabulu). Novērtētais pieejamais sēra daudzums Zemes dzīlēs tiek lēsts 600 miljardu tonnu apjomā. No tiem aprēķinātie un novērtētie krājumi ir astoņi miljardi tonnu.

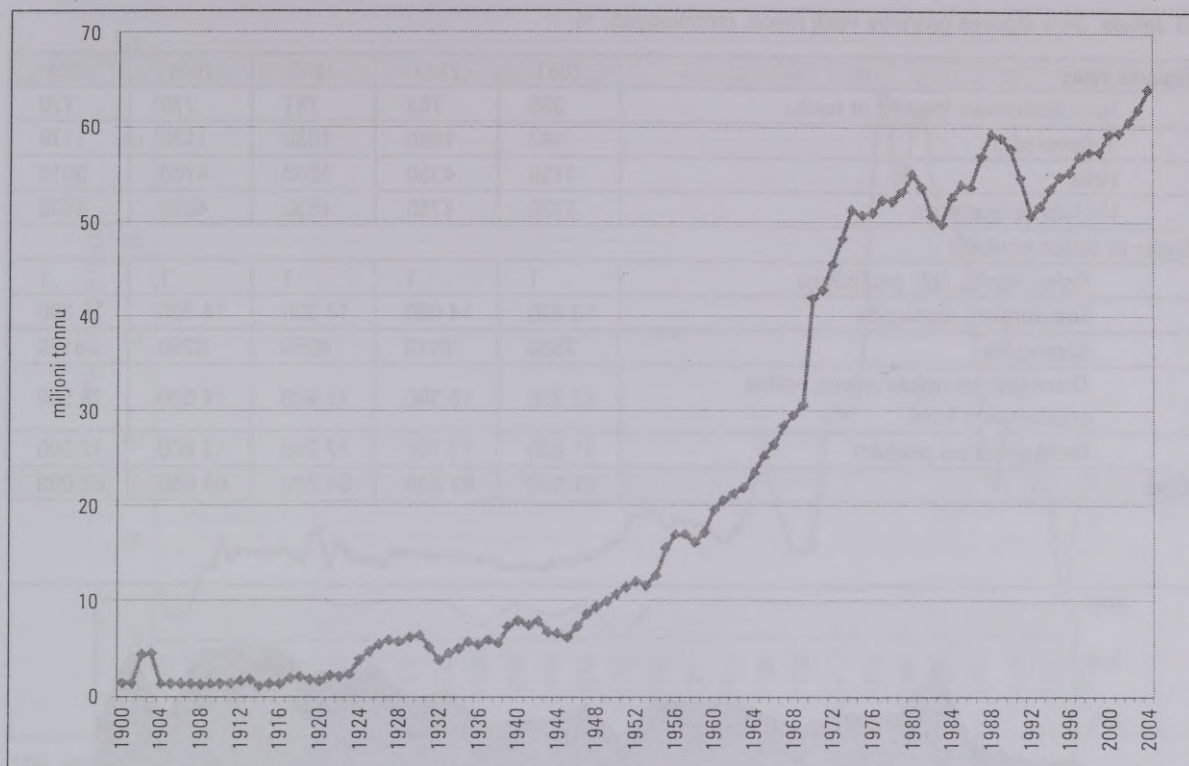
Jau ilgstoši lielākās sēra ražotājas valstis (sk. 92. tabulu) ir ASV (14,3% no sēra ieguves pasaulē), Kanāda (13,5%), Ķīna (11,7%) un Krievija (10,5%) – tajās kopā iegūst aptuveni pusi no visa gadā iegūtā sēra pasaulē.

Rūpnieciski sēru iegūst no dažādām izejvielām un ar atšķirīgiem tehnoloģiskiem paņēmieniem (sk. 93. tabulu). Vēl pirms 20 gadiem aptuveni viena daudzuma sēra ieguve no dziļurbumiem, tajos iesūkņojot līdz sēru saturošam slānim pārkarētu ūdens tvaiku zem augsta spiediena, un no tīrradņu sēra un pīrīta, taču mūsdienās izteikti dominē sēra kā blakus produkta ieguve. Sēru visvairāk iegūst no naftas un gāzes kompleksajās atradnēs esošajiem produktiem, seko blakusprodukti metalurģiskajā rūpniecībā, naftas produktu pārstrāde un kā blakus produkts dabasgāzes ieguvē.

Sēru plaši izmanto ķīmiskajā rūpniecībā (sērskābes iegūšanai, sērskociņu ražošanai, kaučuka vulkanizācijai), lauksaimniecībā, medicīnā, sēra savienojumu iegūšanai un citur. Rūpniecībai nepieciešamo sēra daudzumu arvien vairāk iegūst no naftas pārstrādes, kā arī pārstrādājot tehnoloģisko procesu atgāzes.

Mūsdienās sēru visvairāk izmanto sērskābes ražošanā (50%). Daudz sēra izmanto sulfītu iegūšanā (25%), lauksaimniecības ķīmikāliju ražošanā (12%) un kaučuka vulkanizēšanā (10%). Sēru izmanto arī sērskociņu, krāsvielu, ārstniecības līdzekļu ražošanā. Sēru nedaudz izmanto arī speciālu tērauda šķirņu ražošanā. Tomēr sēra galvenie izmantošanas veidi starp valstīm ir samērā atšķirīgi (sk. 194. attēlu). Piemēram, ASV sērskābes ražošanā patērē tikai 3% no iegūtā sēra, sulfītu ražošanā – 23%, minerālmēslu – 42%, citu lauksaimniecībā izmantojamo ķīmisko vielu ražošanā – 10%. Pārējos 22% veido citas sēra izmantošanas jomas kopā.

Sērs ir salīdzinoši lēta izejviela, un tā cena mainās līdz ar pieprasījuma izmaiņām pasaules tirgū (sk. 195. attēlu), kur to visvairāk ietekmē lielie pasūtījumi minerālmēslu ražošanai. Ražošanas pašizmaksas nav augstas un 2006. gadā bija 10–19 ASV dolāru par tonnu (Albertā Kanādā), jo



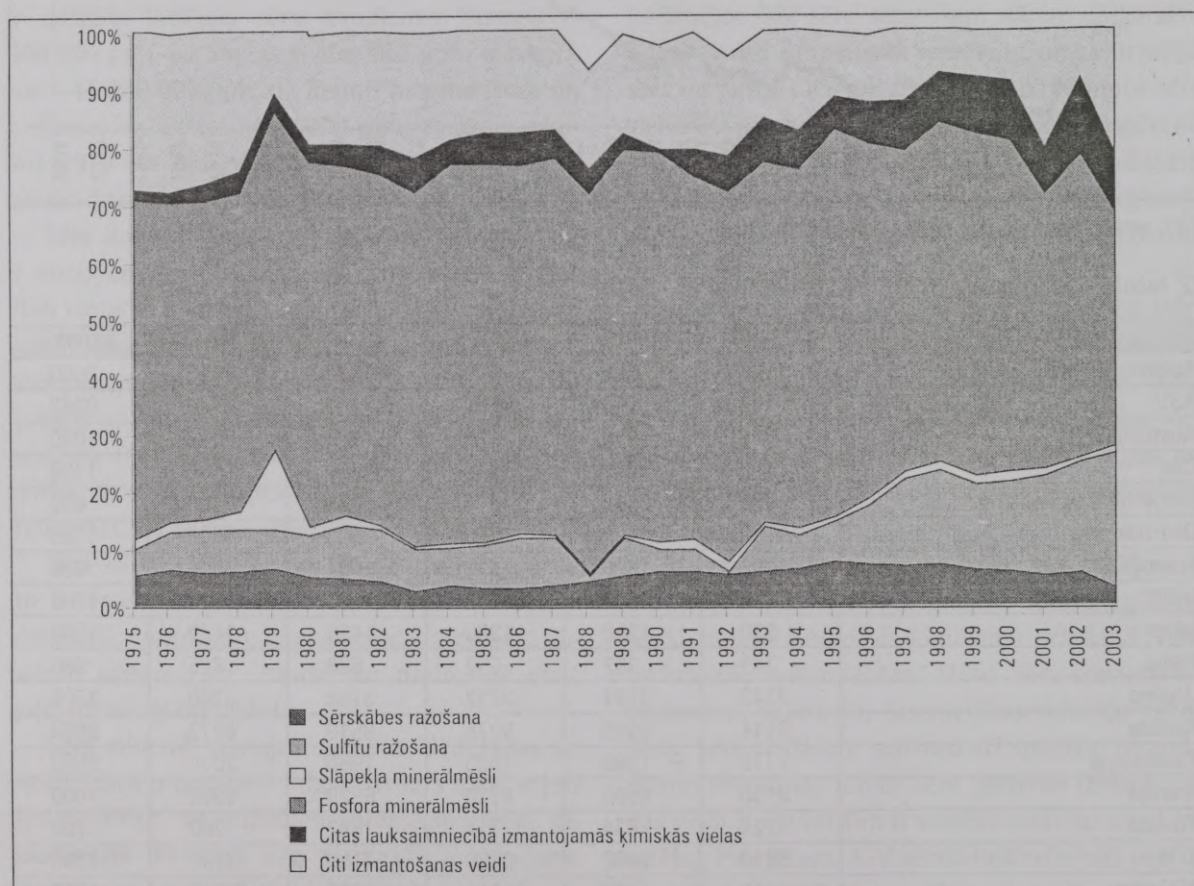
193. attēls. Pasaulē iegūtā sēra daudzums

92. tabula. Sēra ieguve pasaulē, tūkstošos tonnu

Valsts	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Apvienotie Arābu Emirāti	1490	1900	1900	1930	1950	2000
ASV	9470	9270	9600	10 100	9460	9240
Austrālija	862	959	923	925	1010	1000
Čīle	1160	1275	1430	1510	1660	1700
Dienvīdāfrikas Republika	538	532	614	633	793	650
Dienvīdkoreja	1360	1420	1550	1680	1690	1700
Francija	1100	1020	1010	961	945	930
Indija	1020	861	1020	1070	1130	1200
Irāna	930	1250	1360	1460	1460	1500
Itālija	743	702	692	688	685	680
Japāna	3743	3191	3232	3158	3260	3300
Kanāda	9444	8925	9028	9510	8973	9000
Kazahstāna	1710	1860	1930	1980	2030	2500
Krievija	6130	6500	6720	6920	6950	7000
Kuveita	524	634	714	682	700	700
Kīna	5510	5980	6500	7150	7710	7800
Meksika	1450	1465	1591	1825	1717	1600
Nīderlande	510	497	539	547	535	550
Polija	1352	1220	1240	1230	1220	800
Saūda Arābija	2350	2360	2180	2230	2300	2300
Somija	543	722	706	702	720	750
Spānija	668	685	706	634	616	600
Uzbekistāna	460	520	520	520	520	500
Vācija	3421	3592	3376	2506	2520	2500
Venecuēla	340	570	560	800	800	800
Citas valstis kopā	4630	4700	4570	4640	4660	4800
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>61 400</b>	<b>62 600</b>	<b>64 200</b>	<b>66 000</b>	<b>66 000</b>	<b>66 000</b>

93. tabula. Sēra ieguves galvenie veidi (avoti, tehnoloģijas), %

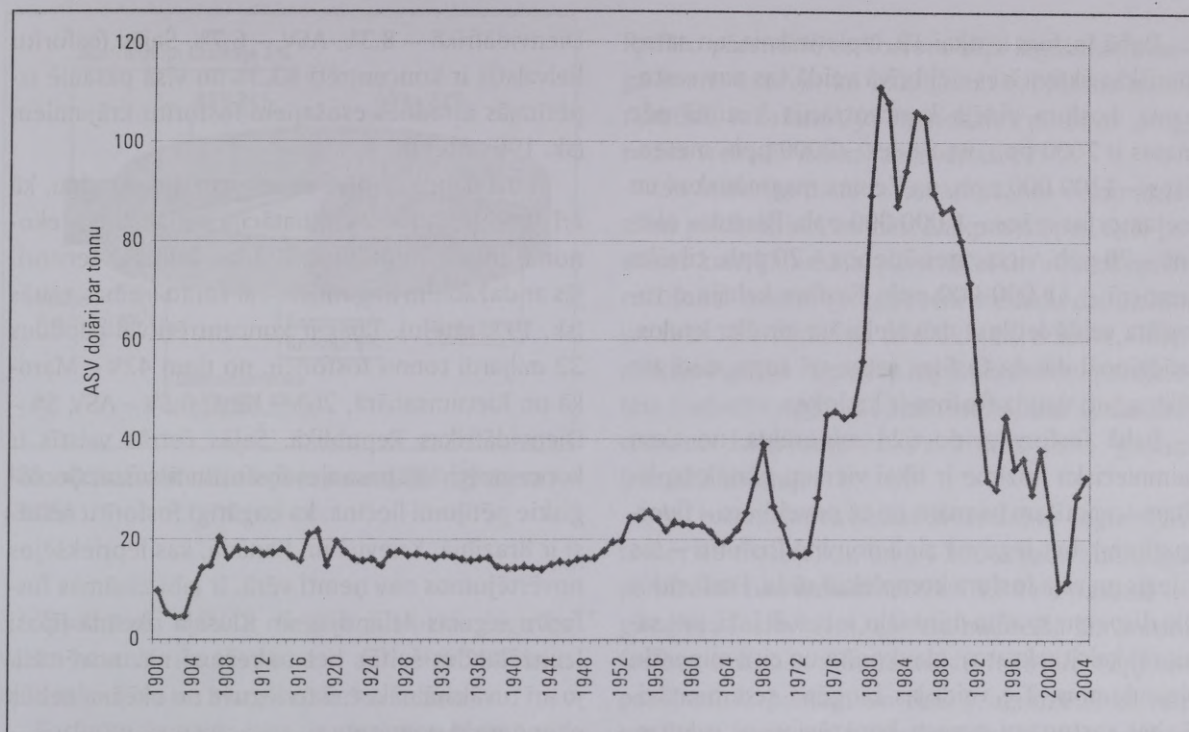
Ieguves veids	2001	2002	2003	2004	2005
No dziļurbumiem kausēts ar tvaiku	966	783	781	770	770
Tirradņu sērs	993	1090	1030	1120	1170
Pirīts	4150	4350	4500	4760	5010
Nezināmas izcelsmes	4720	4780	4530	4510	4630
<i>legūts kā blakus produkts</i>					
Ogles, lignīts, ogļu gazifikācija	1	1	1	1	1
Metalurģiskā rūpniecība	13 600	14 000	14 300	14 700	15 300
Dabaszāze	7530	7610	8050	8360	8170
Dabaszāze un naftas ieguve, naftas smilšakmeņi, kopā	17 700	18 300	18 900	19 000	18 500
Nafta un naftas produkti	11 800	11 700	12 200	12 800	12 500
<b>Kopā</b>	<b>61 400</b>	<b>62 600</b>	<b>64 200</b>	<b>66 000</b>	<b>66 000</b>



194. attēls. Galvenie sēra izmantošanas veidi ASV, % no kopējā patēriņa

tas ir blakus produkts vai pat kaitīgais piemaisījums (piemēram, degvielai un dabaszāzei), bet visai augstas ir gatavās produkcijas uzglabāšanas un transportēšanas izmaksas, īpaši Eiropā, kur tiek ierobežota sēra un tā ķīmisko produktu glabāšanas nosacījumi, tostarp smaku izplatīšanās

(sēram piemīt specifiska smarža). 2006. gadā sēra cena būtiski pieauga, un gada beigās tā bija 54–67 ASV dolāri par tonnu, bet 2007. gadā sēra pārprodukcijas dēļ ražotāju cena strauji kritās un bija 14,88–16,40 ASV dolāri par tonnu (bez fasēšanas, uzglabāšanas un transportēšanas izmaksām).



195. attēls. Sēra cenas izmaiņas pasaulē pagājušajā gadsimtā

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija un ģeoloģija
  - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/S/geol.html>
  - <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/sulfur>
  - <http://www.lenntech.com/sulfur-cycle.htm>
  - <http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/S-en.htm>
  - <http://periodic.lanl.gov/elements/16.html>
  - [http://www.qivx.com/ispt/elements/ptw\\_016.php](http://www.qivx.com/ispt/elements/ptw_016.php)
  - <http://pubs.usgs.gov/of/2002/of02-298/of02-298.pdf>
- ✓ Statistika un pārskati
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/sulfur-use.xls>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/sulfur/>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/sulfur/sulfumyb05.xls>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/sulfur/stat/>
- ✓ Cenas
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/sulfur.xls>
  - [http://www.icispricing.com/il\\_shared/Chemicals/SubPage532.asp](http://www.icispricing.com/il_shared/Chemicals/SubPage532.asp)
  - <http://www.nrcan.gc.ca/ms/cmy/content/2000/58.pdf>
  - <http://www.fimb-group.co.uk/downloads/p23-Sulphur%20September%202005%20369%20Report.pdf>

[http://www.sroule.com/prices/hist\\_oil.htm](http://www.sroule.com/prices/hist_oil.htm)

<http://www.the-innovation-group.com/chemprofile.htm>

### 5.1.2. Apatīti un fosforīti

Apatīti un fosforīti ir dabiskie fosfāti, no tiem fosforu jau kopš 1890. gada iegūst, galvenokārt reducējot elektriskā loka krāsnīs ar ogli kvarca smilšu klātbūtnē. Fosforam ir ļoti nozīmīga loma ķīmiskajā rūpniecībā kā vienai no pamata izejvielai.

Fosfors ir aktīvs nemetāls, tas deg skābeklī un gaisā, bet reakcija ar fluoru noris kā eksplozija. Tas reaģē ar koncentrētiem sārmu šķīdumiem, bet ar ūdeņradi nereaģē. Ir pazīstami vairāk nekā desmit fosfora alotropiskie veidi, svarīgākie no tiem – baltais, sarkanais un melnais fosfors.

Vārds “fosfors” grieķu valodā – *phōs phoros* – nozīmē “gaismu nesošais”, un tas ir bijis zināms jau simtiem gadu pirms mūsu ēras, bet balto fosforu tikai 12. gadsimtā atklāja arābu alkēmiķis Ahads Behils. Eiropā to pirmo reizi ieguva vācu alkēmiķis Hennings Brands 1669. gadā.

Dabā fosfors ir tikai 12. izplatītākais, un savas ķīmiskās aktivitātes dēļ brīvā veidā tas nav sastopams. Fosfora vidējā koncentrācija Visumā pēc masas ir 7000 ppb, uz Saules – 7000 ppb, meteorītos – 1100 000 ppb, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 1 000 000 ppb, Pasaules okeānā – 70 ppb, virszemes ūdeņos – 20 ppb, cilvēka ķermenī – 11 000 000 ppb. Fosfors kalcija ortofosfāta veidā ietilpst dzīvnieku un cilvēka kaulos, salīdzinoši daudz fosfora satur arī augu ziedi un sēklas, ļoti daudz fosfora ir ķīplokos.

Dabā fosfors veido 624 minerālus, no tiem saimnieciska nozīme ir tikai vienam plašāk izplatītam – apatītam (vienam no tā paveidiem – fluorapatītam), bet ieguves ziņā dominē fosforīti – tas ir iezis un vāja fosfora kompleksā rūda. Fosforīti ir sīki dispersu apatīta minerālu saturoši iezī, kas satur vēl kalcītu, kvarcu, glaukonītu un citu minerālu piejaukumus. Tie veidojas biogēnā sedimentācijā, bet sastopami parasti konkrēciju vai irdenas, zemjainas masas veidā. Arī Latvijā fosforītu ieslēgumi atrodami smilšakmeņos – tie atrodami Ērgļu klintīs, Launagiezī, Glūdu klintīs, Raunas, Lojas un Abavas krastos, kā arī mālos – visvairāk Liepas atradnē. Tomēr tiem nav saimnieciskas nozīmes.

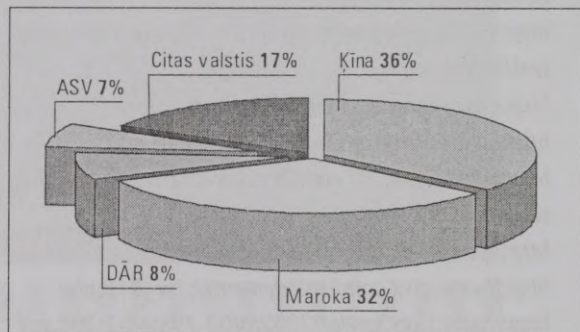
Arī fosforītā galvenais vērtīgais komponents ir apatīts ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{F}, \text{Cl})$ ), tāpēc dažādos ekonomiskos novērtējumos apatītus un fosforītus apvieno un raksturo kopā kā fosforītus jeb fosfātu iezus rūpnieciskajai pārstrādei. To visai atšķirīgo īpašību un fosfora satura dažādības dēļ šo rūdu raksturošanai izmanto ļoti dažādas mērvienības, kam ir pievēršama īpaša uzmanība, veicot dažādus novērtējumus un salīdzinājumus. Īpaši svarīgi ir ņemt vērā, ka patiesībā ir trīs atšķirīgi fosfātu rūpnieciskas ieguves avoti: apatīti un fosforīti, dažādu metālu rūdu ķīmiskās pirmapstrādes atlikumi, kā arī guano. Guano nozīme kopējā iegūtā fosfora pentoksīda ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) daudzumā ir maznozīmīga un mūsdienās nepārsniedz 0,05%, turpretī metāla rūdu bagātināšanas un koncentrātu pārstrādes atlikumi kļūst aizvien nozīmīgāki kopējā fosfora sāļu ieguves statistikā un patlaban pārsniedz jau 0,2%.

Fosforītu krājumi un resursi pasaulē nav droši zināmi, jo tikai pašlaik ekspluatācija esošajās atradnēs izpētītie fosforītu krājumi, kurus ir ekonomiski izdevīgi iegūt, sasniedz 18 miljardus tonnu. No tiem Ķīnā ir 36,6% pasaulē zināmo fosforītu krājumu, Marokā un Rietumsahārā – 31,7%,

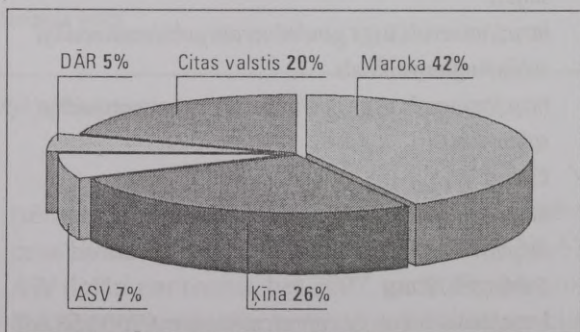
Dienvīdāfrikā – 8,3%, ASV – 6,7%. Šajās fosforītu lielvalstīs ir koncentrēti 83,3% no visā pasaulē izpētītajās atradnēs esošajiem fosforītu krājumiem (sk. 196. attēlu).

Ir arī daudz nepietiekami izpētītu atradņu, kā arī atradnes, kuru ekspluatācija patlaban nav ekonomiski pamatota, un arī tādas, kuras ir teritorijās ar dažādiem liegumiem vai karadarbības zonās (sk. 197. attēlu). Tajās ir koncentrēti vēl papildus 32 miljardi tonnu fosforītu, no tiem 42% – Marokā un Rietumsahārā, 26% – Ķīnā, 6,8% – ASV, 5% – Dienvīdāfrikas Republikā. Šajās četrās valstīs ir koncentrēti 80% pasaules fosforītu resursu. Ģeoloģiskie pētījumi liecina, ka bagātīgi fosforītu resursi ir Brazīlijā, Krievijā un Kanādā, kas iepriekšējos novērtējumos nav ņemti vērā. Ir labi zināmas fosforītu iegulas Atlantijas un Klusajā okeānā (īpaši Jaunzēlandes šelfā), bet to resursi nav novērtēti, jo arī tuvākajā nākotnē to ieguve no okeāna nebūs ekonomiski pamatota.

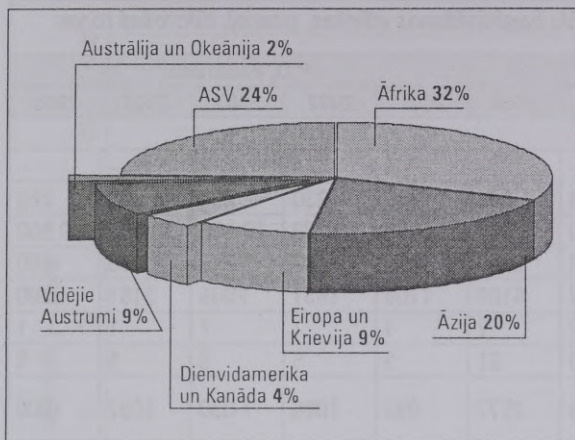
Pasaulē fosfāta izejvielas iegūst vairāk nekā 1300 kompāniju visos kontinentos izņemot Antarktīdu, visvairāk – Āfrikā (sk. 198. attēlu).



196. attēls. Fosforītu krājumi izpētītajās atradnēs pasaulē



197. attēls. Fosforītu krājumi nepietiekami izpētītajās atradnēs pasaulē



198. attēls. Fosfātu iežu ieguve pasaulē pa reģioniem (2005)

Tātad tieši ASV ir lielākā fosforītu ieguves valsts pasaulē, un tās loma ir aptuveni 25%, kam blīvi seko Ķīna un Maroka (sk. 94. tabulu).

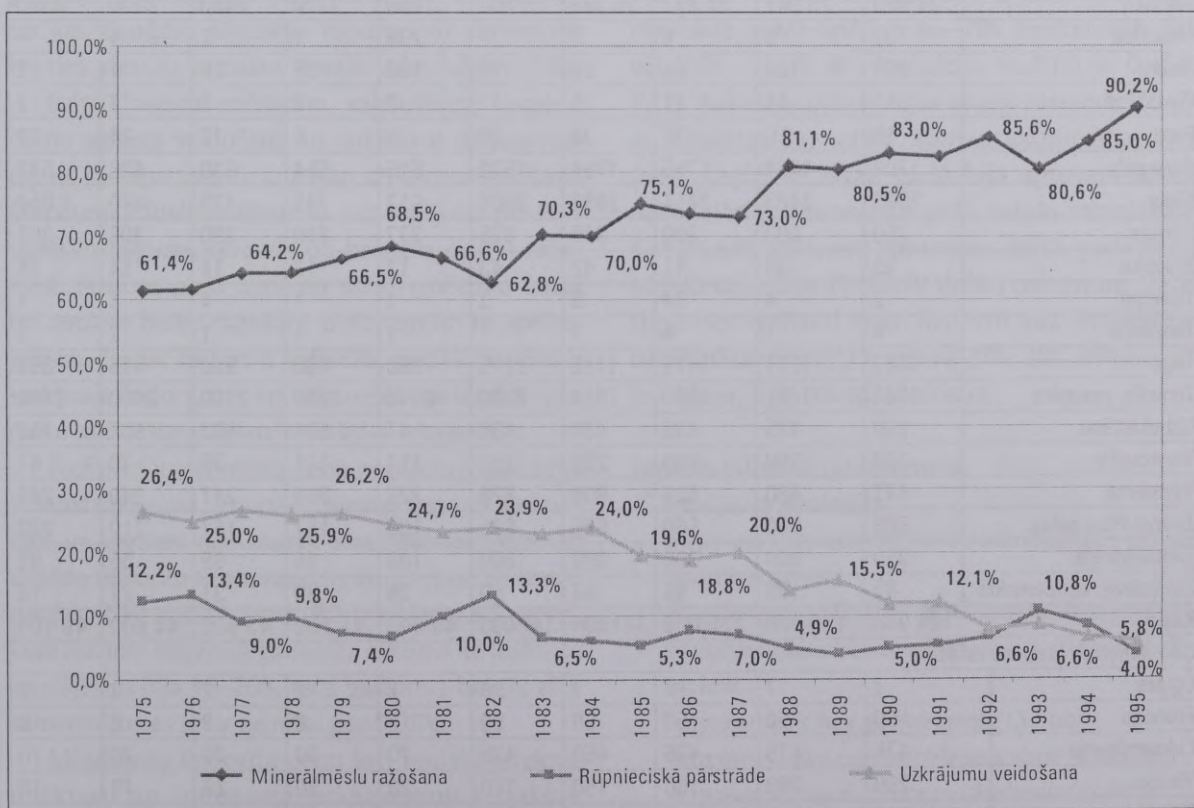
Fosforītu izmantošana ir visai daudzveidīga – bagātāko varietāšu tieša izmantošana par minerālmēsliem lauksaimniecībā (Maroka, Nauri), drupināšana un bagātināšana, pārstrādājot par minerālmēsliem, kā arī dziļāka ķīmiska dabisko

fosfātu pārstrāde un fosfora sāļu iegūšana. Svarīga ir arī rezervju un uzkrājumu veidošana minerālmēsļu ražošanai, jo šīs nozares patēriņa prognozes vienmēr ir tikai aptuvenas.

Šo fosforītu pamata izmantošanas veidu attiecības pakāpeniski mainās. Laikposmā pēc Otrā pasaules kara ķīmiskajai pārstrādei un minerālmēsļu ražošanai izmantoja aptuveni vienādu daudzumu un līdz 15% papildus tika uzkrāti rezervē. Turpmākajos gados rūpnieciskajai pārstrādei paredzētais fosforītu apjoms samazinājās, kas uzskatāmi redzams laikposmā no 1975. līdz 1995. gadam (sk. 199. attēlu).

Arī turpmākajos gados šī tendence saglabājās, tomēr ne tik izteikti, un arī 2006. gadā ķīmiskajai pārstrādei tika izmantoti tikai 3,8% no pasaulē iegūtajiem fosforītiem. Lauksaimniecībā izmantoto fosforu saturošo minerālmēsļu ražošanas apjoms pakāpeniski pieaug, un tiek prognozēts, ka līdz pat 2010. gadam vidējais patēriņa pieaugums būs aptuveni 2,3% gadā.

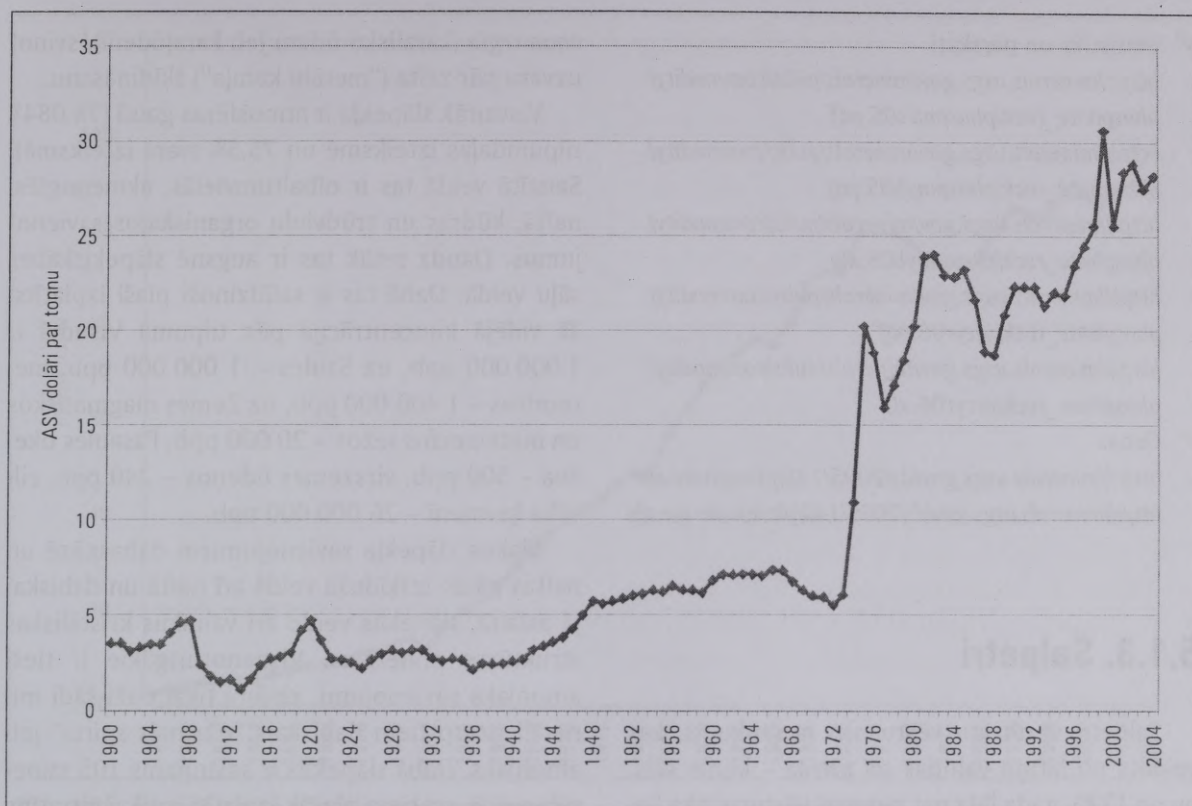
Ķīmiskajā pārstrādē fosforītu maļ un bagātina, un, šķīdinot ar skābēm, iegūst fosfora sāļus vai elektroloka krāsniņš tieši fosforu. Fosfora sāļu



199. attēls. Fosforītu izmantošanas galvenie veidi

94. tabula Fosfātu ieguve pasaulē (apatīti, fosforīti, citu minerālu bagātināšanas atliekas, guano), tūkstošos tonnu

Izejviela un valsts	Svara izteiksmē					P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> daudzums				
	2001	2002	2003	2004	2005	2001	2002	2003	2004	2005
<i>Fosfātu ieži (apatīti un fosforīti)</i>										
Albānija	1	1	–	–	–	4	4	–	–	–
Alžīrija	939	740	905	1 014	878	280	230	280	300	260
ASV	31 900	36 100	35 000	35 800	36 300	9230	10 700	10 600	10 400	10 500
Austrālija	1893	2025	2285	2014	2050	438	482	545	490	550
Brazīlija, koncentrāts	4805	5084	5584	6074	6100	1708	1831	2005	2181	2200
Burkinafaso	1	2	2	2	2	4	1	1	1	1
Čīle	19	20	21	21	21	5	5	5	5	5
Dienvidāfrikas Republika	2420	2803	2643	2735	2577	995	1086	1 030	1067	1000
Ēģipte, tajā skaitā ievests pārstrādei	972	1550	2183	2219	2730	293	434	630	650	800
Filipīnas	450	400	400	400	400	148	135	135	135	135
Indija	1200	1250	1175	1180	1200	355	370	345	349	355
Indonēzija	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4
Irāna	213	303	194	230	250	26	36	23	28	30
Irāka, tajā skaitā ievests pārstrādei	300	300	30	3	3	100	100	10	1	1
Izraēla	3511	3476	3208	2947	2900	1115	1110	1020	900	880
Jordānija	5843	7179	6763	6223	6230	1928	2340	2230	2050	2060
Kanāda	800	1000	1000	1000	1000	300	380	380	380	380
Kazahstāna	97	137	169	230	230	28	40	38	52	52
Kolumbija	43	43	43	43	43	8	8	8	8	8
Krievija	10 500	10 700	11 000	11 000	11 000	3900	4000	4000	4000	4000
Kīna	21 000	23 000	25 200	25 500	30 400	6300	6900	7550	7650	9 130
Maroka	21 983	23 041	22 877	25 369	25 200	7400	7700	7400	8500	8300
Meksika	787	5	6	4	–	236	1	2	4	–
Nauru	266	150	84	22	11	100	55	26	7	3
Pakistāna	11	11	11	11	11	2	2	2	2	2
Peru	16	16	32	38	38	5	6	12	14	14
Senegāla	1708	1551	1765	1754	1520	615	554	630	626	543
Sīrija	2043	2483	2414	2883	3500	613	745	725	870	1 050
Somija	750	800	800	840	825	277	290	290	306	301
Šrilanka	35	39	41	42	43	12	13	14	14	15
Taizeme	2	4	14	3	3	1	1	4	1	1
Tanzānija	4	1	4	7	7	1	4	1	2	2
Togo	1067	1271	1471	1115	1215	380	460	530	418	368
Tunisija, mazgāts	8144	7461	7890	7954	8000	2440	2200	2300	2400	2400
Uzbekistāna	200	425	430	430	430	47	101	102	102	102
Venecuēla	399	390	260	250	250	114	111	75	70	67
Vjetnama	677	680	823	800	820	225	204	247	240	246
Ziemeļkoreja	350	300	300	300	300	105	95	95	95	95
Zimbabve, koncentrāts	87	108	95	83	50	28	39	31	27	16
<b>Kopā</b>	<b>126 000</b>	<b>135 000</b>	<b>138 000</b>	<b>141 000</b>	<b>147 000</b>	<b>40 000</b>	<b>42 900</b>	<b>43 500</b>	<b>44 600</b>	<b>46 100</b>
<i>Citu minerālu ieguves atlikumi</i>										
Ēģipte	7	7	7	7	8	2	2	2	2	2
Francija	50	50	50	50	50	8	8	8	8	8
Luksemburga	475	475	475	450	475	70	70	70	70	70
Vācija	200	200	150	150	150	20	20	18	18	18
<b>Kopā</b>	<b>732</b>	<b>732</b>	<b>682</b>	<b>657</b>	<b>683</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>98</b>	<b>98</b>	<b>98</b>



200. attēls. Fosforīta iežu cena pasaulē (par tonnu iežu ar vidējo saturu 32% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

patēriņš samazinās tā potenciālās bīstamības dēļ, un ļoti daudzos ķīmiskās rūpniecības produktos tas tiek aizstāts ar citām, mazāk toksiskām vielām.

Balto fosforu militārām vajadzībām izmanto dūmu aizsega veidošanā un dažādiem degmaisījumiem, sarkano fosforu izmanto sērskābes ražošanā. Metalurģijā fosforu izmanto par leģējošu piedevu speciālu čugunu, tērauda un bronzas šķirņu ražošanā. Fosforu plaši izmanto arī magnētisko leņšu un atmiņas bloku ražošanā datoriem un to aprīkojumam. Tomēr fosfors ir toksisks, mazāk bīstams ir sarkanais fosfors, bet arī tā putekļi var izraisīt hronisku saindēšanos, plaušu un ādas iekaisumus.

Fosforītu koncentrāta cena pagājušajā gadsimtā ir samazinājusies, jo arvien pieaug ieguves intensitāte un ieguves daudzums. Statistikā iekļautas arī dažādo fosforītu avotu savstarpējo proporciju izmaiņas (sk. 200. attēlu). Statistikā ir iekļauts arī guano, kura nozīme pagājušā gadsimta sākumā kā fosforītu aizstājējam bija 15–20%, taču gadsimta beigās tā ir samazinājusies un ir zemāka par 0,05%.

Mūsdienās fosforīta cenu ļoti būtiski ietekmē noliktavu un transporta pakalpojumu izmaksas, kuras kopā var sasniegt līdz pat 40% no gala pro-

dukta cenas. Fosfora izejvielu tradicionāls tirgus produkts ir 60–66% un 66–70% koncentrāts BPL vienībās – 1,0% BPL (trikalcijs fosfāts) = 0,458% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Ražotāja pašizmaksa vidēji sasniedz 20–24 ASV dolārus par tonnu. Vairumtirdzniecības cena (bez piegādes) 2006. gadā bija aptuveni 32–35 ASV dolāri par tonnu un gada beigās samazinājās līdz 24 ASV dolāriem par tonnu. 2007. gadā dominējošā cena bija 27,8 ASV dolāri par tonnu. Retāk tirgū tiek realizēti malti fosforīti bez iepriekšējas bagātināšanas ar P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> saturu 27%, 28%, 29% un 30% (no Ķīnas, Ēģiptes vai Ukrainas).

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija un ģeoloģija
  - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/P/geol.html>
  - <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/phosphorus>
  - <http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/P-en.htm>
  - <http://periodic.lanl.gov/elements/15.html>
  - [http://www.qivx.com/ispt/elements/ptw\\_015.php](http://www.qivx.com/ispt/elements/ptw_015.php)
  - <http://www.lateralscience.co.uk/phos/index.html>
  - <http://pubs.usgs.gov/fs/jfs155-99/>

- ✓ Statistika un pārskati  
[http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/phosphate\\_rock/phospmcs06.pdf](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/phosphate_rock/phospmcs06.pdf)  
[http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/phosphate\\_rock/phospmyb05.pdf](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/phosphate_rock/phospmyb05.pdf)  
[http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/phosphate\\_rock/phospmyb05.xls](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/phosphate_rock/phospmyb05.xls)  
[http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/phosphate\\_rock/prcy06.pdf](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/phosphate_rock/prcy06.pdf)  
[http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/phosphate\\_rock/prcy06.xls](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/phosphate_rock/prcy06.xls)
- ✓ Cenas  
<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/phosphate.xls>  
<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/phosphate-use.xls>

### 5.1.3. Salpetri

Salpetri ir nitrātu vēsturisks nosaukums, kas veidots no latīņu valodas *sal petrae* – klints sāls, un no 1325. gada līdz pat nesena vēsturei tika lietots kā vispārējs slāpekļskābes sāļu apzīmējums. Šo sāļu galvenā komponente ir slāpeklis.

Slāpeklis ir raksturīgs periodiskās sistēmas VA grupas ķīmiskais elements. Tā ir bezkrāsaina gāze bez smakas. Slāpeklis ir nedaudz smagāks par gaisu, tas slikti šķīst ūdenī. Slāpeklis relatīvi viegli savienojas ar ūdeņradi un veido amonjaku  $\text{NH}_3$ , kas ir bezkrāsaina gāze ar asu smaku un viegli šķīst ūdenī. Amonjaku plaši izmanto minerālmēsļu ražošanā un saldējamās iekārtās, labi zināms ir amonjaka šķīdums ūdenī, ko parasti sauc par ožamo spirtu.

Slāpekli atklāja angļu zinātnieks D. Rezerfords 1772. gadā, bet tā īpašības pētīja un noteica zinātnieki K. Šēle, G. Kavendišs, Dž. Pristlijs un A. L. Lavuazjē. Tieši A. L. Lavuazjē kopā ar citiem zinātniekiem 1787. gadā ieteica terminu slāpeklis ( $\alpha\zeta\omega\tau\omicron\varsigma$  – azote – bez dzīvības). Taču nepagāja pat 80 gadu, kad tika atklāts, ka slāpeklis ir viens no svarīgākajiem dzīvību nodrošinošiem elementiem (jo slāpeklis ir visu olbaltumvielu būtiska sastāvdaļa). Tomēr dažādas valodās lietotie slāpekļa nosaukumi pamatā tiek veidoti no latīņu – *nitrum* – vai grieķu – *nitron*, kas apzīmē dabisko sodu.

Slāpekli aktīvi pētīja arī viduslaiku alķīmiķi, iepazīstot slāpekļskābi (*aqua fortis* jeb stiprā skābe), tās maisījumu ar hlorūdeņražskābi un iegūstot

*aqua regia* (karalisko ūdeni jeb karaļūdeni), svinot uzvaru pār zelta (“metālu karaļa”) šķīdināšanu.

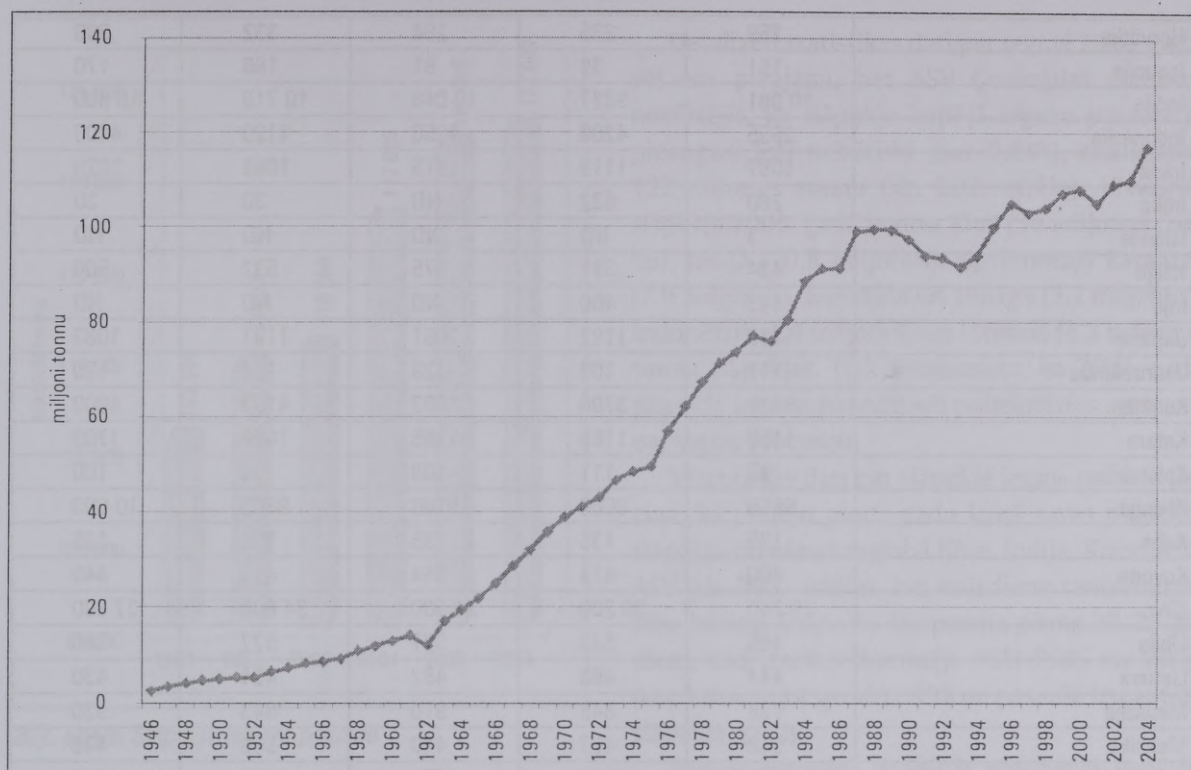
Visvairāk slāpekļa ir atmosfēras gaisā (78,084% tilpumdaļas izteiksmē un 75,5% svara izteiksmē). Saistītā veidā tas ir olbaltumvielās, akmeņoglēs, naftā, kūdras un trūdvielu organiskajos savienojumos. Daudz retāk tas ir augsnē slāpekļskābes sāļu veidā. Dabā tas ir salīdzinoši plaši izplatīts. Tā vidējā koncentrācija pēc tilpuma Visumā ir 1 000 000 ppb, uz Saules – 1 000 000 ppb, meteorītos – 1 400 000 ppb, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 20 000 ppb, Pasaules okeānā – 500 ppb, virszemes ūdeņos – 240 ppb, cilvēka ķermenī – 26 000 000 ppb.

Blakus slāpekļa savienojumiem dabasgāzē un naftas gāzē, izšķīdušā veidā arī naftā un dabiskajā asfaltā, slāpeklis veido arī vairākus kristāliskas struktūras minerālus. Visnenoturīgākie ir tieši amonjaka savienojumi, zināmi tikai šādi minerāli, starp tiem dabiskais “ožamais spirts” jeb amonjaks. Dabā slāpeklis ir sastopams 105 minerālu veidā, no tiem plašāk izplatīti ir tikai nitrātīns  $\text{Na}(\text{NO}_3)$  (sinonīms – Čīles salpetris jeb nātrija salpetris) un nīters  $\text{KNO}_3$  (sinonīms – Indijas salpetris jeb kālija salpetris).

Pasaulē lielākās nitrātīna atradnes ir Atakamas tuksnesī Čīlē (atradnes teritorija 700 km x 80 km), šeit vien koncentrēti vairāk nekā 200 miljoni tonnu šo vērtīgo izejvielu. Visās atradnēs raksturīgs nitrātu piemaisījums ir jods. Citur pasaulē lielākās slāpekli saturošo minerālu atradnes ir Bolīvijā, Brazīlijā, Ēģiptē, Krievijā, Trinidādā un Tobāgo. Nīters ir izplatīts daudz plašāk, nekā vēl nesen domāja, un vienmēr veido atradņu daļas, kurās tiek iegūts nātrija salpetris. Nīteru neiegūst atsevišķi, bet kopā ar nitrātīnu minerālmēsļu ražošanai. Tomēr šo dabisko izejvielu loma slāpekļa ieguvē pasaulē ir ļoti maznozīmīga un nepārsniedz 0,3%.

Slāpekļa ražošana pasaulē ar katru gadu pieaug (sk. 201. attēlu), kas ir saistīta ar vairākiem dažādas tehnikas un tehnoloģijas ieviešanas posmiem. Līdz 1990. gadam paralēli noritēja arī slāpekļa ražošanas tehnoloģiju izplatība pasaulē, kas patēriņa līkni izlīdzināja.

Mūsdienās slāpekli iegūst no atmosfēras gaisa un dabasgāzes. Gadā pasaulē iegūst aptuveni 120 miljonu tonnu slāpekļa (sk. 95. tabulu) 75 valstīs, kurās ražošanas jaudas pārsniedz vienu tūkstoš tonnu slāpekļa. Vēl aptuveni 15 valstīs



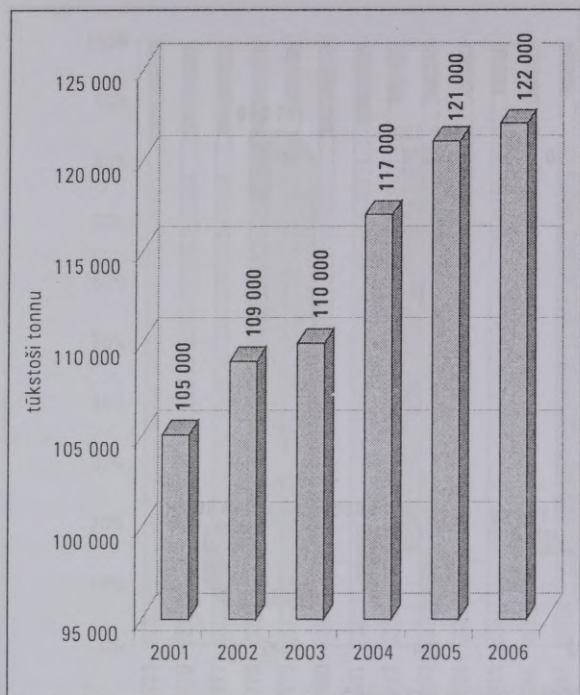
201. attēls. Pasaulē iegūtā slāpekļa daudzuma izmaiņas

95. tabula. Slāpekļa ieguve pasaulē, tūkstošos tonnu

Valsts	2001	2002	2003	2004	2005
Afganistāna	20	20	20	20	20
Albānija	10	10	10	10	10
Alžīrija	469	563	578	543	550
Apvienotā Karaliste	850	837	1044	1071	1080
Apvienotie Arābu Emirāti	358	364	421	380	360
Argentīna	597	617	724	701	580
ASV	9120	10 300	8450	8990	8040
Austrālija	762	686	787	790	790
Austrija	440	440	440	440	440
Bahreina	372	377	312	311	312
Bangladeša	1273	1289	1389	1380	1380
Baltkrievija	725	799	726	765	800
Beļģija	788	842	874	857	860
Bosnija un Hercegovina	1	1	1	1	1
Brazīlija	769	1021	939	1077	1070
Bulgārija	477	328	321	389	390
Birma (Mjanma)	28	21	63	35	35
Čehija	206	215	235	233	233
Dānija	2	2	2	2	2
Dienvīdāfrikas Republika	506	492	493	459	460
Dienvīdkoreja	385	153	119	163	150
Ēģipte	1801	1839	1790	1675	1640
Francija	1380	1172	1153	1120	1150
Grieķija	57	66	123	132	130
Gruzija	60	90	125	130	130

Horvātija	259	235	264	332	330
Igaunija	151	39	81	166	170
Indija	10 081	9827	10 048	10 718	10 800
Indonēzija	3655	4200	4250	4120	4400
Irāna	1087	1119	1115	1088	1020
Irāka	280	532	ND	30	30
Īslande	3	ND	ND	ND	ND
Itālija	434	391	475	532	500
Īrija	443	400	ND	ND	ND
Japāna	1318	1192	1061	1101	1083
Jaunzēlande	117	109	128	124	120
Kanāda	3439	3700	3662	4107	4000
Katara	1159	1166	1185	1428	1700
Kolumbija	95	111	108	98	100
Krievija	8690	8600	9100	9800	10 000
Kuba	135	135	135	135	135
Kuveita	400	414	444	413	440
Ķīna	28 200	30 200	31 500	34 800	37 800
Lībija	495	533	577	577	580
Lietuva	444	468	462	424	430
Malaizija	726	848	910	843	920
Meksika	548	437	440	568	440
Nīderlande	1989	2053	1750	1970	1700
Norvēģija	323	330	354	420	450
Omāna	ND	ND	ND	ND	706
Pakistāna	2228	2214	2357	2114	2110
Peru	5	5	5	5	5
Polija	1735	1311	1906	1976	2000
Portugāle	202	190	245	244	245
Rumānija	949	930	1180	1172	1200
Saūda Arābija	1774	1737	1743	1726	1780
Serbija un Melnkalne	66	115	62	136	135
Sīrija	138	143	161	115	120
Slovākija	215	226	230	268	270
Somija	80	87	77	61	63
Spānija	436	415	432	404	460
Šveice	31	33	29	32	32
Tadžikistāna	5	15	20	20	20
Taivāna	12	11	11	11	11
Trinidāda un Tobago	3036	3296	3529	3875	4200
Turcija	67	301	289	329	330
Turkmenistāna	75	85	85	85	85
Ukraina	3700	3700	3900	3900	4300
Ungārija	324	238	232	304	300
Uzbekistāna	670	740	815	840	850
Vācija	2522	2623	2803	2741	2700
Venecuēla	808	666	732	1012	900
Vjetnama	53	58	80	216	220
Ziemeļkoreja	100	100	100	100	100
Zimbabve	58	61	55	48	30
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>105 000</b>	<b>109 000</b>	<b>110 000</b>	<b>117 000</b>	<b>121 000</b>

ND – dati nav pieejami.



202. attēls. Slāpekļa ieguve pasaulē

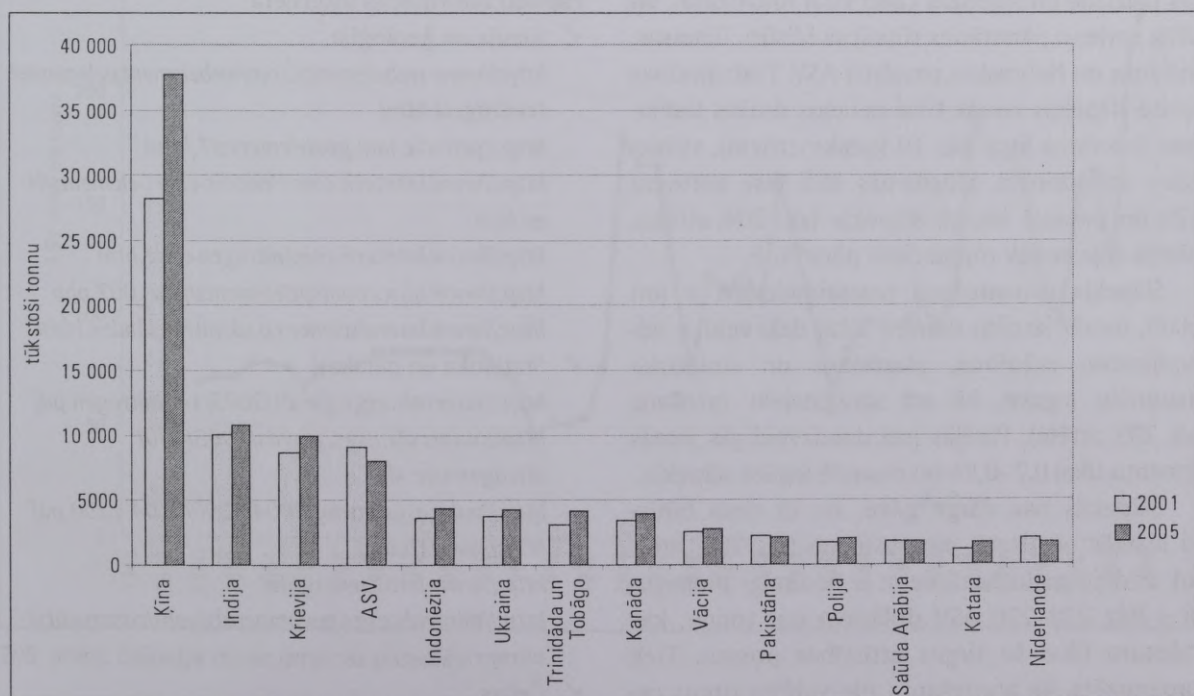
slāpekli iegūst vietējam patēriņam mazākos daudzumos. Ķīnā gadā iegūst 37 800 tūkstošus tonnu, Indijā – 10 800 tūkstošus, Krievijā – 10 000 tūkstošus, ASV – 8040 tūkstošus tonnu slāpekļa, kopā – 55% no visa pasaulē iegūtā slāpekļa daudzuma.

Detalizēti statistikas dati par iegūti 2006. gadā vēl nav pieejami, bet ASV Ģeoloģijas dienests novērtējis, ka slāpekļa kopējā ieguve pasaulē ir pieaugusi ļoti nebūtiski (par 0,81%), sasniedzot 122 miljonus tonnu (sk. 202. attēlu). Visvairāk slāpekļa 2006. gadā ieguva Ķīnā (39 miljonus tonnu), Indijā (10,8 miljonus), Apvienotajā Karalistē (7,9 miljonus), Trinidādā un Tobāgo (5,2 miljonus), Indonēzijā (4,4 miljonus) un Ukrainā (4,3 miljonus tonnu slāpekļa). Tiek prognozēts, ka 2007. gadā slāpekļa ieguve pasaulē vēl palielināsies aptuveni par vienu procentu.

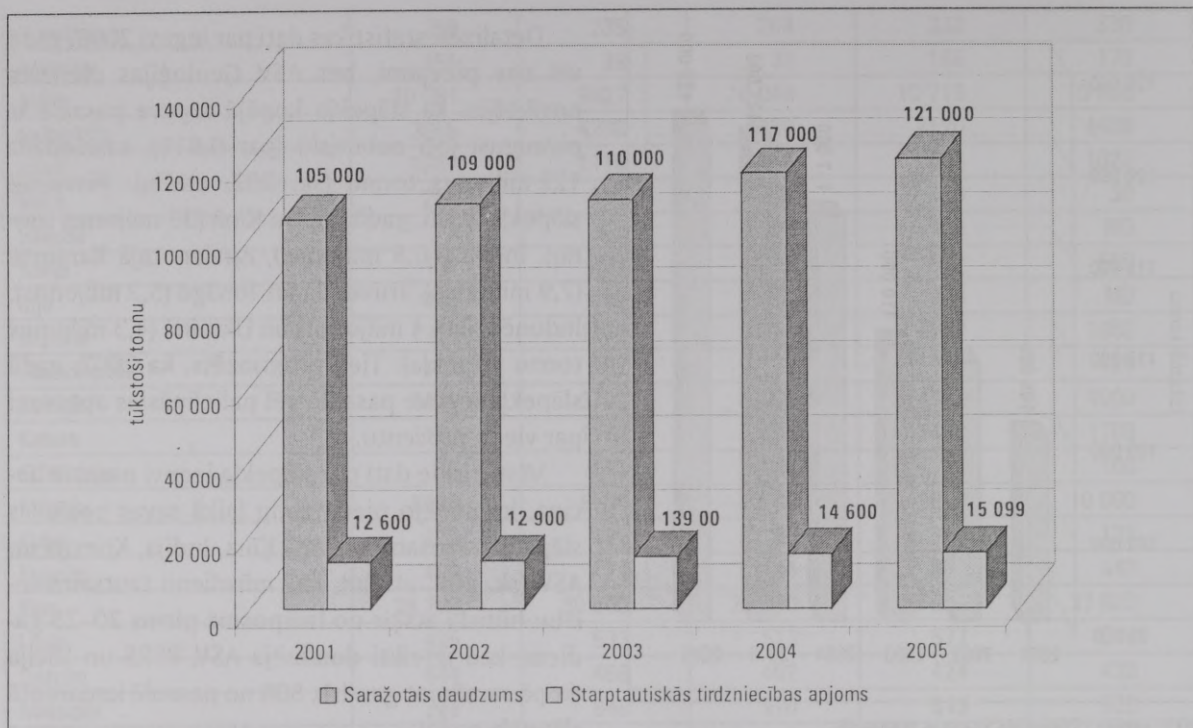
Vēsturiskie dati par slāpekļa iegūti pasaulē liecina, ka pēdējo piecu gadu laikā savas pozīcijas slāpekļa ražošanā saglabā Ķīna, Indija, Krievija un ASV (sk. 203. attēlu), kas mūsdienā tautsaimniecību būtiski atšķir no laikposma pirms 20–25 gadiem, kad izteikti dominēja ASV, PSRS un Vācija (kopā saražojot gandrīz 80% no pasaulē izmantotā slāpekļa gadā).

Pārējās aptuveni 70 valstīs mūsdienās kopā iegūst tikai 45% slāpekļa. Faktiski slāpekli iegūst vēl vairāk nekā 15 valstīs, tomēr neviena no tām un pat visas kopā gadā neiegūst pat vienu tūkstoši tonnu.

Slāpekli iegūst galvenokārt tā pārstrādei ieguves tiešā tuvumā, kas ļauj izvairīties no ļoti dārgas tā transportēšanas un atbilstošo drošības pasākumu



203. attēls. Vadošās valstis slāpekļa ražošanā pasaulē



204. attēls. Pasaulē saražotā slāpekļa daudzums un tā starptautiskās tirdzniecības apjoms

nodrošināšanas. Ja ir kāds nozīmīgs slāpekļa patērētājs, tad tā tiešā tuvumā tiek veidota slāpekļa ieguve no atmosfēras gaisa. Ir arī vairāki slāpekļa transportēšanas cauruļvadi, no tiem garākais – 3200 kilometru – savieno slāpekļa ieguves rūpnīcas Luiziānā un sniedz cauri visai Ārkanzasai, un tālāk savieno pārstrādes rūpnīcas Misūri, Ilinoisas, Indiānas un Nebraskas pavalstīs ASV. Tirdzniecības apriņķī slāpekļi nonāk tikai nelielos drošos fasējumos (no viena litra līdz 10 kubikmetriem), visbiežāk – sašķidrināts. Mūsdienās šādi fasē aptuveni 12% no pasaulē iegūtā slāpekļa (sk. 204. attēlu), pārējā daļa nonāk rūpnieciskā pārstrādē.

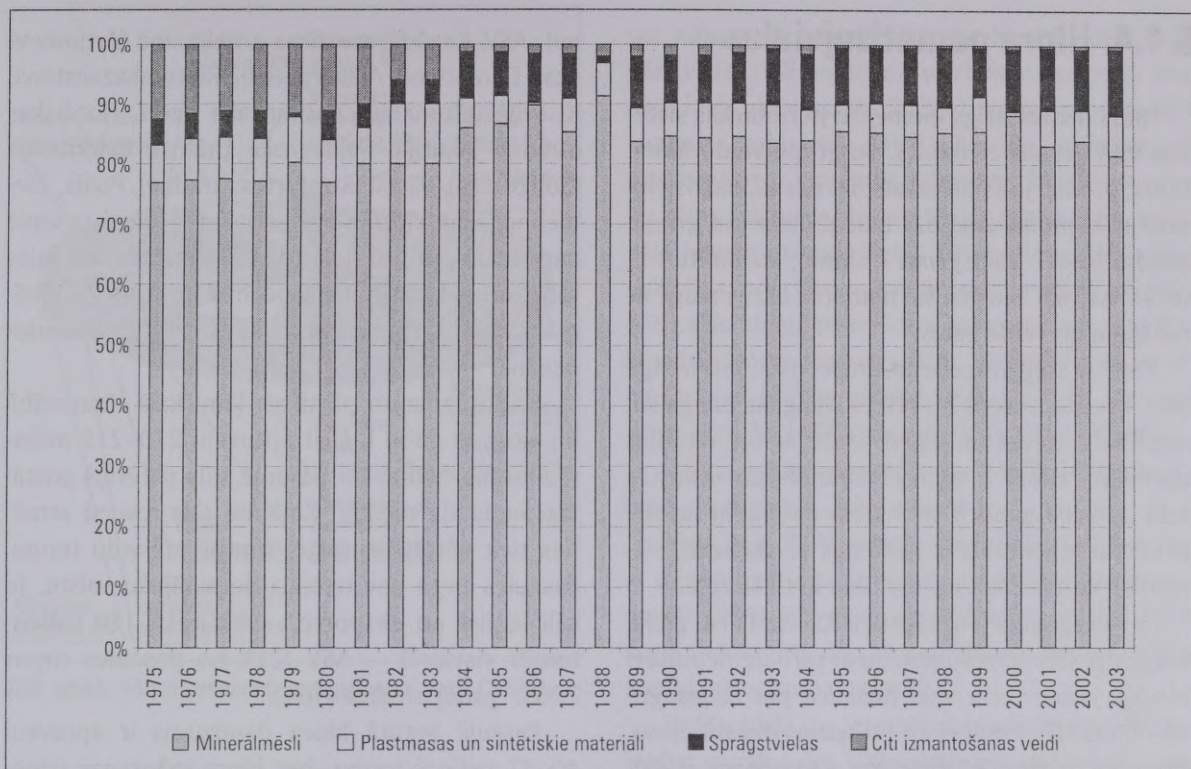
Slāpekļa izmantošana tautsaimniecībā ir ļoti plaša, tomēr izteikti dominē tikai daži veidi – minerālmēslu ražošana, plastmasu un sintētisko materiālu ieguve, kā arī sprāgstvielu ražošana (sk. 205. attēlu). Pārējās ļoti daudzveidīgās jomās izmanto tikai 0,7–0,8% no pasaulē iegūtā slāpekļa.

Slāpekļi nav dārga gāze, un tā cena būtiski mainās no tirgus pieprasījuma (sk. 206. attēlu). Pēdējo gadu laikā cena ir nozīmīgi pieaugusi – līdz 230–250 ASV dolāriem par tonnu, kas raksturo tikai šo tirgus attīstības posmu. Tiek prognozēts, ka atgriešanās pie vidējās tirgus cenas – 120–150 ASV dolāru par tonnu – notiks jau

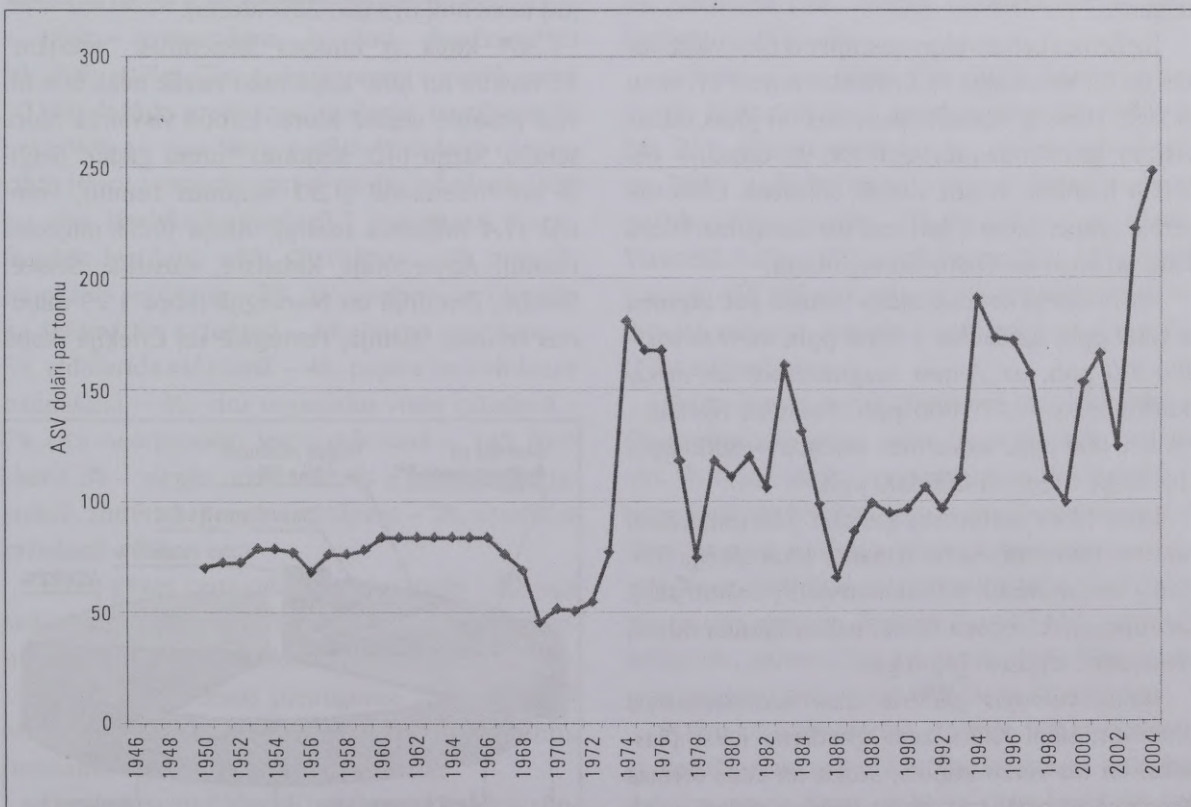
tuvāko 3–5 gadu laikā, tomēr 2006. gada laikā cenas kāpa un sasniedza 450 ASV dolāru par tonnu. 2007. gadā slāpekļa cena bija 320–350 ASV dolāru par tonnu.

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija un ģeoloģija
  - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/N/geol.html>
  - <http://periodic.lanl.gov/elements/7.html>
  - <http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/N-en.htm>
  - <http://www.lenntech.com/nitrogen-cycle.htm>
  - [http://www.qivx.com/ispt/elements/ptw\\_007.php](http://www.qivx.com/ispt/elements/ptw_007.php)
  - <http://www.lateralscience.co.uk/nitrous/index.html>
- ✓ Statistika un pārskati
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/nitrogen.pdf>
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/nitrogen-use.xls>
  - <http://pubs.usgs.gov/of/2004/1290/2004-1290.pdf>
  - <http://www.tfi.org/>
  - <http://www.fertilizer.org/ifa/>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/nitrogen/>
- ✓ Cenas
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/nitrogen.xls>



205. attēls. Slāpekļa izmantošanas galveno sektoru nozīmes izmaiņas pasaulē



206. attēls. Slāpekļa cenas izmaiņas pasaulē

### 5.1.4. Hlora pamatizejvielas

Hlors ir raksturīgs elementu periodiskās sistēmas VIIA grupas elements. Šo grupu veido hlors, fluors, broms, jods un astats, un šos ķīmiskos elementus kopumā sauc par halogēniem (no grieķu valodas *halos* – sāls, *genos* – cilme), ko varētu tulkot kā “sālraži”, jo visi šie nemetāli aktīvi reaģē ar metāliem un veido sāļus.

Hlors ir zaļgandzeltena, smacējoša, ļoti indīga gāze, kas ir aptuveni 2,5 reizes smagāka par gaisu, viegli šķīst ūdenī un daļēji reaģē ar to, veidojot hlorūdeni. Hlors ir aktīvs nemetāls un iesaistās tiešā reakcijā gandrīz ar visiem metāliem un nemetāliem. Izņēmums ir reakcijas ar skābekli, slāpekli un oglekli, kas notiek tikai netiešā ceļā.

Hloru ieguva zviedru ķīmiķis K. Šēle 1774. gadā, kad pētīja sālsskābes reakciju ar piroluzīta pulveri ( $MnO_2$ ). Jauno vielu viņš nosauca par *de-phlogistos* – jūras sāli, piedēvējot tai spējas dzēst liesmu. Hlora nosaukumu ķīmiskajam elementam piešķīra sers H. Deivījs, nosaukumu veidojot no grieķu valodas *χλωρός chloros*, kas nozīmē – dzeltenīgi zaļgans.

Uz Zemes brīvais hlors sastopams tikai vulkāniskās gāzēs. Masas ziņā uz Zemes tas ieņem 11. vietu (0,19%). Hlors ir izplatīts pazemes un jūras ūdens sastāvā, kā arī minerālu veidā (sk. 96. tabulu) – visplašāk hlorīdos, daudz mazāk silikātos. Citās minerālu grupās hlors ir ļoti rets piemaisījums. Hloru satur arī augu un dzīvnieku organismi.

Hlora vidējā koncentrācija Visumā pēc tilpuma ir 1000 ppb, uz Saules – 8000 ppb, meteorītos – 380 000 ppb, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 170 000 ppb, Pasaules okeānā – 19 870 000 ppb, virszemes ūdeņos – 8000 ppb, cilvēka ķermenī – 1 200 000 ppb.

Dabā hlors sastopams gandrīz 350 minerālos, no tiem hlora ražošanai izmanto tikai nātrija hlorīdu – halītu ( $NaCl$ ) jeb akmenssāli (vārāmo sāli). Lai rūpnieciski iegūtu hloru, halītu šķīdina ūdenī, elektrolizē iegūstot hlora gāzi.

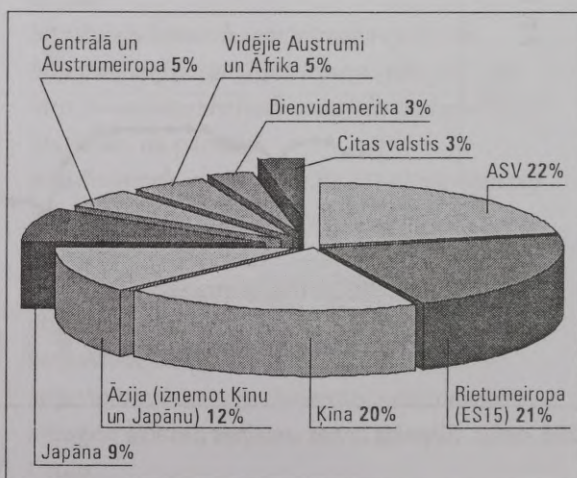
Halīts veidojas gandrīz tikai sedimentācijas procesos, slānī halīts zem spiediena kļūst plastisks, un tas veido kupola, štoka un citas formas iegulas. Ļoti bieži sastopams kopā ar citiem viegli šķīstošiem minerāliem (silvīnu, ģipsi, karnalītu un citiem). Lielākās atradnes ir Ķīnā (Kjuiaouerhe – tās aprēķinātie krājumi pārsniedz 14,5 miljardus ton-

nu), ASV, Kanādā, mazākas arī Ukrainā (Artjomovskas Dsolotvino Aizkarpatos), Rietumkazahstānā, Krievijā (Eltona un Baskunčaka ezeri, Nordvikas atradne Jakutijā, Soļikamska Urālos), Baltkrievijā (Soļigorska), Vācijā (Stasfurtes atradne), Polijā, Ziemeļindijā un citur. Kopējie halīta krājumi pasaulē nav zināmi, jo ļoti liela to daļa joprojām veidojas sālsezeros, kā arī nav iespējams novērtēt to vārāmās sāls daudzumu, kas izšķīdušā veidā ir Pasaules okeānā.

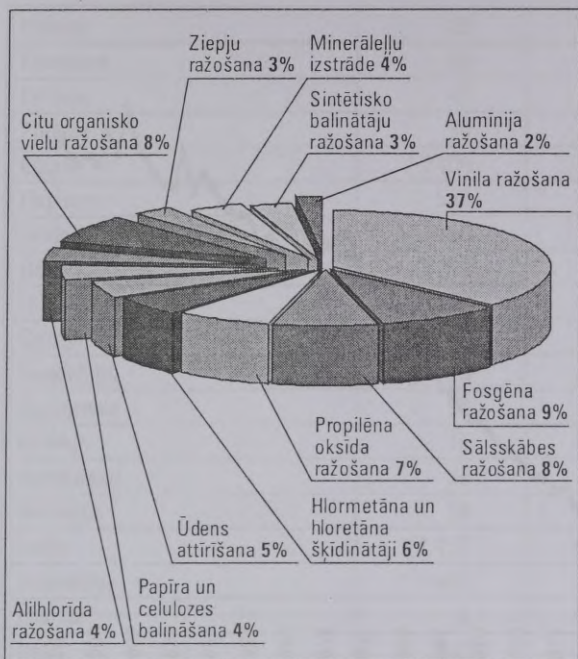
Halītu izmanto pārtikas, ķīmiskajā rūpniecībā un citur. Ik gadu iegūst aptuveni 210–215 miljonus tonnu halīta, un pasaulē sāls patēriņš pastāvīgi nedaudz pieaug. Zināmie sāls resursi atradnēs tiek vērtēti vairākos simtos miljardu tonnu. Pasaules tirgū nav izteikti dominējošu valstu, jo sāli iegūst un eksportē vairāk nekā 120 valstis, tomēr visvairāk – ASV (21% no pasaules tirgus 2005. gadā) un Ķīna (16%).

Pasaulē iegūtā hlora daudzums ir aptuveni 40–47 miljoni tonnu, bet hlora ražošanas uzņēmumu jauda ir 51–53 miljoni tonnu gadā, tomēr šo ražošanas jaudu ģeogrāfiskais izvietojums ir ļoti nevienmērīgs (sk. 207. attēlu).

ASV kopā ar Eiropas Savienības “vecajām” 15 valstīm un Ķīnu kopā ražo vairāk nekā 60% no visā pasaulē iegūtā hlora. Eiropā visvairāk hlora saražo Vācijā (4,3 miljonus tonnu gadā), Beļģijā un Nīderlandē (1,33 miljonus tonnu), Francijā (1,4 miljonus tonnu), Itālijā (0,53 miljonus tonnu), Apvienotajā Karalistē, Austrijā, Šveicē, Somijā, Zviedrijā un Norvēģijā (kopā 1,29 miljonus tonnu), Spānijā, Portugālē un Grieķijā (kopā



207. attēls. Hlora ražošana pasaulē pa reģioniem



208. attēls. Hlora izmantošanas galvenie veidi (2005)

0,73 miljonus tonnu), Polijā, Čehijā, Ungārijā un Slovākijā (kopā 0,62 miljonus tonnu hlora gadā).

Hlora izmantošana ir ļoti daudzveidīga (sk. 208. attēlu). Tas tiek izmantots vairāk nekā 10 000 dažādu preču izgatavošanai, tomēr vairāk nekā 90% no visa hlora patērē ķīmiskajā rūpniecībā. Hloru visvairāk patērē vinila ražošanā (36% no visa ķīmiskajā rūpniecībā izmantotā hlora), fosfēna iegūšanā – 9%, sāļsskābes – 8%, propilēna oksīda iegūšanā – 7%, hlormetāna un hloretāna šķīdinātāju ražošanā – 6%, ūdens attīrīšanai – 5%, alilhlorīda ražošanā – 4%, papīra un celulozes balināšanā – 4%, citu organisko vielu ražošanā – 7%, citu neorganisko vielu ražošanā – 14% (tajā skaitā 3% – ziepju ražošanā, 4% – minerāleļļu izstrādē, sintētiskajiem balinātājiem – 3%, alumīnija ražošanā – 2%).

Hlora gāzes cena pēdējo piecu gadu laikā bija salīdzinoši stabila – 210–220 ASV dolāru par tonnu, izņemot īsus dabas katastrofu vai piegāžu pārtraukumus. Pēc cenas pieauguma 2006. gadā tā atkal ir stabila – 240–265 ASV dolāri par tonnu (neskaitot iepakošanu un transportu).

Daudzuma ziņā hlorīdi ir galvenā ķīmiskās rūpniecības izejviela un arī tās produkts. Rūpnieciska nozīme ir tikai divām pamata izejvielām – nātrija un kālija hlorīdiem. Kālija izejvielas tiks apskatī-

tas nākamajā nodaļā. Nātrija hlorīdi ķīmiskajai pārstrādei tiek iegūti no vairākiem avotiem. Svarīgākie ir akmenssāls (halīta) ieguve galvenokārt pazemes raktuvēs, nātrija hlorīda iegūšana no pārsātinātiem pazemes ūdeņiem, hlorīdu ieguve no jūras ūdeņiem, tos atsāļojot (jūras sāls), sezonāla ieguve no mūsdienu sālsezeriem, sālsūdeņu mākslīga tvaicēšana saulē (sauļes sāls), pārsātinātu sālsūdeņu tvaicēšana vakuumā vai atvērtos iztvaicētājos (vakuuma sāls). Kālija hlorīds ir arī pārstrādes blakus produkts (kālija sāls vienmēr satur dabisku halīta piemaisījumu līdz pat 38%).

Halīta ieguve pasaulē visa pagājušā gadsimta laikā pieauga (sk. 209. attēlu).

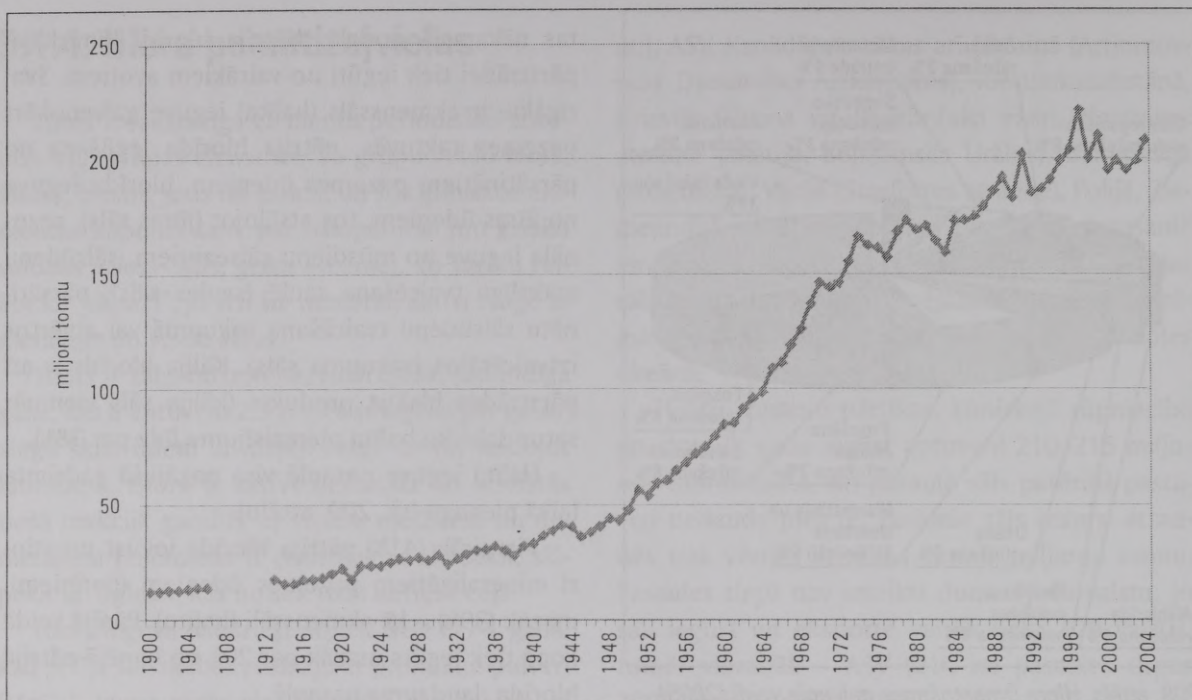
Visvairāk (41%) nātrija hlorīda iegūst no stipri mineralizētiem pazemes ūdeņiem (barīniem), mazāk (39%) – kā akmenssāli (halītu). Pārējā veidā kopā tiek iegūts mazāk par 20% no kopējā nātrija hlorīda daudzuma pasaulē.

Halītu kādā no iepriekš nosauktajiem veidiem iegūst vairāk nekā 100 valstīs (sk. 96. tabulu), visvairāk – ASV (gandrīz 22% no visas ieguves pasaulē), Ķīnā (18%), Vācijā (9%), Indijā (7%), Kanādā (6%) un Austrālijā (5%). Pārējās pasaules valstīs kopā iegūst tikai 33% sāls.

Laikposmā no 2000. līdz 2004. gadam pasaulē (sk. 210. attēlu) un gandrīz visos tās reģionos (sk. 211. attēlu) halīta ieguve palielinājās. 2005. un 2006. gadā halīta sāls ieguve pasaulē strauji palielinājās – attiecīgi 238 un 240 miljoni tonnu. Visvairāk halīta 2007. gadā ieguva Ķīna (48 miljoni tonnu), ASV (46 miljoni), Vācija (18,6 miljoni), Indija (16 miljoni), Kanāda (15 miljoni) un Austrālija (12,4 miljoni tonnu).

Halīta ieguvē dominējošās valstis ir ļoti stabilas līderes ilgstošu laiku, un to loma pastāvīgi palielinās. To valstu skaits, kas iegūst līdz 10 tūkstošiem tonnu nātrija hlorīda, ir stabils. Šīs valstis orientējas uz pašu patēriņa nodrošinājumu un nelielu maiņas tirdzniecību ar kaimiņu valstīm. Tomēr kopējais sāls ieguves apjoms ir stabils un nedaudz palielinās, galvenokārt lai apmierinātu pieaugošo pieprasījumu pēc pretapledošanas līdzekļiem.

Halītu tautsaimniecībā izmanto ļoti daudzveidīgi. Relatīvi samazinās tā halīta daudzuma daļa, kas tiek izmantota sārmu un hlora gāzes iegūšanā, bet palielinās pretapledošanas līdzekļu ražošanā izmantotais daudzums (sk. 212. attēlu). Halītu ļoti daudz izmantoja dažādu sāļu iegūšanai pagājušā gadsimta



209. attēls. Pasaulē iegūtā halīta daudzums

96. tabula. Halīta ieguve pasaulē, tūkstošos tonnu

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004
Afganistāna	13	13	13	13	13
Albānija	20	26	23	23	23
Alžīrija	182	185	205	191	183
Angola	30	30	30	30	30
Apvienotā Karaliste	5800	5800	5800	5800	5800
Argentīna	1000	1270	1080	1156	1200
Armēnija	30	30	30	32	32
ASV	45 550	44 755	40 255	43 655	46 455
Austrālija	8778	9536	9887	9800	11 221
Austrija	401	401	401	401	401
Azerbaidžāna	4	4	5	8	8
Bahamu salas	900	900	900	900	900
Baltkrievija	311	300	300	300	300
Bangladeša	350	350	350	350	350
Bolīvija	1	6	4	2	2
Bosnija un Hercegovina	50	50	50	50	50
Botsvāna	185	179	315	229	208
Brazīlija	6074	5578	6109	6566	6500
Bulgārija	1700	1931	1800	1882	1800
Burkinafaso	5	5	5	5	5
Birma (Mjanma)	35	35	35	35	35
Čīle	5083	5989	3503	6213	6000
Dānija	605	600	600	605	610
Dienvīdāfrikas Republika	346	356	431	438	336
Dienvīdkoreja	800	800	800	800	800
Dominikānas Republika	213	240	207	157	157

Džibuti	136	173	162	128	30
Ekvadora	90	90	90	90	90
Eritreja	47	78	116	52	53
Etiopija	56	61	61	61	61
Ēģipte	2400	2400	2400	2400	2400
Filipīnas	590	600	600	600	600
Francija	7000	7000	7000	7000	7000
Gana	150	68	99	250	250
Grieķija	150	150	150	150	150
Gruzija	30	30	30	30	30
Gvadelupa	49	49	49	49	49
Gvatemala	50	50	50	50	50
Gvineja	15	15	15	15	15
Hondurasa	25	25	25	25	25
Horvātija	34	33	37	31	35
Indija	14 453	14 503	14 503	15 003	15 000
Indonēzija	680	680	680	680	680
Īslande	4	5	5	5	5
Irāka	300	300	203	50	50
Irāna	1560	1985	1970	1970	2000
Itālija	3600	3600	3600	3600	3600
Izraēla	526	600	700	800	800
Jamaika	19	19	19	19	19
Japāna	1374	1358	1282	1273	1251
Jaunzēlande	60	70	70	70	70
Jemena	95	95	125	116	120
Jordānija	344	329	407	410	410
Kaboverde	2	2	2	2	2
Kambodža	40	40	40	40	40
Kanāda	12 164	13 725	12 736	13 952	14 125
Kenija	16	6	19	19	19
Kolumbija	460	568	527	447	540
Kostarika	37	37	37	37	37
Krievija	3200	2800	2800	2800	2800
Kuba	177	180	180	180	185
Kuveita	100	100	100	100	100
Kīna	31 280	34 105	36 024	32 424	37 101
Laosa	2	3	5	16	15
Libāna	4	4	4	4	4
Lībija	40	40	40	40	40
Madagaskara	26	26	17	23	23
Mali	6	6	6	6	6
Malta	6	6	6	6	6
Maroka	188	234	266	236	240
Martinika	200	200	200	200	200
Mauritānija	6	6	6	6	6
Maurīcija	6	7	7	7	7
Meksika	8884	8501	7802	7547	8180
Mongolija	1	2	1	2	2
Mozambika	7	10	80	80	80
Namībija	523	543	630	698	700

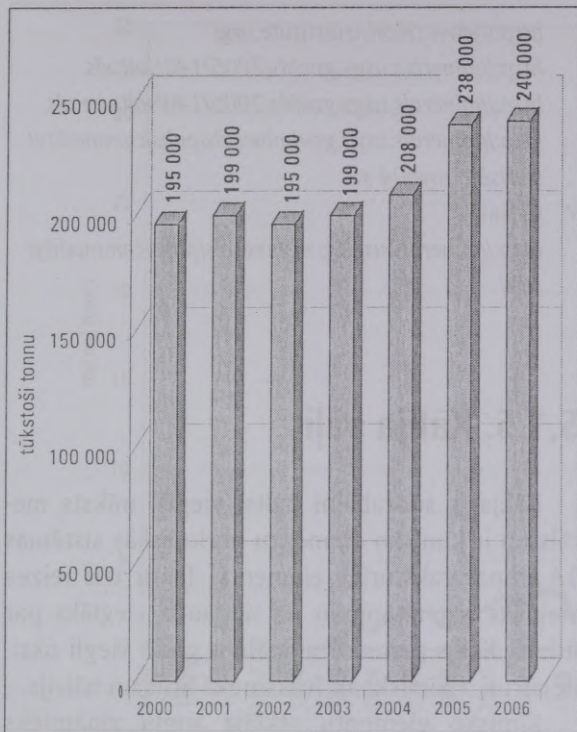
Nepāla	2	5	5	5	4
Nīderlande	5000	5000	5000	5000	5000
Nīderlandes Antīlas	500	500	500	500	500
Nigēra	2	2	2	2	2
Nīkaragva	16	18	30	31	31
Omāna	12	14	14	15	15
Pakistāna	1333	1320	1320	1320	1320
Panama	23	23	23	23	23
Peru	248	419	279	187	249
Polija	1576	1484	1566	1604	1600
Portugāle	600	600	600	600	600
Puertoriko	45	45	45	45	45
Rumānija	2267	2224	2257	2415	2450
Salvadora	32	32	32	31	31
Saūda Arābija	200	200	200	200	200
Senegāla	124	110	130	130	130
Serbija un Melnkalne	78	62	42	65	65
Sīrija	106	190	146	146	146
Slovākija	1217	123	97	95	100
Slovēnija	99	108	128	125	125
Somālija	1	1	1	1	1
Spānija	3200	3200	3200	3200	3200
Sudāna	87	78	83	84	84
Šrilanka	70	130	73	79	79
Šveice	300	300	300	300	300
Taivāna	70	66	57	6	ND
Taizeme	892	953	1009	992	1000
Tanzānija	70	65	71	59	60
Tunisija	620	654	616	700	608
Turcija	2126	1771	2197	2243	2250
Turkmenistāna	215	215	215	215	215
Uganda	5	5	5	5	5
Ukraina	2287	2300	2300	2300	2300
Vācija	937	851	873	743	746
Venecuēla	350	350	350	350	350
Vjetnama	590	669	1089	1275	1300
Ziemeļkoreja	500	500	500	500	500
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>195 000</b>	<b>199 000</b>	<b>195 000</b>	<b>199 000</b>	<b>208 000</b>

ND – dati nav pieejami.

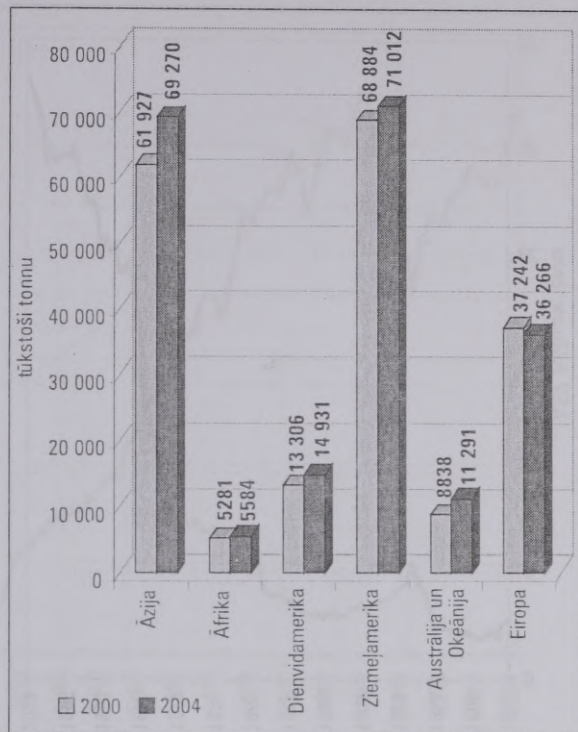
septiņdesmitajos gados un naftas pārstrādes rūpniecībā pagājušā gadsimta astoņdesmitajos gados.

Halīta cena pasaules tirgū ir salīdzinoši konservatīva (sk. 213. attēlu), jo tas tiek iegūts ļoti daudzās valstīs. Savstarpēji konkurē vairāk nekā 13 000 kompāniju, kas akmenssāls un arī sālsezeru ieguves vietās savas ražošanas jaudas būtiski var palielināt dažu dienu laikā. Šo faktoru ietekmē halīta cena saglabājas zema un stabila, tā ir atkarīga no ieguves veida.

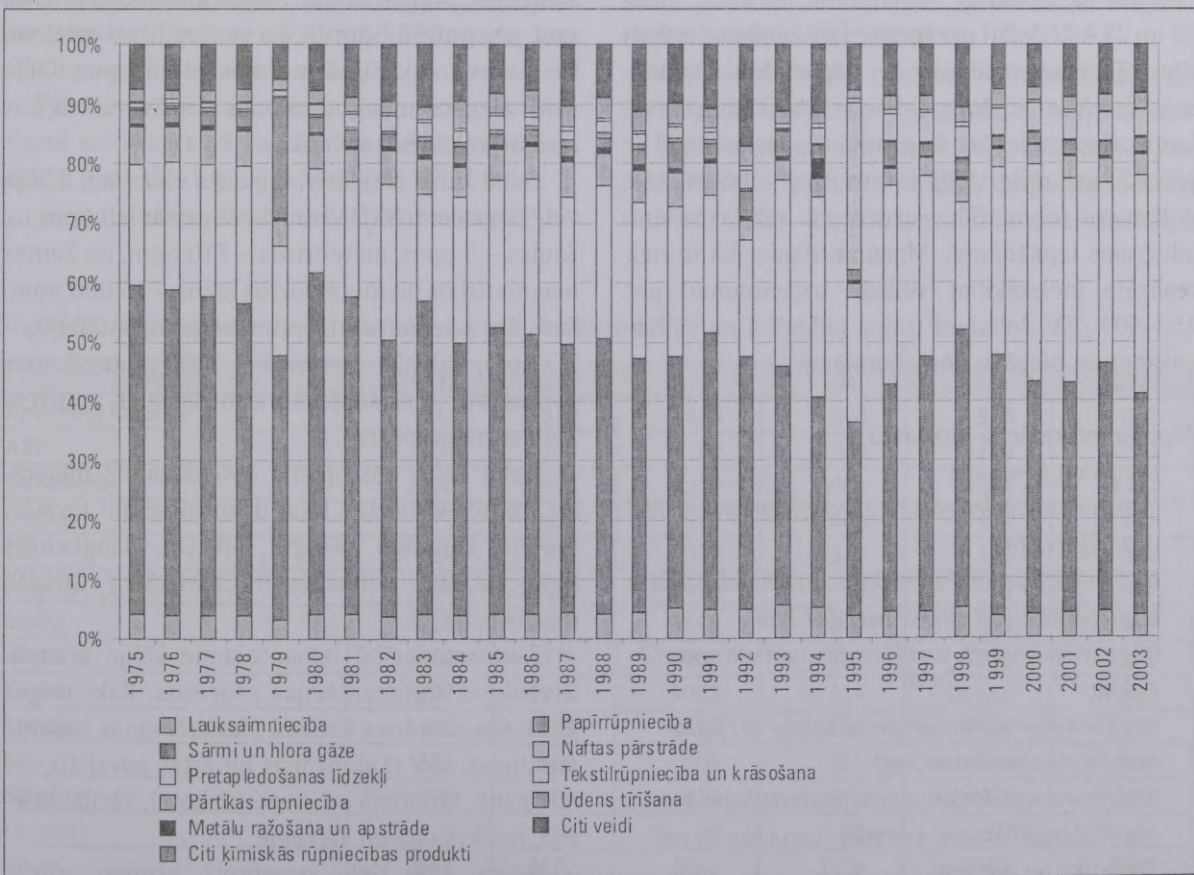
Akmenssāls ražotāju cena 2005. gadā bija 26–29 ASV dolāri par tonnu. No pazemes ūdeņiem iegūtā sāls maksā 13–17 ASV dolāru par tonnu. Saulē tvaicēta sālsezeru sāls ir dārgāka – 53–55 ASV dolāri par tonnu. Visdārgākā ir vakuumā tvaicēta sāls – 135–140 ASV dolāru par tonnu. 2007. gadā sāls cena pieauga. Vakuumā tvaicēta sāls maksā 145 ASV dolārus, no pazemes ūdeņiem iegūtā – 8–8,2 ASV dolārus par tonnu. Nedaudz samazinājās saulē tvaicētas sāls un akmenssāls cena – attiecīgi



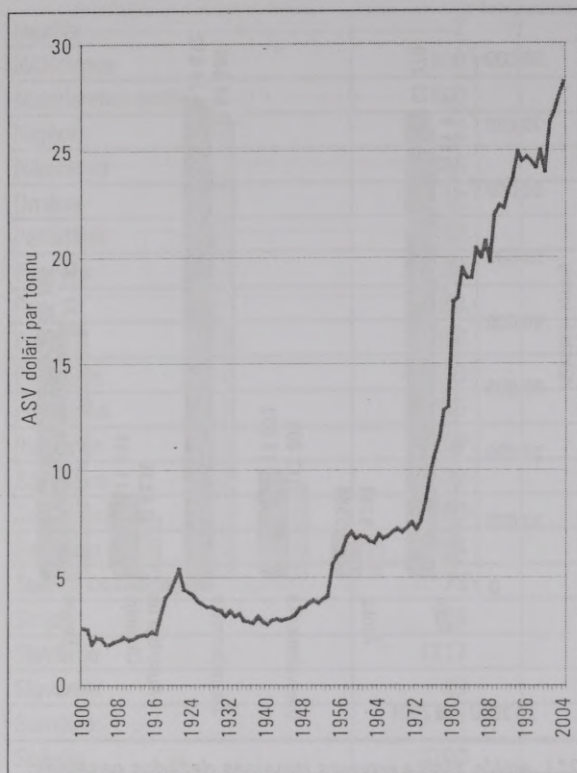
210. attēls. Halīta ieguves dinamika pasaulē



211. attēls. Halīta ieguves izmaiņas dažādos pasaules reģionos 2000.–2004. gadā



212. attēls. Halīta izmantošanas galvenās jomas



213. attēls Akmenssāls (*halīta*) cenas izmaiņas pasaulē

52 un 23 ASV dolāri par tonnu. Šajā cenā nav ieskaitītas sāls transportēšanas un uzglabāšanas izmaksas, kas ir visai nozīmīgas, kā dēļ ķīmiskās rūpniecības uzņēmumi iepērk šo produktu, par to (kopā ar piegādi) maksājot vidēji svērto cenu – 30–40 ASV dolāru par tonnu. Sīkie uzņēmumi sāli fasē viena kilograma iepakojumā. Mazumtirdzniecībā tā tiek realizēta (neierēķinot veikalu uzcenojumu) par 150–500 ASV dolāriem tonnā (atkarībā no tīrības pakāpes un piegāžu nosacījumiem).

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija un ģeoloģija
  - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Cl/geol.html>
  - <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/phosphorus>
  - <http://periodic.lanl.gov/elements/17.html>
  - <http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/Cl-en.htm>
  - [http://www.qivx.com/ispt/elements/ptw\\_017.php](http://www.qivx.com/ispt/elements/ptw_017.php)
  - <http://www.chlorinetree.org/>
  - <http://www.worldchlorine.com/products/index.html>
  - [http://c3.org/chlorines\\_everyday\\_uses/chlorine.pdf](http://c3.org/chlorines_everyday_uses/chlorine.pdf)
- ✓ Statistika un pārskati
  - <http://www.eurochlor.org/index.asp?page=701>

- <http://www.chlorineinstitute.org/>
- <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/salt.xls>
- <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/salt-use.xls>
- [http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/salt/salt\\_myb04.xls](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/salt/salt_myb04.xls)

✓ Cenas

- <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/salt/>

### 5.1.5. Kālija sāļi

Kālijs ir sudrabaini balts, viegls, mīksts metāls un ir ķīmisko elementu periodiskās sistēmas 1A grupas raksturīgs elements. Tas ir trīs reizes vieglāks par alumīniju un nedaudz vieglāks par ūdeni. Kālijs parastos apstākļos gaisā viegli oksidējas un ir ķīmiski aktīvāks nekā litījs un nātrijs.

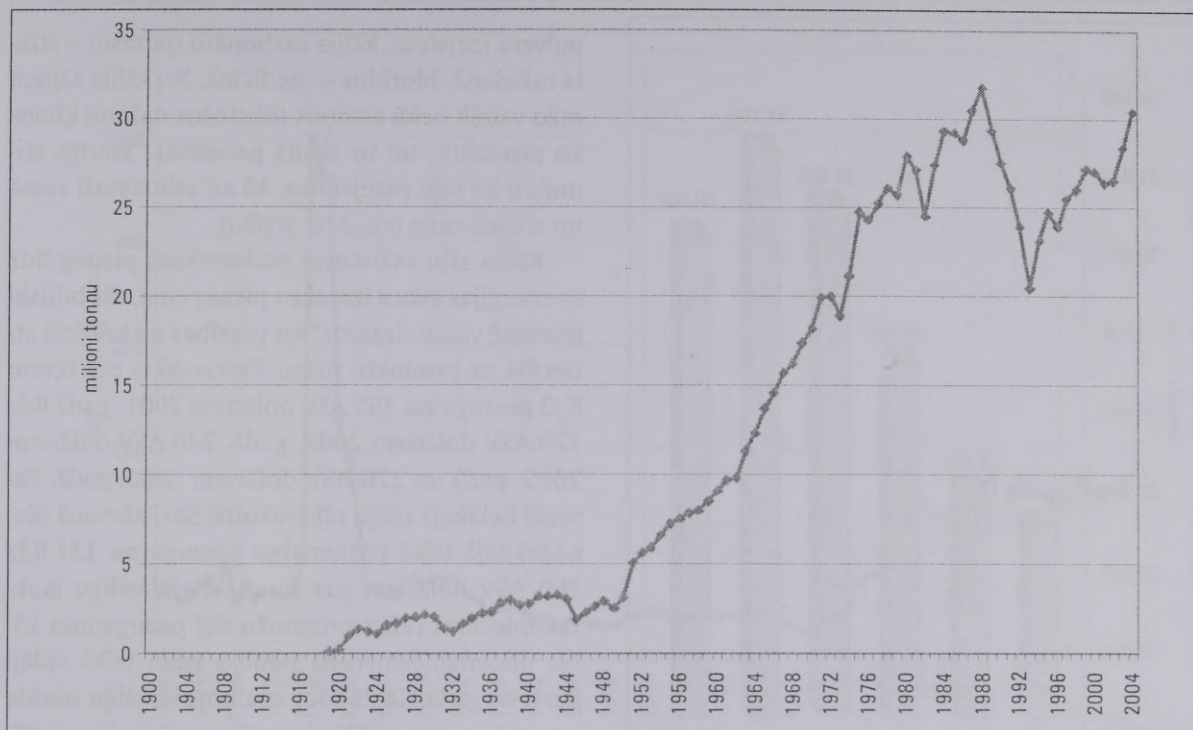
Ķīmisko elementu atklāja angļu zinātnieks H. Deivījs 1807. gadā, elektrolizējot izkausētu kālija hidroksīdu. Kālijs senajās kultūrās nebija zināms, bet viduslaikos tā vispārināts nosaukums bija sārms jeb potašs. Angļu valodā ķīmisko elementu sauc par potašu (sārmu), ko var iegūt no pelniem, kas paliek traukā, dedzinot koksni vai lapas. Kālija vārds aizgūts no arābu valodas *al qalīy* – alkali, kas apzīmē kalcinētus pelnus.

Dabā kālijs ir relatīvi izplatīts elements. Kālija vidējā koncentrācija Visumā pēc masas ir 3 ppm, uz Saules – 3 ppm, meteorītos – 710 ppm, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 15 000 ppm, Pasaules okeānā – 416 ppm, virszemes ūdeņos – 2,3 ppm, cilvēka ķermenī – 2000 ppm. Zemes garozā kopumā kālija koncentrācija ir aptuveni 2,4% svara izteiksmē.

Dabā kālijs sastopams 496 dažādos minerālos, tomēr visbiežāk tikai dažu minerālu formās. Tie ir karnalīts ( $\text{KMgCl}_3 \cdot 6(\text{H}_2\text{O})$ ), langbeinīts ( $\text{K}_2\text{Mg}_2(\text{SO}_4)_3$ ), polihalīts ( $\text{K}_2\text{Ca}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$ ) un silvīts (KCl).

Tautsaimniecībā izmantojamie kālija minerāli veidojas sedimentācijas procesos. Raksturīgas ļoti lielas atradnes Kanādā (Saskačevanas baseina atradnes), ASV (Kalifornijas un Jūtas pavalstīs, arī Mičiganā, Montānā un Ziemeļdakotā), Vācijā, Krievijā, Baltkrievijā un Taizemē.

Kālija sāļi tiek izmantoti aizvien vairāk (sk. 214. attēlu). Pasaulē iegūtā kālija daudzums



214. attēls. Pasaulē iegūtā kālija daudzums, miljonos tonnu  $K_2O$  izteiksmē

( $K_2O$  izteiksmē) norāda uz vairākiem posmiem, kurus nosacīti iezīmē 1950. un 1988. gads, kad sāļu ieguves līkne būtiski mainījās.

Par laikposmu pēc tūkstošgades mijas ir pieejama vairākkārt pārbaudīta un detalizēta informācija par kālija ieguvu pasaulē (sk. 97. tabulu).

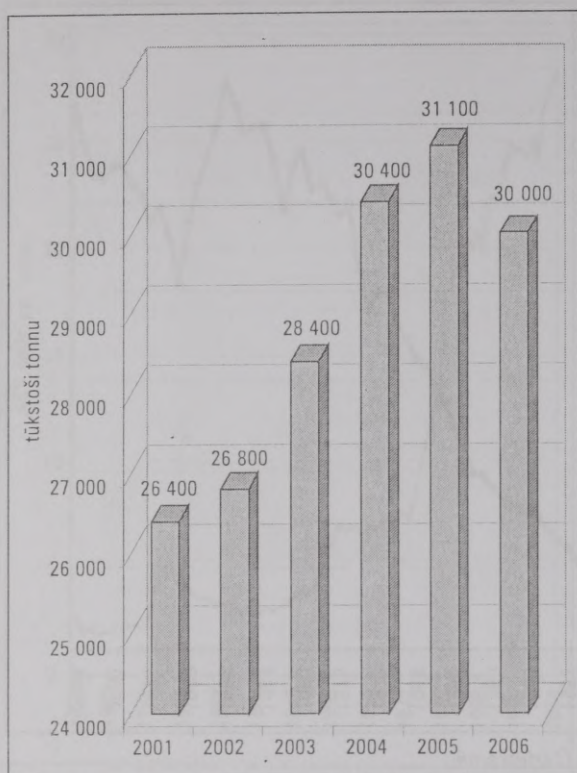
Iegūtais kālija daudzums ( $K_2O$  izteiksmē) pa-

saulē patlaban stabilizējas aptuveni 30 miljonu tonnu līmenī (sk. 215. attēlu).

Kālija minerālu ieguve stabilizējas un 2006. gadā sasniedza aptuveni 30 miljonu tonnu ( $K_2O$  izteiksmē). Minerālu ieguvē dominē tikai piecas valstis, kas kontrolē 89% no pasaules kālija izejvielu tirgus. Kanādā iegūst 34% no visām kālija

97. tabula. Kālija ieguve pasaulē, tūkstošos tonnu  $K_2O$  izteiksmē

Valsts	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Apvienotā Karaliste	532	540	620	600	600	600
ASV	1200	1200	1100	1300	1200	1200
Baltkrievija	3700	3800	4230	4600	4844	4000
Brazīlija	319	337	416	403	405	405
Čīle	390	350	370	370	370	350
Francija	244	130	0	0	0	0
Izraēla	1770	1920	1960	2060	2 060	2100
Jordānija	1180	1170	1230	1230	1230	1200
Kanāda	8237	8515	9093	10 114	10 120	10 200
Krievija	4300	4400	4740	5000	5500	5300
Kīna	385	450	500	551	600	700
Spānija	471	407	510	500	500	500
Ukraina	75	60	60	50	65	65
Vācija	3549	3472	3563	3626	3600	3660
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>26 400</b>	<b>26 800</b>	<b>28 400</b>	<b>30 400</b>	<b>31 100</b>	<b>30 000</b>



215. attēls. Kālija sāļu ieguves daudzums pasaulē  $K_2O$  izteiksmē

izejvielām, Krievijā – 18%, Baltkrievijā – 13%, Ukrainā – 12%, Vācijā – 12%.

Pasaulē ir zināmi ļoti lieli kālija rūdas krājumi, kas 2005. gadā ekspluatācijā esošajās atradnēs tika vērtēti 8,30 miljardu tonnu  $K_2O$  izteiksmē. Papildus nepietiekami izpētītās atradnēs un tādās, kuru izmantošana, esot pašreizējām kālija sāls cenām, nav ekonomiski pamatota, vēl ir apzināti 8,70 miljardi tonnu sāls  $K_2O$  izteiksmē. 76% šo krājumu ir koncentrēti Kanādā (57%), Krievijā (13%) un Baltkrievijā (6%). Pasaulē ir zināmas vēl daudzas citas kālija sāļu iegulas, kuras nav pietiekami pētītas un to ekonomiskā lietderība nav zināma, bet tajās novērtētie kālija sāls resursi ir noteikti aptuveni 250 miljardu tonnu  $K_2O$  izteiksmē. Tāpēc jaunas kālija sāls atradnes netiek meklētas, bet pēdējos 50 gados visas jaunās atradnes ir atrastas nejausi kā blakus atklājumi naftas un gāzes meklēšanas darbos.

Kālija minerālās izejvielas izmanto minerālmēslu ražošanā (95%) un ķīmiskajā rūpniecībā (5%), sākotnēji iegūstot kālija sārmu (KOH). Kālija sārms tiek ļoti plaši izmatots ķīmiskajā rūpniecībā kā stiprs sārms. Kālija nitrātu izmanto par šaujām-

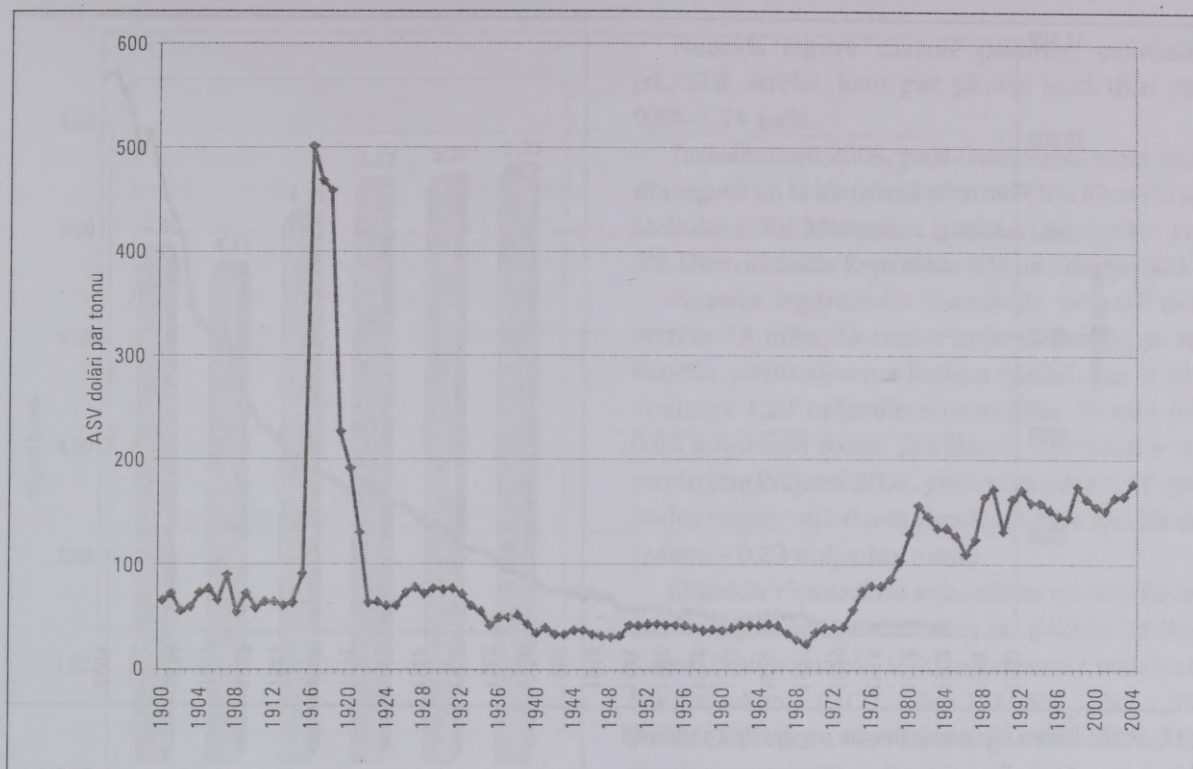
pulvera izejvielu, kālija karbonātu (potašu) – stikla ražošanā, hlorīdus – medicīnā. No kālija sāļiem ražo vairāk nekā astoņus tūkstošus dažādu ķīmisko produktu, un to skaits palielinās. Svarīgs stimuls ir šo sāļu pieejamība, kā arī salīdzinoši zemā un stabilā cena (sk. 216. attēlu).

Kālija sāļu ražošanas pašizmaksas pieaug līdz ar enerģijas avotu izmaksu pieaugumu, tās būtiski ietekmē vides aizsardzības prasības un kritēriji attiecībā uz produktu tīrību. Pašizmaksa par tonnu  $K_2O$  pieauga no 155 ASV dolāriem 2001. gadā līdz 170 ASV dolāriem 2003. gadā, 240 ASV dolāriem 2005. gadā un 270 ASV dolāriem 2006. gadā. Pasaulē lielākajā kālija sāļu ražotnē Saskačevanā (Kanāda) šajā laikā pašizmaksa pieauga no 131 līdz 160 ASV dolāriem par tonnu. Nelabvēlīgu lauksaimniecības ražas prognožu dēļ paaugstinās kālija minerālmēslu cena pēdējo gadu laikā vidēji par 19% gadā. Tā 2006. gada nogalē kālija oksīda cena pieauga par 32%, bet nākamajā gadā ražotāju cena pieauga līdz 274 ASV dolāriem par tonnu. Tiek prognozēts, ka nākotnē tā stabilizēsies 275–280 ASV dolāru līmenī.

Kālija tīrmetāls tiek iegūts ļoti nelielā daudzumā (daži simti tonnu gadā), un tā cena ir aptuveni 60–85 ASV dolāri par kilogramu (99,99% tīrība).

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija un ģeoloģija
  - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/K/geol.html>
  - <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/potassium>
  - <http://periodic.lanl.gov/elements/19.html>
  - <http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/K-en.htm>
  - [http://www.qivx.com/ispt/elements/ptw\\_019.php](http://www.qivx.com/ispt/elements/ptw_019.php)
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/potash/>
- ✓ Statistika un pārskati
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/potash/potasmcs06.pdf>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/potash/potasmby05.pdf>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/potash/potasmby05.xls>
- ✓ Cenas
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/potash/pocyr04.pdf>
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/potash.xls>



216. attēls. Kālija cenas izmaiņas pagājušajā gadsimtā K<sub>2</sub>O izteiksmē

### 5.1.6. Fluora izejvielas

Fluors ir tipisks VIIA grupas ķīmiskais elements un ir raksturīgs halogēns. Tā ir gaiši dzeltena gāze ar asu smaku, kas ir sajūtama gaisā, kad koncentrācija ir 20 ppm. Fluors ir ķīmiski aktīvākais nemetāls, un tas parastā vai paaugstinātā temperatūrā reaģē ar visiem metāliem, veidojot fluorīdus. Aktīvi fluors reaģē arī ar gandrīz visiem nemetāliem, ar ūdeņradi – pat eksplodējot.

Fluora nosaukums cēlies no minerāla fluorīda, kuru pirmoreiz aprakstīja G. Agrikola, nosaukumu veidojot no latīņu valodas vārda *fluor* – plūsma, norādot, ka šī viela var ietilpt gan metālos, gan minerālos. Pazīstamākie vēsturiskie fluora pētījumi ir saistīti ar H. Švanharda (*Heinrich Schwanhard*) vārdu, kas 1670. gadā Nirnbergā veica plašus pētījumus ar mērķi novērtēt tā noderību kā piedevu stiklam. Turpmākajos gados ar fluorūdeņražskābi, kas iegūta no fluorīta ar sērskābi, dažādus eksperimentus veica tā laika pazīstamākie ķīmiķi. Tomēr brīvā veidā fluoru pirmo reizi ieguva tikai 1886. gadā franču ķīmiķis H. Muasāns (*Henri Moissan*). Par šo atklājumu un fluora īpašību pētījumiem

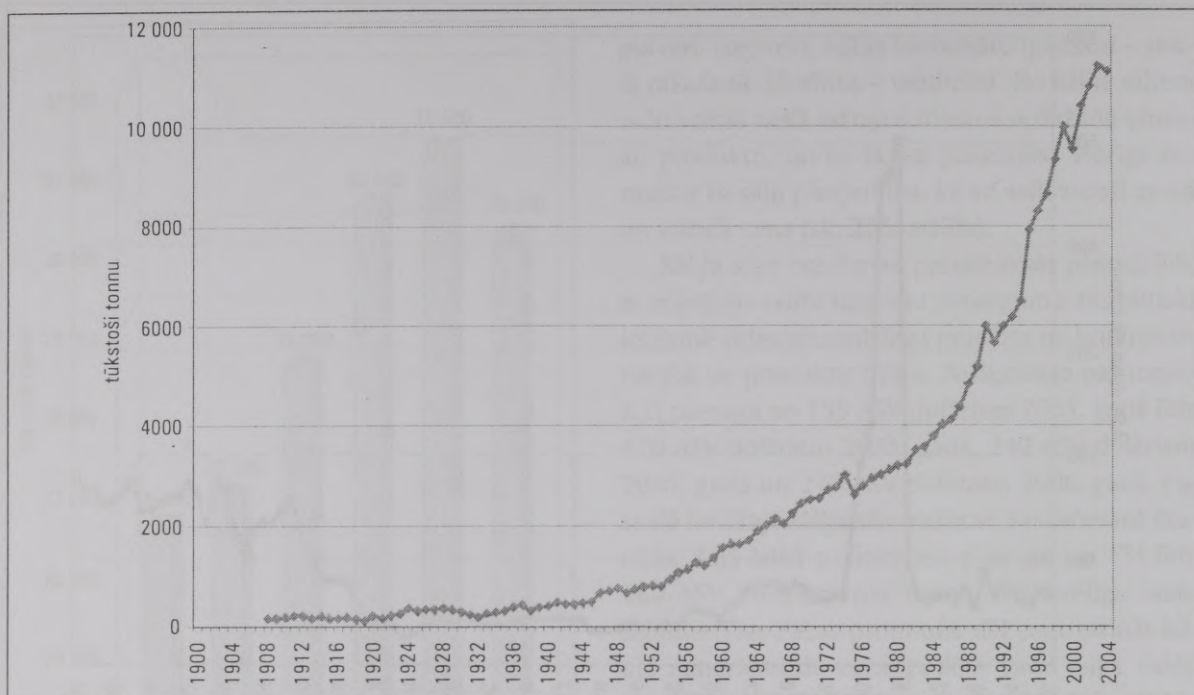
H. Muasāns 1906. gadā saņēma Nobela prēmiju ķīmijā.

Dabā fluors ir salīdzinoši izplatīts. Fluora vidējā koncentrācija pēc tilpuma Visumā ir 0,4 ppm, uz Saules – 0,5 ppm, meteorītos – 89 ppm, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 540 ppm, Pasaules okeānā – 1,3 ppm, virszemes ūdeņos – 0,1 ppm, cilvēka ķermenī – 37 ppm.

Fluors dabā ir sastopams gandrīz 400 dažādos minerālos. Tie veidojas augstas temperatūras hidrotermālos, retāk metamorfisma procesos un eksogēnos apstākļos (ratovkīts). Kvarca dzīslās fluorīta pavadoņi ir barīts, kalcijs, svina, cinka un alvas sulfīdi, greizenos – muskovīts, topāzs, volframīts un kasiterīts.

Fluorīts (CaF<sub>2</sub>) ir galvenais fluora avots, lai arī pēdējo vairāku gadu desmitu laikā arvien vairāk to iegūst no naftas un dabasgāzes. Tautsaimniecības vajadzībām nepieciešamā fluorīta ieguve pagājušajā gadsimtā pastāvīgi pieauga (sk. 217. attēlu), un stabilizācija iezīmējās tikai pēc tūkstošgades mijas.

Mūsdienās gadā pasaulē iegūst 4,7–5,0 miljonus tonnu fluorīta CaF<sub>2</sub> izteiksmē, un tā ieguve nedaudz palielinās (sk. 98. tabulu).

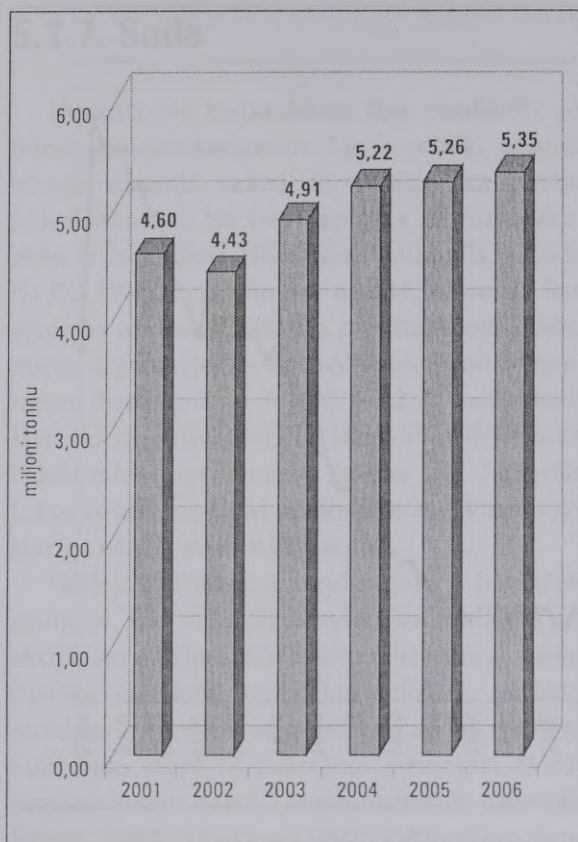


217. attēls. Fluora ieguves izmaiņas pagājušajā gadsimtā

98. tabula. Fluorīta ieguve pasaulē, tonnās  $\text{CaF}_2$  izteiksmē

Valsts	2001	2002	2003	2004	2005	2006**
Apvienotā Karaliste	50 000	45 000	60 000	50 000	50 000	ND
Argentīna	9075	5168	5422	6891	6200	ND
Brazīlija	43 734	47 899	56 346	57 772	63 000	ND
Dienvidāfrikas Republika	286 387	227 000	235 000	265 000	265 000	240 000
Ēģipte	500	500	500	500	500	ND
Francija	110 000	105 000	89 000	90 000	90 000	40 000
Indija	20 766	10 484	10 500	10 700	10 900	ND
Irāna	58 486	32 006	47 730	54 052	54 000	ND
Itālija	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	ND
Kenija	118 850	85 015	95 278	108 000	97 261	100 000
Kirgizstāna	1175	2750	3973	4000	4000	ND
Krievija	200 000	169 000	170 000	200 000	210 000	210 000
Kīna	2 450 000	2 450 000	2 650 000	2 700 000	2 700 000	2 750 000
Maroka	96 500	94 911	81 225	112 100	95 000	115 000
Meksika	619 468	622 477	756 258	842 698	873 000	950 000
Mongolija	199 000	185 000	275 000	354 900	367 500	370 000
Namībija	81 551	81 084	79 349	104 785	115 886	127 000
Pakistāna	1000	1000	1000	1000	1500	ND
Rumānija	15 000	15 000	15 000	15 000	15 000	ND
Spānija	134 039	141 434	139 698	140 000	140 000	150 000
Tadžikistāna	9000	9000	9000	9000	9000	ND
Taizeme*	3020	2271	40 180	2375	295	ND
Turcija	4093	5344	718	880	800	ND
Vācija	30 400	34 400	33 300	33 200	33 200	ND
Ziemeļkoreja	12 000	12 000	12 000	12 000	12 500	ND
Citas valstis kopā (2006. gadā)						300 000
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>4 600 000</b>	<b>4 430 000</b>	<b>4 910 000</b>	<b>5 220 000</b>	<b>5 260 000</b>	<b>5 350 000</b>

\*Dati nav uzskatāmi par drošiem. \*\*Pēc ASV Ģeoloģijas dienesta novērtējuma. ND – dati nav pieejami.



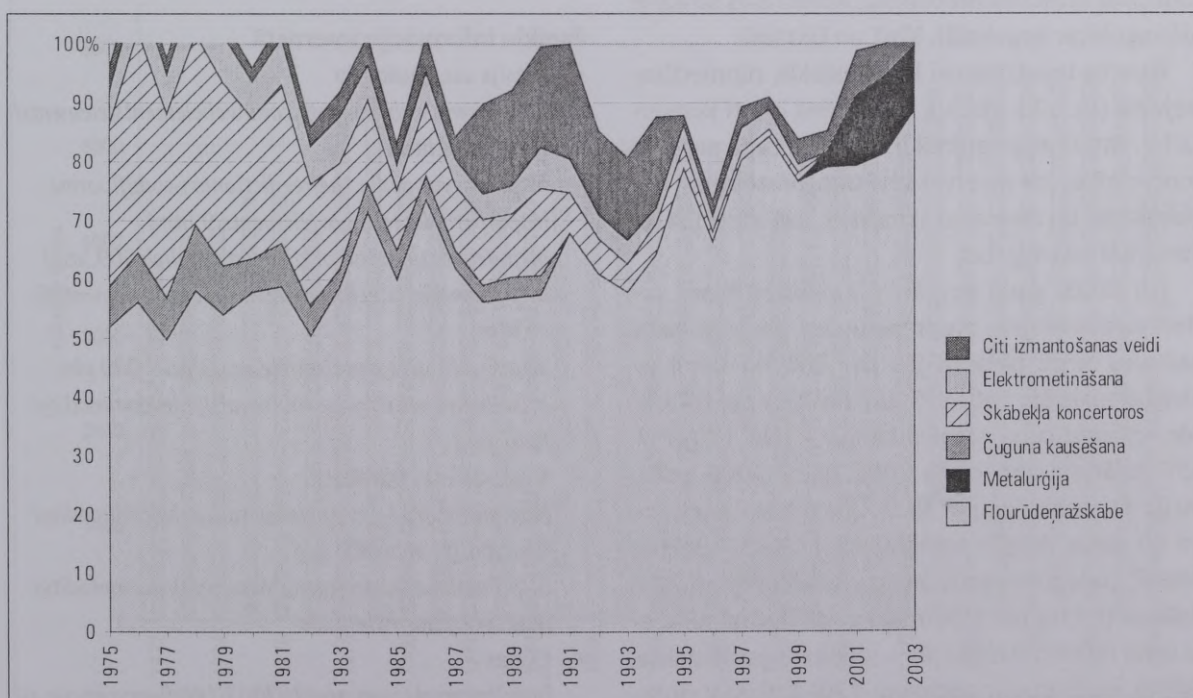
218. attēls. Fluorīta ieguve pasaulē, tonnās  $\text{CaF}_2$  izteiksmē

Fluorīda ieguve pasaulē pastāvīgi palielinās (sk. 218. attēlu), kaut gan pēdējā laikā tikai par 0,8%–1,7% gadā.

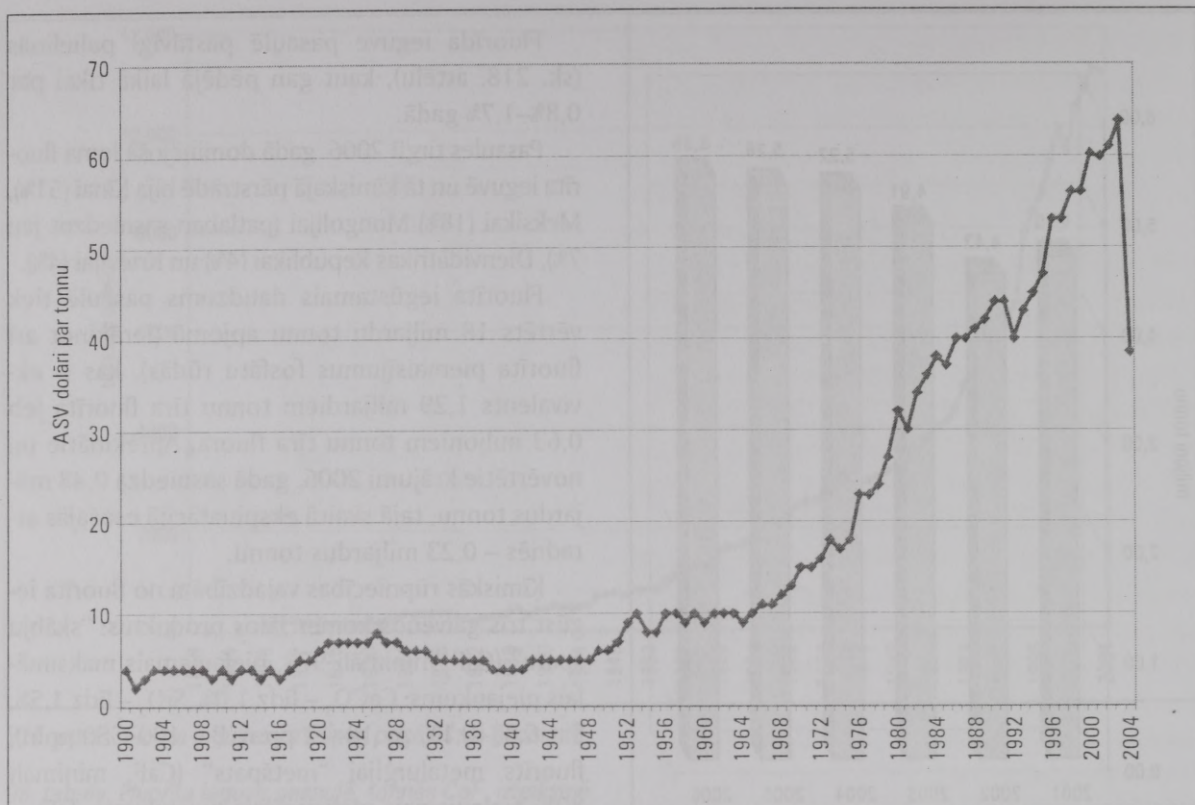
Pasaules tirgū 2006. gadā dominējošā loma fluorīta ieguvē un tā ķīmiskajā pārstrādē bija Ķīnai (51%), Meksikai (18%) Mongolijai (patlaban sasniedzot jau 7%), Dienvidāfrikas Republikai (4%) un Krievijai (4%).

Fluorīta iegūstamais daudzums pasaulē tiek vērtēts 18 miljardu tonnu apjomā (ierēķinot arī fluorīta piemaisījumus fosfātu rūdās), kas ir ekvivalents 1,29 miljardiem tonnu tīra fluorīta jeb 0,63 miljoniem tonnu tīra fluora. Aprēķinātie un novērtētie krājumi 2006. gadā sasniedza 0,48 miljardus tonnu, tajā skaitā ekspluatācijā esošajās atradnēs – 0,23 miljardus tonnu.

Ķīmiskās rūpniecības vajadzībām no fluorīta iegūst trīs galvenos komerciālos produktus: “skābju špatu” ( $\text{CaF}_2$  minimāli 97%, pieļaujamais maksimālais piejaukums:  $\text{CaCO}_3$  – līdz 1,0%,  $\text{SiO}_2$  – līdz 1,5%, S – 0,03–0,1%, As 10–12 ppm, P – 100–550 ppm); fluorīts metalurģijai “metšpats” ( $\text{CaF}_2$  minimāli 80%, pieļaujamais maksimālais piejaukums:  $\text{SiO}_2$  – līdz 15%, S – 0,3%, Pb – 0,5%) un fluorīts keramiskai rūpniecībai ( $\text{CaF}_2$  80–96% un  $\text{SiO}_2 > 3\%$ ). Fluoru visplašāk izmanto metalurģijā, ķīmiskajā rūpniecībā, keramisko izstrādājumu ražošanā, optiskajā rūpniecībā un kodoltehnikā (sk. 219. attēlu). Lielākās



219. attēls. Fluora izmantošanas galvenie veidi un to izmaiņas



220. attēls. Fluorīta cenas izmaiņas pagājušajā gadsimtā

atradnes pasaulē ir ASV (Kentuki un Ilinoisas pavalstīs), Mongolijā (Berhas, Dzuncagandelas un Borundurā atradnes), Krievijā (Klangujas un Garsonijskas atradnes Aizbaikālā, Amdermas atradne Arhangeļskas apgabalā), Ķīnā un Ukrainā.

Fluorīts ir salīdzinoši lēta ķīmiskās rūpniecības izejviela (sk. 220. attēlu), un tā cena ir ļoti konservatīva. Attēlā atspoguļotā ir ražotāju cena par 87% koncentrātu, kas neietver sevī transportēšanas, uzglabāšanas un fasēšanas izmaksas, kas attiecībā uz fluorītu ir ļoti augstas.

Jau 2003. gada beigās, pateicoties Ķīnas arvien pieaugošajam pieprasījumam, fluorīta cena pasaules tirgū palielinājās par 20% un kopā ar piegādi maksāja 160–175 ASV dolārus par tonnu. Pēc krituma cena atkal pieauga – līdz 139–144 ASV dolāriem par tonnu 2005. gadā. 2006. gada maijā tā sasniedza pat 200 ASV dolāru par tonnu un gada beigās stabilizējās 173 ASV dolāru līmenī, jo ieguves pašizmaksa sasniedza 56 ASV dolārus par tonnu. Nākamajā gadā fluora izejvielu cena izteikti dažādojās – izejvielu pašizmaksa skābju iegūšanai ir aptuveni 220–230 ASV dolāru, metalurģijas vajadzībām – 100–110 ASV do-

lāru par tonnu. Tiek prognozēts, ka šāda cena saglabāsies arī nākotnē, kamēr nesamazināsies enerģijas avotu izmaksas.

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija un ģeoloģija
  - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/F/geol.html>
  - <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/fluorine>
  - <http://periodic.lanl.gov/elements/9.html>
  - <http://education.jlab.org/itselemental/ele009.html>
  - <http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/F-en.htm>
  - [http://www.qivx.com/ispt/elements/ptw\\_009.php](http://www.qivx.com/ispt/elements/ptw_009.php)
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/fluorspar/>
- ✓ Statistika un pārskati
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/fluorspar/fluormyb05.pdf>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/fluorspar/fluormyb05.xls>
- ✓ Cenas
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/fluorspar-use.xls>

### 5.1.7. Soda

Nosacīti pie karbonātiem tiek pieskaitīti arī ūdeni saturoši karbonāti. Tie ir vairāki desmiti nātrija, magnija, urāna un vairāku citu metālu hidrokarbonāti. No tiem izplatīts un makroskopiski ir nosakāms tikai viens minerāls – soda  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  (sinonīms – natrīts, natrons), kas veidojas arī mūsdienās no piesātinātiem šķīdumiem, izgulsnējoties normālā spiedienā temperatūru diapazonā no  $+2\text{ }^\circ\text{C}$  līdz  $+32\text{ }^\circ\text{C}$ . Soda viegli šķīst ūdenī, aktīvi reaģē ar sālsskābi. Sildot soda izdala ūdeni, un minerāls izšķīst tajā. Minerāls krāso liesmu intensīvi dzeltenā krāsā, kas ir raksturīga nātrija analītiskā pazīme.

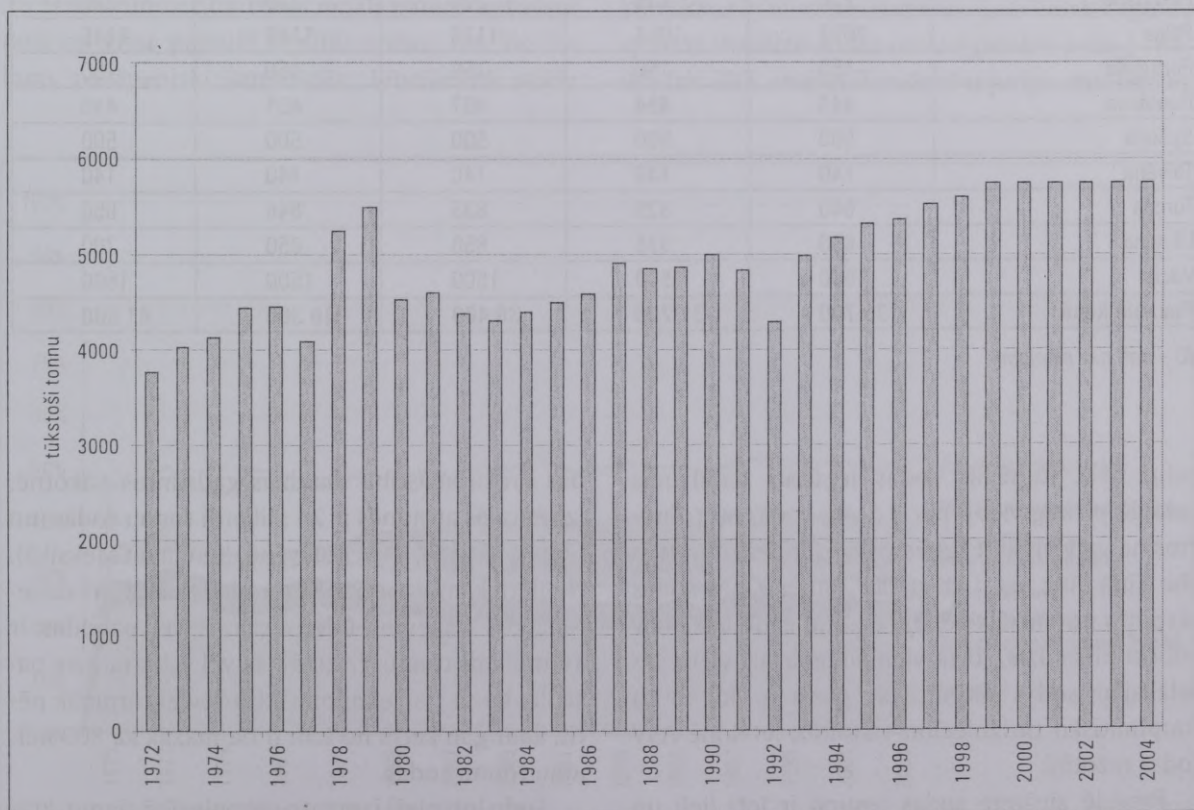
Veidojas sālsezeros izgulsnējoties. Ir zināmi gadījumi, kad minerāls ir veidojies apmaiņas reakcijās no nātrija sulfātu minerāliem, organismu darbības ietekmē reducējot sulfātus. Lielākās atradnes ir saistītas ar mūsdienas sodas ezeriem Kulindinas stepē (Kazahstānas ziemeļos), Doroņinskas sodas ezerā (Austrumsibīrijā Krievijā), Ēģiptē, Irākā, Tībetā un ASV (Kalifornijas dienvidaustrumos).

Sodu kā vienu no ķīmiskās rūpniecības pamatizejvielām iegūst ļoti lielā daudzumā (sk. 221. attēlu).

Pasaulē gadā vidēji iegūst 42–43 miljonus tonnu (sk. 99. tabulu un 222. attēlu). Tā ir ļoti apjomīga industrija ar gada apgrozījumu 4–4,2 miljardi ASV dolāru, un tai ir tendence koncentrēties arvien mazāk valstīs un tikai lielās atradnēs, kas ļauj samazināt ražošanas izmaksas. Vēl pirms divdesmit gadiem sodu rūpnieciski ieguva gandrīz 50 valstīs vairāk nekā četri tūkstoši kompāniju, taču mūsdienās – tikai 33 valstīs.

Detalizēta statistika par 2006. gadu nav pieejama. ASV Ģeoloģijas dienesta informācija liecina, ka šajā gadā ASV ir iegūti 10,9 miljoni tonnu sodas, Botsvānā – 0,28 miljoni, Kenijā – 0,36 miljoni tonnu sodas, taču ir norādīts, ka mākslīgi soda ir ražota vairāk nekā 20 valstīs – kopā 31,50 miljonu tonnu apjomā.

Sodas ieguves industriju un tās starptautisko tirdzniecību pārvalda tikai dažas valstis (sk. 223. attēlu), kuru nozīme sodas ieguvē sasniedz 73%. Tās ir ASV (26% no visas ieguves pasaulē), Ķīna (33%), Krievija (6%), Vācija (4%) un



221. attēls. Pasaulē iegūtās sodas daudzums

99. tabula. Sodas ieguve pasaulē, tūkstošos tonnu nātrija karbonāta izteiksmē

Valsts	2001	2002	2003	2004	2005
Apvienotā Karaliste	1000	1000	1000	1000	1000
Argentīna	ND	ND	ND	ND	70
ASV	10 300	10 500	10 600	11 000	11 000
Austrālija	300	300	300	300	300
Austrija	150	150	150	150	150
Bosnija un Hercegovina	37	ND	12	11	11
Botsvāna	251	283	309	263	250
Brazīlija	200	200	200	200	200
Bulgārija	800	800	800	800	800
Čada	12	12	12	12	12
Dienvīdkoreja	310	310	310	310	310
Etiopija	8	4	4	6	7
Ēģipte	50	50	50	50	50
Francija	1000	1000	1000	1000	1000
Indija	1500	1500	1500	1500	1500
Irāna	120	120	120	130	130
Itālija	1000	1000	1000	1000	1000
Japāna	461	410	400	400	400
Kanāda	300	300	300	300	300
Kenija	298	304	353	356	360
Krievija	2370	2400	2400	2600	2600
Ķīna	9144	10 330	11 336	12 668	14 210
Meksika	290	290	290	290	290
Nīderlande	400	400	400	400	400
Pakistāna	230	230	230	230	230
Polija	1062	1054	1110	1167	1115
Portugāle	150	150	150	150	150
Rumānija	448	454	407	401	410
Spānija	500	500	500	500	500
Taivāna	140	140	140	140	140
Turcija	640	825	835	846	850
Ukraina	650	678	650	650	700
Vācija	1500	1500	1500	1500	1500
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>35 700</b>	<b>37 200</b>	<b>38 400</b>	<b>40 300</b>	<b>41 900</b>

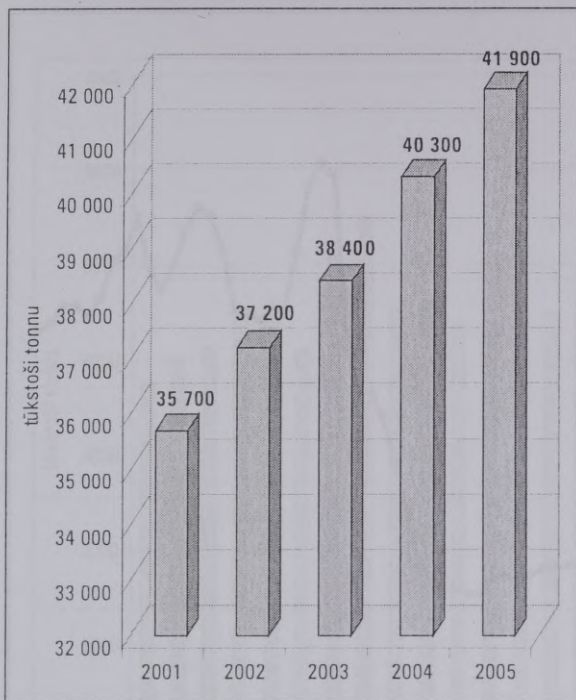
ND – dati nav pieejami.

Indija (4%). Kopējais sodas iegūtais daudzums pasaulē pieaug vidēji par 3,5–4% gadā, un to nodrošina galvenokārt iegūstošās rūpniecības attīstība Ķīnā (līdz pat 11% gadā). Tomēr Ķīnas sodas eksporta potenciāls pēdējo astoņu gadu laikā nav būtiski pieaudzis, jo tā vienlaikus ir arī viena no lielākajām sodas patērētājām pasaulē, līdz ar to starptautisko tirdzniecību visvairāk ietekmē ASV sodas ražotāji.

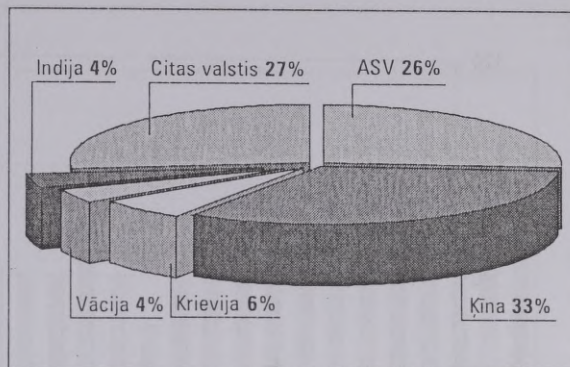
Pasaulē zināmie sodas resursi ir ļoti lieli un nodrošina ķīmiskās rūpniecības un tautsaimniecī-

bas drošu attīstību daudzus gadsimtus nākotnē. Izpētītajās atradnēs ir 24 miljardi tonnu sodas (no tām 95% – ASV, 4% – Botsvānā, Kenijā un Meksikā). Nepietiekami izpētītajās atradnēs un stipri mineralizētos pazemes ūdens slāņos vēl papildus ir 16 miljardi tonnu. Ir zināmas vēl 62 atradnes pasaulē, kuras nav ekonomiski izdevīgi turpmāk pētīt, kaut gan katrā no tām ir ne mazāk kā 800 miljonu tonnu sodas.

Sodu ļoti plaši izmanto saimniecībā ziepju, krāsu, stikla, kā arī krāsvielu ražošanā, metalurģijā,



222. attēls. Sodas ieguve pasaulē



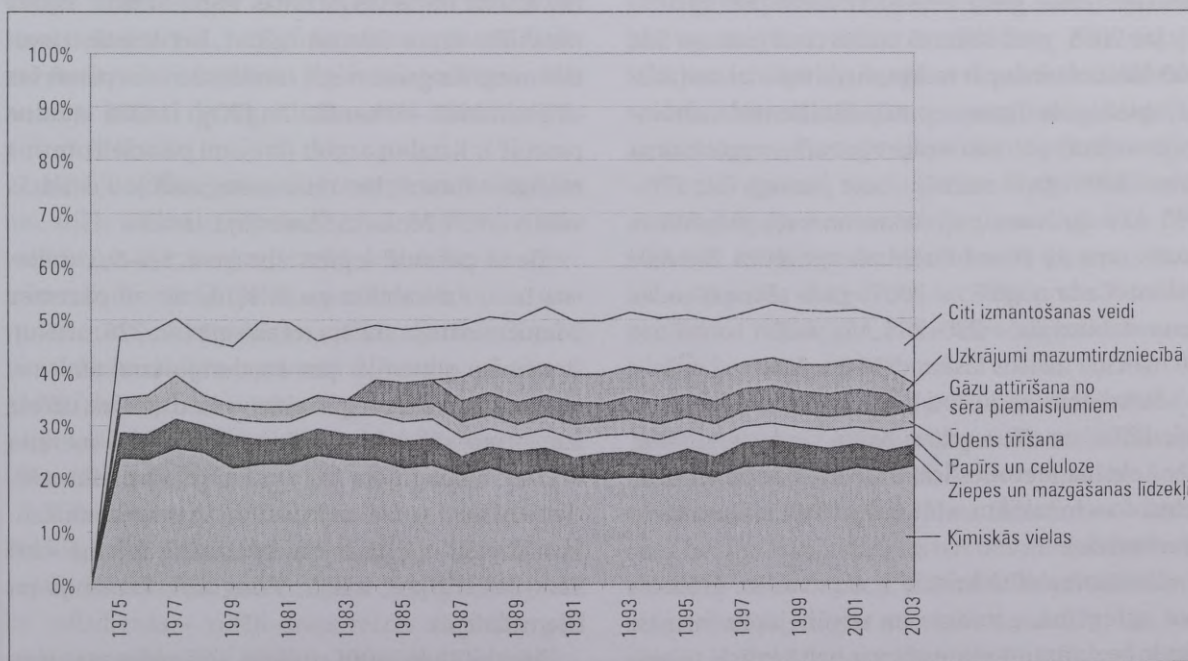
223. attēls. Pasaulē vadošo valstu loma sodas ieguvē un ražošanā

papīrrūpniecībā un citur. Šo ļoti dažādo sodas izmantošanas veidu nozīme un sodas patēriņš laika gaitā ir mainījies (sk. 224. attēlu).

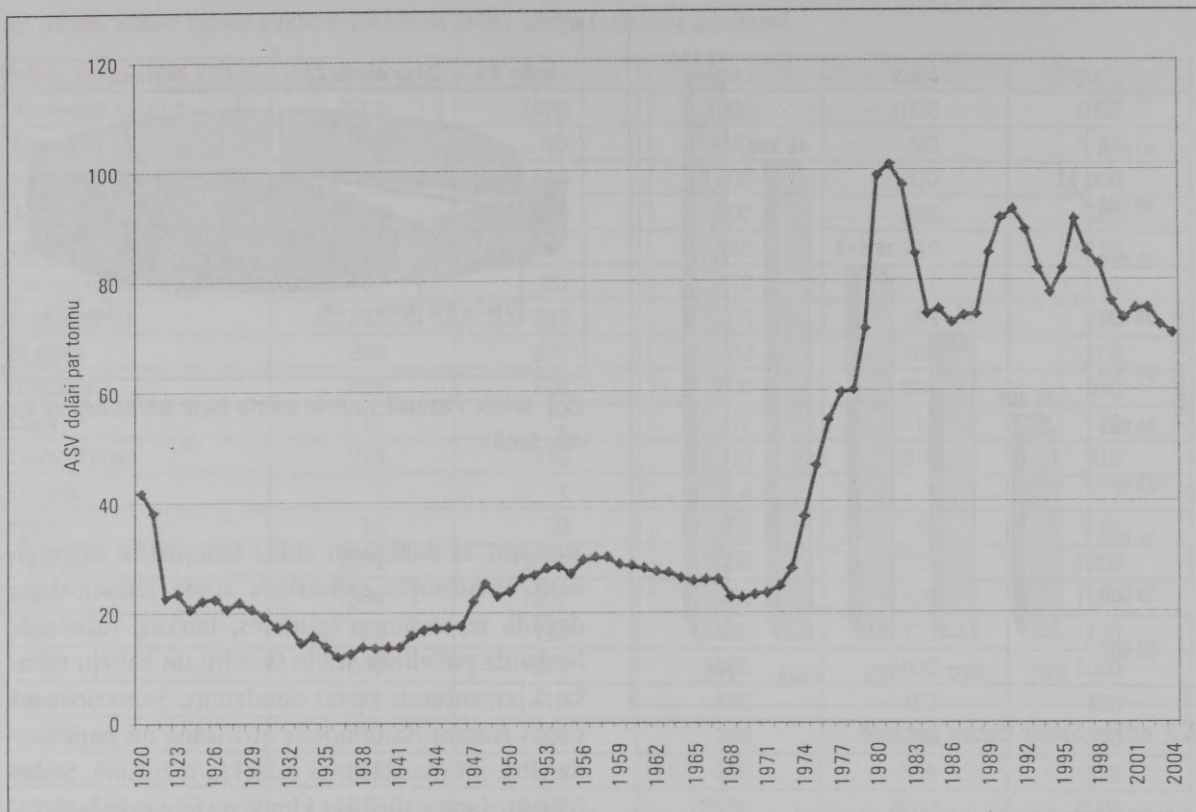
Stikla rūpniecība tradicionāli patērē aptuveni pusi no visas pasaulē iegūtās sodas, bet šis līmenis pakāpeniski samazinās, būvniecībā stiklu

aizstājot ar dažādiem stikla kompozītu materiāliem. Visstraujāk samazinās stikla izmantošana dažādu iepakojumu (pudeles, burkas) ražošanā. Nedaudz palielinās stikla šķiedru un kabeļu ražošanā izmantotais sodas daudzums. Samazinās arī sodas izmantošana ūdens attīrīšanā un papīrrūpniecībā, arī mazgāšanas līdzekļu ražošanā. Sodas izmantošana palielinās ķīmisko vielu ražošanā.

Tirgus prece ir soda, kuras kvalitāti nosaka pēc  $\text{NaO}_2$  daudzuma (minimāli 58%), blīvuma, fasējuma svara un piegādes nosacījumiem. Soda nav dārga ķīmiskās rūpniecības izejviela. Ļoti lielais ieguves apjoms stabilizē sodas cenu ilgstošos laika periodos (sk. 225. attēlu). Tomēr tā ir jutīga attiecībā uz



224. attēls. Galvenie sodas izmantošanas veidi un to nozīme



225. attēls. Sodas cenas dinamika pagājušajā gadsimtā

energoresursu cenām. Tas konstatējams arī mūsdienās. Līdz 2004. gada beigām ražotāju cena bija 70–80 ASV dolāru par tonnu (neietverot fasēšanas, transportēšanas un uzglabāšanas izmaksas), bet kopš 2005. gada cena ļoti būtiski pieaug.

Jau 2005. gada sākumā sodas cena pieauga līdz 100 ASV dolāriem par tonnu, vispirms – lai nodrošinātu pieaugošo tirgus pieprasījumu Dienvidaustrumāzijā un Ķīnā, pēc tam – pieaugot arī energoresursu cenai. 2006. gadā ražotāju cena pieauga līdz 170–195 ASV dolāriem par tonnu un ostā piegādātas sodas cena 10 tonnu fasējumā sasniedza 260 ASV dolāru. Gada nogalē un 2007. gada sākumā sodas cena stabilizējās – 220–235 ASV dolāri tonnā par 50 mārciņu maisos fasētu dabisko sodu.

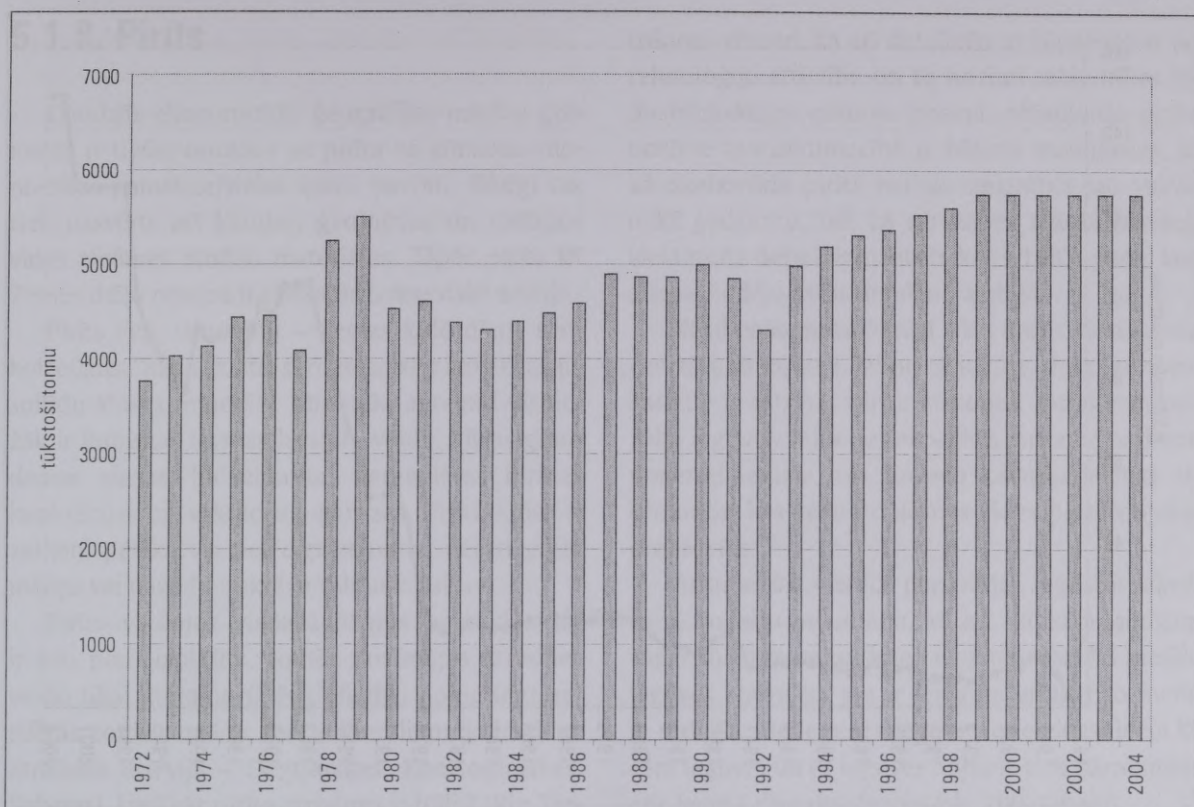
Mūsdienās sodu ļoti plaši iegūst mākslīgi no mirabilīta, mazāk – arī no halīta. Sodas iegūšanai pēc Leblāna metodes (sakausējot ar kaļķi un ogli) izmanto – mirabilītu –  $\text{Na}_2(\text{SO}_4) \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  (sinonīms – glaubersāls).

Dabā mirabilīta kristāli ir masīvos un graudainos agregātos, garoziņu un uzsūbējumu formās. Tas ir bezkrāsains minerāls vai baltā krāsā, tā spīdums ir stiklains, garša – sāļi rūgta.

Mirabilīts veidojas ar nātrija sulfātu bagātos sālsezeros. Ziemas mēnešos, kad āra temperatūra nokrītas zem  $6^\circ\text{C}$ , ezera dibenā milzīgā daudzumā izkrīt mirabilīta nogulsnes. Vētru laikā viņi to iznes krastā un veido dažādas vaļņu formas. Vasarā mirabilīts ezera ūdeņos izšķīst, bet krastā izmesmais minerāls gaisā viegli zaudē ūdeni un pārvēršas citā minerālā – tenardītā  $\text{Na}_2[\text{SO}_4]$ . Lielākā atradne pasaulē ir Karabogazgols (krājumi pārsniedz četrus miljardus tonnu), bet tas ir sastopams ļoti daudzās valstīs – ASV, Meksikā, Austrālijā, Izraēlā.

Gadā pasaulē iegūst aptuveni 5,1–5,3 miljonus tonnu mirabilīta un tā šķīdumu no pazemes ūdeņiem nātrija sulfāta izteiksmē (sk. 226. attēlu). Detalizēta statistika par šo derīgo izrakteņi nav pieejama, jo liela iegūto izejvielu daļa tiek uzreiz izmantota kādam konkrētam pārstrādes mērķim un tiek atspoguļota tās statistikā. Visplašāk nātrija sulfāta ieguve tiek veikta Serles ezerā Kalifornijā (ASV) un Ķīnā, daudz mazākā apjomā – arī Botsvānā, Ēģiptē, Itālijā, Mongolijā, Rumānijā un Dienvidāfrikā.

Mirabilīta krājumi pasaulē zināmajās atradnēs ir novērtēti 3,3 miljardu tonnu apjomā nātrija



226. attēls. Pasaulē iegūtā mirabilīta daudzums

sulfāta izteiksmē. Papildus izpētītajām atradnēm lieli mirabilīta krājumi zināmi arī lielajos sālsezeros (piemēram, Kalifornijā, Teksasā ASV, Meksikā, Izraēlā), kā arī lielās stipri mineralizēto pazemes ūdeņu atradnēs. Šeit novērtētie nātrija sulfāta resursi tiek vērtēti 1,3 miljardu tonnu apjomā. Zināmo resursu izvietojums ir ļoti nevienmērīgs – 48% no tiem ir tikai četrās valstīs – ASV, Kanādā, Spānijā un Meksikā.

Nātrija sulfātu ļoti plaši izmanto sodas iegūšanai, stikla un krāsu rūpniecībā, arī medicīnā – sāls vannām un kā caurejas līdzekli. Mirabilīts un stipri mineralizēti nātrija sulfāta pazemes ūdeņi ir galvenais nātrija avots ķīmiskajā rūpniecībā. Tomēr visvairāk mirabilīta (aptuveni 2,7 miljonus tonnu gadā) izmanto veļas pulveru ražošanai patēriņam galvenokārt Dienvidamerikā, nedaudz mazāk – arī Dienvidrietumāzijā.

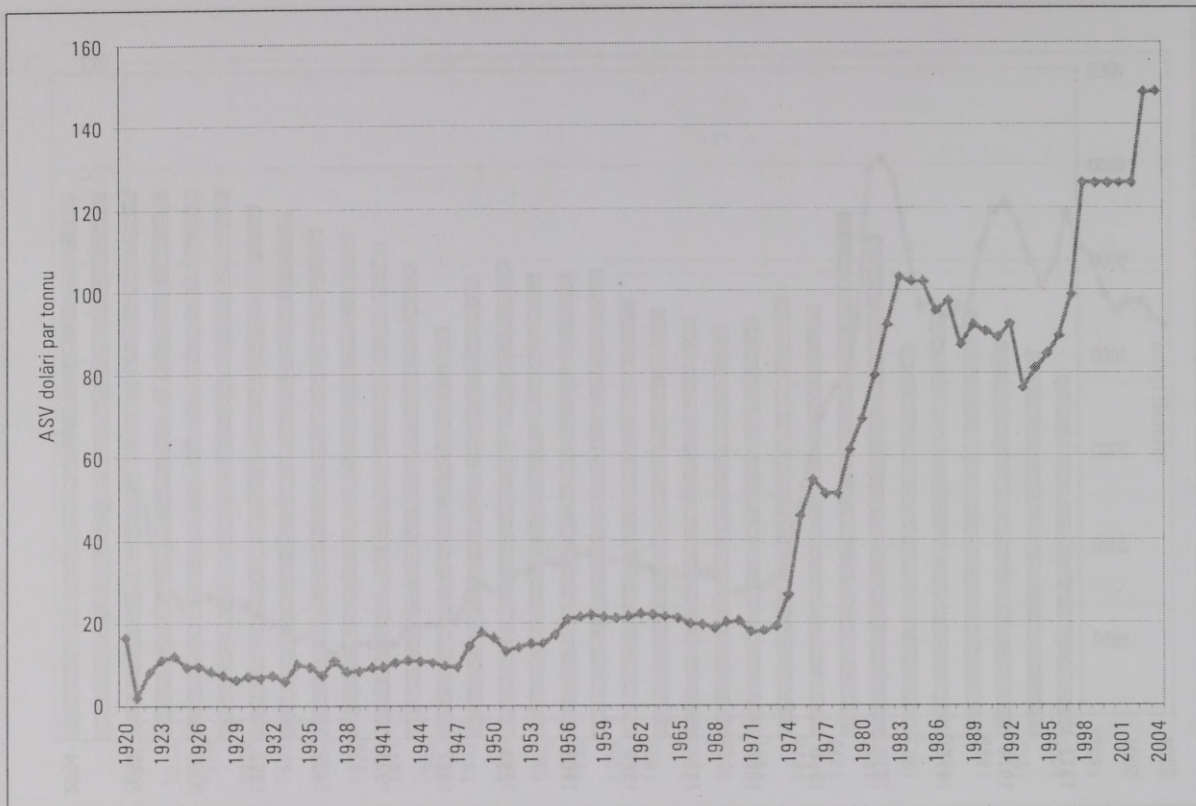
Mirabilīta cena ir ļoti tuva sodas cenai vēsturiski ilgstošā posmā, bet kopš pagājušā gadsimta septiņdesmitajiem gadiem cena ir būtiski augstāka, mūsdienās – vidēji divas reizes augstāka par sodas cenu (sk. 227. attēlu). 2006. gadā mirabilīta cena bija 134–145 ASV dolāri par tonnu.

Nātrija sulfāts tiek izmantots arī **nātrija tīrmetāla** ieguvei.

Nātrijs ir IA grupas ķīmiskais elements, tas ir sudrabaini balts un viegls, mīksts metāls. Nātrijs ir ķīmiski ļoti aktīvs metāls un gaisā strauji oksidējas, tas reaģē ar visiem nemetāliem, elektriskajā lokā pat ar slāpekli. Reaģē ar daudziem metāliem, veidojot intermetāliskus savienojumus. Reaģējot ar saliktām vielām, nātrijs izdala daudz siltuma.

Zemes garozā tas ir sestais izplatītākais elements. Nātrija koncentrācija Zemes garozā pēc masas ir 23 000 ppm, Visumā – 20 ppm, uz Saules – 40 ppm, meteorītos – 5600 ppm, Pasaules okeānā – 11 050 ppm, virszemes ūdeņos – 8 ppm, cilvēka ķermenī – 1400 ppm.

Nātriju atklāja angļu ķīmiķis H. Deivjns 1807. gadā, elektrolizējot kaustisko sodu. Nātrija nosaukums vairākumā valodu ir veidots no nezināmā metāla sāļu apzīmējuma viduslaikos – *sodanum*, bet ķīmiskais simbols (arī nosaukums latviešu valodā) ir veidots pēc J. J. Bercēliusa priekšlikuma no jaunlatīņu (*Lingua neo Latina*) *natrium*, kas savukārt ir aizgūts no grieķu – *níttron* (sausā rūgta jūras sāls).



227. attēls. Pasaulē iegūtā mirabilīta cenas izmaiņas

Nātrijs dabā veido ļoti daudz minerālu (patlaban ir reģistrēti 988 minerāli), no tiem plašāk pazīstami ir tikai 75–92 minerāli. Ļoti daudzi minerāli āra apstākļos nav noturīgi un viegli šķīst (nātrija hlorīdi, sulfāti, karbonāti, nitrāti), bet noturīgi ir vairākums nātrija silikātu un alumosilikātu minerālu.

Nātrija tīrmetālu izmanto ierobežoti – visplašāk vairāku organiskās sintēzes reakciju nodrošināšanai rūpnieciskā apjomā. Daudzuma ziņā visvairāk šķīdru nātriju izmanto atomreaktoru dzesēšanas iekārtās (siltuma pārnesei no reaktora uz ūdeni un arī no ūdens uz turbīnu). Gadā saražo vairāk nekā 10 000 tonnu 99,9% tīrības nātrija tīrmetāla.

Nātrija tīrmetāla cena nav augsta. Ilgstoši tā bija 150–170 ASV dolāru par tonnu. Pēdējo gados tā ir pieaugusi līdz 0,30–0,45 ASV dolāriem par kilogramu. Eiropas Savienībā šīs preces izplatīšana tiek regulēta, un to realizē tikai daži uzņēmumi. 2005. gadā standartpreces cena Eiropā bija 67,10 eiro par 450 gramiem. Patlaban metāla cena ir pieaugusi.

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija un ģeoloģija
  - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Na/geol.html>
  - <http://periodic.lanl.gov/elements/11.html>
  - <http://education.jlab.org/itselemental/ele011.html>
  - <http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/Na-en.htm>
  - [http://www.qivx.com/ispt/elements/ptw\\_011.php](http://www.qivx.com/ispt/elements/ptw_011.php)
- ✓ Statistika un pārskati
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/sodaash.xls>
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/sodaash-use.xls>
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/sodiumsulfate.xls>
  - [http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/soda\\_ash/sodaamcs06.pdf](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/soda_ash/sodaamcs06.pdf)
  - [http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/soda\\_ash/soda\\_myb05.xls](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/soda_ash/soda_myb05.xls)
- ✓ Cenas
  - <http://www.ecplaza.net/ecmarket/list.asp?cmd=search&keywords=sodium+metal>

### 5.1.8. Pirīts

Daudzās ekonomiskās ģeogrāfijas mācību grāmatās ir tiešas norādes uz pirīta kā ķīmiskās rūpniecības pamatizejvielas īpašo nozīmi, līdzīgi tas tiek uzsvērts arī ķīmijas, ģeoloģijas un dažādos vides zinātnes studiju materiālos. Tāpēc pirīts kā Zemes dzīļu resurss ir apskatāms atsevišķā sadaļā.

Pirīts  $FeS_2$  (sinonīmi – dzelzs kolčedāns, sēra kolčedāns, “kaķu” zelts, sērdzelznis) ir izplatītākais sulfīdu klases minerāls. Minerālu agregāti visbiežāk ir kubiskas formas kristālu veidā, blīvas graudainas masas, lodveida un neregulāras formas konkrēcijas un sekrēcijas, garozas. Pirīta krāsa ir zeltaini pelēka vai pelēcīgi zeltaina, nereti gaiša misiņa vai dažādu nokrāsu salmu krāsā.

Pirīts veidojas visdažādākajos apstākļos un ir ļoti plaši izplatīts, tomēr nozīmīgas atradnes veido tikai metamorfizētu efuzīvu nogulumu perifērās zonās kopā ar vara minerāliem (kolčedāna atradnes Krievijā – Degtjarskas, Komsomoļskas, Subajas). Lielākās pirīta atradnes ir Itālijā (Rio Tinto – hidrotermālie veidojumi) un Norvēģijā (Sulitelma – magmatiskā tipa atradne).

Pirītu izmanto sērskābes iegūšanai, kā blakus produktus gandrīz vienmēr iegūst niķeli, varu, kobaltu, sudrabu un zeltu, kā sekundārus elementus nereti selēnu un dzelzi.

Pirīta īpašā nozīme ir skatāma divos aspektos – vispirms iepazīstoties ar sērskābes (pazīstama arī kā vitriola eļļa jeb *Zayt al-Zaj*) atklāšanas un izman-

tošanas vēsturi, kā arī detalizēti ar rūpniecības un tehnoloģiju attīstību un to nozīmi sabiedrības industrializācijas sākuma posmā. Mūsdienās pirīta nozīme tautsaimniecībā ir būtiski mainījusies, jo kā dzelzsrūda pirīts netiek izmantots jau vairāk nekā gadsimtu, bet kā sērskābes ražošanas izejviela pirīts netiek izmantots kopš 1987. gada, kad slēdza pēdējo šādu rūpnīcu Zambijā.

Mūsdienās pirītu iegūst tikai dažās valstīs koncentrātu ražošanai, lai no tā iegūtu cinku un varu. Pasaulē ir astoņas pirīta atradnes, kuras izmanto zelta ieguvei. Tajās netiek veikta pirīta pamatkomponentu ieguve, tos novada kalnrūpniecības atkritumos, kas rada nopietnas vides piesārņojuma problēmas.

Pirītu iegūst vietējai pārstrādei, iegūstot niķeli, varu, kobaltu un selēnu, kā arī sērskābi vietējām vajadzībām metalurģiskos uzņēmumos. Šo metālu ieguves statistika jau ir iekļauta atbilstošo metālu sadaļās, tāpēc pirīta ieguve netiek klasificēta kā sēra ieguve, un tā ieguves apjoms tiek pārrēķināts pēc iegūtā sēra daudzuma (sk. 100. tabulu).

Jaunāki statistikas dati par pirīta ieguvu pagaidām nav pieejami. Pēc esošās informācijas, sēra izteiksmē pirīta ieguve pēdējos piecos gados ir nestabila – 4–5,9 miljoni tonnu. Pirītu turpina iegūt tikai deviņas valstis. Ķīnas loma pasaules pirīta ieguvē ir 87%. Ķīnā tas joprojām ir nozīmīgs vietējais resurss, un tā produkti netiek eksportēti. Pārējās valstīs pirīta ieguve samazinās vai tiek pārtraukta.

100. tabula. Pasaulē iegūtā pirīta daudzums, tonnās sēra izteiksmē

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004
Brazīlija	23 720	24 468	22 620	19 246	24 174
Dienvīdāfrikas Republika	145 650	150 184	183 004	175 621	150 166
Krievija	404 000	324 000	261 000	357 000	289 000
Ķīna	4 010 000	3 678 000	3 240 000	4 655 000	5 113 000
Namībija	6000	34 491	1817	15 893	1829
Rumānija	9883	1835	IP	IP	IP
Somija	360 000	260 000	235 000	276 200	283 700
Spānija	94 222	89 796	IP	IP	IP
Turcija	45 000	26 000	34 000	28 000	20 000
Zambija	21 000	25 000	IP	IP	IP
Ziemeļkoreja	18 000	18 000	18 000	18 000	18 000
Zimbabve	29 000	21 700	19 000	19 000	42 400
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>5 200 000</b>	<b>4 700 000</b>	<b>4 000 000</b>	<b>5 600 000</b>	<b>5 900 000</b>

IP – ieguve pārtraukta.

Lielākās pirīta koncentrātu ražotājas pasaulē pēdējo gadu laikā bija Namībijas zelta ieguves kompānijas, bet arī to produkcijas apjoms ir krities no 57 tūkstošiem tonnu 1999. gadā līdz 1,8 tūkstošiem tonnu 2004. gadā, un 2005. gadā koncentrātu ražošana Namībijā tika pārtraukta.

2006. gadā Eiropā lielākā kalnrūpniecības korporācija *EuroZinc Mining Corporation* ar Eiropas Savienības struktūrfondu atbalstu iegādājās Neveskorvo pirīta atradņu kompleksu (kopā 85 atradnes 2683 kvadrātkilometru teritorijā ar kopējiem apstiprinātiem krājumiem 1,7 miljardi tonnu masīvas sulfīdu rūdas) Portugālē ar mērķi realizēt šeit ļoti vērienīgu cinka, svina, sudraba un vara rūdu ieguvī. Tā varētu būt pirmā nopietnā kalnrūpniecības aktivitāte Eiropā pēc Otrā pasaules kara un potenciāli varētu samazināt Eiropas ekonomikas pašreizējo atkarību no šo metālu importa.

Sērskābes ražošana mūsdienās simtprocentīgi tiek veikta no sērūdeņraža gāzes un sēra, ko iegūt dabasgāzes atradnēs kā blakus produktu. Turpmākā tās ražošana notiek ar kontakta metodi iespējami tuvu gāzes atradnēm. Tas ļauj izvairīties no dārgām dabasgāzes priekšattīrīšanas procedūrām, kas nepieciešamas, lai to varētu transportēt pa cauruļvadiem. Sērskābes ražošanas apjoms pasaulē 2005. gadā sasniedza 172 miljonus tonnu ar kopējo vērtību vairāk nekā 8,7 miljardi ASV dolāru.

#### Papildu informācija internetā

<http://www.seabgems.com/pryrite.htm>

<http://www.gamineral.org/pyrite.htm>

[http://experts.about.com/els/su/sulfuric\\_acid.htm](http://experts.about.com/els/su/sulfuric_acid.htm)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Sulfuric\\_acid](http://en.wikipedia.org/wiki/Sulfuric_acid)

<http://www.thehistorychannel.co.uk/site/search/search.php?word=sulfuric>

## 5.2. Ķīmisko elementu izejvielas

Šajā nodaļā ķīmisko elementu dabiskās izejvielas grupētas pēc elementu periodiskās sistēmas grupām, kā to tradicionāli apskata ķīmija, izņemot tos elementus, kas jau apskatīti iepriekšējās sadaļās.

### 5.2.1. Cēzijs

Cēzijs ir IA grupas tipisks ķīmiskais elements, tas ir sudrabaini balts mīksts metāls ar zemu kušanas temperatūru (25,64 °C). Cēzijs ir gandrīz visaktīvākais metāls – tas, saskaroties ar gaisu, uzliesmo un sadeg. Citas ķīmiskās īpašības ir līdzīgas rubīdijam. Cēziju atklāja spektroskopiski pēc debeszīlās līnijas (latīniski *caesius* – debeszils) R. V. Bunzens un G. R. Kirhofs 1860. gadā, pētot Durkheimas minerālūdens avotu ūdeni.

Dabā cēzijs ir reti sastopams, tas ir 45. izplatītākais ķīmiskais elements Zemes garozā un ir sastopams vidēji 30 reizi retāk nekā īpašību ziņā līdzīgais rubīdijs. Cēzija koncentrācija pēc masas Visumā ir 0,8 ppb, uz Saules – 8 ppb, meteorītos – 140 ppb, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iezos – 1900 ppb, Pasaules okeānā – 0,5 ppm,

virszemes ūdeņos – 0,05 ppm, cilvēka ķermenī – 20 ppm. Cēzijam ir 52 izotopi un izomēri ar masas skaitļiem intervālā no 112 līdz 151.

Ir zināmi tikai 19 minerāli, kuru veidošanā piedalās cēzijs, un tie visi ir ļoti reti. Biežāk sastopams ir polucīts ( $\text{CsAlSi}_2\text{O}_6$ ), kas mūsdienās ir praktiski vienīgā cēzija rūda (cēzija saturs 19–34%). Periodiski cēzijs tiek iegūts arī no lepidolīta dažās atradnēs Kanādā (Bernika ezera atradne Manitobā). Potenciāli to ir iespējams iegūt arī no citiem minerāliem, bet šīs rūdas ir piesārņotas ar rubīdija piemaisījumiem, ko nodalīt no cēzija ne vienmēr ir iespējams. Cēziju saturoši minerāli ir arī silvīts (KCl) un karnalīts ( $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{HO}$ ), kas ļoti bieži satur cēzija piemaisījumus līdz 0,002%, arī dažī berila ( $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$ ) paveidi, kuros var būt līdz 9% cēzija, bet avagadrīts ( $(\text{K,Cs})\text{BF}_4$ ) un rodohrozīts satur cēziju līdz pat 3%.

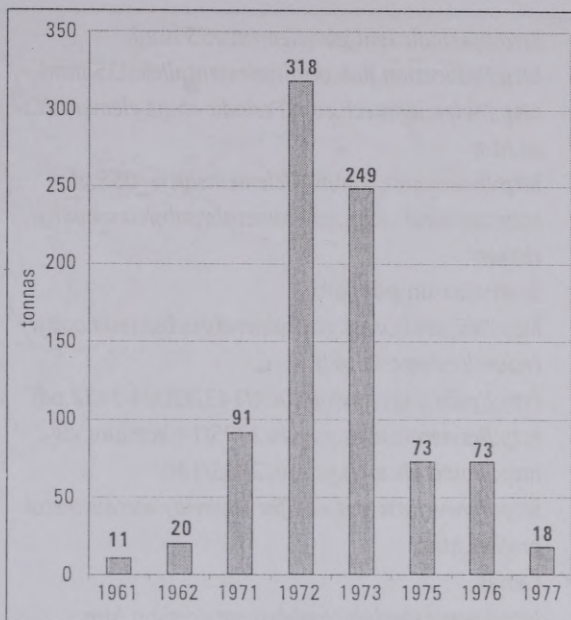
Cēzija rūdas visbiežāk ir saistītas ar pegmatītiem. Tāda ir Bernika ezera atradne Kanādā, Bikitas atradne Zimbabvē, Keribibas tuksnesī Namībijā, mazākas atradnes ir arī Itālijā, Brazīlijā, Afganistānā, Zviedrijā, Tibetā, Spānijā un ASV.

Cēzija izmantošana ir visai ierobežota. Visvairāk to izmanto naftas rūpniecībā, ķīmisko vielu sintēzē, kodoliekārtās, elektroniskajās iekārtās,

Ļoti plaši – medicīnā, atompulksteņos, fotoelektriskās iekārtās, arī gāzu piesaistīšanai no vakuumcaurulēm. Ir vairāki projekti, kas paredz izmantot cēzija jonu dzinējos starpplanētu lidojumos nākotnē.

Pasaulē saražotā cēzija daudzums nav zināms, bet ir novērtēts 5–10 tonnu apjomā gadā. Savu cēzija ieguvi ir deklarējušas tikai trīs valstis – Kanāda, Namībija un Zimbabve (sk. 228. attēlu). Tajās aprēķinātie cēzija rūdas krājumi cēzija tīrmetāla izteiksmē ir novērtēti 70 tūkstošu tonnu apjomā. Nepietiekami izpētītajās atradnēs Kanādā, Namībijā un Zimbabvē vēl ir zināmi 40 tūkstoši tonnu cēzija metāla izteiksmē. Ļoti daudz cēzija ir stipri mineralizētos pazemes ūdeņos Čīlē, Ķīnā, Vācijā, Indijā un Tībetā, bet to pētījumi ir pārtraukti jau vairāk nekā pirms 20 gadiem, jo tika noskaidrots, ka šīs rūdas nespēs konkurēt ar Kanādā esošajām.

Cēzijs ir dārgs metāls (sk. 229. attēlu) – tā cena ir 30–40 ASV dolāru par gramu. Metāls visbiežāk tiek realizēts par izsoles cenu, vai arī tā ieguvi īpaši pasūtot konkrētām vajadzībām. Līdz šim augstākā izsoles cena ir pārsniegusi 425 ASV dolārus par gramu.

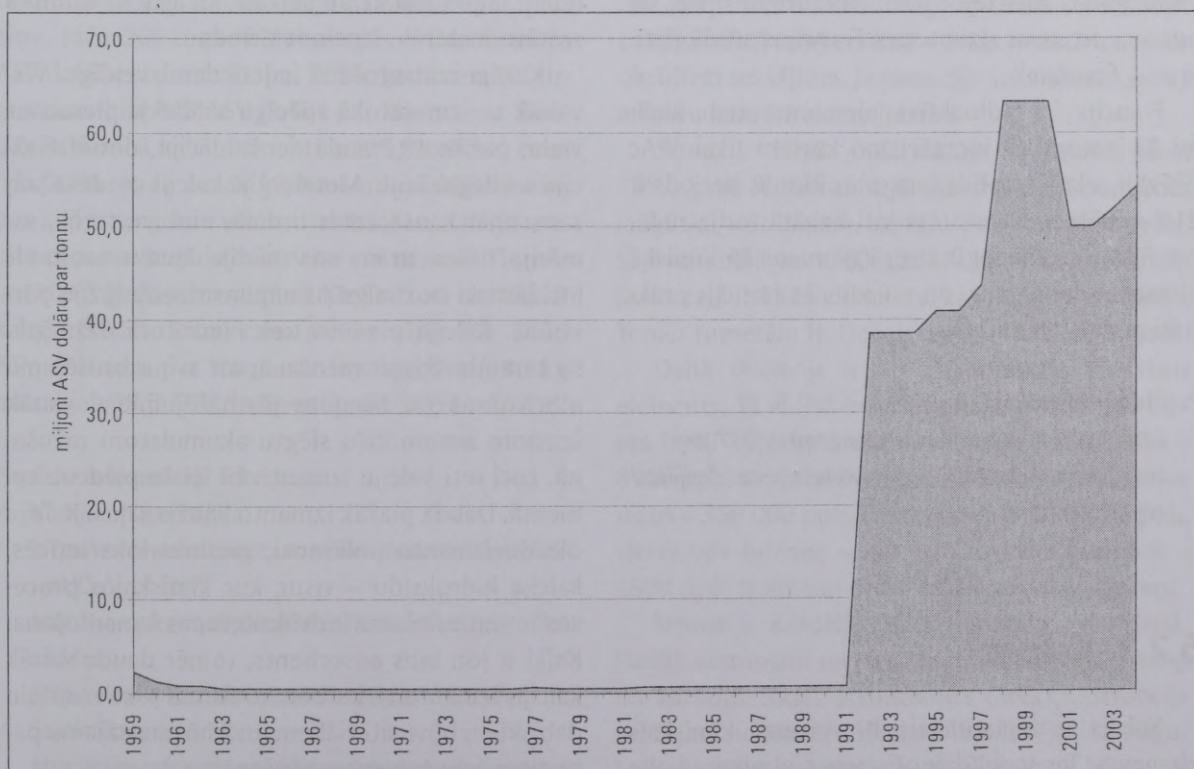


228. attēls. Pieejamie dati par iegūtā cēzija daudzumu pasaulē

#### Papildu informācija internetā

✓ Ķīmija un ģeoloģija

<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Cs/geol.html>



229. attēls. Cēzija cenas izmaiņas

<http://periodic.lanl.gov/elements/55.html>  
<http://education.jlab.org/itselemental/ele055.html>  
<http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/Cs-en.htm>

[http://www.qivx.com/ispt/elements/ptw\\_055.php](http://www.qivx.com/ispt/elements/ptw_055.php)  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cesium/>

✓ Statistika un pārskati

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cesium/cesiummcs06.pdf>

<http://pubs.usgs.gov/of/2004/1432/2004-1432.pdf>

<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/cesium.xls>

<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/>

[http://www.mtsc.unt.edu/faculty/reidy/metals/metal\\_profiles.htm](http://www.mtsc.unt.edu/faculty/reidy/metals/metal_profiles.htm)

✓ Cenas

<http://www.speclab.com/elements/cesium.htm>

## 5.2.2. Francijs

Francijs ir smagākais sārmu metāls, kam metāliskās īpašības ir visizteiktākās. Ļoti līdzīgs cēzijam. Franciju atklāja Kiri institūtā Parīzē franču atompētniece M. Perē (*Marguerite Catherine Perey*) 1939. gadā, analizējot aktīnija izotopu <sup>227</sup>Ac, un nosauca to savas dzimtenes Francijas vārdā (latīniski – *francium*).

Francijs ir radioaktīvs elements, tam zināmi 33 izotopi un izomēri, no kuriem tikai <sup>223</sup>Ac (<sup>223</sup>Fr) ir relatīvi stabils (pussabrukšanas periods ir 21,8 minūtes). Konstatēts ļoti bagātā torija rūdā, bet līdz šim nav iegūts vērā ņemams šā ķīmiskā elementa daudzums, un mūsdienās francijs praktiski netiek izmantots.

### Papildu informācija internetā

[http://www.qivx.com/ispt/elements/ptw\\_087.php](http://www.qivx.com/ispt/elements/ptw_087.php)

<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Fr/key.html>

## 5.2.3. Kalcijijs

Kalcijijs ir izplatītākais IIA grupas ķīmiskais elements. Tas ir salīdzinoši ciets sudrabaini balts sārmzemju metāls un jau parastā temperatūrā ak-

tīvi reaģē ar skābekli, halogēniem, paaugstinātā temperatūrā – arī ar nemetāliem. Kalcijijs reaģē arī ar saliktām vielām.

Kad cilvēki sākuši izmantot dažādus kalcija savienojumus, nav pat zināms. Senās Romas laikā svarīgs jauninājums bija cementa rūpnieciska izgatavošana (latīniski – *calx*, kalķis). Kalciju kā ķīmisko elementu ieguva H. Deivijns 1808. gadā, elektrizējot ūdenī samitrinātu kalķi, pārveidojot J. Bercēliusa un Pontika eksperimentu, kas ļāva viņiem iegūt kalcija amalgamu no kalķa un dzīvsudraba. Tikai 1924. gadā izdevās iegūt kalcija tīrmetālu, karsējot kalcija oksīda un alumīnija maisījumu vakuumā. Kalcijam ir zināmi četri stabili izotopi.

Kalcijijs tīrmetāla veidā dabā nav atrasts, lai gan ir piektais izplatītākais elements. Tā koncentrācija Visumā pēc masas ir 70 ppm, uz Saules – 70 ppm, meteorītos – 11 000 ppm, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 50 000 ppm, Pasaules okeānā – 4,2 ppm, virszemes ūdeņos – 1,5 ppm, cilvēka ķermenī – 14 000 ppm.

Dabā ir ļoti liela to minerālu daudzveidība (līdz šim zināmi ir 1397 minerāli), kuru veidošanā piedalās kalcijijs. Izplatītākie ir kalcīts ( $\text{CaCO}_3$ ), dolomīts  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , ģipsis ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) un fluorīts ( $\text{CaF}_2$ ). Seko sulfāti un silikāti, kā arī cita ķīmiskā sastāva minerāli, izņemot tīrradņus.

Kalcija izmantošana ir ļoti daudzveidīga. Visvairāk to izmanto kā spēcīgu skābekļa piesaistes vielu, panākot tērauda deoksidāciju, desulfatāciju un degazāciju. Metalurģijā kalcija piedeva ļauj samazināt kausējumos hroma, niobija, torija, samārija, titāna, urāna un vanādija daudzumu, kas ir ļoti būtiski nozīmīgs risinājums dzelzs lūžņu pārstrādē. Kalcija piedeva tiek izmantota dažu tīrāvu tērauda šķirņu ražošanā, arī svina kausējumu atbrīvošanā no bismuta piemaisījumiem, vairāk izmanto automobiļu slēgtu akumulatoru ražošanā. Ļoti reti kalciju izmanto kā tīrāvu piedevu cementā. Daudz plašāk izmanto kalcija sāļus. Kalcija oksīdu izmanto pulēšanai, gaismas loka ierīcēs, kalcija hidroksīdu – visur, kur ķīmiskajos procesos ir nepieciešama hidroksilgrupas izmantošana. Kalķi ir ļoti labs adsorbents, tomēr daudz vairāk kalciju izmanto tā karbonātu formā – kā izejvielu dabiskiem būvmateriāliem un kā neaizstājamu pamatizejvielu cementa ražošanā.

Kalcija tīrmetāla patēriņš pasaulē ir aptuveni



230. attēls. Kalcija ražošanas izvietojums pasaulē (2005)

septiņi tūkstoši tonnu, no šā apjoma aptuveni 900 kilogramu gadā saražo Timinkas rūpnīca Ontario provincē Kanādā. Pārējo kalcija daudzumu saražo uzņēmumi Krievijā, ASV, Francijā un Ķīnā, nedaudz – arī Vācijā (sk. 230. attēlu).

Kalcija tīrmetāla cena nav sevišķi augsta. Gadu desmitus tā bija stabila – divi ASV dolāri par mārciņu, taču 2001. gadā dubultojās – līdz četriem ASV dolāriem par mārciņu. 2006. gadā zemākā tirgus cena bija 343 ASV dolāri par kilogramu. Eiropas Savienībā kalcija tīrmetāla (99,8% tīrība) cena līdz 2006. gada cenai kāpumam bija 126,90 eiro par kilogramu, kas vēlāk trīskāršojās. Kalcija metāla cenas straujš kritums nav paredzams. Tomēr jau 2007. gada pirmajā pusē Ķīnā ražotā metāliskā kalcija (98,5% tīrība) cena samazinājās līdz 3456 ASV dolāriem par standarta iepakojumu (180 kg muca) jeb 19,2 ASV dolāriem par kilogramu.

#### Papildu informācija internetā

##### ✓ Ķīmija un ģeoloģija

<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Ca/geol.html>

<http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/Ca-en.htm>

[http://www.qivx.com/ispt/elements/ptw\\_020.php](http://www.qivx.com/ispt/elements/ptw_020.php)

##### ✓ Statistika un pārskati

[http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/metal\\_prices/metal\\_prices1998.pdf](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/metal_prices/metal_prices1998.pdf)

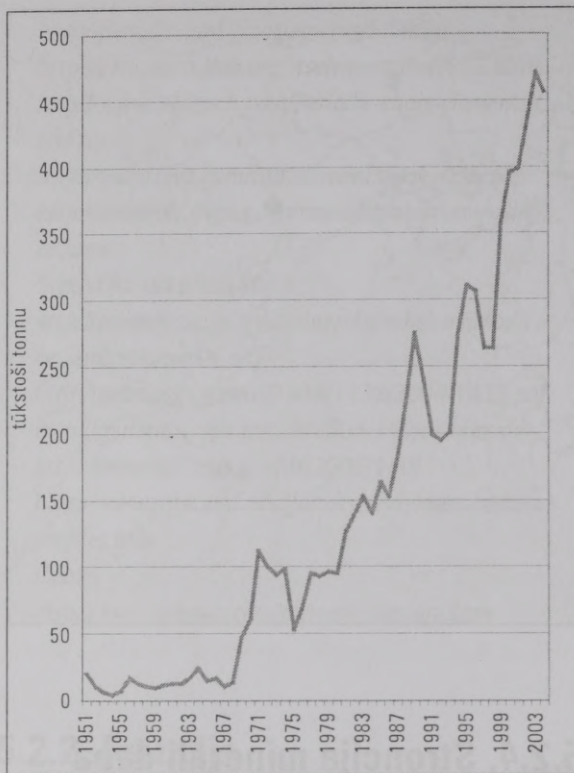
## 5.2.4. Stroncija minerāli dabā

Stroncijš ir tipisks IIA grupas ķīmiskais elements. Tas ir viegli dzeltenīgi balts mīksts metāls, labi caurams, tam piemīt zema kušanas temperatūra. Stroncijš ir ķīmiski aktīvs elements un parastos apstākļos aktīvi reaģē ar ūdeni un skābēm, paaugstinātā temperatūrā – arī ar neaktīvu metālu oksīdiem un sāļiem. Ja stronciju sakarsē, tas sadeg ar košu karmīnsakanu liesmu.

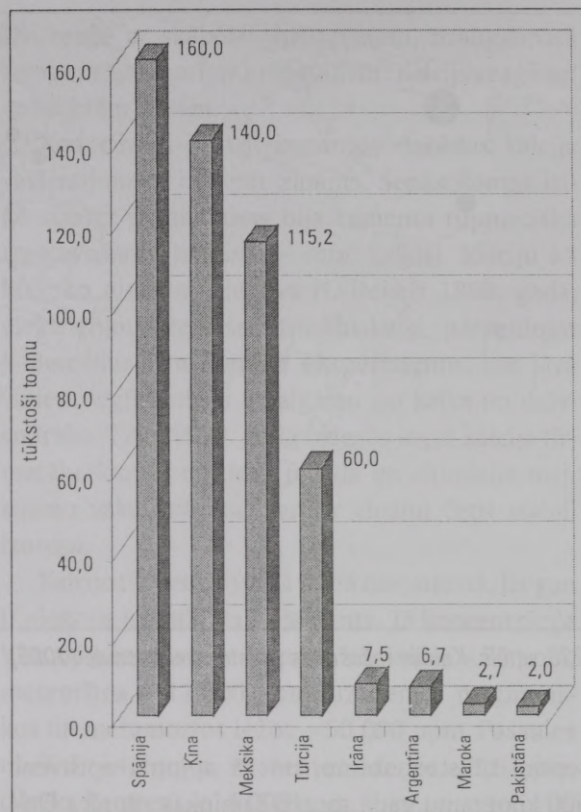
Stronciju 1798. gadā atklāja H. Deivijs, pētot 1787. gadā Rietumskotijā, Sunartā pie Strontjenes (angliski – *Strontian*), atrastu nezināmu minerālu. Šajā minerālā jau 1790. gadā A. Kravfords konstatēja, ka tajā ir kāds elements, kas atšķiras no bārija. Tomēr tīrmetālu H. Deivijs ieguva tikai 1808. gadā.

Dabā stroncijs ir 15. izplatītākais ķīmiskais elements. Tā vidējā koncentrācija Visumā pēc masas ir 40 ppb, uz Saules – 50 ppb, meteorītos – 8900 ppb, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 360 000 ppb, Pasaules okeānā – 8100 ppb, virszemes ūdeņos – 60 ppb, cilvēka ķermenī – 4600 ppb. Ir zināmi četri stabili stroncija izotopi.

Stroncijš piedalās 425 minerālu veidošanā. Plašāk sastopami un pazīstami ir celestīns ( $\text{SrSO}_4$ ) un karbonātiskais stroncianīts ( $\text{SrCO}_3$ ). Stroncijš veidojas, lielākoties ķīmiski izgulsnējoties nogulumiežu slāņkopās kopā ar ģipsi, kalcītu, barītu un tīrradņu sēru.



231. attēls. Pasaulē iegūtā stroncija daudzums



232. attēls. Stroncija ieguve pasaulē (2005)

Celestīns ir svarīgākā stroncija rūda (97%), pārējos 3% veido stroncija karbonāts – strontianīts. Lielākās celestīna atradnes ir Ķīnā, daudz mazākas ir Itālijā (Džirdženti Sicīlijā), ASV, Vācijā, Tadžikistānā (Fergānas ielejā), Turkmenistānā un Krievijā (Pievolgā un Arhangeļskas apgabalā).

Visa pagājušā gadsimtā laikā, it īpaši otrajā pusē, stroncija minerālu ieguve palielinājās (sk. 231. attēlu), pēdējos desmit gados stroncija ieguve ir dubultojusies.

Pasaulē ik gadu iegūst (sk. 101. tabulu) 470–510 tūkstošus tonnu ķīmiski tīra stroncija (fiziskā tas ir oksīds, bet aprēķinos tiek ņemts vērā, ka celestīns satur 43,88% stroncija).

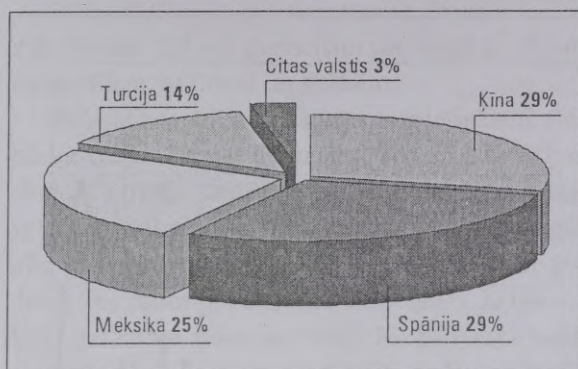
Stroncija minerāli tiek iegūti vairāk nekā 20 valstīs, taču tikai astoņas ražo vairāk nekā 10 tonnu stroncija gadā (sk. 232. attēlu).

Pieejamais stroncija daudzums pasaulē 2006. gada sākumā ir novērtēts aptuveni 80–100 miljardu tonnu apjomā (tajā skaitā viens

101. tabula. Stroncija minerālu ieguve, tonnās

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006*
Argentīna	4656	3655	2595	4300	6727	6700	7500
Irāna	2000	2000	2000	2100	7500	7500	7500
Ķīna	50 000	50 000	100 000	180 000	130 000	140 000	160 000
Maroka	7539	1879	3780	2700	2700	2700	2700
Meksika	157 420	145 789	94 015	130 329	87 610	115 214	110 000
Pakistāna	1079	2000	416	227	570	2000	2000
Spānija	158 590	164 030	171 293	152 383	158 000	160 000	150 000
Turcija	24 150	63 635	70 000	70 000	70 000	60 000	60 000
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>405 434</b>	<b>432 988</b>	<b>444 099</b>	<b>542 039</b>	<b>463 107</b>	<b>494 114</b>	<b>500 000</b>

\* ASV Ģeoloģijas dienesta nepārbaudīti dati; nav atspoguļota Tadžikistānā atjaunotā celestīna ieguve.



233. attēls. Pasaulē vadošās valstis stroncija minerālu ieguvē

miljards ASV teritorijā), to tiem izpētīti un novērtēti ir 12 miljoni tonnu, no tiem ekspluatācijā esošajās atradnēs – 6,8 miljoni tonnu stroncija celestīna minerālajā formā, tāpēc mūsdienās jaunas atradnes netiek meklētas un pētītas. Pasaulē tirgū izteikti dominē (sk. 233. attēlu) Ķīna (29%), Spānija (29%), Meksika (25%) un Turcija (14%).

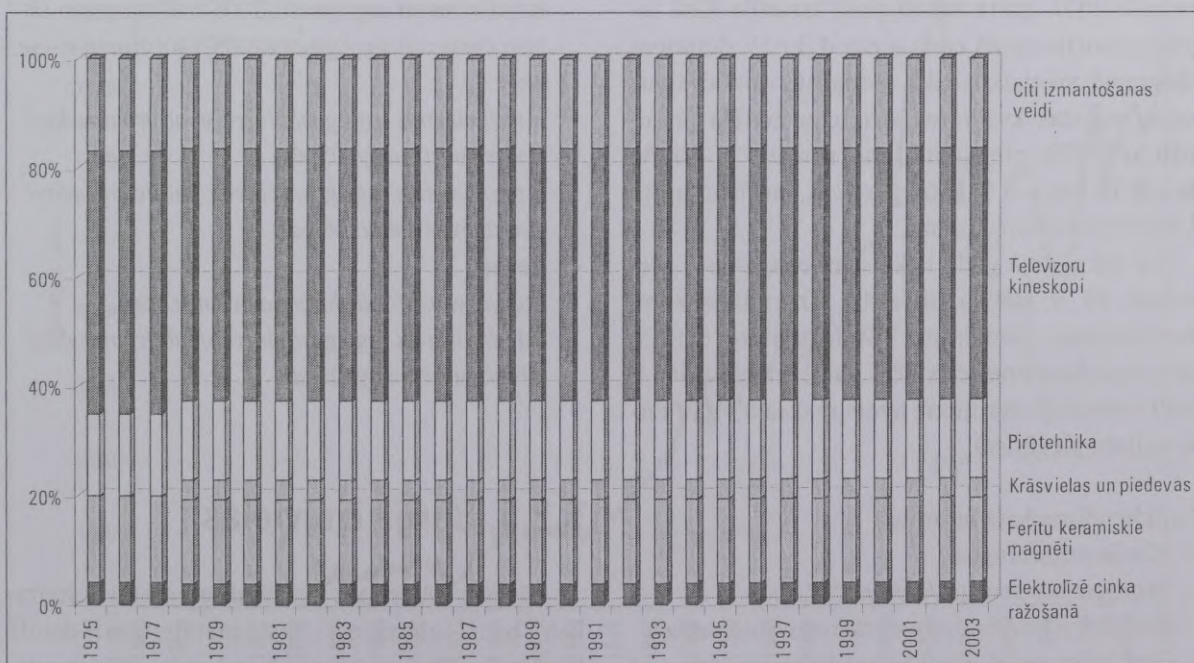
Stronciju izmanto galvenokārt speciāliem stikliem krāsu televīzijas uztvērēju kineskopos un dažāda lietojuma katodstaru lampās. Tikpat kā neaizstājams stroncijs ir cinka ieguvē un attīrīšanā, arī ferītu magnētu ražošanā. Salīdzinoši neredz stroncija sāļus izmanto zobu pastās jutīgiem zobiem, pirotehnikā sarkanās krāsas iegūšanai, di-

mantu imitācijām juvelierizstrādājumos (stroncija titanāts), keramikas glazūrās, medicīnā (arī izotopus). Stroncija izmantošanas nozīme laika gaitā nav būtiski mainījusies (sk. 234. attēlu).

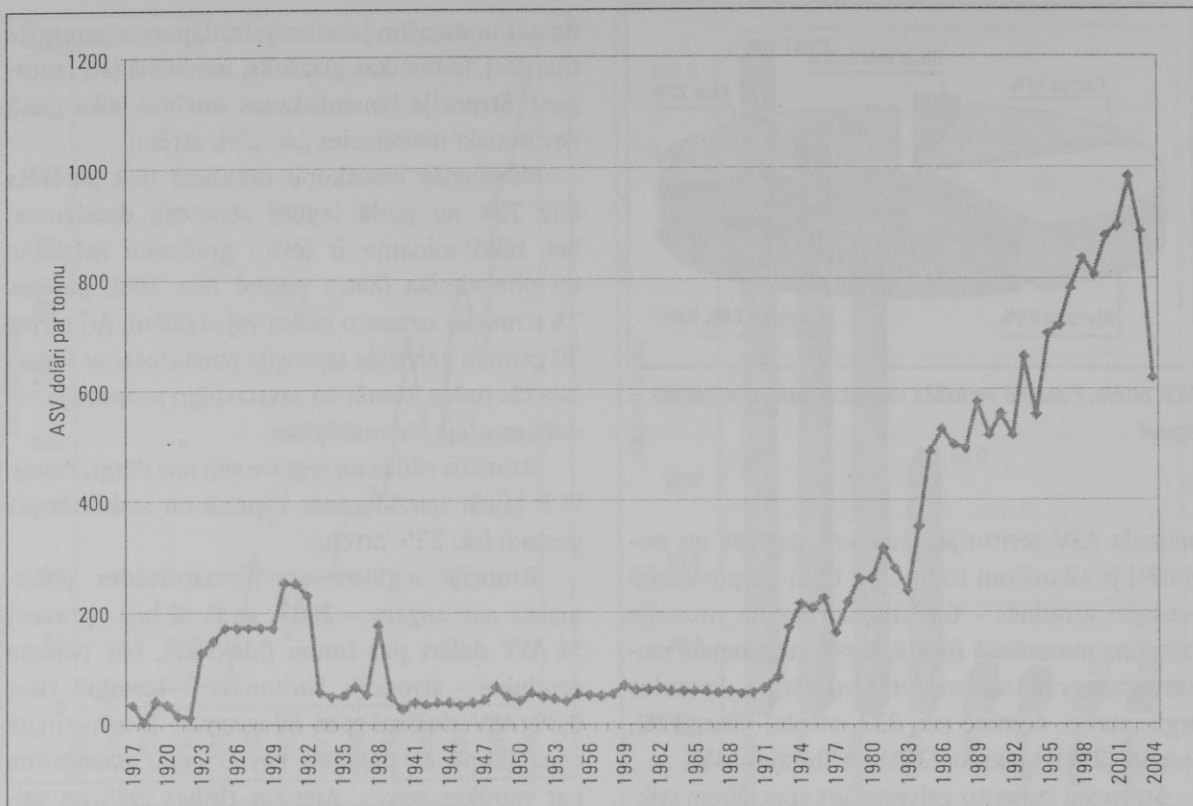
Mūsdienās kineskopu ražošanā tiek patērēts līdz 73% no gadā iegūtā stroncija daudzuma, bet subdominante ir ferītu gredzenu ražošana un pirotehnika (katra patērē līdz 10%), pārējos 7% stroncija izmanto citām vajadzībām. Arī pirms 30 gadiem galvenās stroncija izmantošanas jomas bija tās pašas, tomēr to savstarpējo proporciju sadalījums bija vienmērīgāks.

Stroncija rūdas un iegūtie sāļi nav dārgi. Pasaulē ir bijuši vairāki cenas kāpumi un stabilizācijas periodi (sk. 235. attēlu).

Stroncija ieguves un pirmapstrādes pašizmaksa nav augsta – 2005. gadā tā bija aptuveni 56 ASV dolāri par tonnu (Meksikā), bet pamata produkts – stroncija karbonāts – izmaksā tikai 0,39 ASV dolārus par kilogramu. Tomēr tirgus cena (kopā ar piegādi) nereti cenu paaugstina pat vairākas reizes. Augstas tīrības (98% un vairāk) stroncija metāls maksā 5–7 ASV dolārus par Trojas unci. Eiropas Savienībā 99% tīrības stroncija metāla cena 2005. gadā bija 322,30 eiro par kilogramu. Nākotnē tiek prognozēta stroncija cenas paaugstināšanās. 2007. gadā stroncija ražotājiena cena bija vidēji 64 ASV dolāri par rūdu, kurā ir



234. attēls. Stroncija galvenie izmantošanas veidi



235. attēls Stroncija cenas dinamika pasaulē

tonna stroncija, tas ir, aptuveni 0,51 ASV dolārs par kilogramu par stroncija karbonātu, kas nosaka orientējošo stroncija vairumtirdzniecības cenu – 6250–7000 ASV dolāru par tonnu. Cenas kritumu pasaulē 2007. gada otrajā pusē izraisīja Ķīnā iegūtā stroncija zemā cena – par 4,3 ASV dolāriem kilogramā vienlaikus tika piedāvāti vairāki simti tonnu augstas kvalitātes stroncija metāla (minimāli Sr – 99%, piejaukumi maksimāli: Ca – 0,2%, Ba – 0,3%, Mg – 0,1%) 50 kg mucās, kas bija fasēts 2,5 kilogramu iepakojumā.

Lai arī pēdējā gada laikā stroncija cena ir pieaugusi, tā ir stabila attiecībā uz radioizotopu piedāvājumu, piemēram,  $^{90}\text{Sr}$  (aktivitāte 0,1uCi; pussabrukšanas periods 28,5 gadi; enerģija 546,0 KeV) izotopa  $\beta$  starojuma avots maksā 69 ASV dolārus (bez piegādes).

Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija un ģeoloģija  
<http://periodic.lanl.gov/elements/38.html>  
<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/strontium>  
<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Sr/geol.html>

<http://education.jlab.org/itselemental/ele038.html>  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/strontium/>

- ✓ Resursi, krājumi un statistika  
<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/strontium.xls>  
<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/strontium-use.xls>  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/strontium/stronmyb05.xls>  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/strontium/stronmcs06.pdf>
- ✓ Cenas  
<http://www.ktf-split.hr/periodni/en/sr.html>  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/strontium/stronmyb05.xls>

## 5.2.5. Bārija izejvielas

Bārijs ir IIA grupas ķīmiskais elements – sudrabaini balts, salīdzinoši mīksts metāls, tam ir daudz kopīgu īpašību ar stronciju un kalciju. Bārijs ir ķīmiski aktīvs un viegli uzliesmo ar spožu dzeltenī

zaļu liesmu. Līdzīgi stroncijam tas reaģē ar citiem nemetāliem, ar ūdeni un skābēm.

Viduslaikos bija pazīstams nepietiekami tīrs bārija sulfāts (minerāls barīts). Tos kā atsevišķus akmeņus turēja saulē, un pēc tam naktī tie viegli spīdēja. Šādi akmeņi, sakarsēti kopā ar kokogli, pēc tam varēja viegli spīdēt pat līdz sešiem gadiem. Tos sauca par Boloņas akmeņiem, jo tos atklāja netālu no Boloņas Itālijā 16. gadsimta pašā sākumā. Alķīmiķi tiem piedēvēja maģiskas īpašības. Bāriju (no grieķu *βάρως* – *barys* – smags) pirmo reizi konstatēja 1774. gadā K. Šēle. Pirmais to 1808. gadā ieguva H. Deivijs no barīta minerāla. Jaunā ķīmiskā elementa oksīdu G. Morvē sākumā nosauca par *barote*, A. Lavuazjē to pārsauca par *baryta*, no kā vēlāk tika atvasināts ķīmiskā elementa nosaukums bārijs.

Dabā bārijs ir rets elements. Bārija vidējā koncentrācija Visumā pēc masas ir 10 ppb, uz Saules – 10 ppb, meteorītos – 2800 ppb, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 340 000 ppb, Pasaules okeānā – 30 ppb, virszemes ūdeņos – 25 ppb, cilvēka ķermenī – 300 ppb. Bārijam ir zināmi septiņi stabili un 22 radioizotopi.

Bārijs piedalās 272 minerālu veidošanā, no

tiem plaši izplatīts ir barīts  $Ba(SO_4)$ , daudz retāk – viterīts ( $BaCO_3$ ), bet pārējie bārija minerāli ir ļoti reti. Barīta (sinonīms – smagais špats) kristāli ir rombiskas singonijas plākšņuveida, agregāti – graudaini, masīvi, lapveida, nereti veido arī drūzas. Ļoti bieži barīts ir caurspīdīgs, puscaurspīdīgs vai balts, pelēks, retāk viegli iekrāsots sārts, zilgans, rūsgans. Salīdzinoši plaši ir izplatīta stronciju saturoša varietāte (baritocelstīns), kā arī svinu un rādiju saturoša varietāte (hokutolīts). Barīts veidojas hidrotermālos apstākļos kopā ar galenītu, sfalerītu, pirītu, cinnobru un fluorītu, var veidot arī patstāvīgas tīra barīta dzīslas. Eksogēnos apstākļos barīts sastopams metāla sulfīdu rūdu atradņu augšējās daļās (tā saucamās dzelzs cepures zonā), retāk veido konkrēcijas nogulumiežos. Lielākās atradnes ir Ķīnā, Marokā, Indijā un ASV, arī Krievijā (Urālā un Altajā), Gruzijā (Kutaisi rajonā) un Turkmēnistānā (Kopetdaga skraustā).

Bāriju dažādām tautsaimniecības vajadzībām iegūst aizvien vairāk (sk. 236. attēlu). Pagājušajā gadsimtā ir bijuši tikai divi "pīķveida" bārija ieguves kāpumi. Pirmais bija saistīts ar kodoltehnikas attīstības sākuma posmu (1952–1958), otrais – ar



236. attēls. Pasaulē iegūtā barīta daudzums

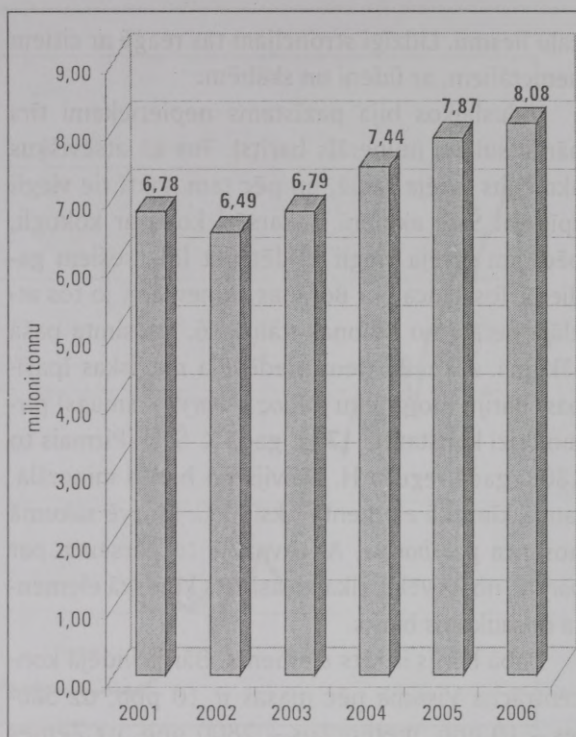
atomelektrostaciju intensīvas būvniecības posmu (1972–1982).

Turpmākajos gados bārija ieguve, diezgan būtiski svārstoties, stabilizējās aptuveni septiņu miljonu tonnu līmenī gadā.

Bāriju plaši izmanto rūpniecībā bārija preparātu formā urbšanā, krāsu, gumiju un plastmasu (PVC) ražošanā, lauksaimniecības ķimikāliju ražošanā un kodolrūpniecībā (starojuma slāpētājs), arī īpašu niķeļa sakausējumu izgatavošanā, izmanto fluorescentās lampās un stikla ražošanā. Ļoti daudzveidīga ir bārija sāļu izmantošana medicīnā, kosmētikā, lieto arī kā indi grauzēju apkarošanai. Mūsdienās 75–80% no iegūtā barīta izmanto dažādu smago šķidrumu izgatavošanai (galvenokārt naftas un gāzes urbšanas darbos).

Bārija patēriņš pastāvīgi pieaug, un tā pamatizejvielas barīta ieguve pēdējos gados ir sasniegusi gandrīz astoņus miljonus tonnu gadā (sk. 102. tabulu).

Detalizēti dati par 2006. gada ieguvi nav pieejami, kopējie dati rāda, ka šajā gadā ieguva 8,080 miljonus tonnu barīta, bet šie dati tiek pārbaudīti. Pēc ASV Ģeoloģijas dienesta nepārbaudītiem datiem, 2006. gadā Ķīnā ieguva 4,3 miljonus tonnu barīta, Indijā – 1,0 miljonu, ASV – 0,54 miljonus, Marokā – 0,42 miljonus, Irānā – 0,28 miljonus, Meksikā – 0,25 miljonus, Turcijā – 0,20 mil-



237. attēls. Barīta ieguve pasaulē pēdējo gadu laikā

jonus, Kazahstānā un Taizemē – 0,120 miljonus, Vjetnamā – 0,11 miljonus, Bulgārijā – 0,095 miljonus, Vācijā – 0,089 miljonus, Francijā – 0,075 miljonus, Taizemē – 0,065 miljonus, Brazīlijā un Apvienotajā Karalistē – 0,06 miljonus, Alžīrijā –

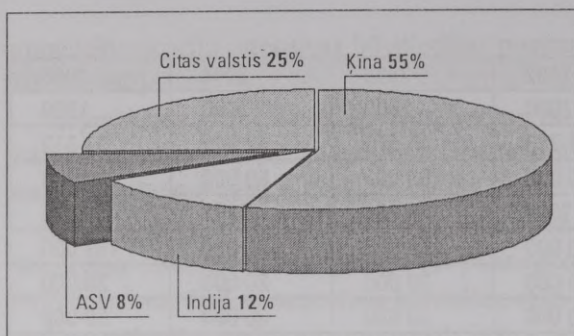


238. attēls. Vadošās bārija ražotājvalstis

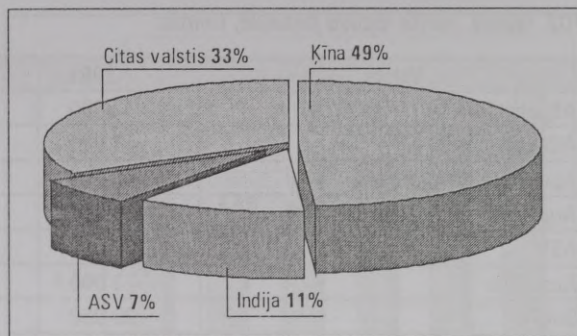
102. tabula. Barīta ieguve pasaulē, tonnās

Valsts	2001	2002	2003	2004	2005
Afganistāna	2000	2000	2000	2000	1500
Alžīrija	43 020	51 733	45 649	47 945	52 813
Apvienotā Karaliste	55 000	66 000	59 000	60 000	60 000
Argentīna	6955	3048	6934	2762	3000
ASV	400 000	420 000	468 000	532 000	489 000
Austrālija	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000
Beļģija	30 000	30 000	30 000	30 000	30 000
Birma	31 015	15 050	4850	2224	3000
Bolīvija	6253	15 556	1851	5774	5800
Bosnija un Hercegovina	2000	2000	1851	1900	1900
Brazīlija	54 790	53 098	57 452	59 612	60 500
Bulgārija	125 000	100 000	95 000	95 000	95 000
Čīle	584	384	229	31	30
Dienvīdkoreja	200	78	140	50	100
Ekvadora	1181	1180	2139	2350	2400
Ēģipte	500	500	500	500	500
Francija	81 000	80 000	81 000	82 000	82 000
Grieķija	800	800	800	800	800
Gruzija	15 000	15 000	15 000	15 000	15 000
Gvatemala	700	100	100	70	70
Indija	850 000	916 000	675 000	723 000	1 000 000
Irāna	195 539	178 652	196 169	275 607	280 000
Itālija	25 000	25 000	25 000	25 000	12 000
Kanāda	23 000	17 417	27 369	20 601	21 000
Kazahstāna	72 000	79 000	79 000	120 000	120 000
Kolumbija	600	600	600	600	600
Krievija	64 000	59 000	78 000	63 000	63 000
Kīna	3 600 000	3 100 000	3 600 000	3 900 000	4 200 000
Laosa	3300	12 695	18 070	10 470	15 000
Malaizija	649	3082	ND	ND	ND
Meksika	142 017	163 620	287 451	306 668	274 700
Maroka	471 102	469 934	358 500	355 800	360 000
Nigērija	5000	5000	5000	5000	5000
Pakistāna	27 200	26 100	40 800	44 200	44 000
Peru	11 031	3 806	2906	3606	3700
Polija	2500	2700	3000	3000	2500
Rumānija	2849	100	2000	8000	5000
Saūda Arābija	9000	9000	9000	10 000	ND
Slovākija	14 000	11 000	14 000	14 000	10 000
Spānija	50 640	52 494	44 660	45 000	45 000
Taizeme	23 559	137 469	115 600	211 278	120 000
Tunisija	2208	5539	3000	1813	ND
Turcija	57 373	106 843	119 648	134 504	155 000
Vācija	108 100	100 993	109 506	93 624	95 000
Vjetnama	71 114	60 228	81 456	101 040	116 000
Ziemeļkoreja	70 000	70 000	ND	ND	ND
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>6 780 000</b>	<b>6 490 000</b>	<b>6 790 000</b>	<b>7 440 000</b>	<b>7 870 000</b>

ND – dati nav pieejami.



239. attēls. Lielākās bārīta eksportētājvalstis pasaulē (2005)



240. attēls. Bārīta resursu izvietojums pasaulē

0,05 miljonus tonnu bārīta, pārējās valstīs kopā – 0,250 miljonus tonnu.

Tomēr raksturīgākā kopējā tendence ir bārīta ieguves pieaugums pasaulē (sk. 237. attēlu), šī tendence ir stabila (līdz 6% gadā), un tāda tā tiek prognozēta arī nākotnē.

Ģeogrāfiski lielākās bārīta ražotājvalstis ir izvietotas visai nevienmērīgi un veido it kā divas "bārīta ražotāju joslas" (sk. 238. attēlu).

Bārīta patēriņš pasaulē ir ļoti nevienāds un ir atkarīgs no tautsaimniecības struktūras, tikai daļa no iegūtā bārīta tiek eksportēta pasaules tirgū. Lielākās bārīta eksportētājvalstis (sk. 239. attēlu) ir Ķīna (55% no pasaulē saražotā bārīta), Indija (12%) un ASV (8%).

Bārīta krājumi ekspluatācijā esošajās atradnēs ir novērtēti aptuveni 200 miljonu tonnu apjomā. Nepietiekami izpētītajās atradnēs un teritorijās vēl ir zināmi 540 miljoni tonnu bārīta resursu. Kopā tas veido resursu nodrošinājumu 740 miljonu tonnu, kas var tikt palielināti vēl par 150–230 miljoniem tonnu no atradnēm Vjetnamā, Bulgārijā, Irānā un Ziemeļkorejā, kurās turpinās izpēti darbi. Ķīnā ir koncentrēti 49% no visiem pasaulē zināmajiem resursiem, daudz mazāk to ir Indijā – tikai 11% un ASV – 7%. Tātad šajās trijās valstīs ir koncentrēti 67% bārīta resursu (sk. 240. attēlu).

Bārīts nav dārga izejviela, tomēr tā cena pagājušā gadsimta laikā pastāvīgi ir pieaugusi (sk. 241. attēlu), ļoti strauji – kopš 1976. gada. Kāpums rimās tikai 1984.–1985. gadā, kad sākās cenas stabilizēšanās.

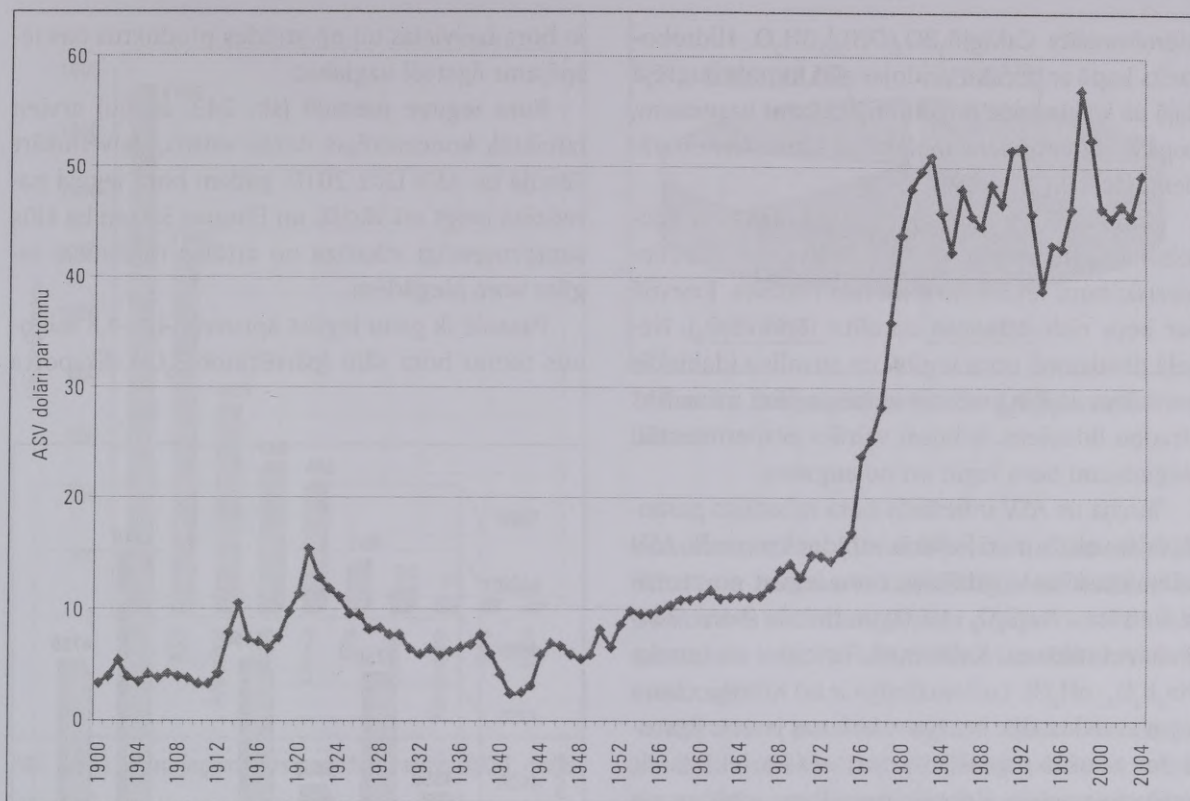
Kopš 2001. gada bārīta ieguves pašizmaksa pieauga, un 2005. gada otrajā pusē tā sasniedza vidēji 70 eiro par tonnu. Līdz ar to pieauga arī bārīta un tā koncentrāta ražošanas cena, un

2005. gada beigās smago šķidrumu sagatavošanai nepieciešamās kvalitātes bārīta ražošanas cena sasniedza 85,79 ASV dolārus par tonnu ASV iekšējā tirgū. Ķīmisko produktu un stikla ražošanai paredzētā bārīta cena bija 195 ASV dolāri par tonnu. Elektroniskajai rūpniecībai atbilstošas tīrības bārīta karbonāts  $BaCO_3$  ( $BaCO_3 > 99,9\%$ ;  $SrCO_3 < 0,1\%$ ) 2006. gada nogalē maksāja 4200 ASV dolāru par tonnu. Tehniskas kvalitātes bārīta acetāts maksāja 40 063 ASV dolārus par tonnu (fasēts 50 kg iepakojumā, ar piegādi Ziemeļamerikā), Indijā – 28 rūpijas par kilogramu. Turpmāko gadu laikā bārīta un tā sāļu cena vēl pieaugs līdz 7% gadā. Bārīta tīrviela (99,2%) Eiropas Savienības valstīs maksāja 1347,20 eiro par tonnu kilograma iepakojumā.

2007. gadā bārīta ražotāju cena stabilizējās – 42–45 ASV dolāri par tonnu, bārīta koncentrāta cena nepārsniedza 75–80 ASV dolārus par tonnu. Vienīgi ražotāji Ķīnā piedāvāja vairumtirdzniecībai bārītu par 23 ASV dolāriem tonnā (minimālais iepirkums – 10 tūkstoši tonnu).

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija un ģeoloģija
  - <http://periodic.lanl.gov/elements/56.html>
  - <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/barium>
  - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Ba/geol.html>
  - <http://education.jlab.org/itselemental/ele056.html>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/barite/>
- ✓ Resursi, krājumi un statistika
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/barite/baritmyb05.xls>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/barite/baritmyb05.pdf>



241. attēls. Barīta cenas izmaiņas pagājušajā gadsimtā

✓ Cenas

<http://www.ktf-split.hr/periodni/en/ba.html>

<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/barite.xls>

## 5.2.6. Bora minerāli

Bors ir IIIA grupas ķīmiskais elements. Tas ir samērā inerts nemetāls. Bora ķīmiskā aktivitāte pieaug paaugstinātā temperatūrā, un tad tas reaģē ar daudziem metāliem un nemetāliem. Bors eksistē amorfā (brūns pulveris) un kristāliskā veidā (pelēki melna ļoti cieta viela ar augstu kušanas temperatūru). Ir zināmas vairāk nekā 10 dažādas bora alotropiskās formas.

Vairākus bora savienojumus pazina jau Senajā Ēģiptē ar nosaukumu natrons, ko izmantoja mūmiju izgatavošanai. Bora glazūras ir izplatītas arī Senajā Ķīnā kopš mūsu ēras 3. gadsimta, tās zināja arī Senajā Romā. Ķīmiskā elementa nosaukums cēlies no arābu *Buraq*, bet tas tika pārņemts no senpersiešu *Burah* un turku *Bor*. Ķīmiskais elements gandrīz tika atklāts 1808. gadā, kad

H. Deivijs. Ž. L. Gē-Lisaks (*Joseph-Louis Gay-Lussac*) un L. Tenārs ieguva aptuveni 50% tīrības jaunu vielu, bet to tā arī neatpazina kā jaunu ķīmisko elementu. To 1824. gadā paveica J. Bercēliuss. Bora tīrvielu pirmo reizi ieguva amerikāņu ķīmiķis V. Veintraubs (*W. Weintraub*) 1909. gadā. Līdz pat 1989. gadam nebija zināma bora nozīme cilvēka dzīvē, tas kļūdaini tika uzskatīts par inertu.

Dabā bors ir ļoti izkliedēts elements. Bora koncentrācija Visumā pēc masas ir 1 ppb, uz Saules – 2 ppb, meteorītos – 1600 ppb, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 8700 ppb, Pasaules okeānā – 4440 ppb, virszemes ūdeņos – 10 ppb, cilvēka ķermenī – 700 ppb. Boram ir tikai divi stabili izotopi.

Bors dabā ir sastopams 271 minerāla veidā, bet nav atrasts kā tīrradņu elements. Izplatītāki ir tikai daži minerāli: boraks, borskābe, kolemalīts, kernīts un uleksīts. Daudz retāka ir minerālu grupa – borāti. Tikai dažās vietās pasaulē termālos avotos ir konstatēta dabiskā borskābe. Ļoti savdabīgs ir minerāls uleksīts, kuram piemīt optisko šķiedru īpašības.

Daudzuma ziņā svarīgākā bora rūda ir

hidroboracīts  $\text{CaMg}[\text{B}_2\text{O}_4(\text{OH})_3]_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Hidroboracīts kopā ar boraku veidojas sāls kupolu augšējā daļā un kā ķīmiskie nogulumu, izžūstot baseiniem, kopā ar citiem ūdens molekulas saturošiem borātiem, ģipsi un anhidrītu.

Vairākumā gadījumu bora rūdu iegūst no hidroboracīta un boraka, un tikai Bolīvijā un Čīlē rūpnieciski boru iegūst no minerāla uleksīta. Krievijā par bora rūdu izmanto datolītu (8,6%  $\text{B}_2\text{O}_3$ ). Nelielā daudzumā boru iegūst no sosoļina (dabiskās borskābes  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ), arī no akmeņoglēm un naftas atradņu ūdeņiem. Ir bijuši vairāki eksperimentāli mēģinājumi boru iegūt arī no augsnes.

Turcija un ASV ir lielākās bora ražotājas pasaulē, šajās valstīs ir arī lielākās atradnes pasaulē. ASV saimnieciskām vajadzībām boru iegūst no rasorīta (kernīta –  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) un tinkāla (bora rūda) Mohaves tuksnesī Kalifornijā, Turcijā – no boraka ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ). Ļoti nozīmīga ir arī Krievijas bora ieguves industrija, bet tās ražošanas jaudas ilgstoši nav tikušas paplašinātas un esošās iekārtas ir ļoti novecojušas. Krievija savu lomu spēs atgūt tikai pēc vairākiem gadiem, patlaban tā realizē iepriekšējo gadu koncentrātu uzkrājumus.

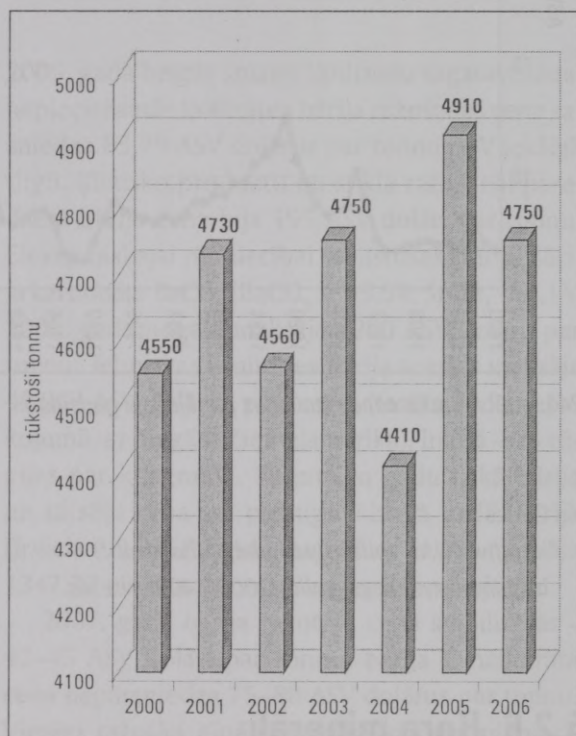
Bora patēriņš pasaulē pēc stabilizācijas 2,5 miljoni tonnu gadā pieauga kopš 1993. gada un 4–5 gadu laikā gandrīz dubultojās, turpmāk tas stabilizējās 4,5–4,9 miljonu tonnu līmenī gadā. Detalizētāka statistika par bora iegūvi ir pieejama tikai par pēdējiem gadiem (sk. 103. tabulu). Kopējā bora ieguve stabilizējas, un ieguve koncentrējas dažās valstīs.

Kopējais pasaulē iegūtā bora daudzums (sk. 242. attēlu) liecina par patēriņa stabilizāciju,

jo bora izejvielas un pārstrādes produktus nav iespējams ilgstoši uzglabāt.

Bora ieguve pasaulē (sk. 243. attēlu) arvien izteiktāk koncentrējas dažās valstīs, galvenokārt Turcijā un ASV. Līdz 2010. gadam bora iegūvi paredzēts beigt arī Vācijā, un Eiropas Savienība kļūs simtprocentīgi atkarīga no attālos reģioniem iegūta bora piegādēm.

Pasaulē ik gadu iegūst aptuveni 4,6–4,8 miljonus tonnu bora sāļu (pārrēķinot  $\text{B}_2\text{O}_3$ ). Eksporta

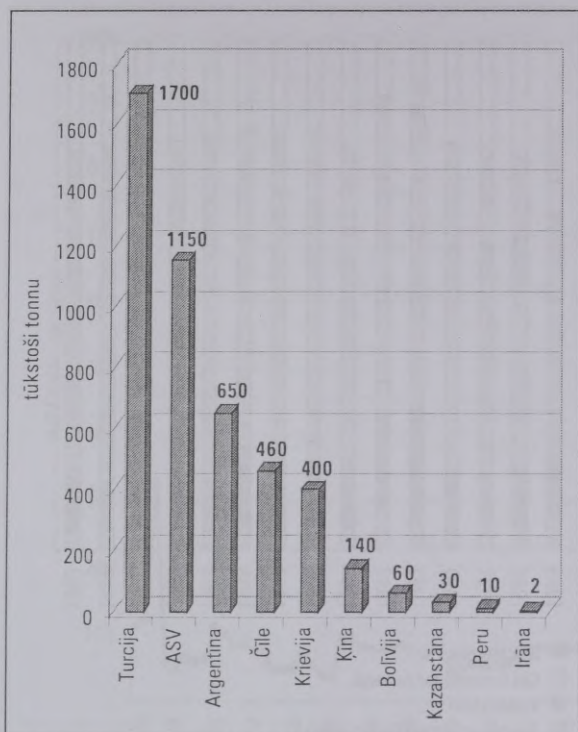


242. attēls. Bora ieguve pasaulē pēdējo gadu laikā

103. tabula. Bora ieguve pasaulē, tūkstošos tonnu

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Argentīna	513	634	510	545	560	820	650
Bolīvija	43	32	40	110	110	68	60
Čīle	338	328	431	401	401	590	460
Ķīna	145	150	145	130	135	140	140
Vācija	1	1	1	1	1	ND	ND
Irāna	4	3	2	3	3	3	2
Kazahstāna	30	30	30	30	30	30	30
Peru	9	9	7	9	9	9	10
Krievija	1000	1000	1000	1000	500	400	400
Turcija	1402	1493	1346	1370	1450	1700	1700
ASV	1070	1050	1050	1150	1210	1150	1150
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>4550</b>	<b>4730</b>	<b>4560</b>	<b>4750</b>	<b>4410</b>	<b>4910</b>	<b>4750</b>

ND – dati nav pieejami.

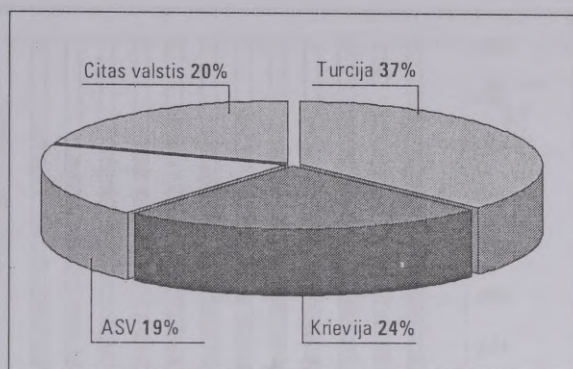


243. attēls. Boru iegūstošās vadošās valstis 2004. gadā

tirgū (2005. gadā) izteikti dominē Turcija (30%), Krievija (22%) un ASV (25%). Precīzi esošie bora sāļu resursi nav noteikti, bet tos vērtē vairāk nekā 10 miljardu tonnu apjomā. No tiem izpētīti un novērtēti ir 410 miljoni tonnu, no tiem ekspluatācijā esošajās atradnēs ir 170 miljoni tonnu bora sāļu. Visvairāk bora ir Turcijā (37% no visiem resursiem pasaulē), Krievijā (24%) un ASV (19%), pārējās valstīs ir tikai 20% no pasaulē zināmajiem bora rūdas resursiem (sk. 244. attēlu).

Bora piemaisījums palielina dzelzs sakausējumu izturību augstā temperatūrā, izturību pret koroziju un paaugstina tērauda mehānisko izturību. Nereti boru izmanto kā pusvadītāju. Īpaša nozīme boram ir kodolrūpniecībā, kurā izmanto no bora gatavotus stieņus elementārdaļiņu plūsmu regulēšanā. Amorfo boru lieto pirotehnikā zaļās krāsas iegūšanai un raķešu dzinējos. Boru izmanto stikla un stikla šķiedras rūpniecībā, metalurģijā, pārtikas rūpniecībā, lauksaimniecībā un citur.

Bora izmantošana ir salīdzinoši konservatīva, pēdējo 30 gadu laikā nav jaunu izmantošanas veidu, bet esošo savstarpējā nozīme mainās. Boru mūsdienas (sk. 245. attēlu) izmanto stikla izolējošo materiālu un stikla šķiedras audumu ražošanā. Kādreiz tik nozīmīgo borsilikātu stiklu un



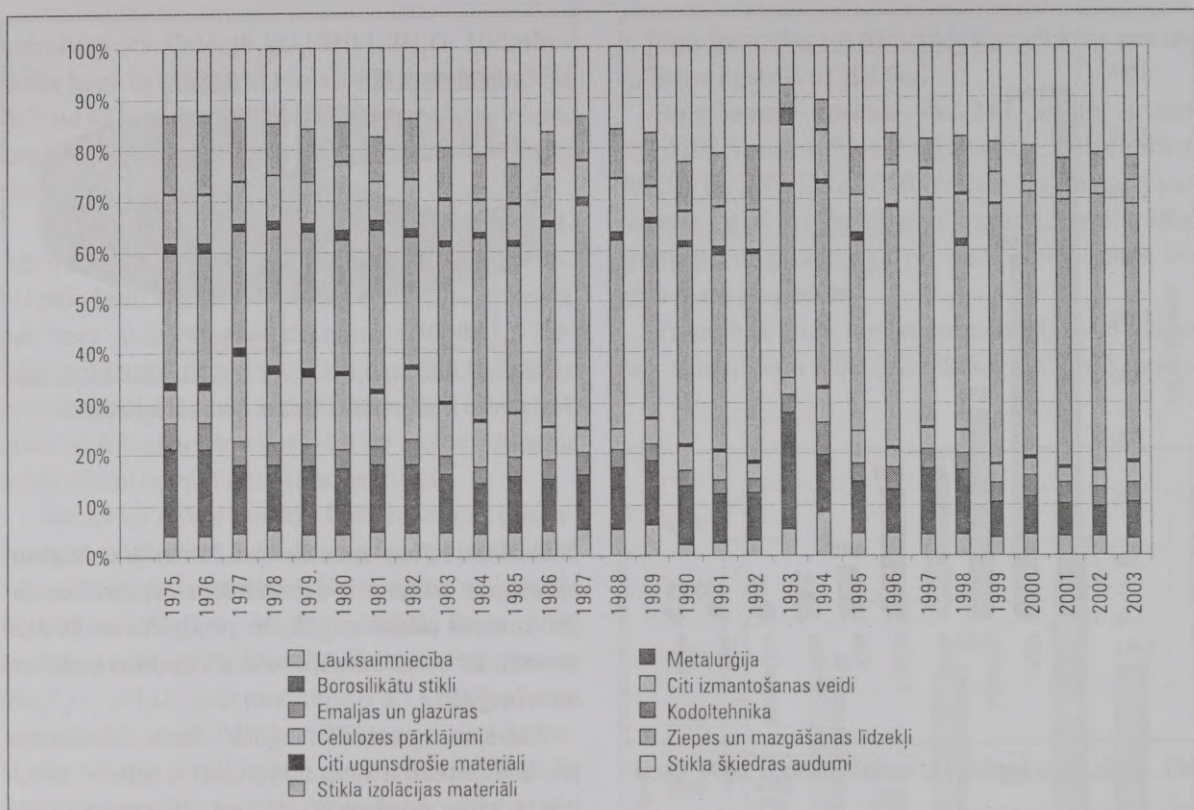
244. attēls. Dominējošās valstis bora resursu ziņā pasaulē

lauksaimniecības ķīmisko produktu (insekticīdu) ražošanas nozīme ir samazinājusies, ienākot šajās nozarēs mūsdienīgākiem produktiem. Būtiski samazinās bora izmantošana arī kodoltehnika un metalurģijā.

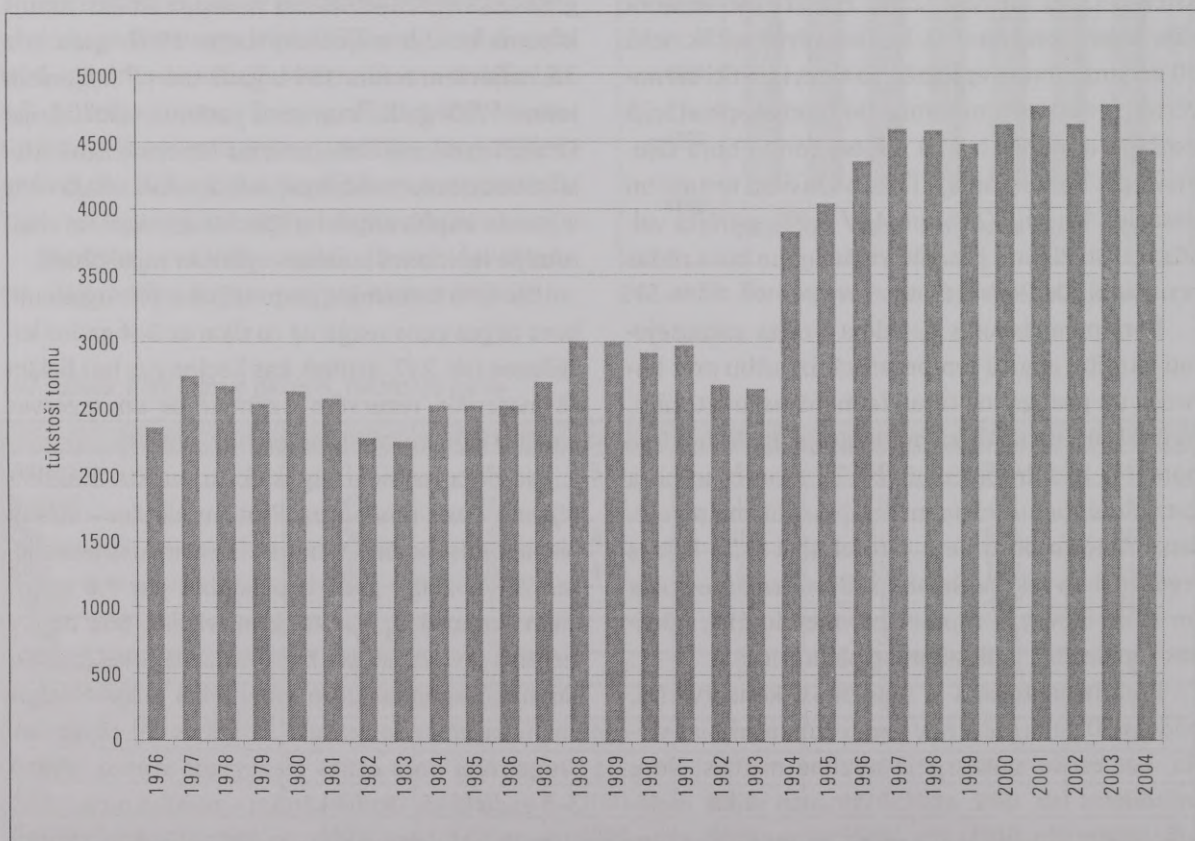
Kopējais pasaulē iegūtā bora daudzums (sk. 246. attēlu) ir savstarpēji cieši saistīts ar tehnikas attīstību pēdējos 50 gados: pakāpenisku bora ieguves pieauguma izmaiņas pārtrauc lēcienveida ieguves pieaugums vairāk nekā sešas reizes (!) gada laikā (1975–1976) un nedaudz lēnāks straujš kāpums no 2,6 miljoniem tonnu 1993. gadā līdz 3,8 miljoniem tonnu 1994. gadā un 4,0 miljoniem tonnu 1995. gadā, kam seko patēriņa stabilizācija. Pirmajā gadījumā šāds patēriņa lēcieni izēm stikla izstrādājumu spektra paplašināšanos, otrajā – tās ir jaunās iespējas optisko šķiedru ražošanā un vienreizējie iepirkumi kodolenerģētikas vajadzībām.

Par spīti lavīnveida pieprasījuma pieaugumam, bora tirgus cena reaģē uz to tikai ar 3–4 gadus kavēšanos (sk. 247. attēlu), kas liecina par ļoti lielām šā materiāla rezervēm uzkrājumos un rezerves jaudām iegūstošajā rūpniecībā.

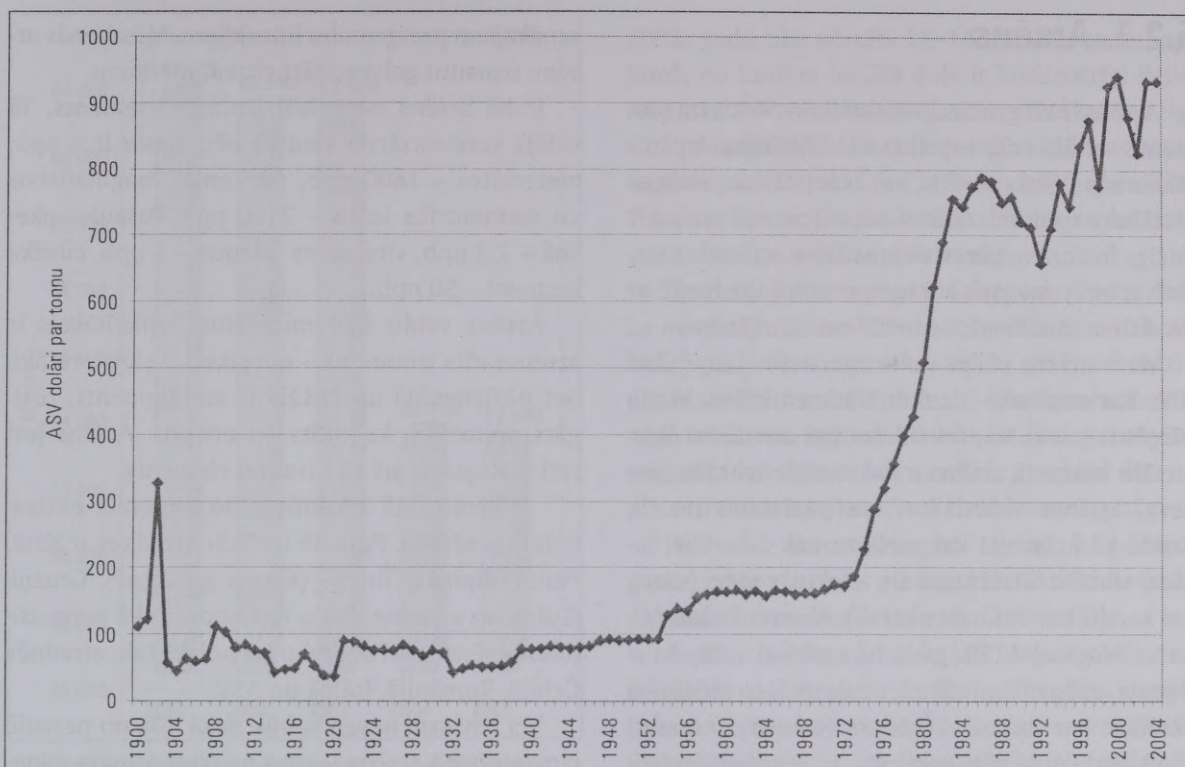
No bora izejvielu tirgus skatu punkta ir akcentējamas divas tendences. Pirmām kārtām – strauji pieaugošais patēriņa tirgus Dienvidaustrumāzijā, kas 2004.–2006. gadā ir pieaudzis par 1,8 miljoniem tonnu  $B_2O_3$ . Lai to apmierinātu, būs nepieciešams ieviest jaunas bora rūdas ieguves jaudas. Tas nav iespējams dažu gadu laikā projektēšanas un būvniecības darbu laika ietilpības dēļ, tāpēc tiek prognozēts bora cenas pieaugums vismaz tuvāko 3–5 gadu laikā. Otrām kārtām – prasību pieaugums attiecībā uz bora rūdas un izstrādājumu kvalitāti mikropiemaisījumu līmenī. Jau tuvākajos gados tiks



245. attēls. Bora galvenie izmantošanas veidi



246. attēls. Pasaulē iegūtā bora daudzums



247. attēls. Bora cenas izmaiņas pagājušajā gadsimtā

apturēta bora izejvielas kolemanīta ieguve, jo tas satur paaugstinātu arsēna daudzumu. Šis piemaisījums jau tagad ir atzīts par kaitīgu un nepieņemamu Eiropas Savienības valstīs un arī ASV, kaut gan formāla aizlieguma ieviest pārstrādei tā koncentrātu no Čīles vēl nav. Kolemanītu paredzēts aizstāt ar Olakapato atradnes uleksiāta koncentrātiem no jaunās rūpnīcas Argentīnā.

Pēdējos gados ļoti strauji pieaug ķīmiskās rūpniecības vajadzības pēc šķidrās borskābes, bet patērētāji vēlas izmantot optiskos stikla šķiedras kabeļus, kas nesatur boru. Tas stabilizē patēriņa tirgu. Tiek prognozēts, ka nākotnē vajadzība pēc bora izejvielām pasaulē pieaugs gadā vidēji par 3,4%. Vēl straujāks pieaugums ir gaidāms Āzijā – vidēji 5,7% gadā.

Tonna Čīles uleksiāta (38%  $B_2O_3$ ) maksā 200 ASV dolāru, Turcijas kolemanīta (42%  $B_2O_3$ ) – 270–290, tonna borskābes (99%  $B_2O_3$ ) – 1996 ASV dolārus. Kristālisks augstas tīrības bors (99%) maksā aptuveni piecus ASV dolārus par gramu, tādas pašas tīrības amorfs bors – aptuveni divus ASV dolārus par gramu. Eiropas Savienības valstīs amorfs bors (99,5%) maksā 997,90 eiro par 250 gramu standarta iepakojumu.

Visizplatītākā tirgus prece ir bora pentahidrāts. Tā cena no 2005. gada līdz 2007. gada otrajai pusei bija 425–450 ASV dolāru par tonnu.

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija un ģeoloģija
  - <http://periodic.lanl.gov/elements/5.html>
  - <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/boron>
  - <http://www.du.edu/~jcalvert/phys/boron.htm>
  - <http://education.jlab.org/itselemental/ele005.html>
  - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/B/geol.html>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/boron/>
- ✓ Resursi, krājumi un statistika
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/boron/boronmcs06.pdf>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/boron/boronmyb04.pdf>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/boron/boronmyb04.xls>
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/boron-use.xls>
- ✓ Cenas
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/boron.xls>
  - <http://www.ktf-split.hr/periodni/en/b.html>

## 5.2.7. Arsēns

Arsēns ir VA grupas ķīmiskais elements, un tam piemīt vairākas alotropiskas modifikācijas. Izplatītākais ir pelēkais arsēns, kas ir kristāliska viela ar metālisku spīdumu. Ķīmisko īpašību ziņā arsēns ir līdzīgs fosforam, parastos apstākļos arsēns ir mazaktīvs, bet paaugstinātā temperatūrā tas reaģē ar daudziem metāliem, nemetāliem un skābēm.

Vārds arsēns cēlies no senpersiešu *خورد زر* *Zar-nikh*, kas nozīmē – dzeltenā zemes krāsa. Vārdu pārņēma grieķi, to pārveidojot par *arsenikon*. Agro metālu laikmetā arsēns ir raksturīga bronzas piedeva, agrīnos vīduslaikos tas pazīstams ne tik daudz kā krāsviela vai piedeva, cik līdzeklis dažādu slimību ārstēšanai un efektīva inde (sauca par karaļu indi un indes karali). Alberts Lielais (*Albertus Magnus*) 1250. gadā bija pārliecināts, ka ir ieguvis arsēna "tīrmetālu", un ilgstoši to mēģināja pārvērst par zeltu. J. Šrēders (*Johann Schroeder*) 1649. gadā publicēja aprakstu, kā iegūt arsēnu divos atšķirīgos veidos. Viktorijas laikos arsēnu, kas bija sajaukts ar vīna etiķi un krītu, plaši izmantoja galma dāmas sejas balināšanai, lai uzsvērtu savu nepiedalīšanos lauku darbos, tas bija arī viens no

senākajiem pretgrumbu līdzekļiem. Mūsdienās arsēnu izmanto galvenokārt citiem mērķiem.

Dabā arsēns nav plaši izplatīts elements. Tā vidējā koncentrācija Visumā pēc masas ir 8 ppb, meteorītos – 1800 ppb, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 2100 ppb, Pasaulē okeānā – 2,3 ppb, virszemes ūdeņos – 1 ppb, cilvēka ķermenī – 50 ppb.

Arsēns veido 620 minerālus. Izplatītākais ir arsenopirīts (sinonīms – mīspikels, FeSAs), retāki, bet pazīstamāki un košāki ir auripigments, realgārs, mimetīts, kobaltīts un eritrīns. Arsēns ļoti reti sastopams arī kā tīrradņu elements.

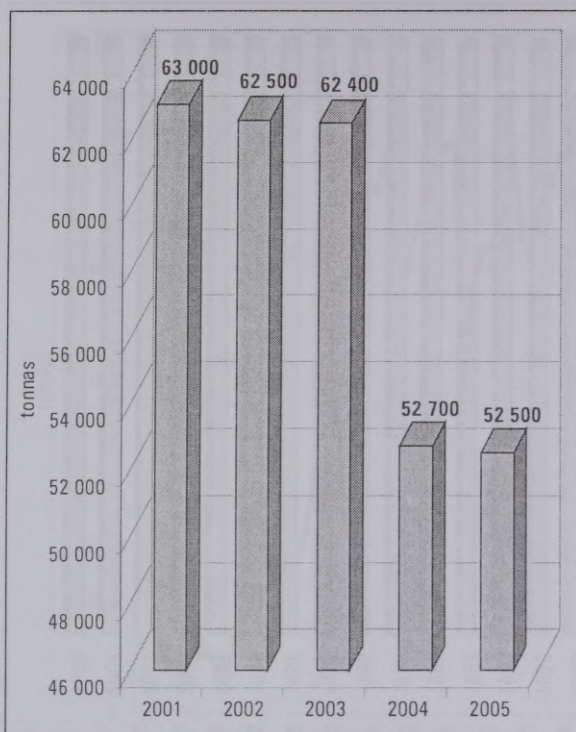
Saimnieciskā nozīme ir no minerāla ekstrahētam arsēnam. Pasaulē lielākās atradnes ir Ķīnā, Peru, Filipīnās, Turcijā (Karsas apkārtnē), Gruzijā (Luhumas atradne valsts rietumdaļā), kā piemaisījums arsēns ir arī sudraba un polimetālu atradnēs Čehijā, Rumānijā, Itālijā un ASV.

Vēl pavisam nesen vairāk nekā 80% no pasaulē izmantojamā arsēna ieguva no trim pamata minerāliem – auripigmenta, realgāra un arsenopirīta, pārējos 20% – no blāvajām rūdām. Mūsdienās arsēnu iegūst tikai no arsenopirīta, to apdedzinot, kā arī no vara, zelta un svina rūdu atlikumiem (to

104. tabula. Arsēna ieguve pasaulē, tonnās arsēna trioksīda izteiksmē

Valsts	2001	2002	2003	2004	2005	2006*
Beļģija	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Bolīvija	846	237	276	168	150	
Čīle	11 500	11 400	11 600	11 600	11 500	11 500
Francija	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Irāna	400	400	275	89	100	
Japāna	40	40	40	40	40	
Kanāda	250	250	250	250	250	
Kazahstāna	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Krievija	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Ķīna	39 500	40 000	40 000	30 000	30 000	30 000
Meksika	2381	1946	1729	1829	1650	1300
Peru	2800	2970	3000	3500	3600	3500
Portugāle	50	50	50	50	50	
Vācija	200	200	200	200	200	
Maroka*					6900*	6900
Citas valstis kopā*						1000
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>63 000</b>	<b>62 500</b>	<b>62 400</b>	<b>52 700</b>	<b>52 500</b> <b>59 400*</b>	<b>59 200</b>

Piezīme: tabulā nav iekļauts neliels arsēna daudzums, kas tiek iegūts arī Austrijā, Ungārijā, Somijā, Spānijā un Apvienotajā Karalistē. \* ASV Ģeoloģijas dienesta nepārbaudīti novērtējumi.



248. attēls. Arsēna ieguves izmaiņas pasaulē, Britu ģeoloģiskā dienesta dati

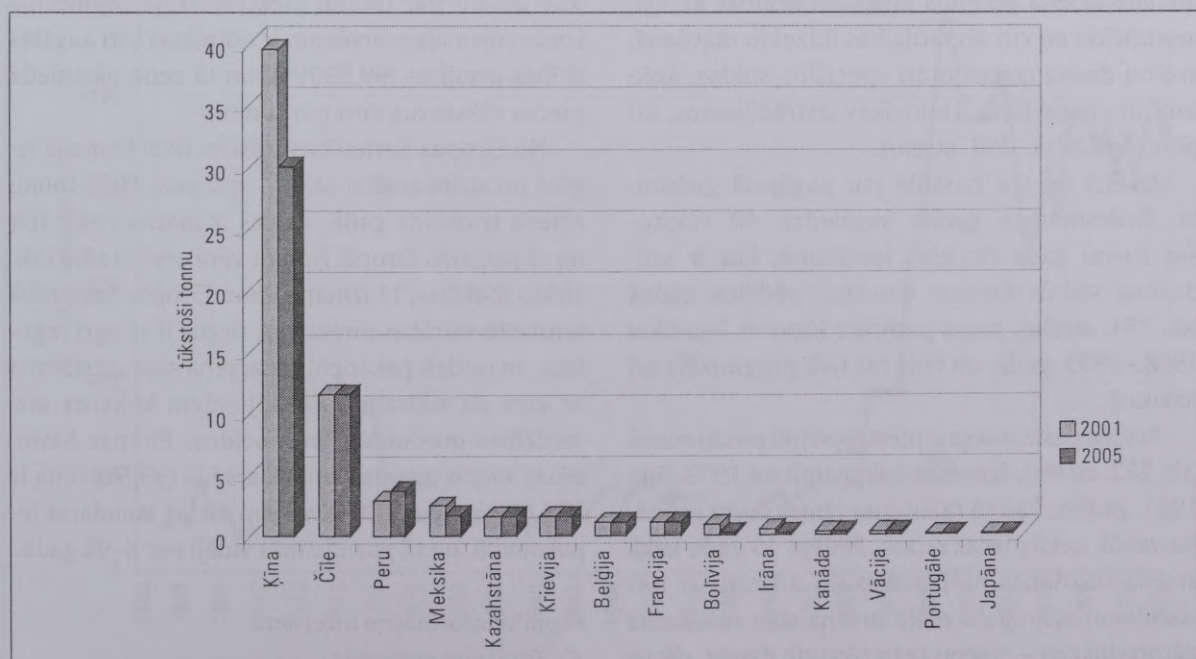
pārstrādes rūpnīcu skursteņu kvēpiem un sodrējiem). Pasaulē iegūst 54–55 tūkstošus tonnu arsēna gadā (arsēna trioksīda izteiksmē). Zināmie arsēna resursi arsēna trioksīda izteiksmē pasaulē

2005. gadā tika vērtēti 11–14 miljonu tonnu apjomā, no kuriem lielākā daļa ir koncentrēti Peru, Filipīnās, Čīlē un Kanādā. Arsēna ražošanā jau ilgstoši dominē (sk. 104. tabulu) Ķīna (55% no visas ieguves pasaulē) un Čīle (24%), kas kopā apmierina 79% pasaules tirgus vajadzības. Līdz ar to daudzās valstīs arsēna ieguve ir pārtraukta.

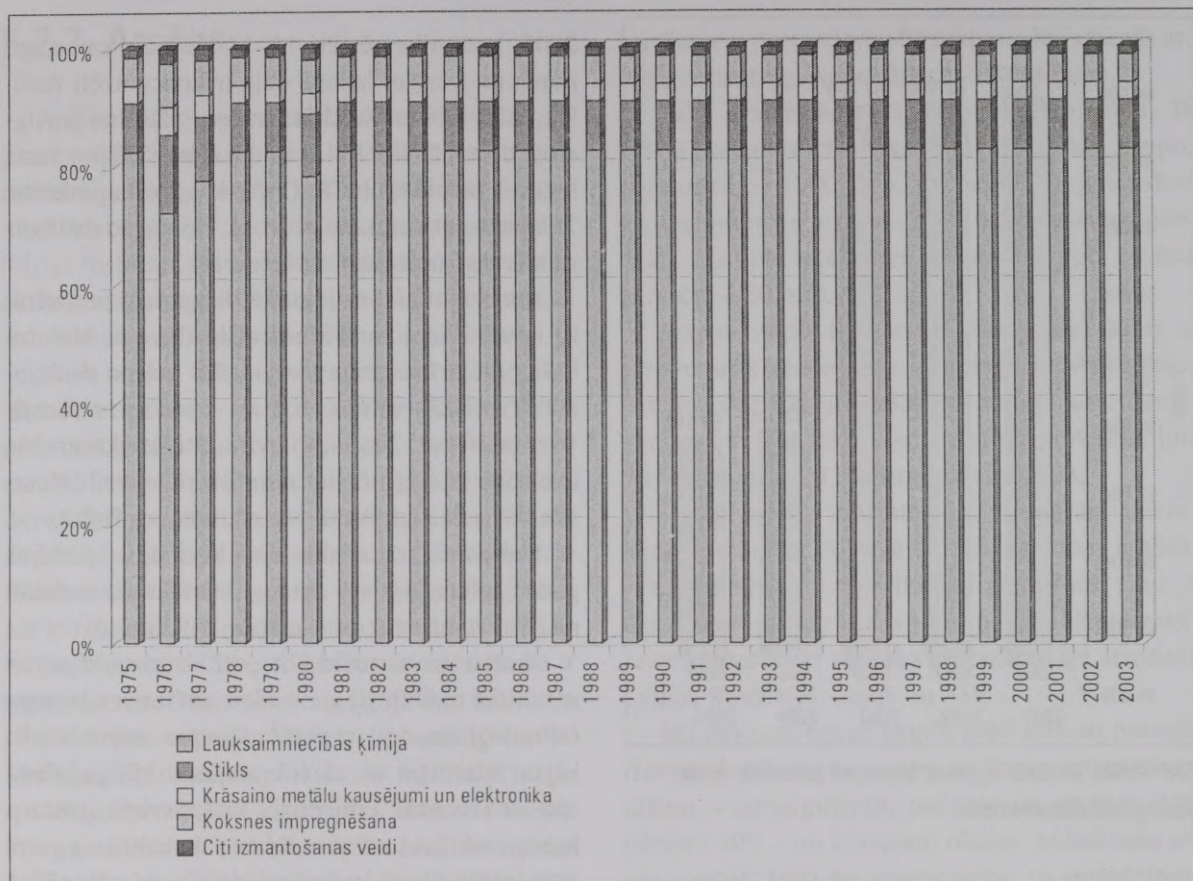
Analizējot arsēna ieguves datus, ir jāņem vērā, ka novērtējumi var būtiski atšķirties (sk. 104. tabulu). Atšķirības ir ne tikai iegūtā arsēna daudzumā atsevišķās valstīs, bet arī izteiksmes formā. 104. tabulā un 248. attēlā visi dati izteikti arsēna trioksīda izteiksmē, bet nereti ir pieejami dati arsēna tīrvielas izteiksmē vai rūdu koncentrātā.

Pieejamie statistiskie dati liecina, ka pēdējos gados arsēna ieguves pieaugumu faktiski nodrošina tikai viena valsts – Ķīna (sk. 249. attēlu).

Arsēna izmantošana ir ļoti daudzveidīga un ir būtiski mainījusies, ne tikai attīstoties jaunām tehnoloģijām, bet arī zināšanām par arsēna ķīmiskajām īpašībām un tā toksiskumu. 19. gadsimtā arsēnu visvairāk izmantoja kā krāsvielu (tostarp ledeņu iekrāsošanai) un līdzekli kukaiņu un grauzēju iznīcināšanā lauksaimniecībā un komunālajā saimniecībā. 20. gadsimtā arsēnu izmantoja insekticīdu ražošanā, bronzas krāsmetālu sakausējumos un speciālo stiklu ražošanā. Mūsdienās arsēnu izmanto pusvadītāju elementu ražošanā (gallija



249. attēls. Izmaiņas arsēna ieguvē pasaulē pēdējos gados



250. attēls. Galvenās arsēna izmantošanas jomas pasaulē un to nozīmes izmaiņas

arsenīds GaAs), saules baterijās, lāzerdiodēs un dažādos materiālos pētījumiem kosmosā. Izteikti dominē arsēna patēriņš lauksaimniecības ķīmijā, insekticīdu un citi aizsardzības līdzekļu ražošanā, arsēnu daudz izmanto arī speciālos stiklos, koksnes impregnēšanā, keramikas izstrādājumos, arī pirotehnikā (sk. 250. attēlu).

Arsēna ieguve pasaulē jau pagājušā gadsimta divdesmitajos gados sasniedza 40 tūkstošus tonnu gadā tīrvielas izteiksmē, kas ir salīdzinoši stabils lielums daudzus pēdējos gadus (sk. 251. attēlu). Jauns patēriņa kāpums bija tikai 1998.–1999. gadā, un tāds tas tiek prognozēts arī nākotnē.

Arsēna pašizmaksa ir pieaugusi ļoti pakāpeniski (sk. 252. attēlu), izņemot laikposmu no 1973. līdz 1981. gadam, kad tā ražošanas izmaksas palielinājās vairāk nekā piecas reizes. Pēdējo 15 gadu laikā arsēna ražošanas pašizmaksa un arī cena ir ļoti stabila un atspoguļo reālo arsēna sāļu ražošanas pārprodukciju – arsēnu ražo tikai tik daudz, cik to ir iespējams pārdot. Arsēna tirgus produkti ir sāļi

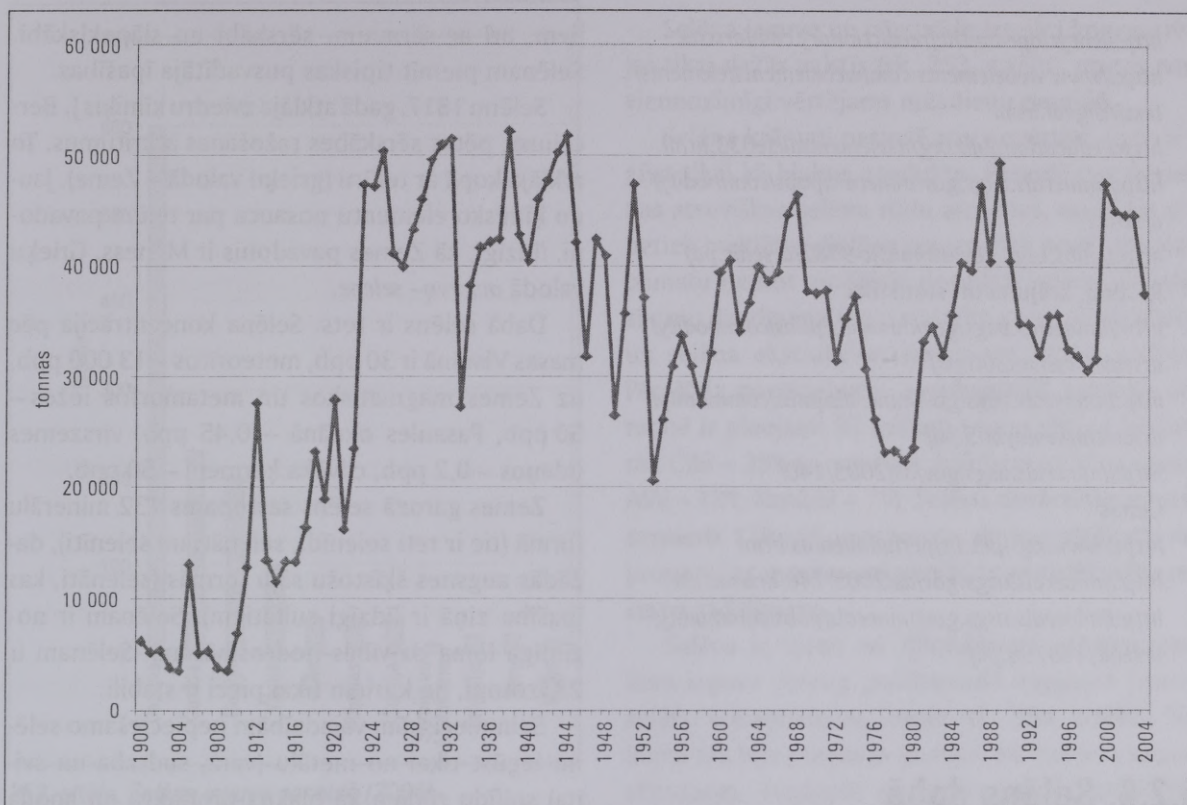
(arsēna trioksīds un pentoksīds). Arsēna trioksīda cena 2006. gada beigās bija aptuveni 2080–2200 ASV dolāru par tonnu. Elektroniskajā rūpniecībā izmantojamajam arsēnam ir noteiktas ļoti augstas tīrības prasības (99,9999%), un tā cena pārsniedz piecus tūkstošus eiro par tonnu.

No Eiropas Savienības valstīm tikai Francijā iegūst un attīra arsēna sāļus – aptuveni 1000 tonnu arsēna trioksīda gadā, un tas ir mazāk nekā 10% no tā patēriņa Eiropā. Ņemot vērā arsēna sāļu toksiskās īpašības, tā izmantošanu Eiropas Savienībā ierobežo vairākas direktīvas, tirgus ir stingri regulēts, un notiek pakāpeniska arsēna sāļu aizstāšana ar vara un sudraba savienojumiem koksnes aizsardzības produktos un biocīdos. Eiropas Savienības valstīs augstas tīrības arsēna (99,5%) cena ir 322,60 eiro par 100 gramu vielas standarta iepakojumā, un tā paaugstinās vidēji par 8–9% gadā.

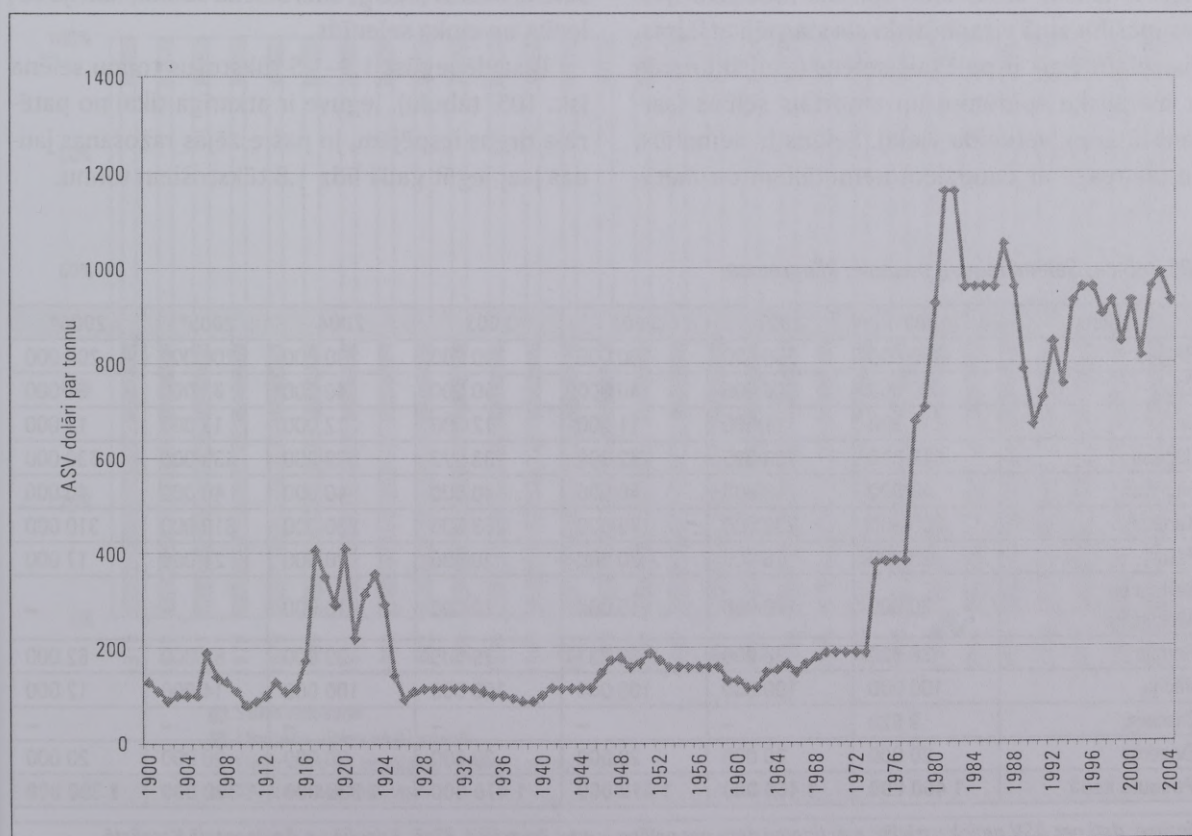
**Papildu informācija internetā**

✓ Ķīmija un ģeoloģija

<http://periodic.lanl.gov/elements/33.html>



251. attēls. Pasaulē iegūtā arsēna daudzums, tīrvielas izteiksmē



252. attēls. Arsēna ražošanas pašizmaksas izmaiņas pasaulē pagājušajā gadsimtā

<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/arsenic>  
<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/As/geol.html>  
<http://education.jlab.org/itselemental/ele033.html>  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/arsenic/>  
<http://pubs.usgs.gov/usbmic/ic-9382/arsenic.pdf>

✓ Resursi, krājumi un statistika

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/arsenic/arsenmcs06.pdf>  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/arsenic/arsenmyb05.pdf>  
<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/>

✓ Cenas

<http://www.ktf-split.hr/periodni/en/as.html>  
<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/arsenic.xls>  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/arsenic/160798.pdf>

## 5.2.8. Selēns dabā

Selēns ir raksturīgs VIA grupas ķīmiskais elements. Tam ir sešas alotropiskās modifikācijas, kas īpašību ziņā visai būtiski savstarpēji atšķiras. Visizplatītākais ir pelēkais selēns (trausli kristāli ar metālisku spīdumu) un amorfais selēns (sarkanbrūna pulverveida viela). Selēns ir nemetāls, un tas reaģē ar daudziem nemetāliem un metā-

liem, arī ar sārmiem, sērskābi un slāpekļskābi. Selēnam piemīt tipiskas pusvadītāja īpašības.

Selēnu 1817. gadā atklāja zviedru ķīmiķis J. Berceļiuss, pētot sērskābes ražošanas atkritumus. To atklāja kopā ar telūru (grieķu valodā – Zeme). Jau no ķīmisko elementu nosauca par telūra pavadoņi, līdzīgi, kā Zemes pavadoņi ir Mēness. Grieķu valodā *σελήνη* – selene.

Dabā selēns ir rets. Selēna koncentrācija pēc masas Visumā ir 30 ppb, meteorītos – 13 000 ppb, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 50 ppb, Pasaules okeānā – 0,45 ppb, virszemes ūdeņos – 0,2 ppb, cilvēka ķermenī – 50 ppb.

Zemes garozā selēns sastopams 132 minerālu formā (tie ir reti selenīdi, selenāti un selenīti), dažādās augsnes šķīstošu sāļu formās (selenāti, kas īpašību ziņā ir līdzīgi sulfātiem). Selēnam ir nozīmīga loma dzīvības nodrošināšanā. Selēnam ir 28 izotopi, no kuriem tikai pieci ir stabili.

Saimnieciskām vajadzībām nepieciešamo selēnu iegūst tikai no metālu (vara, sudraba un svina) sulfīdu rūdām kā blakus produktu no anoda duļķēm. Selēna komerciālie produkti ir skābes ( $H_2SeO_4$  un  $H_2SeO_3$ ), selenīdi (tikai HgSe un  $H_2Se$ ), selēna oksīds ( $SeO_2$ ), daži selēna sulfīdi, nātrija selenīts un cinka selenīds.

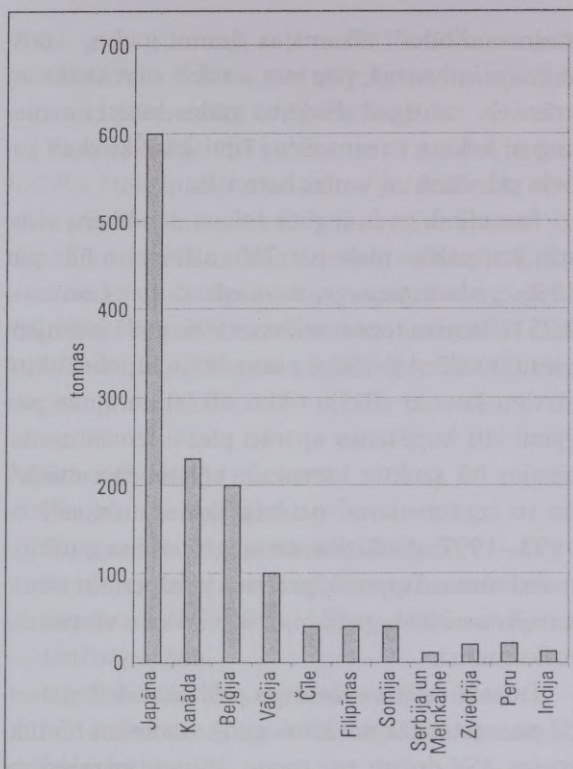
Pasaulē iegūst 1,3–1,5 tūkstošus tonnu selēna (sk. 105. tabulu). Ieguve ir atkarīga tikai no patēriņa tirgus iespējām, jo pašreizējās ražošanas jaudas ļauj iegūt gadā līdz 1,8 tūkstošiem tonnu.

105. tabula. Selēna ieguve pasaulē, kilogramos

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004	2005*	2006*
Beļģija	200 000	200 000	200 000	200 000	200 000	200 000	200 000
Čīle	40 000	40 000	40 000	40 000	40 000	82 000	81 000
Indija	11 500	11 500	11 500	12 000	12 000	13 000	13 000
Japāna	612 316	730 895	752 099	733 973	599 200	635 000	630 000
Filipīnas	40 000	40 000	40 000	40 000	40 000	40 000	40 000
Kanāda	350 000	238 000	175 000	253 000	230 000	310 000	310 000
Peru	23 100	16 100	20 600	20 600	20 600	21 000	17 000
Serbija un Melnkalne	20 000	20 000	15 000	10 000	10 000	–	–
Somija	36 300	38 900	39 237	39 500	39 800	62 000	62 000
Vācija	100 000	100 000	100 000	100 000	100 000	14 000	12 000
Zambija	9 820	–	–	–	–	–	–
Zviedrija	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>1 460 000</b>	<b>1 460 000</b>	<b>1 410 000</b>	<b>1 470 000</b>	<b>1 330 000</b>	<b>1 390 000</b>	<b>1 390 000</b>

Piezīme: dati par ASV netiek uzrādīti; nav ticamu datu par selēna ieguvu Austrālijā, Ķīnā, Krievijā un Apvienotajā Karalistē.

\* ASV Ģeoloģijas dienesta nepārbaudīti dati. – Dati nav pieejami vai ieguve ir pārtraukta.

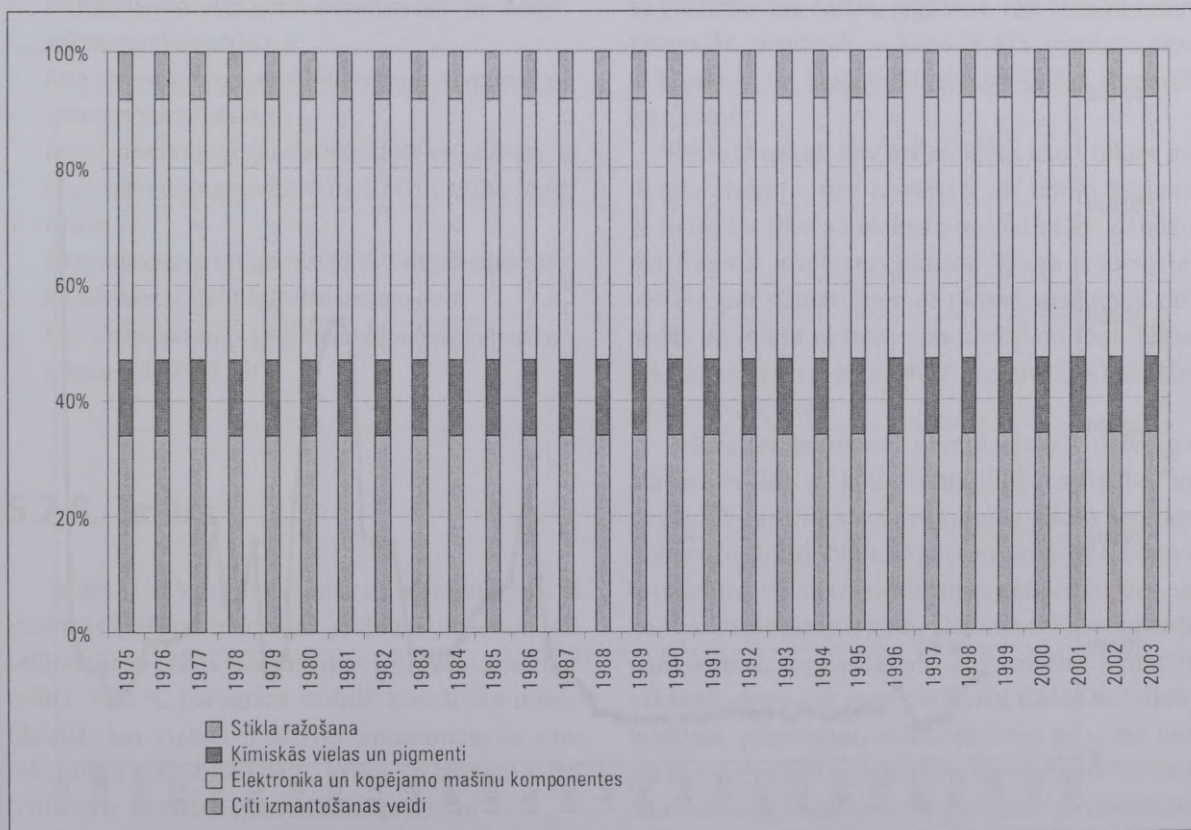


253. attēls. Selēna ieguve pasaulē (2004)

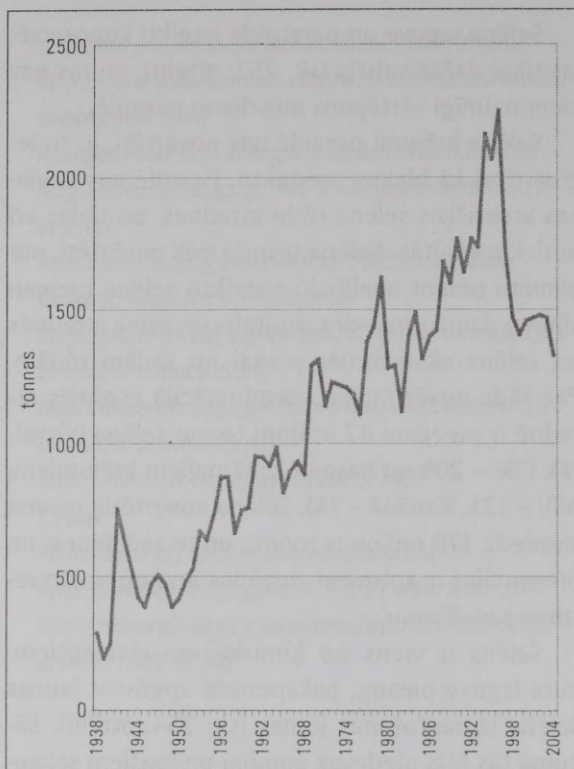
Selēna ieguve un pārstrāde izteikti koncentrējas tikai dažās valstīs (sk. 253. attēlu), un tas nav viennozīmīgi vērtējams mūsdienu pasaulē.

Selēna krājumi pasaulē nav novērtēti, jo to iegūst tikai kā blakus produktu. Pasaulē nav nevienas atsevišķas selēna rūdu atradnes, un tādas arī netiek meklētas. Selēna resursi tiek novērtēti, par pamatu ņemot analītiski noteikto selēna piemaisījumu daudzumu vara, sudraba un svina atradnēs un selēna ekstrakcijas praksi no šādām rūdām. Pēc šāda novērtējuma, ekspluatācijā esošajās atradnēs ir pieejami 82 miljoni tonnu selēna (visvairāk Čīlē – 20% no pasaulē zināmajiem krājumiem; ASV – 12%, Kanādā – 7%). Selēna novērtētie resursi sasniedz 170 miljonus tonnu, un to sadalījums un proporcijas ir aptuveni vienādas ar aprēķināto resursu sadalījumu.

Selēns ir viens no ķīmiskajiem elementiem, kura ieguve pieaug, pakāpeniski apgūstot jaunas selēna izmantošanas jomas (sk. 254. attēlu). Sākumā tās bija piedevas gumijai un tīpašiem sakausējumiem. Pagājušā gadsimta septiņdesmitajos gados selēnu daudz izmantoja foto materiālos un



254. attēls. Selēna izmantošanas veidi un to izmaiņas

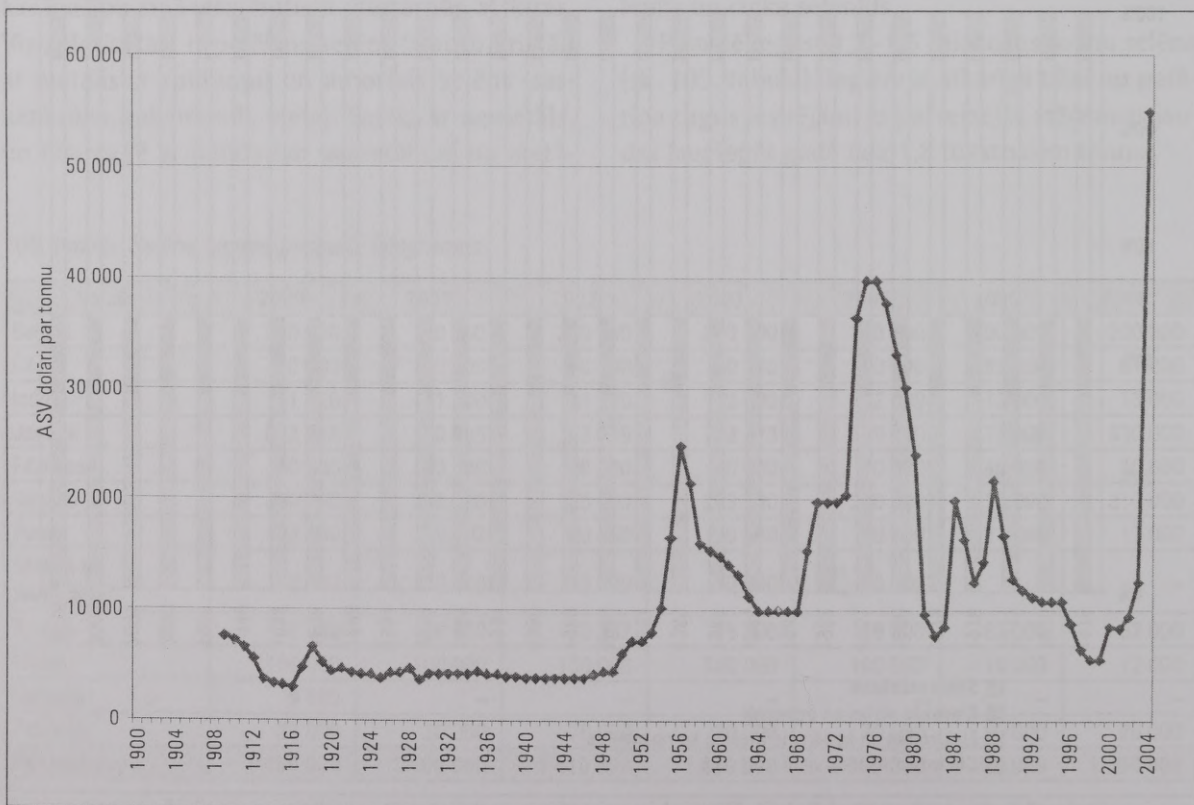


255. attēls. Pasaulē iegūtā selēna daudzuma izmaiņas pagājušajā gadsimtā

gaismas diodes, nākamajos desmit gados – pusvadītāju industrijā, pēc tam – stikla rūpniecībā un krāsvielu ražošanā. Pēdējos gados būtiski ir pieaugusi selēna izmantošana optiskās šķiedras kabeļu ražošanā un saules baterijās.

Pasaulē ik gadu iegūtā selēna daudzums svārstās ļoti pakāpeniski (sk. 255. attēlu) un līdz pat 1996. gadam pieauga, sasniedzot maksimumu – 2,25 tūkstošus tonnu selēna. 1996. gadā joprojām pieauga selēna patēriņš pusvadītāju rūpniecībā (tā aizvietošana ar silīciju tikko sākās) un kļuva pieejami lēti kopēšanas aparāti plašai izmantošanai birojos (tā sauktie kseroksi), bet tie bija masīvi, un to izgatavošanai patērēja ļoti daudz selēna. 1993.–1997. gadā tika sasniegts selēna patēriņa maksimums. Turpmāk patēriņš pakāpeniski samazinājās un 2004. gadā bija tikai 59% no vēsturiskā maksimuma.

Pasaulē selēna ražošanas pašizmaksa lēcienvēdā paaugstinājās un 2004. gadā sasniedza 55 tūkstošus ASV dolāru par tonnu. Vairumtirdzniecības cena stabilizējās – 300 ASV dolāru par mārciņu. Turpmāk selēna cena stabilizējas, un vairumtirdzniecībā tā ir 35–50 ASV dolāru par mārciņu. Piemēram,



256. attēls. Selēna cenas izmaiņas pagājušajā gadsimtā

2007. gada 10. jūlijā selēns (99,5% tīrība) maksāja 45–47 ASV dolārus par mārciņu. Aptuveni tāda cena tika prognozēta līdz gada beigām.

Eiropas Savienībā selēna un tā produktu realizācija tiek īpaši uzraudzīta, jo selēns ir toksisks. Selēnu ražo tikai Beļģija, Somija un Vācija. Šīs trīs valstis kopā nespēj nodrošināt pat pusi no Eiropas rūpniecības vajadzībām. Selēna (99,999% tīrība) cena Eiropas Savienībā divu gadu laikā ir pieaugusi no 300 līdz 12 000 eiro par kilogramu.

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija un ģeoloģija  
<http://periodic.lanl.gov/elements/34.html>  
<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/selenium>  
<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Se/geol.html>  
<http://education.jlab.org/itselemental/ele034.html>  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/selenium/>
- ✓ Resursi, krājumi un statistika  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/selenium/selenmcs06.pdf>  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/selenium/selenmyb04.pdf>  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/selenium/selenmyb04.xls>  
<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/selenium-use.xls>  
<http://pubs.usgs.gov/of/2003/of03-018/of03-018.pdf>
- ✓ Cenas  
<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/selenium.xls>  
<http://www.ktf-split.hr/periodni/en/se.html>  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/selenium/830798.pdf>

## 5.2.9. Telūrs

Telūrs ir VIA grupas ķīmiskais elements, un tā ķīmiskās īpašības ir līdzīgas selēnam un sēram. Arī telūram ir vairākas alotropiskās formas – amorfa telūrs +25 °C pārvēršas stabilā kristāliskā modifikācijā, kas vizuāli ir līdzīgs antimonam ar tam raksturīgo sudrabaini balto krāsu un lauzumu. Arī telūram ir izteiktas pusvadītāja īpašībām.

Telūru atklāja 1782. gadā F. J. Millers Transilvānijā no zelta rūdas. To neatkarīgi paveica arī ungā-

ru zinātnieks P. Kitaibels (*Pál Kitaibel*) 1789. gadā, bet šos atklājumus neatzina, līdz 1798. gadā M. H. Klaprots atkārtoja iepriekšējos eksperimentus un no tās pašas rūdas vēlreiz izdalīja jauno ķīmisko elementu, kuru M. H. Klaprots pēc tīrvielas iegūšanas nosauca par telūru (latīniski *tellus* – zeme).

Dabā telūrs ir reti sastopams. Tā vidējā koncentrācija pēc masas Visumā ir 9 ppb, meteorītos – 2100 ppb, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 1,0 ppb. Telūram ir daudz izotopu, no tiem tikai pieci ir stabili.

Telūrs dabā ir sastopams 164 minerālu formās – tas ir tīrradņu telūrs un daudzi zelta telurīdi, retāk sastopami citu metālu telurīdi, bet pilnīgi visi dabas veidoti telūra minerāli ir liels retums. Saimnieciskām vajadzībām telūru iegūst tikai kā blakus produktu no vara pārstrādes – no vara sāļu elektrolīzes vannās pie anoda uzkrātām duļķēm. Tikai dažos gadījumos pēc līdzīgas shēmas telūru iegūst no svina rūdu atlikumiem.

Dati par telūra iegūvi 2006. gadā tiek pārbaudīti. Pēc ASV Ģeoloģijas dienesta informācijas, 2006. gadā pasaulē kopā ir iegūtas un rūpnieciski pārstrādātas rūdas, iegūstot 128 tonnas telūra tīrmetāla, visvairāk – Kanādā (75 tonnas), Peru (33 tonnas) un Japānā (20 tonnas telūra tīrmetāla izteiksmē).

Pasaulē nekad nav arī meklēta kāda telūra minerālu atradne, nav novērtēti arī telūra krājumi, jo to iegūst tikai kā blakus produktu tādā daudzumā, kādu ir iespējams pārdot. Telūra resursi tiek vērtēti, par pamatu ņemot tā piemaisījumus vara rūdās un telūra ekstrakcijas praksi no tām. Telūra pieejamie resursi ir novērtēti aptuveni 47 tūkstošu tonnu apjomā.

Telūra izmantošana saimnieciskajā dzīvē paplašinājās līdz ar kodoltehnoloģiju attīstību, un pagājušā gadsimta sešdesmitajos gados visu kodolieroču ārējo čaulu izgatavošanai tika izmantots telūrs. Vēlāk to aizvietoja ar citām vielām, un kopš septiņdesmito gadu sākuma telūru izmanto citās jomās, visplašāk (sk. 257. attēlu) – metālu sakausējumos, lai tiem piešķirtu kādas noteiktas īpašības, piemēram, sakausējumos ar svīnu tam piešķir mehānisko noturību, nerūsējošam tēraudam un vara kausējumam palielina to apstrādes iespējas, tēraudam paaugstina metāla struktūras noturību un tamlīdzīgi. Salīdzinoši plaši telūra

106. tabula. Telūra ieguve pasaulē, kilogramos

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Japāna	35 687	39 008	28 656	33 154	32 703	35 000
Kanāda	53 000	51 000	39 000	40 000	40 000	50 000
Peru	22 020	19 105	21 600	22 000	20 000	28 000

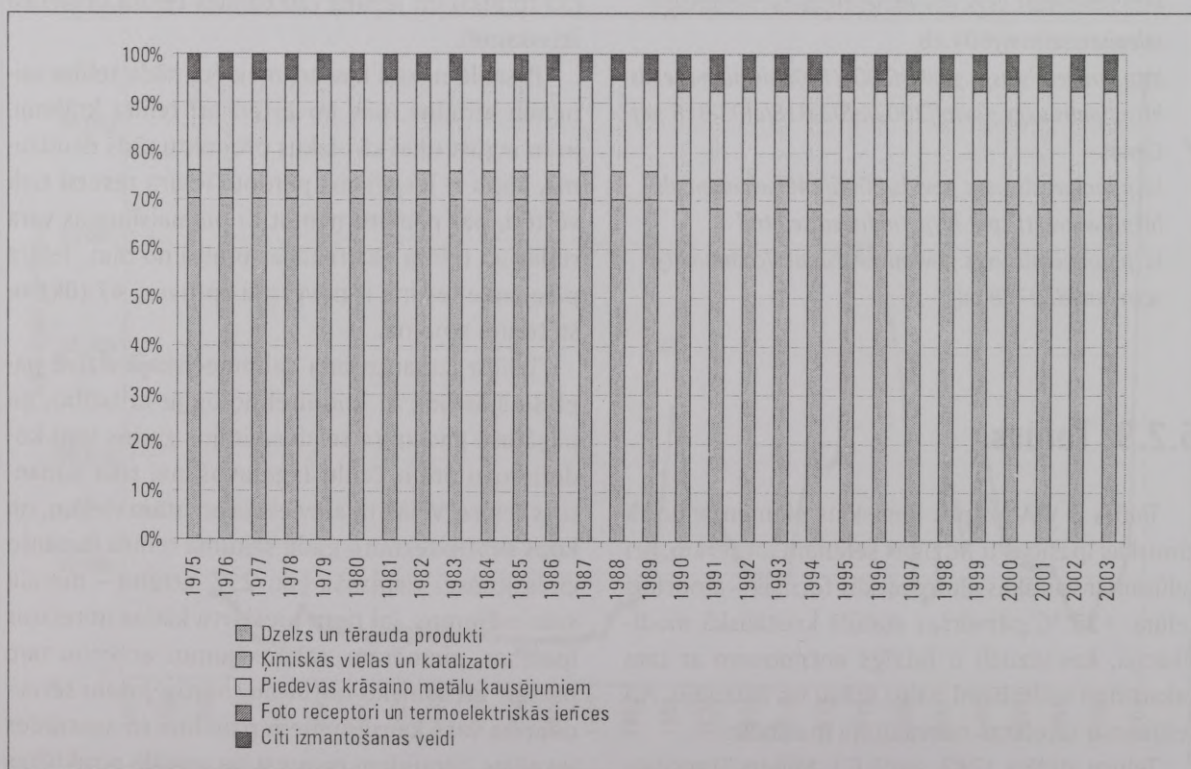
Piezīme: arī ASV ir viena no lielākajām telūra ražotājām pasaulē, tomēr dati par ASV iegūto telūra daudzumu nekad nav publicēti. Pēc citiem avotiem, ASV gadā iegūst aptuveni 50 tonnu telūra, Vācija – līdz 500 kilogramiem telūra gadā.

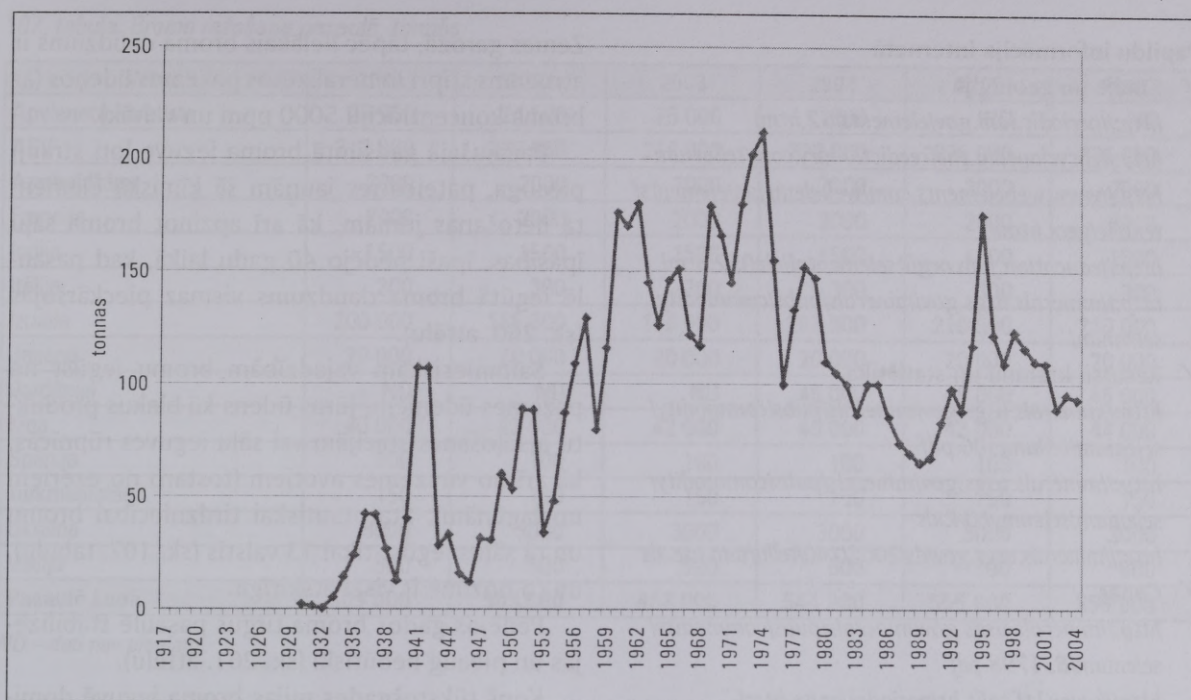
sāļus izmanto keramikas un stikla ražošanā, ķīmiskajā sintēzē – dažādu antioksidantu ražošanā. Vēl pirms vairākiem desmitiem gadu telūru ļoti daudz izmantoja pusvadītāju industrijā, bismuta telurīdus – termoelektriskajās iekārtās, kadmija telurīdi bija pamata elementi saules baterijās, cinka un kadmija telurīdi – rentgenstarojuma detektoros, dzīvsudraba un kadmija telurīdi patlaban ir vienīgās vielas, kuru īpašības ļauj nodrošināt infrasarkanā gaismas diapazonā drošu datu pārnēsi. Pēdējos gados germānija, antimona un telūra kausējumus plaši izmanto augstas kvalitātes datu nesēju un DVD virsmu pārklāšanai, un tiek prognozēts, ka tas būtiski ietekmēs telūra patēriņu nākotnē.

Komerציālā prece ir telūra pulveris – smalkāks

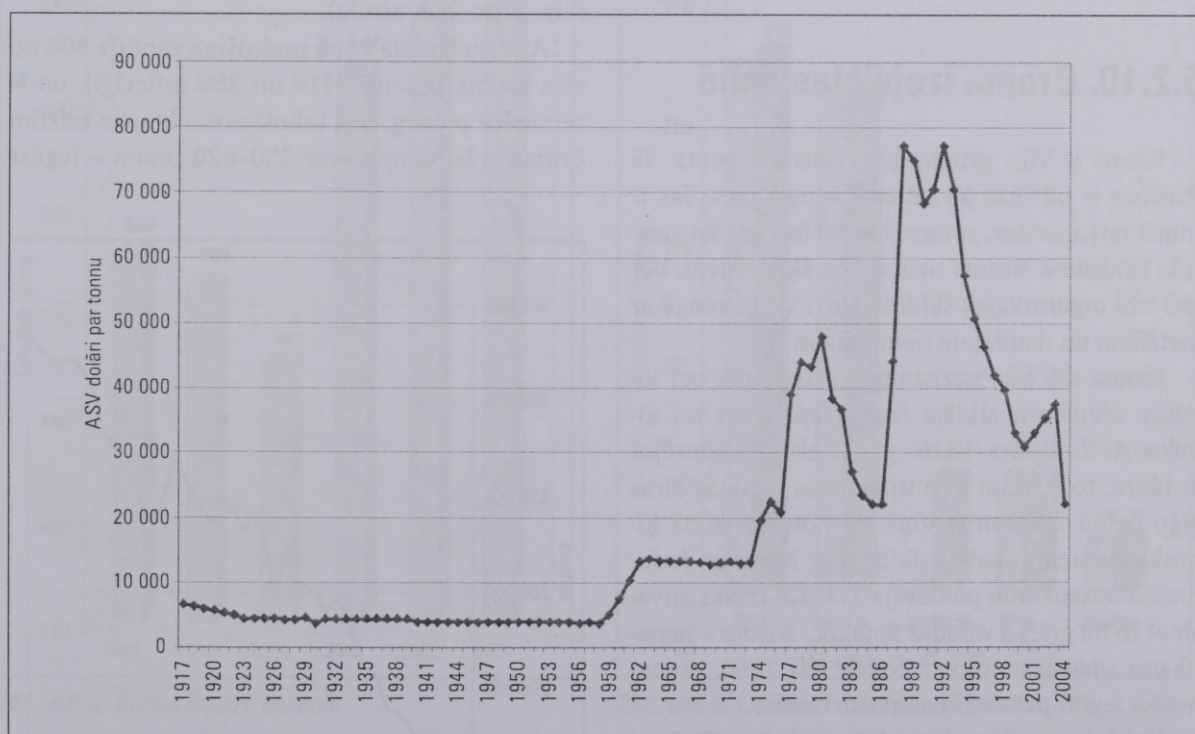
par 0,2 mm, bet pieejams arī presēts lietņu formās, stieņos un pakās. To tradicionāla ražotāju cena ir aptuveni 14 ASV dolāru par mārciņu, un šīs cenas izmaiņas ir tieši proporcionālas vara cenas izmaiņām (ražotāji piemēro izmaksu tiešās proporcionalitātes principu). Savukārt vairumtirdzniecības cena ir atkarīga no dažādiem ierobežojumiem telūra aprītē un saimnieciskajā izmantošanā un var būtiski, pat vairākas reizes, atšķirties dažādos pasaules reģionos. Iegūtā daudzuma un cenas izmaiņas vēsturiskā skatījumā (sk. 258. un 259. attēlu) norāda uz trim izteiktiem cenas kāpumiem, kas atspoguļo telūra izmantošanas jauno jomu attīstību: kodoltehnoloģijas, pusvadītāju industrija un sakausējumu ražošana.

Grafikā redzams arī kopējais cenas kritums, jo





258. attēls. Pasaulē iegūtā telūra daudzums tīrmetāla izteiksmē



259. attēls. Pasaulē iegūtā telūra daudzums

metallurģijā telūrs tiek aizstāts ar lētākām izejvielām un visā pasaulē ir ļoti liela telūra pārprodukcija.

Mūsdienās telūra vairumcena nav ļoti augsta – par 99,95% tīrības produktu aptuveni 100–120 ASV

dolāru mārciņā. Eiropas Savienībā telūra (99,99%) standartcena ir 175,90 eiro par 250 gramu iepakojumu. Kopš 2006. gada nogales tā pieaug par 7–9% gadā.

### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija un ģeoloģija
  - <http://periodic.lanl.gov/elements/52.html>
  - <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/tellurium>
  - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Te/geol.html>
  - <http://education.jlab.org/itselemental/ele052.html>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/selenium/>
- ✓ Resursi, krājumi un statistika
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/selenium/tellumcs06.pdf>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/selenium/selenmyb04.xls>
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/tellurium-use.xls>
- ✓ Cenas
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/selenium/831798.pdf>
  - <http://www.ktf-split.hr/periodni/en/te.html>
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/tellurium.xls>

## 5.2.10. Broma izejvielas dabā

Broms ir VIIA grupas ķīmiskais elements. Tā īpašības ir līdzīgas kā citiem halogēniem. Tas ir tumši sarkanbrūns, smags, bet arī kustīgs un gais-tošs šķidrums. Broms tikai daļēji šķīst ūdenī, bet ļoti labi organiskajos šķīdinātājos. Viegli reaģē ar metāliem un daudziem nemetāliem.

Broma sāļi bija pazīstami jau senatnē, bet ķīmisko elementu atklāja franču aptiekārs un ķīmiķis A. Z. Balārs 1826. gadā, eksperimentējot ar hloru, to ievadot Mointplenjēras lagūnas jūras aļģu pelnu izvilcumā. Viņš arī noteica jaunā ķīmiskā elementa īpašību līdzību ar hloru un jodu. Broma nosaukumu piedāvāja Ž. L. Gē-Lisaks, atvasinot to no grieķu valodas βρῶμος, *brómos* – nepatīkama smaka, smirdoņa. Tomēr līdz 1860. gadam netika iegūti pat daži grami tīra broma.

Dabā broms nav ļoti plaši izplatīts. Tā koncentrācija pēc masas Visumā ir 7 ppb, meteorītos – līdz 1200 ppb, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 3000 ppb, Pasaules okeānā – 67 300 ppb, virszemes ūdeņos – 20 ppb, cilvēka ķermenī – 2900 ppb. Broms dabā ir sastopams 24 minerālu formā, arī kā tīrradņu broms. Tie ir reti un ķīmiski nenoturīgi, viegli šķīstoši minerāli

Zemes garozā, tāpēc lielākais broma daudzums ir atrodams stipri mineralizētos pazemes ūdeņos (ar broma koncentrāciju 5000 ppm un vairāk).

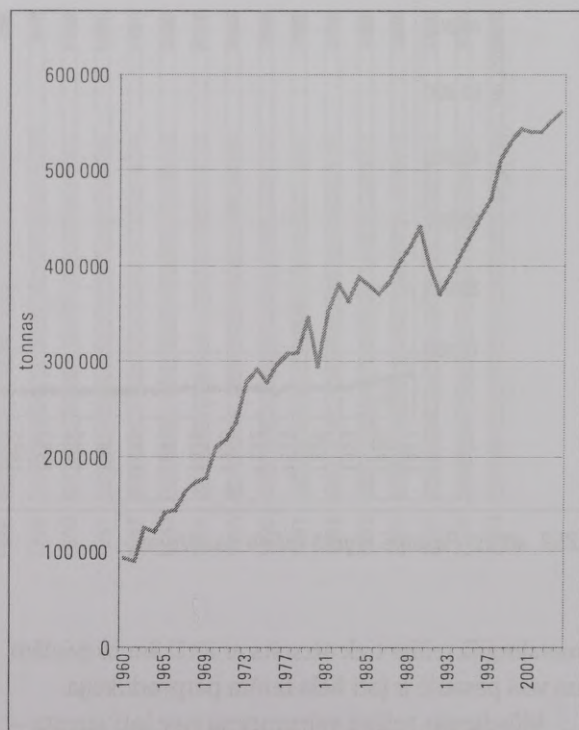
Pagājušajā gadsimtā broma ieguve ļoti strauji pieauga, pateicoties jaunām šā ķīmiskā elementa lietošanas jomām, kā arī apzinot broma sāļu īpašības, īpaši pēdējo 40 gadu laikā, kad pasaulē iegūtā broma daudzums vismaz pieckāršojās (sk. 260. attēlu).

Saimnieciskām vajadzībām bromu iegūst no pazemes ūdeņiem, jūras ūdens kā blakus produktu atsāļošanas stacijām vai sāļu ieguves rūpnīcās, kā arī no virszemes avotiem (tostarp no ezeriem un lagūnām). Starptautiskai tirdzniecībai bromu un tā sāļus iegūst tikai 13 valstis (sk. 107. tabulu), un to nozīme ir visai atšķirīga.

Pēdējos gados broma tirgus pasaulē stabilizējas un pieaug nebūtiski (sk. 261. attēlu).

Kopš tūkstošgades mijas broma ieguvē dominē ASV un Izraēla, nākamā valsts – Jordānija – sa-ražotā daudzuma ziņā atpaliek vairāk nekā četras reizes (sk. 262. attēlu).

ASV un Izraēla kopā nodrošina gandrīz 80% no visa broma pasaulē (41% un 38% attiecīgi), un šī tendence pieaug. Bez tabulā nosauktajām valstīm bromu – kopā aptuveni 550–620 tonnu – iegūst

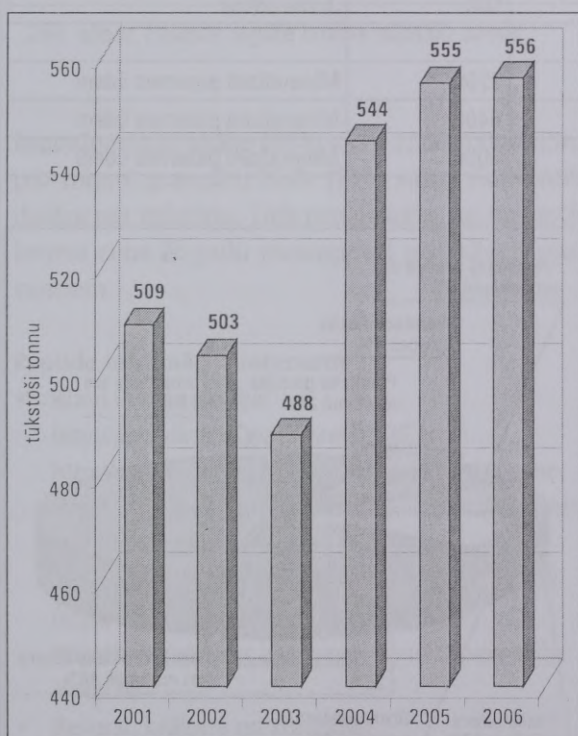


260. attēls. Broma ieguve pasaulē

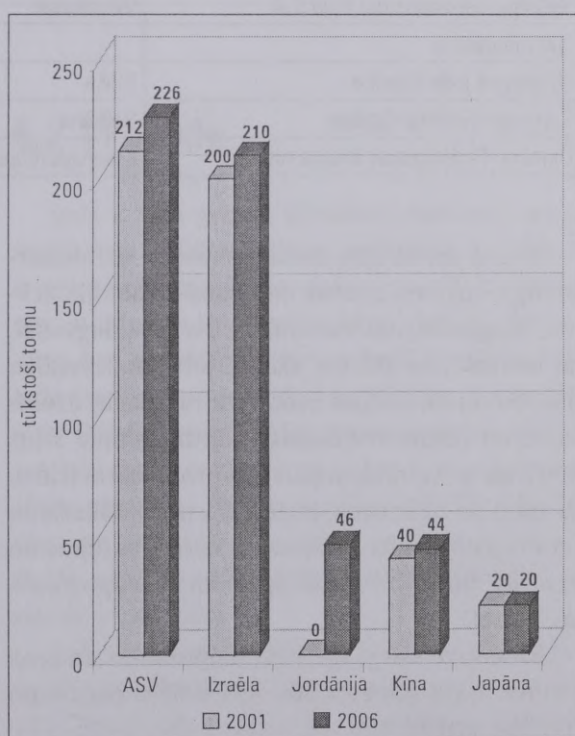
107. tabula. Broma ražošana pasaulē, tonnās

Valsts	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Apvienotā Karaliste	27 900	24 500	25 000	1000	ND	ND
ASV	212 000	222 260	216 000	222 000	226 000	226 000
Azerbaidžāna	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Francija	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Indija	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Itālija	300	300	300	300	300	300
Izraēla	200 000	185 000	176 000	202 000	210 000	210 000
Japāna	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000
Jordānija	ND	ND	ND	46 000	46 000	46 000
Ķīna	40 000	42 000	42 000	43 000	43 000	44 000
Spānija	100	100	100	100	100	100
Turkmenistāna	150	150	150	150	150	150
Ukraina	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Vācija	500	500	500	500	500	500
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>509 000</b>	<b>503 000</b>	<b>488 000</b>	<b>544 000</b>	<b>555 000</b>	<b>556 000</b>

ND – dati nav pieejami.



261. attēls. Broma ieguve pasaulē



262. attēls. Lielākās broma ieguvējvalstis

vēl vairāk nekā 10 valstīs, kuras to izmanto vietējām vajadzībām.

Broma resursi pasaulē nav zināmi, tie ir ļoti lieli. Tikai Nāves jūrā un tās apkārtnes pazemes ūdeņos ir vairāk nekā viens miljards tonnu broma. No Pasaules okeāna ar pašreizējām tehnoloģijām

ir ekonomiski izdevīgi iegūt gandrīz 100 triljonus tonnu broma.

Dati par lielākajām broma ražotnēm pasaulē (sk. 108. tabulu) norāda uz daudzveidīgo izejvielu avotu izmantošanu, kas paaugstina piegāžu drošumu.

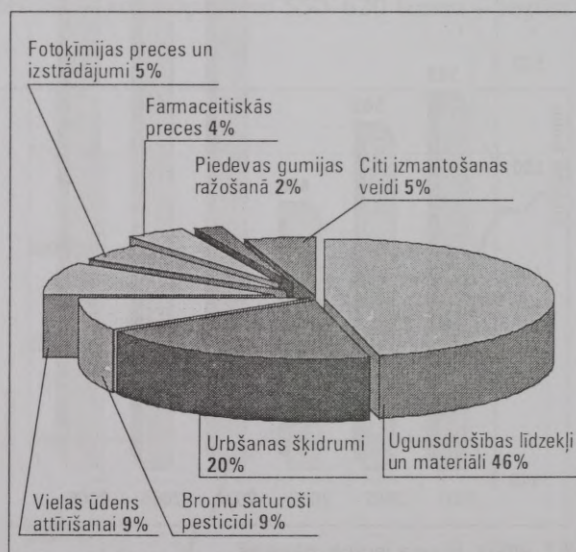
108. tabula. Broma ražošanas jaudas pasaulē (izņemot ASV)

Valsts un uzņēmums	Atrašanās vieta	Jauda, tonnas gadā	Broma avots
Azerbaidžāna, Neftečālas broma rūpnīca	Baku	4000	Mineralizēti pazemes ūdeņi
Ķīna, Laizhou Bromine Works	Šandongā	43 000	Mineralizēti pazemes ūdeņi
Indija; kopā:		1500	
<i>Hindustan Salts Ltd.</i>	Džaipūra	Nav zināma	Sāls ieguves blakus produkts no jūras
<i>Mettur Chemicals Ltd.</i>	Metura	Nav zināma	Sāls ieguves blakus produkts no jūras
<i>Tata Chemicals Ltd.</i>	Mithapūra	Nav zināma	Sāls ieguves blakus produkts no jūras
Izraēla, <i>Dead Sea Bromine Co. Ltd.</i>	Sedoma	210 000	Mineralizēti virszemes ūdens avoti kālija ieguvei
Itālija, <i>Societa Azionaria Industrial Bromo Italiana</i>	Savona	900	Jūras ūdens koncentrāti sāls ieguvei, blakus produkts
Japāna, <i>Toyo Soda Manufacturing Co. Ltd.</i>	Tokija	20 000	Jūras ūdens
Jordānija, <i>Jordan Bromine Co. Ltd.</i>	Safija	50 000	Mineralizēti virszemes ūdens avoti kālija ieguvei
Spānija, <i>Derivados del Etilo S.A.</i>	Villarikosa	900	Jūras ūdens
Turkmenistāna:			
Nebitagas joda rūpnīca	Viška	3200	Mineralizēti pazemes ūdeņi
Čeičenas ķīmiskā rūpnīca	Balkāna	6400	Mineralizēti pazemes ūdeņi
Ukraina, Perekopskas broma rūpnīca	Krasnoperčopska	3000	Mineralizēti pazemes ūdeņi

Broma un tā sāļu izmantošana ir ļoti daudzveidīga – ugunsdzēsības un ugunsdrošības līdzekļos, fotografēšanas materiālos; piedeva degvielai, lai nodrošinātu oktāna skaitli; ļoti daudzveidīgu bioķīmi un farmācijas produktu ražošanā; dzesēšanas un ūdens attīrīšanas iekārtās; broma sāļus pievieno arī vairākiem pārtikas produktiem (citrusu sulās un dzērienos, augu eļļās u. c.). Mūsdienu broma patēriņa struktūra visai būtiski atšķiras no agrākās, un 2005. gadā apzinātā ir atspoguļota 263. attēlā.

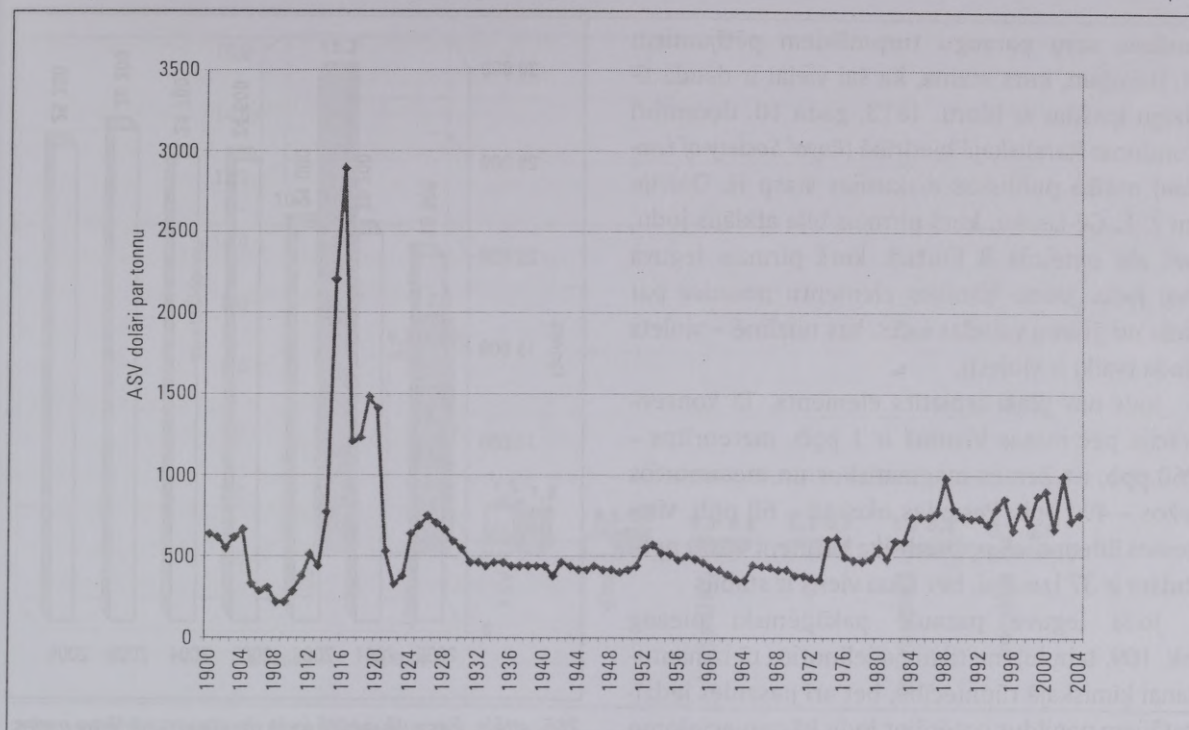
Broms nav dārga izejviela un produkts, tā cena ļoti reti ir pārsniegusi 500 ASV dolāru par tonnu (sk. 264. attēlu).

Pēdējos gadu desmitus bora vairumtirdzniecības cena ilgstoši bija 0,57–0,64 ASV dolāri par mārciņu, bet tad būtiski pieauga, jo broma savienojumus sāka plaši izmantot automobiļu degvielā, ar tiem aizstājot svina piedevas. Kopš 2004. gada broma cena pieaug, īpaši Eiropas Savienībā – līdz 79,10 eiro par 1000 gramiem broma (99,8% tīrība), ASV – līdz 200 ASV dolāriem par tonnu (bez uzglabāšanas un transportēšanas izmaksām).



263. attēls. Broma izmantošanas galvenie veidi pasaulē (2005)

2005. gada cena pieauga par 11%, 2006. gadā – vēl par 20%, veidojot vidēji 740–860 ASV dolāru par tonnu. Ķīmiski tīrs broms 2006. gada beigās maksāja 2500 ASV dolāru par tonnu, standartprece –



264. attēls. Pasaulē iegūtā broma ražotāju cenas

bromūdeņraža skābe (48%) – jau 1250 ASV dolāru par tonnu, granulēti NaBr (77%) sāļi – vienu ASV dolāru par mārciņu. Tiek prognozēts, ka turpmāk broma cena ik gadu pieaugs vēl par 12–15 procentiem.

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija un ģeoloģija
  - <http://periodic.lanl.gov/elements/35.html>
  - <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/bromine>
  - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Br/index.html>
  - <http://education.jlab.org/itselemental/ele035.html>
  - <http://www.bsef.com/>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/bromine/>
- ✓ Resursi, krājumi un statistika
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/bromine/bromimyb04.pdf>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/bromine/bromimyb05.xls>
- ✓ Cenas
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/>
  - <http://www.ktf-split.hr/periodni/en/br.html>

## 5.2.11. Jods

Jods ir VIIA grupas ķīmiskais elements, un tā īpašības ir līdzīgas citiem halogēniem. Jods ir tumši pelēka kristāliska viela ar metālisku spīdumu un izteiktu asu smaku. Lēni karsējot, tas nekūst, bet pārvēršas violetos kodīgos tvaikos. Ja joda tvaikus atdzesē, tie kristalizējas. Jods slikti šķīst ūdenī, bet labi šķīst organiskajos šķīdinātājos, labi reaģē ar metāliem, arī ar neņmetāliem dažādos apstākļos. Jods nereaģē ar oglekli, slāpekli, sēru un selēnu, bet reaģē ar to savienojumiem. Tāpēc arī dabā jods veido tikai 29 minerālus, un visi tie ir ļoti reti.

Jodu kā ķīmisko elementu pirmo reizi ieguva franču ķīmiķis B. Kurtuā (*Bernard Courtois*) 1811. gadā, pētot sāļus, kas veidojās, ar sērskābi aplejot Normandijas piekrastē izskalošanās jūras zāles. B. Kurtuā pētījumus turpināja Č. B. Desormes (*Charles Bernard Desormes*) un N. Klements (*Nicolas Clément*), nedaudz šīs vielas ieguva arī Ž. L. Gē-Lisaks un A. M. Ampērs (*André-Marie Ampère*). 1813. gadā Č. B. Desormes un N. Klements paziņoja, ka Kurtuā ir atklājis jaunu ķīmisko elementu, bet Ž. L. Gē-Lisaks uzskatīja, ka tas ir kāds elements vai skābekļa sastāvdaļa. A. M. Ampērs

nodeva savu paraugu turpmākiem pētījumiem H. Deivijam, kurš atzina, ka šai vielai ir daudz līdzīgu īpašību ar hloru. 1813. gada 10. decembrī Londonas Karaliskajā biedrībā (*Royal Society of London*) notika publiskas diskusijas starp H. Deiviju un Ž. L. Gē-Lisaku, kurš pirmais bija atklājis jodu, bet abi pateicās B. Kurtuā, kurš pirmais ieguva tīru jodu. Jauno ķīmisko elementu nosauca par jodu no grieķu valodas *iodes*, kas nozīmē – violets (joda tvaiki ir violeti).

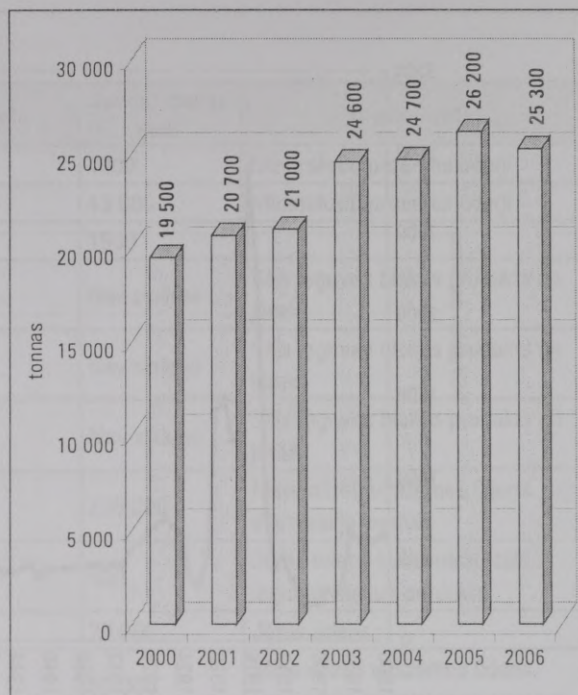
Jods nav plaši izplatīts elements. Tā koncentrācija pēc masas Visumā ir 1 ppb, meteorītos – 260 ppb, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 490 ppb, Pasaules okeānā – 60 ppb, virszemes ūdeņos – 5 ppb, cilvēka ķermenī – 200 ppb. Jodam ir 37 izotopi, bet tikai viens ir stabils

Joda ieguve pasaulē pakāpeniski pieaug (sk. 109. tabulu), ne tikai palielinoties tā izmantošanai ķīmiskajā rūpniecībā, bet arī pasaules iedzīvotājiem papildus patērējot jodu kā nepieciešamo mikroelementu (pieaugušam cilvēkam dienā ir vajadzīgi 150 miligrami joda).

Joda ieguve pasaulē pēdējo gadu laikā palielinās ļoti nedaudz (sk. 265. attēlu), lai arī šo resursu dabā ir pietiekami. Joda pieaugums būtiski atpaliek no iedzīvotāju skaita pieauguma pasaulē.

Čīlē, Japānā un ASV (sk. 266. attēlu) 2006. gadā ieguva attiecīgi 60%, 29% un 5% no visa joda pasaulē.

Zināmie joda krājumi ekspluatācijā esošajās atradnes ir noteikti aptuveni 15 miljonu tonnu apjomā, no kuriem 60% ir Čīlē un 33% – Japānā. Nepietiekami izpētītās atradnēs un iegulās vēl ir zināmi 12 miljoni tonnu joda. Novērtējot joda resursus pasaulē, aprēķinos nereti iekļauj arī la-



265. attēls. Pasaulē iegūtā joda daudzums pēdējos gados

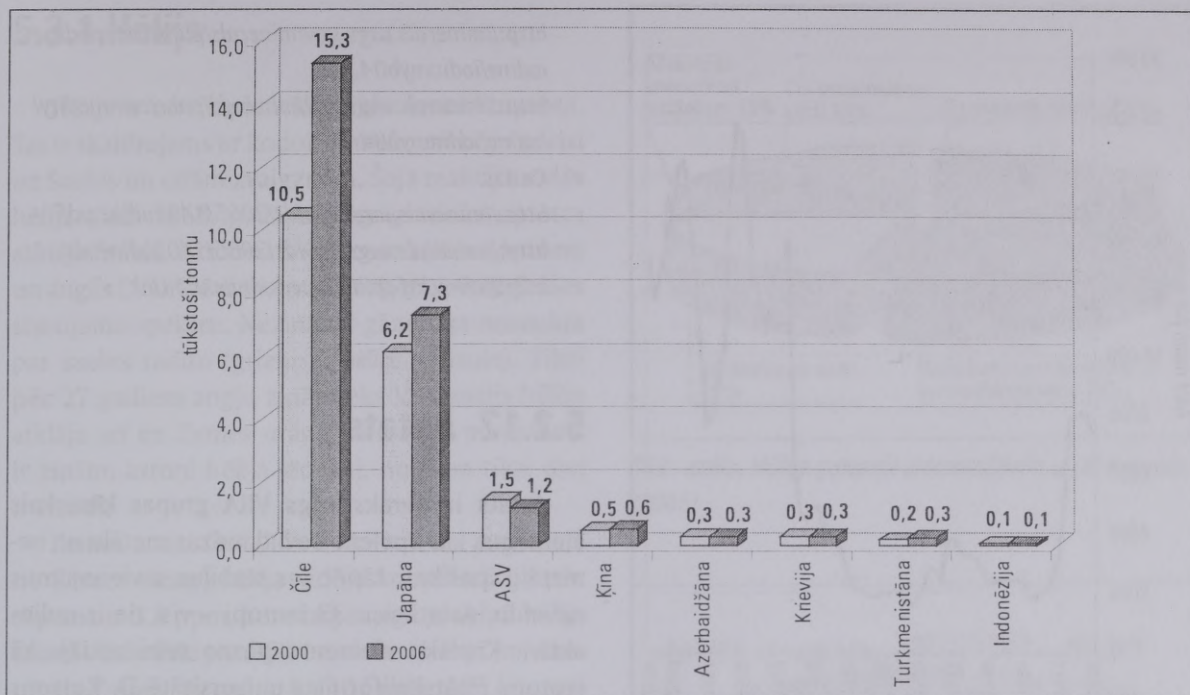
mināriju jūras aļģes Pasaules okeāna piekrastē un līčos, kas kopā satur vairāk nekā 34 miljonus tonnu joda. Šie resursi tiek izmantoti jau mūsdienās, to ieguvei ir atbilstošas tehnoloģijas, un tas ir ekonomiski pamatoti.

Mūsdienās tikai Čīlē jodu iegūst no nitrātu atradnēm (senos sālsezeros), bet pārējās valstīs – kā blakus produktus no naftas un gāzes atradņu ūdeņiem. Diemžēl ļoti daudzās valstīs, kas iegūst naftu, šos ūdeņus neattīra, tādējādi papildus neiegūstot vērtīgos komponentus.

Joda izmantošanas galvenās jomas ir farmācija (tostarp pretradiācijas preparātu izgatavošana), arī

109. tabula. Joda ieguve pasaulē, tonnās tīrvielas izteiksmē

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
ASV	1470	1290	1420	1090	1130	1240	1220
Azerbaidžāna	300	300	300	300	300	300	300
Čīle	10 474	11 355	11 648	15 580	15 600	16 200	15 300
Indonēzija	75	75	75	75	75	75	75
Japāna	6157	6643	6548	6524	6500	7200	7300
Krievija	300	300	300	300	300	300	300
Ķīna	500	500	500	500	550	550	550
Turkmenistāna	200	200	200	200	250	300	270
Uzbekistāna	2	2	2	2	2	2	2
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>19 500</b>	<b>20 700</b>	<b>21 000</b>	<b>24 600</b>	<b>24 700</b>	<b>26 200</b>	<b>25 300</b>



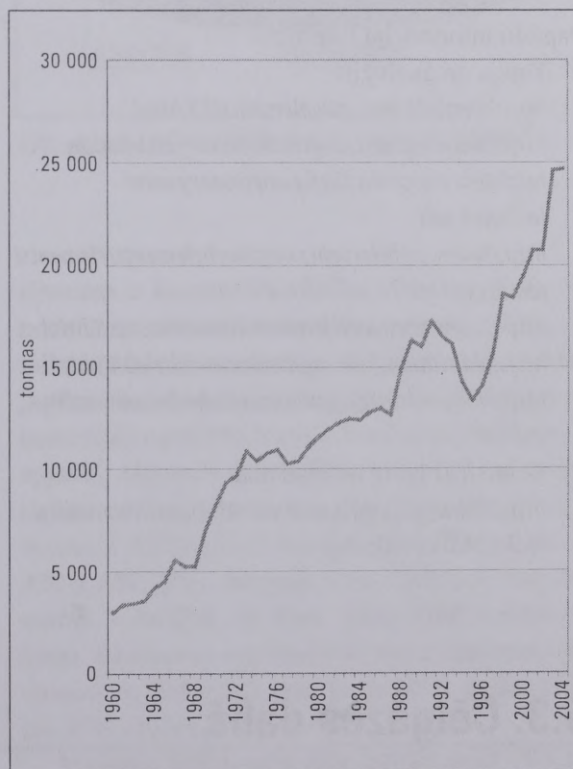
266. attēls. Lielākās joda ieguvējvalstis

antiseptiku ražošana, medicīna, pārtikas piedevu ražošana, katalizatoru izgatavošana etiķskābes ražošanā, ķīmisko vielu ražošana (tostarp neilona ražošana) un fotokopēšanas industrija. Mazāk jodu izmanto bateriju ražošanā, implantu izgatavošanā, augstas tīrības metālu iegūšanā, arī krāsu un tintes ražošanā, arī smērvielās, īpašos degvielas veidos un citur.

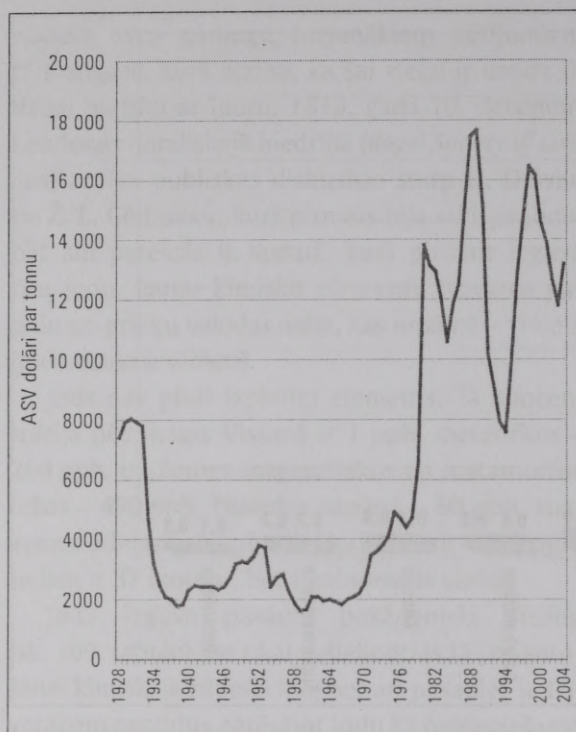
Pēdējo 45 gadu laikā joda patēriņš pasaulē ļoti būtiski pieaudzis – 8,23 reizes (sk. 267. attēlu).

Joda cena pagājušajā gadsimtā ir būtiski mainījusies. 1935. gadā tika atklāti ar jodu bagāti dziļi ieguloši pazemes ūdeņi, un joda cena strauji samazinājās un stabilizējās. Šo stabilitāti izjauca joda uzkrājumu veidošana aukstā kara apstākļos civilās aizsardzības mērķiem atomkara gadījumā. Ir bijušas arī divas joda pārprodukcijas krīzes (sk. 268. attēlu).

Joda cena nav augsta. 2005. gadā kilograms 99,5% tīrības joda ASV maksāja 17 ASV dolārus (valsts pasūtījums – 13 200 ASV dolāru par tonnu), Eiropā 29–35 eiro, kristālisks jods – 140,50 eiro par kilogramu. Tiek prognozēts joda patēriņa pieaugums pasaulē par 5–6% gadā un ražotāju cenas pieaugums līdz 10% tuvāko trīs gadu laikā. 2007. gadā vairumtirdzniecībā kilograms joda maksāja 18,9–21 ASV dolāru, Eiropā tā cena pārsniedza 40 eiro par kilogramu.



267. attēls. Pasaulē iegūtā joda daudzums



268. attēls. Joda ražotāj cenas izmaiņas pasaulē

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija un ģeoloģija
  - <http://periodic.lanl.gov/elements/53.html>
  - <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/iodine>
  - <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/Iodised+salt>
  - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/I/geol.html>
  - <http://www.chemicalelements.com/elements/i.html>
  - <http://education.jlab.org/itselemental/ele053.html>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/iodine/>
- ✓ Resursi, krājumi un statistika
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/iodine/iodinmcs06.pdf>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/iodine/iodinmyb04.pdf>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/iodine/iodinmyb04.xls>

✓ Cenas

<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/iodine.pdf>

<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/iodine.xls>

<http://www.ktf-split.hr/periodni/en/i.html>

## 5.2.12. Astats

Astats ir neraksturīgs VIIA grupas ķīmiskais elements, kas apvieno sevī daudzas metālu un nemetālu īpašības, tāpēc tas stabilus savienojumus neveido. Astatam ir 33 izotopi – visi tie ir radioaktīvi. Ķīmisko elementu pirmo reizi atklāja kā izotopu  $^{211}\text{At}$  Kalifornijas universitātē D. Korsons (D. R. Corson), K. Makkenzijs (K. R. MacKenzie) un E. Segrē (E. Segre) 1940. gadā. E. Segrē piedāvāja jauno ķīmisko elementu nosaukt par nenoturīgo (grieķu valodā – *αστατος*, *astatos* – nenoturīgs), aizstājot iepriekšējo neregistrēto nosaukumu *alabamine* (Ab).

Astats dabā nav sastopams minerālu formā un nav atrodams piemaisījumos citos minerālos. Tam nav zināma arī nekāda komerciāla vērtība.

#### Papildu informācija internetā

- <http://education.jlab.org/itselemental/index.html>
- <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/astatine>
- <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/>
- <http://periodic.lanl.gov/elements/85.html>
- <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/astatine>
- <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/At/hist.html>
- <http://www.ktf-split.hr/periodni/en/at.html>

## 5.3. Cēlgāzes dabā

Cēlgāzes ir vienkāršas vielas, kas sastāv no atsevišķiem atomiem. Tām raksturīga zema ķīmiskā aktivitāte, un tās ir bezkrāsainas. Senāk tās sauca par inertajām gāzēm, tomēr zināms, ka ksenons un kriptoni ir reaģēt spējīgas vielas, arī dažas ci-

tas (Rn, Ne, Ar un pat He) īpašos apstākļos var veidot halogēnus. Visas cēlgāzes ir sastopamas dabā, un tām ir noteikta nozīme Zemes vēsturē, īpaši veidojoties atmosfērai.

### 5.3.1. Hēlijs

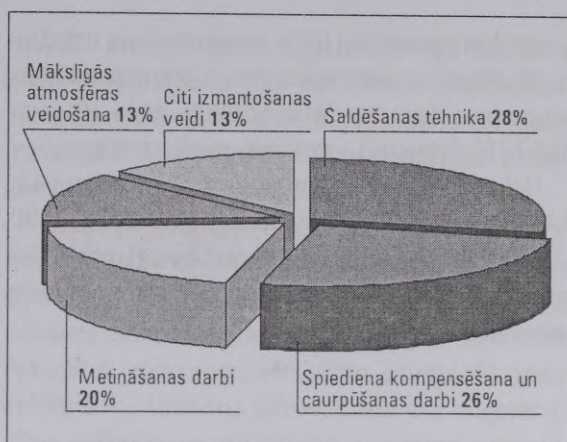
Hēlijs ir otrs izplatītākais elements kosmosā. Tas ir skaidrojams ar kodoltermisko reakciju norisi uz Saules un citām zvaigznēm. Šajā reakcijā rodas hēlijs. Gāzi 1868. gadā neatkarīgi viens no otra atklāja franču astronoms P. Žansens (*Pierre Janssen*) un anglis D. Lokjērs (*Norman Lockyer*), pētot Saules starojuma spektru. Nezināmā gāze tika nosaukta par saules radīto (grieķiski *hēlios* – Saule). Tikai pēc 27 gadiem angļu zinātnieks V. Ramzijs hēliju atklāja arī uz Zemes urānu saturošos minerālos. Ir zināmi astoņi hēlija izotopi, no tiem tikai divi ir stabili.

Zemes atmosfērā (līdz 24 kilometru augstumā no Zemes virsas) hēlija vidējā koncentrācija pēc tilpuma ir 5,2 ppm, bet starpzvaigžņu telpā hēlija atomi veido līdz pat 95% no vielas. Hēlija koncentrācija Zemes garozā ir  $8 \times 10^{-3}$  miligrami kilogramā, Pasaulē okeānā – vidēji  $7 \times 10^{-6}$  miligrami litrā, Zemes atmosfērā kopumā – 0,0005%.

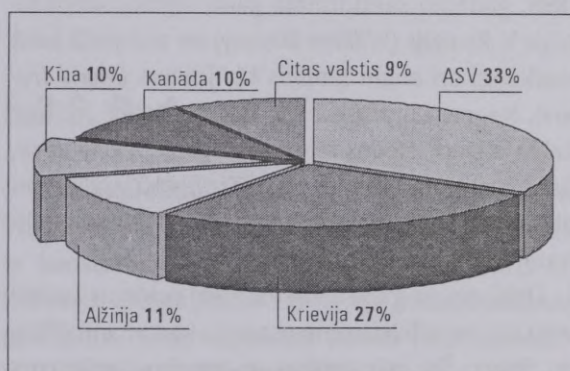
Zemes garozā hēlijs uzkrājas, sabrūkot radioaktīvajiem elementiem, un atrodas gāzes pūslīšu veidā minerālos, metālu tīrradņos un šķidrums. Hēlija šķīdība ūdenī un citos šķīdinātājos ir daudz zemāka nekā citām gāzēm, un šo īpašību plaši izmanto, lai radītu mākslīgu atmosfēru, pārtikas konservēšanai. Hēliju visvairāk izmanto elpošanas ierīcēs īpašos maisījumos darbam ekstremālos apstākļos (lielā dziļumā zem ūdens, pazemē, augstkalnu apstākļos u. tml.), arī medicīnā kā narkotisku vielu. Hēliju bieži izmanto gaisa kuģniecībā, pildot dirižabļus un gaisa balonus, retāk – zinātniskos pētījumos kodolreaktoros, jo hēlija kodoli ir ļoti stabili.

Hēliju pirmo reizi ieguva 1903. gadā, un pirmā hēlija ražošanas rūpnīca tika uzbūvēta 1915. gadā ASV Jūras spēku vajadzībām. Mūsdienās rūpniecībā hēliju (A tīrības klases produktu – A 99,995%, aizliegtais piemaisījums – neons) iegūst no dabasgāzes (satur hēliju līdz pat 7% tilpummasas, maksimāli zināmais – 12%), to sašķīdrinot, atdzesējot un frakcionējot distilējot. 2005. gadā hēliju visvairāk izmantoja (sk. 269. attēlu) saldēšanas tehnikā (28%), spiediena kompensēšanai un caurpūšanas darbos (26%), metināšanā (20%), mākslīgās atmosfēras veidošanai (13%) un citur.

Hēlija gāzes krājumi dabasgāzes atradnēs ne vienmēr tiek novērtēti, jo šim dabiskajam piemai-



269. attēls. Hēlija galvenie izmantošanas veidi pasaulē (2005)



270. attēls. Izpētītie hēlija krājumi pasaulē (2006)

sījumam ir komerciāla vērtība tikai tad, ja to var nodalīt un pārstrādāt atradnes tuvumā. Šādas atradnes pasaulē ir aptuveni 80 valstīs. Eksploatācijā esošajās atradnēs hēlija krājumi ir aprēķināti un komerciāli novērtēti kopā 7,8 miljardu kubikmetru apjomā. Atradnēs, kurās šādu hēlija ieguvei nepieciešamo infrastruktūru ir izdevīgi izveidot, kopā ir aptuveni 39,7 miljardi kubikmetru hēlija. Aptuveni 33% ir ASV, 27% – Krievijā, 11% – Alžīrijā, nedaudz mazāk – Kanādā un Ķīnā. Citās valstīs zināmais hēlija daudzums nepārsniedz vienu procentu no pasaulē apzinātajiem resursiem 2006. gada martā (sk. 270. attēlu).

Visvairāk hēlija ražo ASV (vairāk nekā 70% no pasaules tirgus 2005. gadā, kopā 11 rūpnīcas, saražotā preču vērtība – 285 miljoni ASV dolāru). Hēliju no dabasgāzes iegūst arī Alžīrijā, Krievijā, Ķīnā, Katarā, Kanādā un Polijā. Gadā tiek saražots aptuveni 160 miljoni kubikmetru hēlija gāzes. Patlaban ASV

ir izveidoti nesamērīgi hēlija virsnormatīvie uzkrājumi, kā dēļ ir pieņemta valsts rezervju samazināšanas programma, kas paredz kopš 2005. gada 10 gadu laikā hēlija krājumus samazināt vairākas reizes.

Hēlija gāzes cena nav augsta. Kubikmetrs sašķidrināta hēlija bez piegādes maksā 1970–2630 ASV dolāru. Cenai ir tendence pieaugt par 5–7% gadā. Salīdzinoši zemās cenas dēļ hēliju gandrīz nekad neizmanto atkārtoti.

### 5.3.2. Neons

Pirmo reizi neonu (grieķiski νέος – *neos* – jauns) 1898. gadā no sašķidrināta gaisa ieguva skotu ķīmiķis V. Remzijs (*William Ramsay*) un tajā pašā laikā neatkarīgi arī angļu ķīmiķis M. Travers (*Moris Travers*). Neonam ir zināmi trīs stabili un divi ļoti nestabili izotopi. Neons ir reti sastopama inerta gāze, tās koncentrācija Zemes garozā ir  $5 \times 10^{-3}$  miligrami kilogramā, Pasaules okeānā – vidēji  $1,2 \times 10^{-4}$  miligrami litrā, atmosfērā – 0,0018%.

Dabā neona gāze ( $^{21}\text{Ne}$  un  $^{22}\text{Ne}$ ) veidojas kodolreakcijās no atbilstošiem magnija izotopiem ( $^{24}\text{Mg}$  un  $^{25}\text{Mg}$ ). Šis pārvērtības ir svarīgs indikators magmatisko iežu relatīvā vecuma un veidošanās apstākļu noskaidrošanā. Neona izotopu attiecības ir svarīgs arī citu debess ķermeņu virsmas un meteorītu materiāla pētījumu priekšmets. Salīdzinoši daudz neona Zemes virsā nonāk arī ar vulkāniskajām gāzēm un pa aktīvām lūzumu zonām.

Neonu atsevišķi neiegūst, bet gan kopā ar ierobezotu hēlija daudzumu no sašķidrināta gaisa fracionēšanas procesā. Gāzes savstarpēji atdala, izmantojot adsorbciju (hēliju adsorbējot uz ogles). Daudz retāk tiek izmantota kondensācijas metode, ekonomiski tā ir daudz dārgāka un mazāk efektīva.

Neona gāzi visvairāk patērē, pildot luminiscences spuldzes (kopā ar slāpekli), samērā daudz to izmanto kā augstsprieguma indikatoru, spriegumu stabilizatoru, fotoelementu ražošanā.

Neonu ražo vairāk nekā 40 valstīs. Kopējais saražotais daudzums mērāms simtos tūkstošos kubikmetru gāzes gadā, un to realizē kā ļoti augstas tīrības pakāpes gāzi (99,96% vai 99,9995% koncentrācijā) saspiestu, bet nešķidrinātu. Tās cena ir aptuveni 40–50 ASV dolāru par vienu kubikmetru.

### 5.3.3. Argons

Argonu (grieķiski αργός – *argos* – kūtrs jeb pasīvs, neaktīvs) 1894. gadā no sašķidrināta gaisa izdalīja sers V. Remzijs un lords Dž. V. Relejs (*Lord Rayleigh*). Tā esamību prognozēja un īpašības aprakstīja jau 1785. gadā Henrijs Kavendišs (*Henry Cavendish*), taču, lai to pārlicenoši pierādītu, bija nepieciešams vairāk nekā 100 gadu. Līdz pat 1957. gadam argona simbols bija A, kad to aizstāja ar Ar. Jaunā gāze izrādījās trešā izplatītākā gāze Zemes atmosfērā (tās koncentrācija pēc tilpuma sasniedz vidēji 0,93%), Zemes garozā vidēji ir 3,5 miligrami argona kilogramā, Pasaules okeānā –  $4,5 \times 10^{-1}$  miligrami litrā.

Ir zināmi trīs stabili argona izotopi, kas veidojas no tuviem kālija un kalcija izotopiem kodolreakcijās. Šie izotopi ir atklāti ne tikai uz Zemes, bet arī uz Marsa un Titāna (lielākā Saturna pavadoņa).

Rūpnieciski argonu iegūst kā blakus produktu skābekļa un slāpekļa ražošanā un ļoti reti no dabīgās gāzes.

Visplašāk argonu izmanto metināšanas darbos, titāna iegūšanai, kā arī inertas atmosfēras radīšanai silīcija un germānija kristālu audzēšanai mikroelektronikas vajadzībām. Argonu izmanto arī speciālos apgaismes ķermeņos, medicīnā. Argons ir daļa no nākotnes tehnoloģijām dziļjūras niršanas darbos (gāze ilgstoši ļauj saglabāt apvalku un apģērbu sausu).

Argona gāzi ražo vairāk nekā 50 valstīs, tomēr vairāk nekā 70% pasaules argona produkcijas saražo tikai pieci uzņēmumi (*Air Products, AGA, Linde, Messer, Praxair*) un to filiāles. Pasaulē ik gadu saražo desmitiem miljonu kubikmetru argona gāzes. Cena par augstas tīrības (99,998%) sašķidrinātu argonu ir 800–1200 ASV dolāru par kubikmetru jeb 2–7 ASV dolāri par vienu kubikmetru nesaspiesta argona (cenā nav iekļauti transportēšanas un piegādes izdevumi).

### 5.3.4. Kriptons

Par kriptona (grieķiski κρυπτός – *kriptos* – apslēpts, maskēts) atklāšanu 1898. gada 30. maijā sabiedrībai paziņoja V. Remzijs un M. Travers,

pētot sašķidrinātu gaisu. Ir zināmi pieci stabili un viens viegli radioaktīvs izotops.

Gāze ir salīdzinoši izplatīta, un tās vidējā koncentrācija atmosfērā pēc tilpuma ir 0,0001%. Kriptona koncentrācija Zemes garozā ir  $1 \times 10^{-4}$  miligrami kilogramā, Pasaules okeānā –  $2,1 \times 10^{-4}$  miligrami litrā.

Kriptonu visvairāk izmanto kvēlspuldzēs, kur tas būtiski palēnina kvēldiega iztvaikošanu, un kriptona fluorīda lāzeros. Kopš 1960. gada metra etalons tiek noteikts kā attālums, kuru gaismas stars (kriptona  $^{86}\text{Kr}$  viļņa garums) veic  $1/299\,792\,458$  sekundēs.

Kriptona gāzi ražo vairāk nekā 30 valstīs, tomēr vairāk nekā 80% pasaules kriptona produkcijas tiek saražots tikai piecos uzņēmumos (*Air Products, AGA, Linde, Messer, Praxair*) un to filiālēs. Pasaulē ik gadu saražo vairāk nekā simts tūkstošus kubikmetru kriptona gāzes. Cena par augstas tīrības (99,96%) saspiestu gāzveida kriptonu ir 250–300 ASV dolāru par kubikmetru (cenā nav iekļauti transportēšanas un piegādes izdevumi).

### 5.3.5. Ksenons

Par ksenona (grieķiski *ξένος* – *xenos* – svešs) atklāšanu 1898. gada 12. jūlijā paziņoja V. Remzijs un M. Travers, pētot sašķidrinātu gaisu. Mūsdienās ir zināmi septiņi stabili un divi vāji radioaktīvi ksenona izotopi. Tā ir salīdzinoši izplatīta gāze. Tās vidējā koncentrācija atmosfērā pēc tilpuma ir 0,0000087%, Zemes garozā –  $3 \times 10^{-5}$  miligrami kilogramā, Pasaules okeānā –  $5 \times 10^{-5}$  miligrami litrā.

Ksenonu daudz izmanto dažādos apgaismes ķermeņos kā spožas baltas gaismas avotu, rubīna lāzeru tehnoloģijās, tomēr visvairāk – medicīnā kā vispārējās anestēzijas līdzekli un izotopu  $^{133}\text{Xe}$  kā starojuma avotu kancerogēnu slimību ārstēšanai. Tiek veikti ļoti plaši pētījumi, kā ksenonu varētu izmantot militārām vajadzībām (nākotnes sprāgstvielu pētījumi).

Ksenons ir vienīgā cēlgāze, no kuras ir izdevies iegūt normālā temperatūrā un normālā spiedienā stabili kristālisku vielu – ksenona heksafluorplatīnātu ( $\text{Xe}[\text{PtF}_6]$ ). Tiek pieņemts, ka, veidojoties Zemei kā planētai, līdzīgi savienojumi ir bijuši

izplatīti un to loma ir bijusi nozīmīga kā spēcīgiem oksidētājiem, līdz uz Zemes koncentrējās pietiekami daudz brīvā skābekļa. Ksenona izotopi ir svarīgs informācijas avots par senākajām Zemes garozas veidošanās stadijām.

Ksenona gāzi ražo vairāk nekā 30 valstīs, tomēr vairāk nekā 80% pasaules ksenona produkcijas tiek saražots tikai piecos uzņēmumos (*Air Products, AGA, Linde, Messer, Praxair*) un to filiālēs. Pasaulē ik gadu saražo vairākus simtus tūkstošus kubikmetru ksenona gāzes. Cena par augstas tīrības (99,96% un 99,9995%) saspiestu gāzveida ksenonu ir 1800–2500 ASV dolāru par kubikmetru (cenā nav iekļauti transportēšanas un piegādes izdevumi).

### 5.3.6. Radons

Radonu 1900. gadā atklāja Fridrihs Dorns. Viņš to nosauca par rādija emanāciju. 1902. gadā to konstatēja angļu zinātnieki E. Rozerfords un F. Sodijs, pētot rādija un torija pussabrukšanas produktus. Gāzes īpašības pirmo reizi aprakstīja V. Remzijs un Roberts Vitlovs–Greijs (1908) un nosauca to par nitēnu ("spīdošais"), piešķirot simbolu Nt. Pašreizējo nosaukumu – radons – lieto kopš 1923. gada. 1931. gadā tumsā spīdošo radioaktīvo gāzi, kas rodas, sabrūkot rādijam, oficiāli atzina visā pasaulē un apzīmēja ar simbolu Rn. Mūsdienās ir zināmi 20 šā elementa izotopi, kas visi ir radioaktīvi. To pussabrukšanas periods ir mērāms sekundēs, izņemot  $^{222}\text{Rn}$  ar pussabrukšanas periodu 3,815 diennaktis.

Par šādas gāzes esamību, kas izraisa nezināmas plaušu slimības, kalnrači zināja jau kopš 15. gadsimta sākuma. Medicīniskajā diagnostikā to konstatēja 1879. gadā kā plaušu audzēju (limfosarkomu), slimību, kas piemīt tikai pazemē strādājošajiem. Pat pēc gāzes atklāšanas bija vajadzīgi vēl vairāki gadu desmiti, līdz tika noteikti pirmie darba drošības nosacījumi šahtās, regulējot maksimāli pieļaujamo radona koncentrāciju gaisā šahtās (tika ieviesti pagājušā gadsimta piecdesmitajos gados ASV, Kanādā un Francijā). Tiek uzskatīts, ka Eiropas Savienībā ik gadu no ļaundabīgajiem audzējiem, ko izraisījis radons, mirst līdz 20 000 iedzīvotāju.

Dabā radons ir sastopams galvenokārt izotopa  $^{222}\text{Rn}$  formā. Radons ir salīdzinoši reta ķīmiski inerta gāze, kas labi šķīst organiskajos šķīdinātājos. Niecīgā daudzumā tā ir pazemes ūdenī, tā uzkrājas iežu plaisās un tukšumos kā gāze, ūdens šķīdumos un relatīvi saistītā veidā nogulumos, kas bagāti ar organiskajām vielām. Salīdzinoši vairāk radona ir zonās, kas saistītas ar dziļiem lūzumiem Zemes garozā, nogulumu porās un tukšumos iežos, kas bagāti ar urāna minerāliem.

Radona emanācijas ir tieši atkarīga no urāna satura iežos, kas mūsu reģionā parasti ir 1–3 ppm, tomēr ir zināmas anomālijas, kad šis lielums sasniedz 100 ppm un vairāk, un tām ir augsts radona potenciāls. Latvijā ir zināmas tikai dažas tādas vietas Ziemeļkurzemē grūti pieejamās upju ielejās ļoti mazapdzīvotās vietās.

Radonu mākslīgi iegūst kodolreaktoros, bet to arī saista no radioaktīvo rādija sāļu emanācijām ar gaisa plūsmu un pēc tam adsorbē ar ogli vai sauso ledu. Pasaulē ir vairāk nekā 20 uzņēmumu, kas ražo radonu rūpnieciskām (arī medicīniskām) vajadzībām tādā daudzumā, kas mērāms simtos kubikmetru.

Radonu salīdzinoši plaši izmanto medicīnā radona vannu un radona dūņu peldēs, kur tiek izmantota bagātināšana ar mākslīgi iegūtu radonu (parasti  $^{222}\text{Rn}$  saturošu gāzi). To iegūst ar īpašiem portatīviem radona ģeneratoriem (izmanto izotopu  $^{226}\text{Ra}$ ). Drošības un zemo izmaksu dēļ izplatītākais ir GRK-1 (Krievijā), kas maksā 70 tūkstošus ASV dolāru. Labi pazīstami ir radonterapijas kūrorti Austrijā, Vācijā un Japānā (onseni) pie dabiskajiem termālajiem avotiem. Tehnikā radonu izmanto kā traserus (kā iezīmētu atomu nesēju gāzēs), lai konstatētu gāzes noplūdes.

Kopš pagājušā gadsimta astoņdesmitajiem gadiem radona pētījumiem mikrokoncentrāciju līmenī tiek pievērsta īpaša uzmanība, jo tika konstatēta nozīmīga tā uzkrāšanās arī mākslīgo būvju slēgtās telpās (pagrabos, komunikāciju šahatās u. tml.). Latvijā radona dabiskā koncentrācija ir pētīta vairākkārt dabā, inženierbūvēs un ēkās. Līdz šim veselībai bīstama radona koncentrācija valstī nav konstatēta, un piesardzības pasākumi ir paredzēti būvnormatīvos.

# 6 Citu rūpniecības nozaru minerālizejvielas

(rūpniecībā plaša lietojuma nemetāli un to izejvielas)

Šajā nodaļā apskatīti tie nemetālu derīgie izrakteņi, kam kāda noteikta klasifikācija tieši nav pie-

mērojama. Tie ir dažādās rūpniecības nozarēs izmantojami minerāli vai to pirmapstrādes produkti.

## 6.1. Skābeklis

Skābeklis ir VIA grupas ķīmiskais elements. Tā ir bezkrāsaina gāze bez smaržas, nedaudz smagāka par gaisu. Tas ir ķīmiski aktīvs elements un reaģē gandrīz ar visām vienkāršām vielām un ķīmiskajiem elementiem (izņemot He, Ne, Ar, Kr, Xe, Au, Pt un halogēnus). Zināmi vairāki alotropiskie veidi – dišķābeklis ( $O_2$ ), ozons ( $O_3$ ) un tetra skābeklis ( $O_4$ ).

Skābekli pirmo reizi 16. gadsimtā pētīja poļu alkīmiķis un filozofs M. Sedzivojs (*Michał Sędziwój*), kas aprakstīja kādu gāzi, kas rodas, karsējot amonija salpetri, un ļauj iegūt “dzīvības eliksīru”. Skābekļa īpašības novērtēja zviedru ķīmiķis K. V. Šēle neilgi pirms 1773. gada, bet savus pētījumus npublicēja, kamēr 1774. gadā neatkarīgu pētījumu par jauno gāzi – *deflogistēto gaisu* – pabeidza J. Priestlijs. Savus pētījumus J. Priestlijs publicēja 1775. gadā, K. V. Šēle – 1777. gadā. Abi jauno gāzi pārbaudīja, to iegūstot, karsējot dzīvsudraba oksīdu. K. V. Šēle jauno gāzi nosauca par vieglo gaisu (jo konstatēja tās nepieciešamību, lai uzturētu degšanas procesu), bet vēlāk – par vitālo gaisu (konstatējot gāzes nepieciešamību, lai nodrošinātu dzīvnieku dzīvību). Mūsdienīgo nosaukumu gāzei piešķīra A. L. Lavuazjē 1775. gadā no grieķu valodas vārdiem – *oxys* – skābs – un *genos* – izcelšanās.

Skābeklis ir plaši izplatīts dabā. Zemes atmosfērā tā loma ir 21% tilpuma vienībās. Skābekļa vidējā koncentrācija pēc tilpuma Visumā ir 10 000 ppm, uz Saules – 9000 ppm, meteorītos 410 000 ppm, uz Zemes magmatiskos un meta-

morfos iežos – 460 000 ppm, Pasaules okeānā – 857 000 ppm, virszemes ūdeņos – 880 000 ppm, cilvēka ķermenī – 610 000 ppm. Arī Marsa atmosfērā skābeklis ir aptuveni 0,15% tilpuma vienībās ( $CO_2$  – 96%), uz Zemes vulkāniskās gāzēs skābekļa saturs vidēji ir 6–10% tilpuma vienībās. Skābeklim ir 17 izotopi, deviņi no tiem ir plašāk izplatīti, bet dabā ir trīs stabili izotopi.

Dabā skābeklis piedalās 4323 dažādu minerālu veidošanā, un ir zināms daudz mazāks to minerālu skaits, kuru sastāvā tas neietilpst. Tomēr saimnieciskai dzīvei nepieciešamo skābekli neiegūst no minerāliem, bet gan sašķidrinot gaisu, arī kā blakus produktu no dabasgāzes, hidrolīzes un citiem rūpnieciskiem ķīmiskiem procesiem.

Saimnieciskiem mērķiem skābekli izmanto ļoti plaši – metināšanā un materiālu griešanā, dažādos dedzināšanas un vielu sintēzes procesos. Skābekli daudz izmanto medicīnā pneimonijas, saindēšanās gadījumos, kā narkozi un citādi. Šķidrskābeklis maisījumā ar ogļu putekļiem ir spēcīga sprāgstviela.

Rūpnieciskām vajadzībām gadā iegūtais skābekļa daudzums nav zināms. Kā tirgus tas novērtēts aptuveni 5,7 miljardu ASV dolāru vērtībā gadā, un tirgus palielinās par 3–4% gadā. Tiek pieņemts, ka gadā dažādām ražošanas vajadzībām pasaulē iegūst aptuveni 210–250 miljonus tonnu skābekļa. Skābekļa gāzes cena nav augsta. Neierēķinot uzglabāšanas un transportēšanas izmaksas, tā ir aptuveni 15 ASV dolāru par tonnu; pārēkot nelielā daudzumā – aptuveni 0,05 ASV dolāri kubikpēdā.

Augstas tīrības (99,99%) skābeklis nelielā daudzumā maksā aptuveni 188,90 eiro, lielā daudzumā – 1,46 eiro par kubikdecimetru. Pēdējos gados cena pieaug vidēji ar 10–12% gadā. Šāds cenas pieaugums tiek prognozēts arī nākotnē līdz ar enerģijas cenas pieaugumu.

#### Papildu informācija internetā

<http://periodic.lanl.gov/elements/8.html>  
<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/oxygen>  
<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/O/index.html>  
<http://education.jlab.org/itselemental/ele008.html>

## 6.2. Ūdeņradis

Ūdeņradis ir pirmais elements ķīmisko elementu periodiskajā sistēmā, IA grupas ķīmiskais elements. Tā ir bezkrāsaina gāze bez smakas, 14,5 reizes vieglāka par gaisu. Ūdeņradis viegli šķīst dažādos metālos, tas ir spēcīgs reducētājs un reaģē gandrīz ar visiem metāliem un nemetāliem.

Ūdeņraža nosaukumu veido no latīņu *hydrogenium* (*hydor* – ūdens – un *gennan* – radīt) un sengrieķu *geinomai* – radīt, ciltstēvs. Formāli ūdeņradi pirmais aprakstīja T. Hohenheims (*T. von Hohenheim, Paracaelsus*) kā gāzi, kas izdalījās, jaucot metālus ar stiprām skābēm, bet nebija pārliciecināts, ka jaunā degošā gāze ir jauns ķīmiskais elements. Vairāk nekā pēc 120 gadiem – 1671. gadā – R. Boils (*Robert Boyle*), pētot reakciju starp dzelzs skaidiņām un skābēm, vēlreiz atklāja ūdeņradi. 1766. gadā H. Kavendišs (*Henry Cavendish*) pirmo reizi atzina, ka dzīvsudrabam reaģējot ar skābi, iegūtā gāze ir jauns ķīmiskais elements, un pētīja tās īpašības. 1783. gadā A. L. Lavuazjē, eksperimentējot kopā ar Laplasu un atkārtojot H. Kavendiša eksperimentu, secināja, ka iegūta gāze deg un pēc tam pāri paliek tikai ūdens. Tāpēc šo jauno vielu A. L. Lavuazjē arī nosauca par ūdeni radošo – ūdeņradi.

Sākumā jauno gāzi nelietoja, vēlāk ar to sāka pildīt gaisa balonus (atkarībā no vajadzības iegūstot no dzelzs skaidiņām ar sērskābi). Tā tas turpinās līdz dirižabļa Hindenburga katastrofai. Turpmākajos gados ūdeņraža izmantošana tehnikā tika uzmanīgi vērtēta.

Dabā ūdeņradis ir visai izplatīts elements. Tā koncentrācija pēc tilpuma Visumā ir 750 000 ppm, uz Saules – 750 000 ppm, meteorītos – 24 000 ppm, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 1500 ppm, Pasaules okeānā –

107 800 ppm, virszemes ūdeņos – 115 000 ppm, cilvēka ķermenī – 100 000 ppm. Dabā ūdeņradim ir divi stabili izotopi (protijs un deitērijs) un viens radioaktīvs izotops (tritijijs). Dabā visvairāk ir protija. Tritija kopējā masa uz Zemes nepārsniedz trīs kilogramus.

Ūdeņradis ir 3021 minerālu sastāvā, un minerālu daudzveidībā ūdeņradis atpazīst tikai no skābekļa. Saimnieciskām vajadzībām pasaulē gan ūdeņradi neiegūst no minerāliem, bet 48% – no dabasgāzes, 30% – no naftas, 18% – no akmeņogļēm, 4% – elektrolizējot ūdeni.

Pasaulē ik gadu iegūst aptuveni 42 miljonus tonnu ūdeņraža (500 miljardus Nm<sup>3</sup>/gadā), no tā 60% izmanto minerālmēslu ražošanā, 23% – naftas pārstrādei, 9% – metanola ražošanai, atlikušo daļu izmanto ķīmiskajā rūpniecībā, metalurģijā, kosmosa pētniecībā un atomenerģētikā, nedaudz arī pārtikas rūpniecībā.

Ūdeņraža ražošanas pašizmaksā atkarībā no izejvielas un ražošanas jaudām ir 2565–1000 ASV dolāru par kubikmetru tehniskas kvalitātes ūdeņraža. Ir dažādi projekti, kā nākotnē, nodrošinot lielas ražošanas jaudas, samazināt šīs izmaksas vēl 1,5 reizes. Augstas tīrības (99,999%) ūdeņraža gāze maksā aptuveni 200,70 eiro par kubikdecimetru, pērkot nelielā daudzumā, un 2,21 eiro par kubikdecimetru, pērkot vairāk nekā 300 kubikdecimetru ūdeņraža.

#### Papildu informācija internetā

✓ Ķīmija un ģeoloģija  
<http://periodic.lanl.gov/elements/1.html>  
<http://www.hydrogenassociation.org/>  
<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/hydrogen>  
<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/H/geol.html>

## 6.3. Grafīts

Grafīta nosaukumu jau senatnē izmantotajam minerālam (vielai) 1789. gadā piešķīra A. G. Verners (*Abraham Gottlob Werner*) no grieķu valodas *γραφειν* – zīmēt, rakstīt –, apzīmējot minerālu, kuru var izmantot rakstīšanai (grīfelēm). Tās ir viens no oglekļa alotropiskiem veidiem, un pretstatā citam – dīmantam – tas ir elektrovadītājs, ko plaši izmanto dažādos elektriskos kontaktos, slēdžos un loka lampās.

Dabā grafīts sastopams kopā ar raksturīgiem minerāliem – kvarcu, kalciņu, vizlām un turmalīniem, grafīts ir arī dzelzs meteorītos. Veidojas gandrīz tikai metamorfisma procesos un zvīņainā paveida formā ir sastopams gneisos (piemēram, Ždanovas atradne Ukrainā), marmorā un kristāliskos slānekļos (Taskazganas atradne Karakalpakijā Uzbekistānā). Ir zināmi vairāki gadījumi, kad grafīts ir veidojies magmatiskos apstākļos, skābai magmai kontaktējot ar karbonātiem. Ļoti reti amorfas formas grafīts var veidoties, arī metamorfizējoties ogļu slāņiem (Noginskas un Kurejas atradnes Jeņisejas lejtecē Krievijā). Pasaulē lielākās atradnes ir ASV (Ņujorkas

un Teksasas pavalstīs), Meksikā, Grenlandē, Šrilankā, Madagaskarā, Austrālijā un Čehijā.

Gadā pasaulē iegūst aptuveni vienu miljonu tonnu grafīta (sk. 110. tabulu). Ir vērojama tendence tā patēriņam nedaudz pieaugt Dienvidaustrumāzijas reģionā. Apzinātais grafīta izejvielu daudzums novērtēts 800 miljoni tonnu apjomā, no tiem aprēķinātie un novērtētie krājumi ir 290 miljoni tonnu (2005. gadā), no kuriem 86 miljoni tonnu ir ekspluatācijā esošajās vai ekspluatācijai sagatavotajās atradnēs. Grafīta krājumi koncentrēti Ķīnā (74%), Čehijā (13%) un Meksikā (4%), pārējās valstīs kopā ir tikai 9% grafīta.

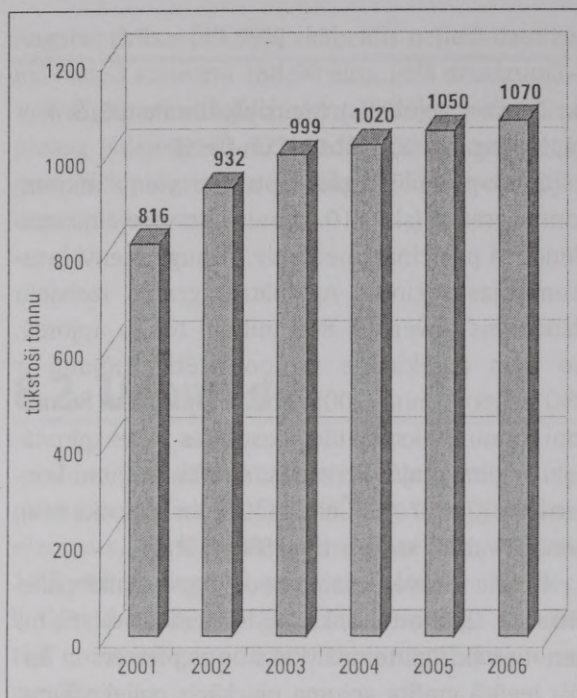
Grafīta ieguve pasaulē pēdējo gadu laikā palielinās (sk. 271. attēlu), kaut gan vairākas valstīs tas nenotiek līdzīgā tempā. Raksturīgs piemērs ir Turcijā iegūtā grafīta apjoma pieckāršs palielinājums, ekspluatācijā iekļaujot jaunus atradņu blokus.

Raksturīga iezīme ir ieguves koncentrācija tikai vienā valstī – Ķīnā. Šeit iegūst vairāk nekā 67% no visā pasaulē izmantotā grafīta gadā. Pārējo valstu, izņemot Indiju (11,2%), loma ir neliela (sk. 272. attēlu).

110. tabula. Grafīta ieguve pasaulē, tonnās

Valsts	2001	2002	2003	2004	2005	2006*
Austrija	116	100	100	ND	ND	ND
Brazīlija	70 091	60 922	70 739	76 332	76 500	76 000
Čehija	17 000	16 000	9000	10 000	10 000	5000
Dienvidkoreja	238	94	58	247	250	ND
Indija	140 000	130 000	110 000	120 000	130 000	120 000
Kanāda	35 000	25 000	25 000	28 000	30 000	30 000
Krievija	6000	ND	ND	ND	ND	ND
Ķīna	450 000	629 000	710 000	700 000	720 000	720 000
Madagaskara	2013	2000	15 000	15 000	15 000	15 000
Meksika	21 442	14 065	8 730	14 769	11 143	13 000
Norvēģija	2500	2400	2400	2300	2300	2000
Rumānija	1176	1001	ND	500	500	ND
Šrilanka	6585	3619	3387	3400	3000	3000
Turcija	15 000	1 393	942	1000	6000	30 000
Ukraina	7500	7500	7500	7500	7500	8000
Uzbekistāna	60	60	60	60	60	ND
Vācija	3190	3312	2840	3155	3200	3000
Ziemeļkoreja	25 000	25 000	25 000	30 000	32 000	32 000
Zimbabve	11 836	9912	7675	10 267	6000	6000
Zviedrija	963	900	850	800	800	ND
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>816 000</b>	<b>932 000</b>	<b>999 000</b>	<b>1 020 000</b>	<b>1 050 000</b>	<b>1 070 000</b>

\* Pēc ASV Ģeoloģijas dienesta nepārbaudītiem datiem. ND – dati nav pieejami.



271. attēls. Grafīta ieguve pasaulē pēdējos gados

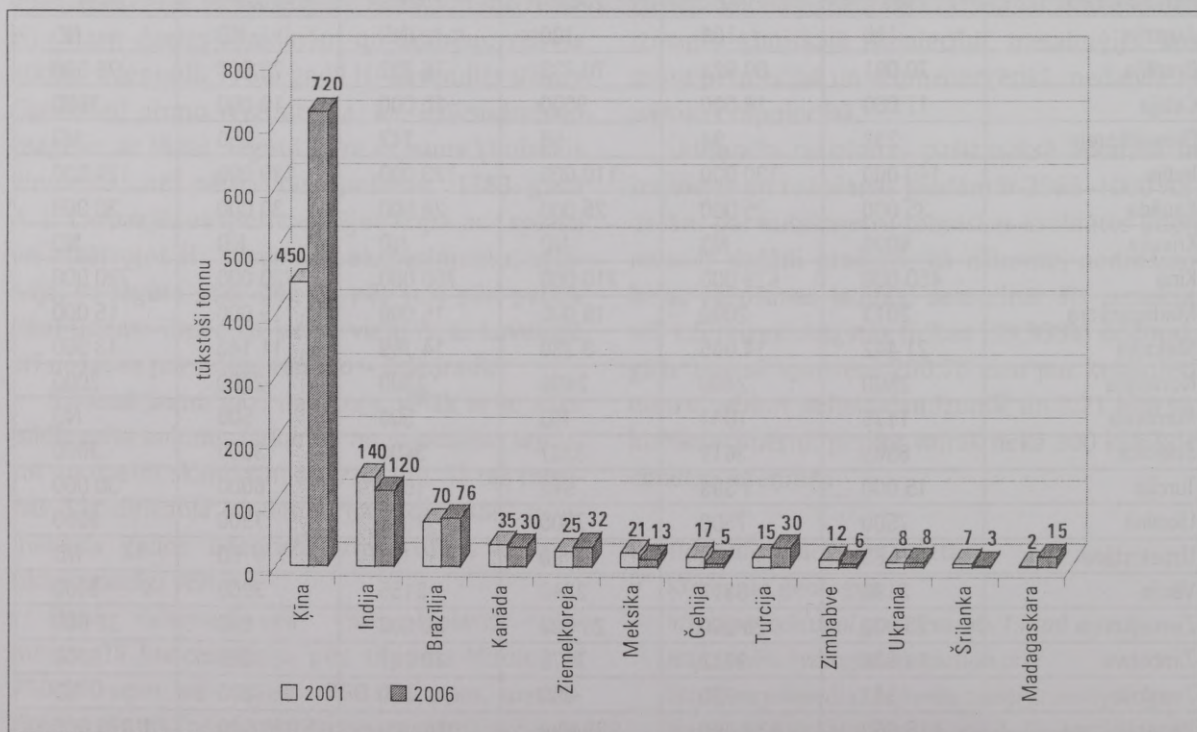
1995. gadā grafitu vairāk nekā 10 tonnas gadā ieguva 32 valstīs, taču 2005. gadā – vairs tikai 18 valstīs. 2007. gadā grafitu iegūt turpināja kompānijas 15 valstīs.

Grafīta izmantošana ir ļoti daudzveidīga. To izmanto metalurģisko iekārtu būvē, smērvielu, krāsu un elektrodu ražošanā un citās tautas saimniecības nozarēs (sk. 273. attēlu).

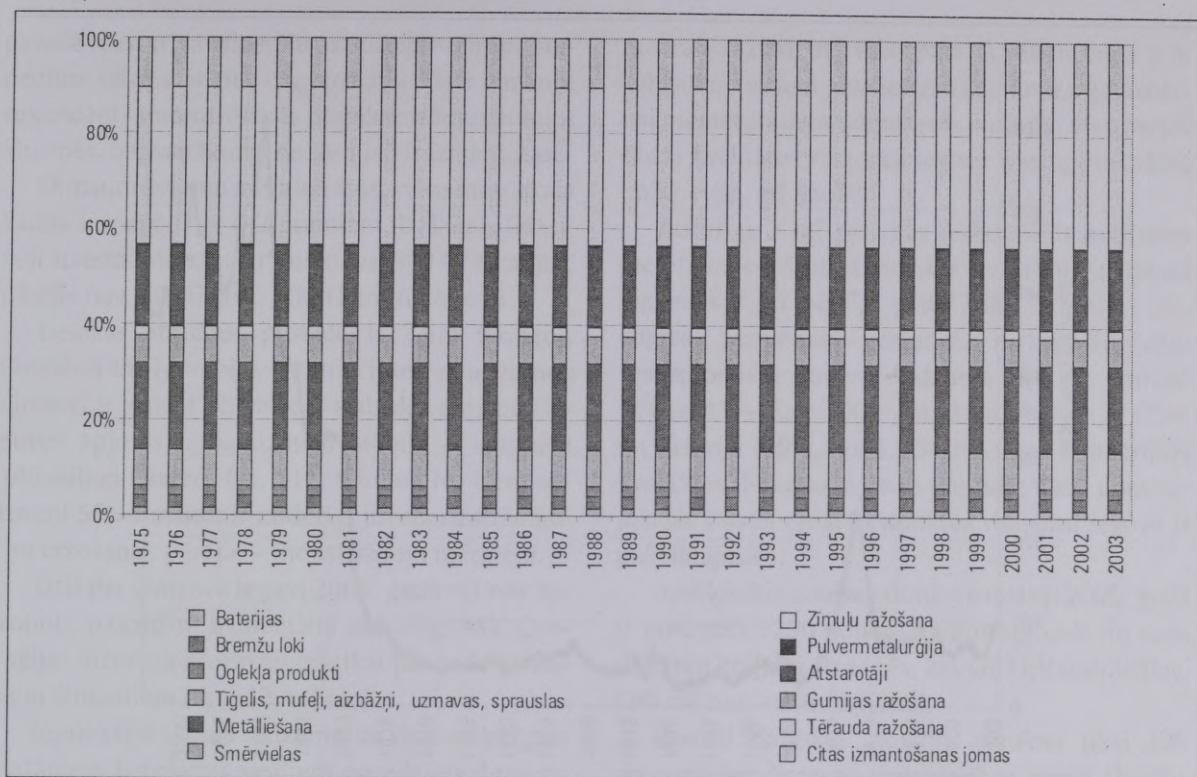
Pēdējos 10–20 gados ļoti daudzās tehnikas jomās grafitu aizstāj ar mākslīgi veidotiem materiāliem no metalurģijas un kalnrūpniecības atkritumiem vai mākslīgiem ķīmiskajiem produktiem. Par efektīvu grafitu smērvielu aizstājēju tiek izmantots molibdēna disulfīds. Cenas dēļ mākslīga grafitu sintēze joprojām nav ekonomiski izdevīga rūpnieciskā daudzumā (nepieciešams visu reakcijas laiku uzturēt 2500–3000 °C). 2005. gadā 26% grafitu izmantoja ugunsdrošiem materiāliem, 21% – baterijām un metālkausēšanā, 12% – bremžu lokiem, 41% – citām vajadzībām (ieskaitot tēraudkausēšanu).

Grafitu patēriņš pasaulē būtiski pieaug (sk. 274. attēlu). Laikposmā no 1954. līdz 1963. gadam grafitu patēriņš palielinājās nedaudz vairāk kā četras reizes, laikposmā no 1996. līdz 2004. gadam grafitu patēriņš dubultoījās.

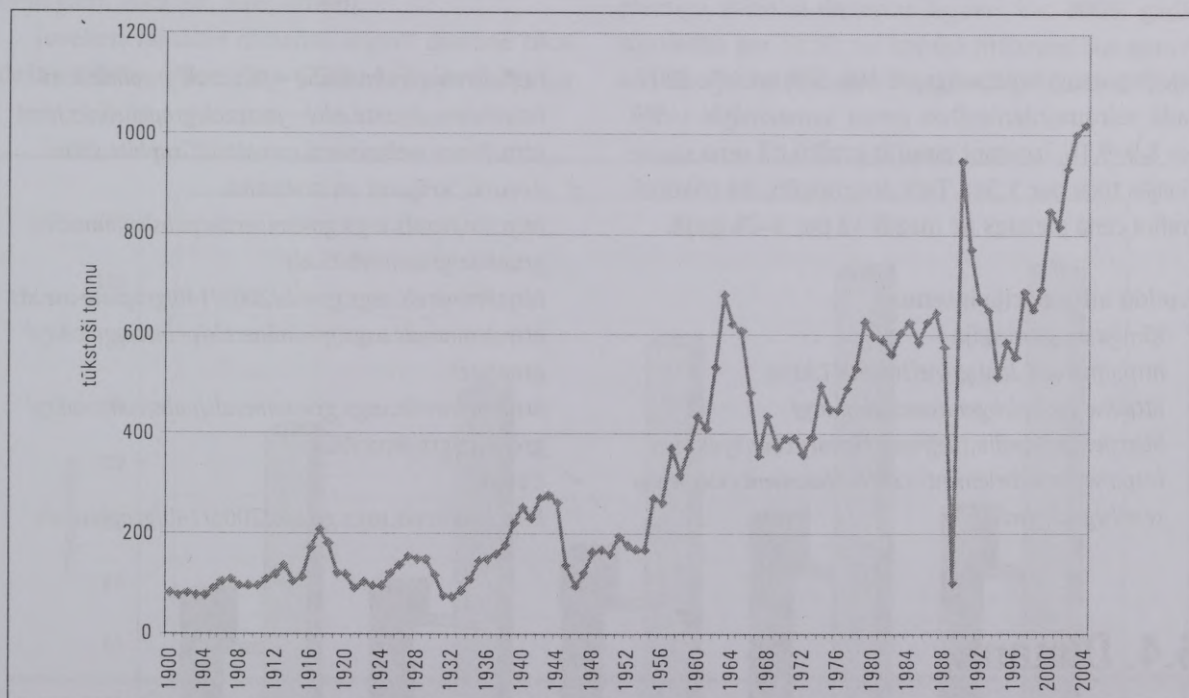
Līdz pat pagājušā gadsimta septiņdesmito gadu beigām grafitu cena bija stabila un prognozējama, taču turpmāk tā palielinājās septiņas reizes nepilnu desmit gadu laikā un pēdējos desmit gados ir 480–550 ASV dolāru par tonnu (sk. 275. attēlu).



272. attēls. Lielākās grafitu ieguvējvalstis



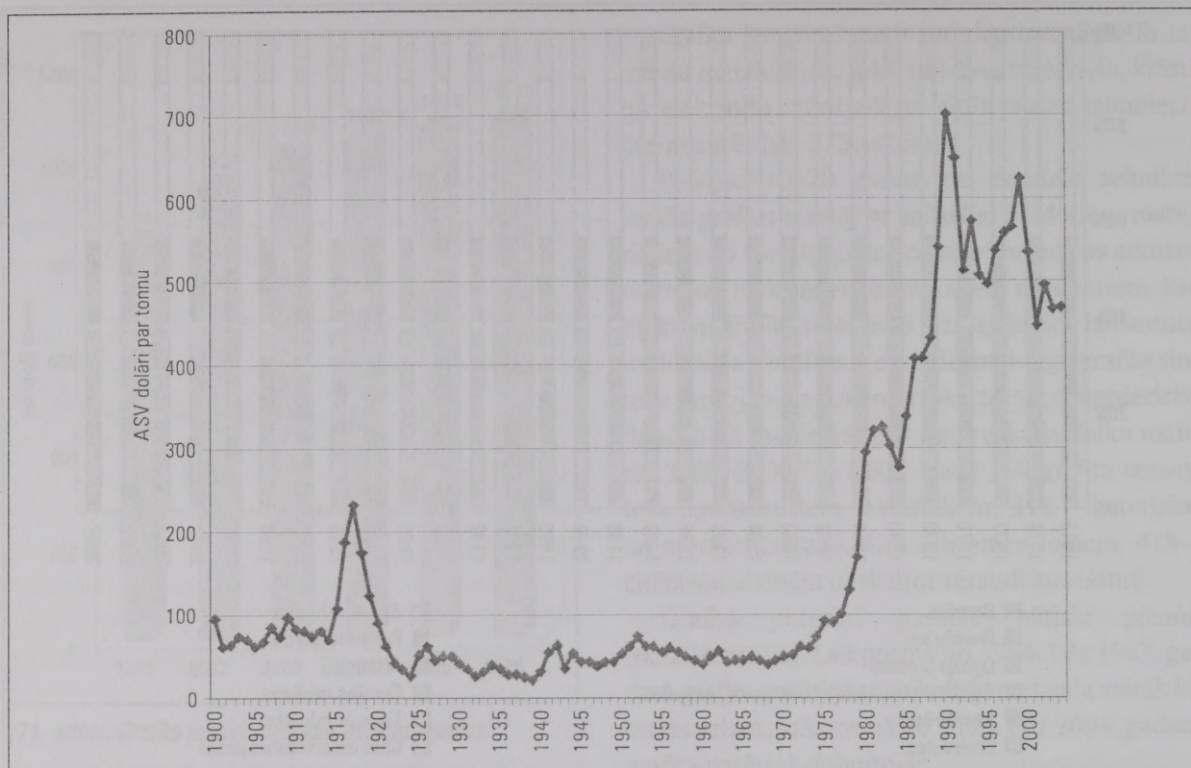
273. attēls. Svarīgākās grafīta izmantošanas jomas



274. attēls. Pasaulē iegūtā grafīta daudzums

Pēdējo gadu laikā grafīta cena palielinās, jo strauji pieaug pieprasījums Dienvidaustrumāzijā. Pasaulē ir vērojams izteikts grafīta deficīts – aptuveni 5–7%. 2005. gadā vidēji svērtā grafīta cena

palielinājās līdz 578 ASV dolāriem par tonnu, gabaļu un skaidu grafīta cena – līdz 2730 ASV dolāriem, zemas kvalitātes nepārstrādāta grafīta cena – līdz 197 ASV dolāriem par tonnu, tātad cena piecu gadu



275. attēls. Grafīta ražotāj cenas izmaiņas pagājušajā gadsimtā

laikā ir pieaugusi attiecīgi par 10%, 51% un 34%. 2007. gadā vairumtirdzniecības cenas samazinājās vidēji par 8,9–9,1%, izņemot amorfu grafītu (tā cena samazinājās tikai par 1,5%). Tiek prognozēts, ka nākotnē grafīta cena pieaugs ne mazāk kā par 3–7% gadā.

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija un ģeoloģija
  - <http://periodic.lanl.gov/elements/1.html>
  - <http://www.hydrogenassociation.org/>
  - <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/hydrogen>
  - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/H/geol.html>

- <http://www.phy.mtu.edu/~jaszczak/graphite.html>
- <http://www.phy.mtu.edu/~jaszczak/graphitelinks.html>
- <http://www.webmineral.com/data/Graphite.shtml>

- ✓ Resursi, krājumi un statistika
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/graphite/graphmyb05.xls>
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/graphite-use.xls>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/graphite/>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/graphite/graphmcs06.pdf>
- ✓ Cenas
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/graphite.xls>

## 6.4. Dimanti

Lai arī dimanti ir zināmi kopš sirmas senatnes, to līdz pat 1770. gadam uzskatīja par kalnu kristāla (kvarca,  $\text{SiO}_2$ ) paveidu. Bet tikai 1796. gadā angļu ķīmiķis S. Tennants sadedzināja vienādu masu dimanta un ogleš un pārliecinājās, ka tika iegūti vienādi tilpumi  $\text{CO}_2$ . Ar to tika pierādīts, ka dimants ir oglekļa alotropiskais veids

Dimants veidojas magmatiskos procesos augsta spiediena apstākļos, zināma ir arī dimantu veidošanās meteorītu trieciena iespaidā. Magmatiskos apstākļos dimantu veidošanās nosacījumi ir ultrabāziski ieži, to ātrs transports līdz Zemes virsai un strauja atdzišana Zema spiediena apstākļos, kādos veidojas īpatnēji ieži – kimberlīti. Te dimantu

pavada raksturīga minerālu asociācija – piropi, serpentīns, olīvīns, augīts. Otrs atradņu tips ir dimantu sekundāra koncentrēšanās nogulumiežos, veidojot kļiednes, bet vairākums no tām jau ir izmantotas.

Dimantu lielumu mēra karātos, viens metriskais karāts ir vienāds ar 0,2 gramiem. Lielākais līdzšinēji atrastais dimants ir Kullinans (3024,74 karāti), pārējie nav pārsnieguši 1000 karātu lielumu.

Lielākās atradnes pasaulē ir Zairā (Kongo), Botsvānā un Namībijā. Rūpnieciskos daudzumos dimanti ir atrasti 35 valstīs. Dabisko dimantu ieguves apjoms ir salīdzinoši stabils – aptuveni 180 miljonu karātu (sk. 111. tabulu). No tiem aptuveni 56% dimantu ir noderīgi juvelierizstrādājumu ražošanai, pārējie – industriāliem mērķiem.

Dati par dimantu ieguvu 2006. gadā vēl nav apkopotī, pagaidām ir pieejami nepilnīgi ASV Ģeoloģijas dienesta novērtējumi tikai par industriālajiem dimantiem (sk. 112. tabulu).

Iepriekšējā tabulā redzams, ka visai atšķirīgs ir dažādiem lietošanas veidiem paredzēto dimantu daudzums un grupu savstarpējās proporcijas pēdējo gadu laikā (sk. 276. attēlu).

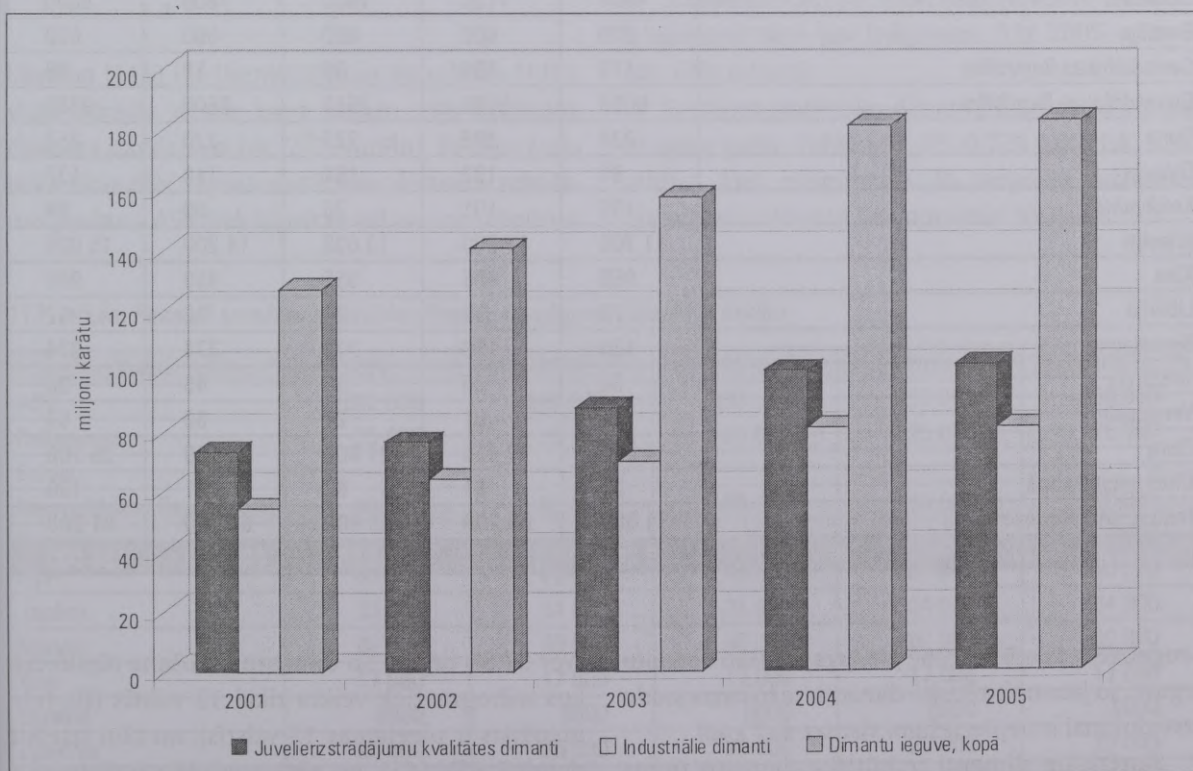
Juvelierkvalitātes dimantu ieguvē dominē tikai dažas valstis – Botsvāna (23%), Krievija (23%) un

Austrālija (20%), bet visās pārējās valstīs kopā ir tikai 34% no visiem juvelierizstrādājumu izgatavošanai piemērotajiem dimantiem pasaulē. Visstraujāk šādas kvalitātes dimantu ieguve pieaug Austrālijā un Krievijā, arī Kanādā.

Atšķirīgi ir arī dati par industriālās kvalitātes (nereti sauc arī par tehniskas kvalitātes) dimantu ieguvu, kas arī pēdējo gadu laikā ir būtiski pieaugusi, sasniedzot vēsturiski maksimālo ieguves apjomu. Ieguves daudzuma ziņā arī dominē trīs valstis – Zaira (Kongo) (31%), Austrālija (25%) un Krievija (19%), kopā 75% no visas industriālās kvalitātes dimantu ieguves pasaulē. Visās dominējošajās valstīs arī šīs kvalitātes dimantu ieguve ir palielinājusies.

Aprēķinātie dabisko dimantu resursi 2005. gadā ir novērtēti 1250 miljoni karātu apjomā, no tiem dimantu krājumi atradnēs, kas jau tiek izstrādātas, 580 miljonu karātu apjomā.

Ilgstoši dabiskie dimanti aizņēma tikai 12% no pasaules dimantu tirdzniecības tirgus (1980.–1997.), bet neilgi pirms tūkstošgades mijas strauji pieauga dabisko dimantu ieguve, kas 2005. gadā sasniedza jau 32,5% no kopējā tirdzniecības apritē iekļauto jauno dimantu daudzuma (pēc svara). Tiek



276. attēls. Dimantu ieguve pasaulē

111. tabula. Dabisko dimantu ieguve pasaulē, tūkstošos karātu

Valsts un dimantu kvalitāte	2001	2002	2003	2004	2005
<b>Juvelierizstrādājumu kvalitātes dimanti</b>					
Angola	4643	4520	5130	5490	5580
Austrālija	14 397	15 136	13 981	20 602	20 000
Botsvāna	19 812	21 297	22 800	23 300	23 900
Brazīlija	700	500	400	300	300
Centrālāfrikas Republika	340	312	250	263	265
Dienvīdāfrikas Republika	4465	4351	5144	5780	5780
Franču Gviāna	179	248	413	455	357
Gana	936	770	675	690	760
Gvineja	273	368	484	354	411
Kanāda	3716	4937	10 756	12 618	12 300
Kotdivuāra	207	205	154	201	201
Krievija	17 500	17 400	20 000	21 400	23 000
Ķīna	100	100	100	100	100
Libērija	100	48	36	18	18
Namībija	1487	1562	1481	2004	1900
Sjerraleone	102	162	233	318	318
Tanzānija	216	204	201	258	175
Venecuēla	14	46	11	40	46
Zaira	3638	4223	5381	6180	6300
Citas valstis kopā	54	42	44	74	110
<b>Kopā juvelierizstrādājumu kvalitātes dimanti</b>	<b>72 900</b>	<b>76 400</b>	<b>87 700</b>	<b>100 000</b>	<b>102 000</b>
<b>Industriālas kvalitātes dimanti</b>					
Angola	516	502	570	610	620
Austrālija	11 779	18 500	17 087	22 709	20 000
Botsvāna	6604	7100	7600	7800	8000
Brazīlija	600	600	600	600	600
Centrālāfrikas Republika	113	104	83	88	88
Dienvīdāfrikas Republika	6698	6526	7540	8500	9380
Gana	234	193	225	230	253
Gvineja	91	123	161	118	137
Kotdivuāra	102	101	76	99	99
Krievija	11 700	11 600	13 000	14 200	15 000
Ķīna	950	955	955	960	960
Libērija	70	32	24	12	12
Sjerraleone	120	190	274	374	374
Tanzānija	38	36	36	46	30
Venecuēla	28	61	24	60	69
Zaira	14 560	17 456	21 600	24 700	25 200
Citas valstis kopā	91	81	82	121	190
<b>Industriālie dimanti kopā</b>	<b>54 300</b>	<b>64 200</b>	<b>69 900</b>	<b>81 200</b>	<b>81 000</b>
<b>Dimanti pavisam kopā</b>	<b>127 000</b>	<b>141 000</b>	<b>158 000</b>	<b>182 000</b>	<b>183 000</b>

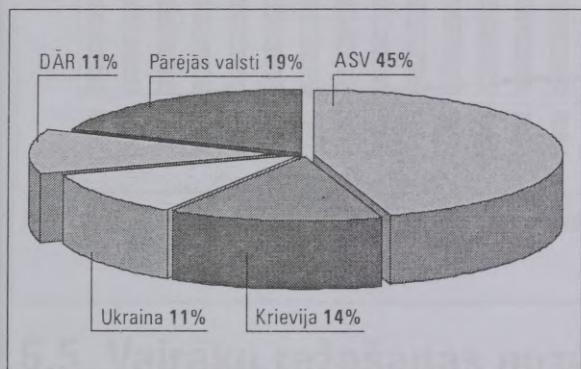
prognozēts, ka arī nākotnē pieaugs dabisko dimantu ieguve, jo jaunu sintētisko dimantu ražošanas jaudu izveidošanai ir nepieciešami vismaz 4–7 gadi.

**Sintētiskie dimanti** ir būtiska dimantu tirgus komponente, tā arī patlaban ir dominējošā un ap-

tver 67,5% tirgus. Šo dimantu ražošana rūpnieciskos mērogos tiek veikta tikai 12 valstīs (šīs tehnoloģijas ir pieejamas 15 valstīs), no tām izteikti dominē ASV (45% no visa pasaulē saražoto sintētisko dimantu daudzuma gadā), Krievija (14%),

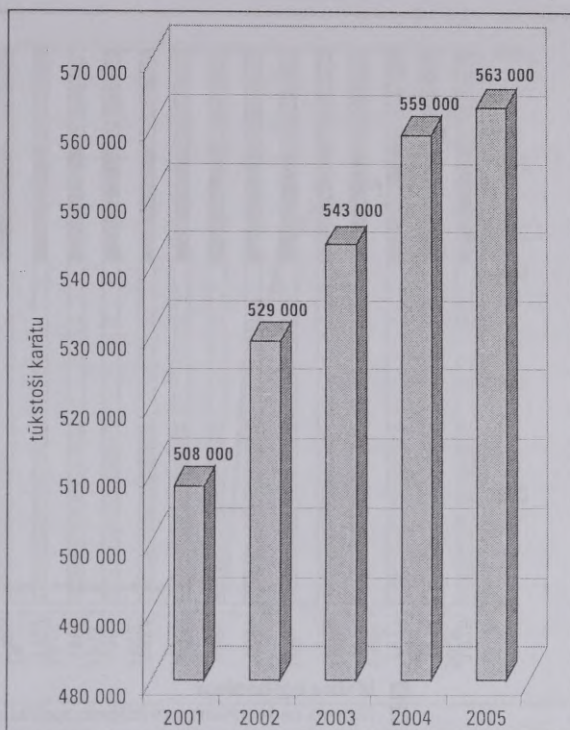
112. tabula. Industriālo dimantu ieguve pasaulē 2006. gadā (novērtējums)

Valsts	Iegūtie industriālie dimanti, miljonos karātu
Austrālija	25
Botsvāna	8
Dienvīdāfrikas Republika	9
Krievija	15
Ķīna	1
Zaira	24
Citas valstis kopā	3
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>85</b>



277. attēls. Vadošās valstis sintētisko dimantu ražošanā pasaulē (2005)

Ukraina (11%) un Dienvīdāfrikas Republika (11%), visās pārējās valstīs kopā saražo 19% sintētiskā dimanta daudzuma (sk. 277. attēlu). Pēdējo gadu laikā tikai ASV kāpina sintētisko dimantu ražošanas jaudas – ASV tiek būvētas vēl jaunas ražotnes.



278. attēls. Pasaulē saražoto sintētisko dimantu daudzums

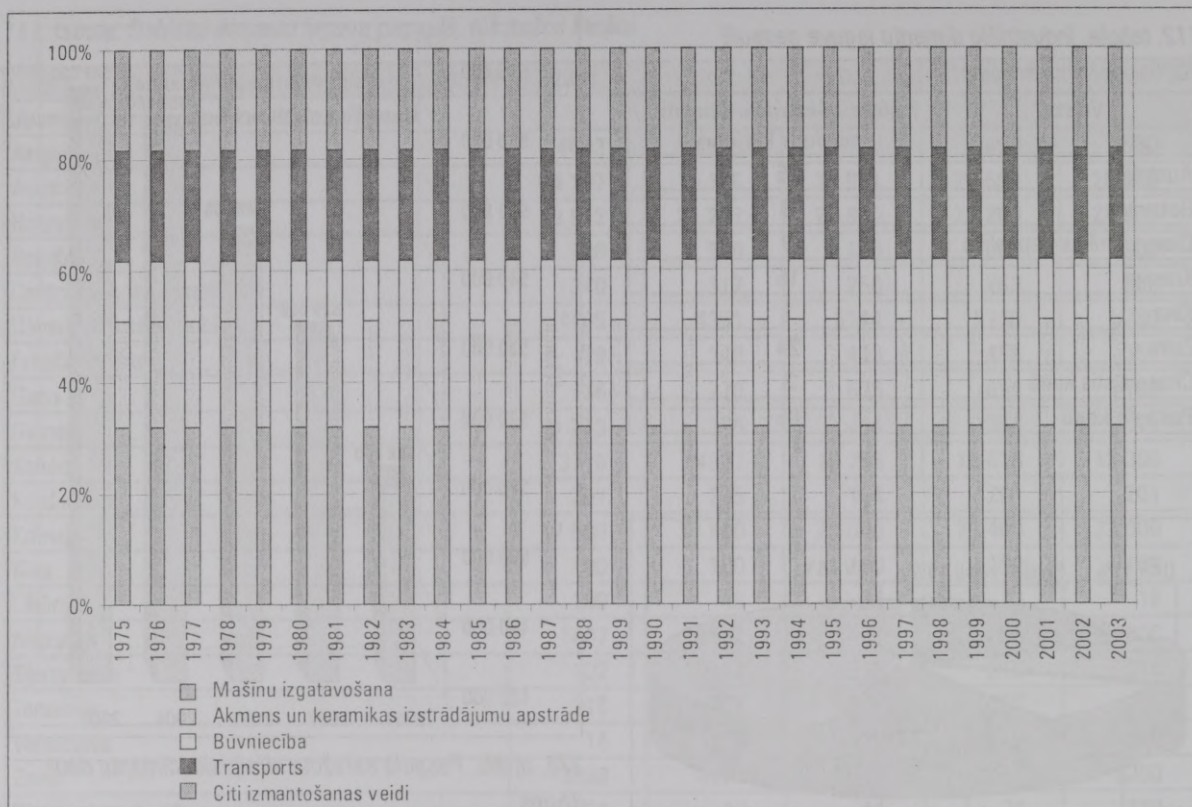
Dažās valstīs jaunās ražotnes sāks darbu 2009.–2010. gadā.

Statistikas dati par sintētiski saražoto dimantu ir pieejami tikai par laikposmu līdz 2005. gadam (sk. 113. tabulu).

Saražoto sintētisko dimantu daudzums pieaug ar katru gadu, vidēji par 2,9–0,72% gadā (sk. 278. attēlu). Tiek prognozēts, ka turpmāk ražošanas pieaugums nākotnē būs aptuveni 1% gadā.

113. tabula. Pasaulē saražoto sintētisko dimantu daudzums, tūkstošos karātu

Valsts	2001	2002	2003	2004	2005
ASV	202 000	222 000	236 000	252 000	256 000
Baltkrievija	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000
Čehija	5	5	5	5	5
Dienvīdāfrikas Republika	60 000	60 000	60 000	60 000	60 000
Francija	3000	3000	3000	3000	3000
Īrija	60 000	60 000	60 000	60 000	60 000
Japāna	33 000	34 000	34 000	34 000	34 000
Krievija	80 000	80 000	80 000	80 000	80 000
Ķīna	17 000	17 000	17 000	17 000	17 000
Ukraina	8000	8000	8000	8000	8000
Zviedrija	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>508 000</b>	<b>529 000</b>	<b>543 000</b>	<b>559 000</b>	<b>563 000</b>



279. attēls. Industriālo dimantu galvenie izmantošanas veidi

Zemas kvalitātes juvelierkvalitātes dimanti (borts, karbonado un sīkākie dimanta graudi) un to apstrādes atkritumi, industriālas kvalitātes dimanti un sintētiskie dimanti tiek izmantoti metālu un akmeņu apstrādes rūpniecībā un precīzo aparātu būvē, urbšanas ierīcēs un citur kā abrazīvs materiāls (sk. 279. attēlu).

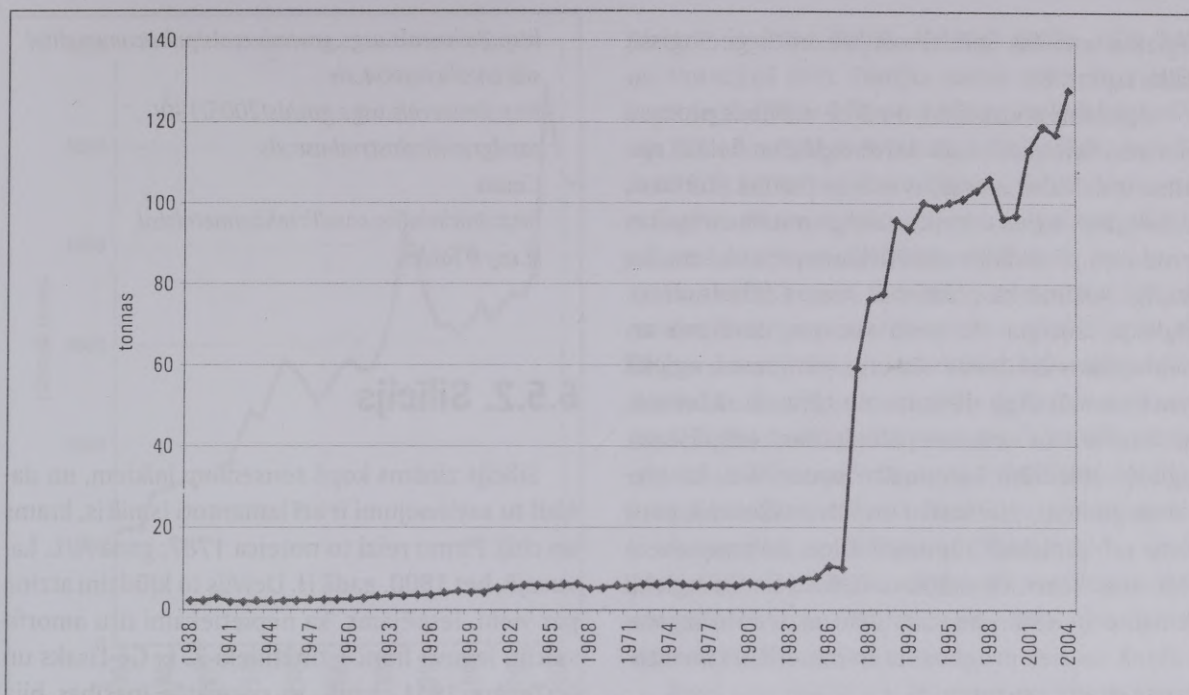
Industriālos dimantus visvairāk izmanto (72,6%) mašīnu izgatavošanā, akmens un keramikas izstrādājumu apstrādē un derīgo izrakteņu ieguvē (urbšanas kronīši un zāgripas), pārējie izmantošanas veidi ir mazāk nozīmīgi. Industriālo dimantu daudzums ļoti nozīmīgi ir mainījies kopš 1988. gada (sk. 280. attēlu), kad saražotais daudzums līdz ar jauno tehnoloģiju izplatīšanos pasaulē 3–4 gadu laikā desmitkāršojās.

Industriālo (tehnisko) dimantu ražotāju cena ir atkarīga no piegāžu apjoma, izmantošanas mērķa (tas nosaka izmērus, graudu viendabību), nereti arī izcelsmes (valsts, sintēzē izmantotie piemaisījumi sastāvā u. tml.) un var atšķirties 3–5 reizes. Dabiskie dimanti vienmēr tiek pārdoti tikai izsolēs. Sintētiskie dimanti vairumtirdzniecībā 2006. gadā maksāja 13–25 ASV dolāru par karātu. Tiek

prognozēts, ka nākotnē industriālo dimantu cena pieaugs par aptuveni 5–12% gadā, līdz darbību sāks jaunas sintētisko dimantu ražotnes.

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija un ģeoloģija
  - <http://periodic.lanl.gov/elements/1.html>
  - <http://www.hydrogenassociation.org/>
  - <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/hydrogen>
  - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/H/geol.html>
  - <http://www.phy.mtu.edu/~jaszczak/graphite.html>
  - <http://www.phy.mtu.edu/~jaszczak/graphitelinks.html>
  - <http://www.webmineral.com/data/Graphite.shtml>
- ✓ Resursi, krājumi un statistika
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/diamond/diamomcs06.pdf>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/diamond/diamomyb05.xls>
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/diamondindustrial-use.xls>
- ✓ Cenas
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/diamondindustrial.xls>



280. attēls. Saražoto industriālo dīmantu daudzums pasaulē

## 6.5. Vairāku ražošanas nozaru izejvielas

### 6.5.1. Ogleklis

Ogleklis ir IVA grupas ķīmiskais elements. Tam ir trīs alotropiskie veidi – grafīts, dimants un karbīns. Mūsdienās tiek uzskatīts, ka ogleklim ir vēl četras citas “eksotiskas” alotropiskās formas (fullerēni, oglekļa nanocaurulītes, lonsdolīts un apkopotie dimanta nanostiepi jeb ADNR). Amorfa ogleklis jeb ogle ir grafīta paveids. Iepriekšējās nodaļās jau tika apskatīti grafīts un dimanti, arī ogles un to paveidi kā kurināmais. Tomēr amorfa ogleklis jeb ogle ir jāapskata atsevišķi, jo tam ir liela nozīme kā vairāku ražošanas nozaru izejvielai.

Amorfa ogleklis ir melna cieta viela, ko veido sīki neregulāras struktūras grafīta kristāliņi, tā blīvums ir 1,6–2,1g/cm<sup>3</sup>, zemjainā masā parasti 1,2–1,4g/cm<sup>3</sup>. Parastos apstākļos ogleklis ir ķīmiski inerts (reaģē tikai ar fluoru), bet šīs īpašības pieaug, palielinoties temperatūrai, un augstā temperatūrā ogleklis savienojas arī ar citiem nemetāliem un metāliem. Ogleklis ir labs reducētājs.

Oglekli izmantoja jau senatnē par kurināmo, to lietoja zīmēšanai. Ķīmiskā elementa nosaukumu (*carbonium*) veido no latīņu *carbo* vai arī jau-

nāka franču vārda – *charbone*, bet vācu un holandiešu valodā *Kohlenstoff* un *koolstof* nozīmē ogle, kokogle.

Dabā ogleklis ir plaši izplatīts, tas ir 17. izplatītākais ķīmiskais elements uz Zemes. Oglekļa koncentrācija pēc masas Visumā ir 5000 ppm, uz Saules – 3000 ppm, meteorītos – 15 000 ppm, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 1800 ppm, Pasaules okeānā – 28 ppm, virszemes ūdeņos – 1,2 ppm, cilvēka ķermenī – 230 000 ppm.

Kopā ar citiem ķīmiskajiem elementiem ogleklis ir plaši izplatīts Zemes atmosfērā (aptuveni 810 gigatonnu), izšķīdis virszemes ūdeņos un Pasaules okeānā (36 000 gigatonnu), atrodas biosfērā (1900 gigatonnu), vēl aptuveni 150 gigatonnu satur nafta un 1000 gigatonnu – ogles Zemes dzīlēs. Tomēr lielākais oglekļa daudzums uz Zemes ir saistīts karbonātu (kaļķakmens, dolomīti u. c.) formā.

Dabā ogleklis ir 474 dažādu minerālu sastāvā, un tā nav augsta daudzveidība minerālu “karalīstē”, kas skaidrojams ar oglekļa apriti dabā, tā saukto oglekļa ciklu, kurā minerālu formā

ogleklis atrodas salīdzinoši īsu brīdi ģeoloģiskā laika izpratnē.

Ogleklim ir vislielākā nozīme dzīvības procesu norisēs. Saimnieciskajā dzīvē ogleklim lielākā nozīme ir dažādos enerģijas avotos (naftas produkti, dabasgāze, ogles u. tml.), svarīga nozīme ir naftas produktu pārstrādes sintētiskiem produktiem, ko kopīgi apzīmē kā plastiskās masas (plastmasas). Oglekļa izotopu  $^{14}\text{C}$  lieto vecuma datēšanā arheoloģiskos un dabas vēstures pētījumos, oglekli izmanto mākslīgo dimantu un tērauda ražošanā, atomreaktoros neitronu palēnināšanā (slāpēšanā), oglekļa šķiedrām kompozītu materiālos, kā pie-devas gumijas, plastmasu un filtru ražošanā, plaši lieto arī ķīmiskajā rūpniecībā (no šaujampulvera līdz medikamentu ražošanai). Mūsdienās oglekli izmanto oglekļa nanocaurulīšu materiālu izgatavošanā, un tiek prognozēts šo materiālu izmantošanas straujš pieaugums.

Oglekli ķīmiskajai rūpniecībai iegūst, koksējot akmeņogles un to paveidus vai arī termiski pārstrādājot naftas pārstrādes atlikumus. Tikai nelielu daudzumu oglekļa īpašām vajadzībām (pārtikas rūpniecībai, medicīnai) iegūst, pārstrādājot koksnes un augu atkritumus, retāk sapropeļus un kūdras. Šādām vajadzībām dažādas tīrības oglekli iegūst vairāk nekā 100 valstīs, un to statistika tika apskatīta nodaļā par enerģijas avotiem.

Ogleklis ķīmiskajai rūpniecībai nav dārga izejviela. 99,9% tīrības ogleklis maksā aptuveni 24 ASV dolārus kilogramā. Izotopu cena ir daudz augstāka (grams  $^{13}\text{C}$  maksā aptuveni 700 ASV dolāru).

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija un ģeoloģija
  - <http://education.jlab.org/itselemental/ele006.html>
  - <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/carbon>
  - <http://periodic.lanl.gov/elements/6.html>
  - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/C/geol.html>
  - <http://www.chemcool.com/elements/carbon.html>
  - <http://www.vincentherr.com/cf/>
  - <http://www.forskning.no/Artikler/2006/juni/1149432180.36>
- ✓ Resursi, krājumi un statistika
  - [http://www.indexmundi.com/en/commodities/minerals/silicon/silicon\\_t1.html](http://www.indexmundi.com/en/commodities/minerals/silicon/silicon_t1.html)
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/silicon/>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/silicon/silicmyb04.xls>

<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/sandgravelindustrial-use.xls>

✓ Cenas

<http://nickelalloy.com/FreeSite/metals/si/si.asp#Tables>

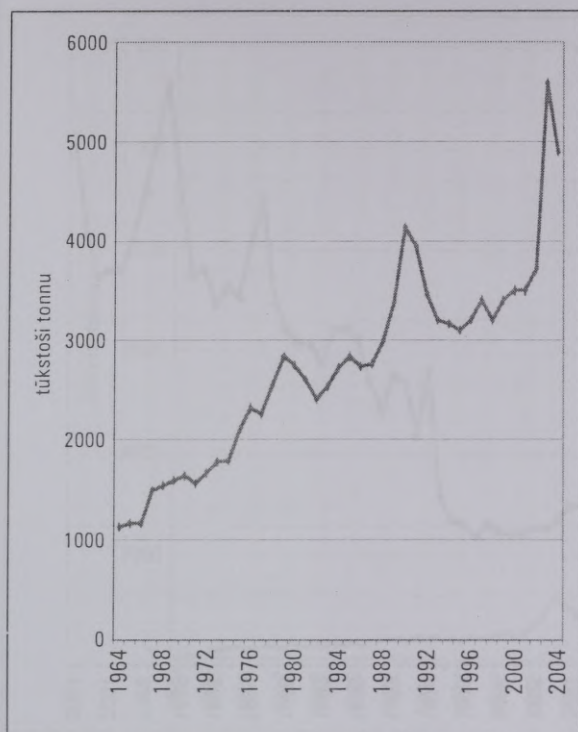
## 6.5.2. Silīcijs

Silīcijs zināms kopš seniem laikiem, un daži to savienojumi ir arī izmantoti (smiltis, krams un citi). Pirmo reizi to noteica 1787. gadā A. L. Lavuazjē, bet 1800. gadā H. Deivijs to kļūdaini atzina par vielu. Iespējams, ka nepietiekami tīru amorfo silīciju ieguva franču zinātnieki Ž. L. Gē-Lisaks un L. Tenārs 1811. gadā, jo noteiktās īpašības bija kļūdainas. Zviedru zinātnieks J. Bercēliuss tikai 1824. gadā ieguva pētījumiem pietiekami tīru amorfo silīciju pēc Ž. L. Gē-Lisaka metodes, bet to arī skaloja, tad noteica īpašības un ierosināja šo elementu nosaukt par silīciju (no latīņu valodas *silex, silicis* – krams).

Dabā silīcijs ir plaši izplatīts – tas ir otrs izplatītākais ķīmiskais elements uz Zemes pēc skābekļa. Tā vidējā koncentrācija pēc masas Visumā ir 700 ppm, uz Saules – 900 ppm, meteorītos – 140 000 ppm, uz Zemes magmatiskos un metamorfos iežos – 270 000 ppm, Pasaules okeānā – 1,0 ppm, virszemes ūdeņos – 5,0 ppm, cilvēka ķermenī – 260 ppm.

Dabā sastopamas silīcija veidotas kristāliskas un amorfas vielas, zināmi 1618 minerāli, kuru sastāvā ietilpst silīcijs, tostarp ļoti retie silīcija tīrradņi. Plašāk no silīciju saturošiem zināmi ir tikai 1000 minerālu, lielākā daļa no tiem ir silīcijskābes sāļi, masas ziņā vislielāko daudzumu veido alumosilikāti.

Cilvēka organismā silīcijs ir nepieciešams kaulaudu veidošanā un nostiprināšanā. Samērā daudz silīciju saturošu savienojumu ir sīpolos un puravos, to izmantošana uzturā nostiprina organismu. Silikāti ir izejmateriāls silikātu rūpniecībā, cementa, stikla, glazūru, emalju, silikātlīmes, krāsas, ziepju un keramikas izstrādājumu ražošanā. Silīcijs ir svarīgākais izejmateriāls elektroniskajā rūpniecībā – to izmanto integrālo shēmu, pusvadītāju



281. attēls. Pasaulē iegūtā silīcija daudzums

elementu, tranzistoru, saules bateriju, fotoelementu izgatavošanā. Silīcijs ir komponents karborunda, elektrotehniskā tērauda, čuguna, bronzas, silumīna un silīcijorganisko savienojumu iegūšanā. Silīcija savienojumi ar metālu ir silīcīdi, taču tos bieži nepareizi sauc par silīcija metālu vai pat silīcija tīrmetālu, tā uzrādot tos arī statistikas pārskatos.

Dati par silīcija iegūvi ir pieejami tikai kopš 1964. gada (sk. 281. attēlu). Ir bijis salīdzinoši straujš silīcija patēriņa pieaugums pasaulē, vērojami arī vairāki paaugstināta patēriņa posmi un tiem sekojošas lejupslīdes, kas ir tieši saistītas ar elektronikas nozares attīstību.

Visvairāk tīra silīcija iegūst Ķīnā (51% no visā

pasaulē iegūtā silīcija), Krievijā (10%), ASV (6%) un Norvēģijā (6%). Pārējās vairāk nekā 30 valstīs kopā iegūst tikai 27% no gadā pasaulē iegūtā silīcija. Daudz vairāk tiek ražoti dažādi silīcīdi (vairāk nekā 90% Si), it īpaši ferrosilikona, ferrosilikona un mangāna (hroma) sakausējumi ar dažādu silīcija saturu kausējumos (sk. 114. tabulu).

Kopš 2003. gada tīru silīciju visvairāk (55% no saražotā silīcija pasaulē) izmanto alumīnija un silīcija sakausējumos (tā sauktie viegie sakausējumi), no kuriem izgatavo lielāko daļu automašīnām nepieciešamo detaļu un rezerves daļu. 40% silīcija izmanto silikona ražošanai, ko plaši lieto dažādās jomās, bet tikai atlikušie 5% silīcija tiek izmantoti ar maksimālo pievienotās vērtības atdevi – tie ir pusvadītāju materiāli, mikroelektronikas ierīces un aprīkojums (mikročipi, saules baterijas, lāzeri, šķidro kristālu ekrāni u. c.).

Kaut gan silīcijs uz Zemes ir ļoti izplatīts un pieejams pārstrādei, tas nav lēts (sk. 282. attēlu).

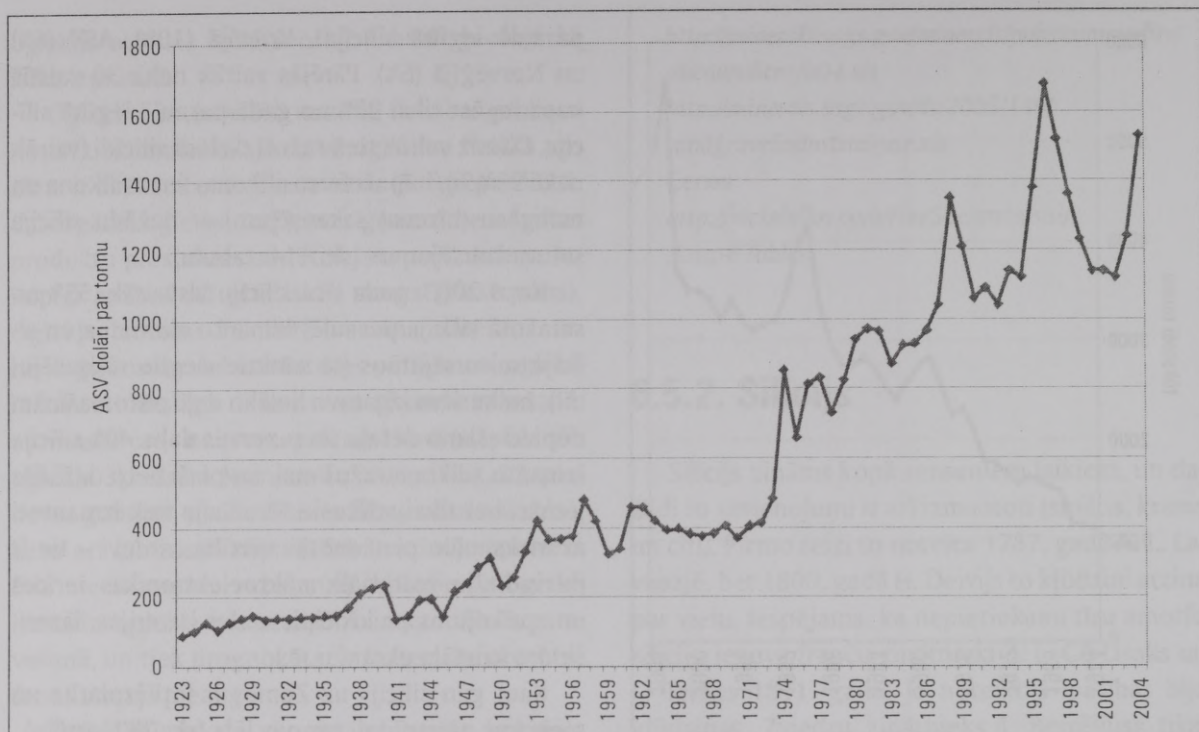
Pēdējos 10–15 gados silīcija cena ir bijusi ļoti mainīga. Metalurģijas kvalitātes silīcijs 2000. gadā vairumtirdzniecībā maksāja 1,14 ASV dolāru par kilogramu, plašas izmantošanas spektra standartprodukts (99%) – 50, augstākas tīrības silīcijs (99,9%) – 120 ASV dolāru par kilogramu, bet ultratīrs silīcijs (99,999%) – līdz pat 1000 ASV dolāriem un vairāk par kilogramu.

Turpmākajos gados augstas tīrības silīcija (98,5% Si) ražotāju cena stabilizējās un bija 1521,2–1653,5 ASV dolāri par tonnu. 2006. gada paša beigās silīcija cenas kritās, un tiek prognozēts, ka turpmāk tā būs 1235–1279 ASV dolāri par tonnu.

Silīcija daudzuma ziņā visvairāk tiek izmantotas dabiskās būvmateriālu izejvielas, kas ir bagātas ar silīciju, bet šajā gadījumā tiek izmantotas silīcija savienojumu noderīgās īpašības. Šādi tiek

114. tabula. Silīcija ieguve pasaulē

Daudzums un cena	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Pasaulē saražotais daudzums, silīcija tīrvielas izteiksmē, t</b>					
Ferrosilikons	4240	4030	4220	4900	5630
Metāla un silīcija sakausējums	729	629	615	642	686
<b>Vidējā cena, ASV centos par mārciņu silīcija</b>					
Ferrosilikons, 50% Si	45,00	42,80	41,10	47,70	58,16
Ferrosilikons, 75% Si	35,40	31,90	32,90	45,30	55,35
Silīcija un metāla kausējums	54,80	50,50	53,20	61,30	81,92



282. attēls. Silīcija cenas izmaiņas pasaulē

ražots cements, keramikas izstrādājumi, stikls, dažādi abrazīvie materiāli (detalizētāk skatīti sadaļā par būvmateriālu izejvielām).

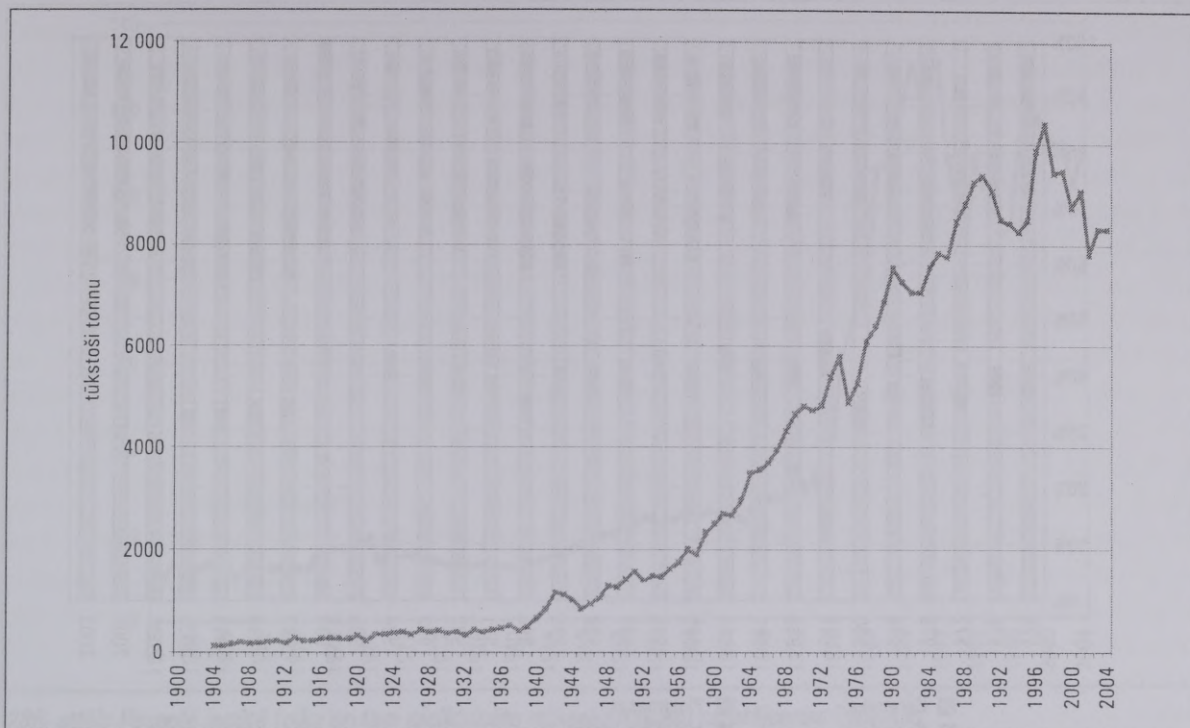
#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija un ģeoloģija
  - <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/silicium>
  - <http://periodic.lanl.gov/elements/14.html>
  - <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Si/geol.html>
  - <http://education.jlab.org/itselemental/ele014.html>
- ✓ Resursi, krājumi un statistika
  - [http://www.indexmundi.com/en/commodities/minerals/silicon/silicon\\_t1.html](http://www.indexmundi.com/en/commodities/minerals/silicon/silicon_t1.html)
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/silicon/>
  - <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/silicon/silicmyb04.xls>
  - <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/sandgravelindustrial-use.xls>
- ✓ Cenas
  - <http://nickelalloy.com/FreeSite/metals/si/si.asp#Tables>
  - <http://www.ktf-split.hr/periodni/en/sr.html>

### 6.5.3. Talks

Talks ir labi pazīstams produkts jau Senajā Ēģiptē un Romā, to izmantoja arī citās senajās kultūrās, galvenokārt kā kosmētikas un medicīnas līdzekli. Vēsturisku iemeslu dēļ par talku rūpnieciskai pārstrādei sauc vairākus minerālus un iežus, tādus tos arī atzīst starptautiskajā statistikā, jo šo izejvielu izmantošana ir līdzīga vai pat analoga.

Talks  $Mg_3(OH)_2[Si_4O_{10}]$  (sinonīmi – steatīts, taukakmens, talkakmens, žiroviks) ir silikātu minerāls ar raksturīgiem plāksņveida un zvīņainiem kristāliem, tomēr biežāk sastopams graudainas blīvas, nereti sīkkristāliskas masas veidā. Talka krāsa ir bāli zaļa, retāk balta ar zaļganu vai dzeltenīgu nokrāsu, plānās plāksnītēs var būt arī caurspīdīgs vai puscaurspīdīgs. Talks ir ļoti mīksts, nereti tā spīdums ir stiklains, ar perlamutra atspīdumu. Talka plāksnītes vai lapiņas ir lokanas, bet nav elastīgas, un ar to tās atšķiras no vizlām. Talks ir tipisks metamorfisma procesu minerāls un veidojas, hidrotermālā pārstrādājumā ar magniju bagātus ultrabāziskus iežus. Lielākā talka daļa veidojas no olivīna un rombiskiem piroksēniem to dēdēšanas procesā. Raksturīga ir talka asociācija ar serpentīnu, magnēzītu, dolomītu, aktinolītu, magnetītu un hematītu.



283. attēls. Pasaulē saražotā talka un tam pielīdzināto izejvielu daudzums

Ļoti izplatīti ir ar talku bagāti ieži – talka, talka un aktinolīta un citi metamorfie slānekļi.

Pirofilīts (ablikīts)  $Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$  ir silikātu minerāls un īpašību ziņā ļoti līdzīgs talkam – tā sastāvā magnijs ir aizvietots ar alumīniju. Tas ir nedaudz cietāks un neveido tik izteiktas kristālu lapiņas kā talka, tāpēc to mazāk izmanto medicīnā un gumijas ražošanā, bet visi pārējie izmantošanas veidi ir tie paši, kas talkam.

Talka un tam pielīdzināto produktu ieguve pasaulē pagājušajā gadsimtā (sk. 283. attēlu) strauji pieauga neilgi pirms Otrā pasaules kara, un šāds kāpums maz mainījās līdz pat pagājušā gadsimta astoņdesmito gadu vidum. Kāpumu

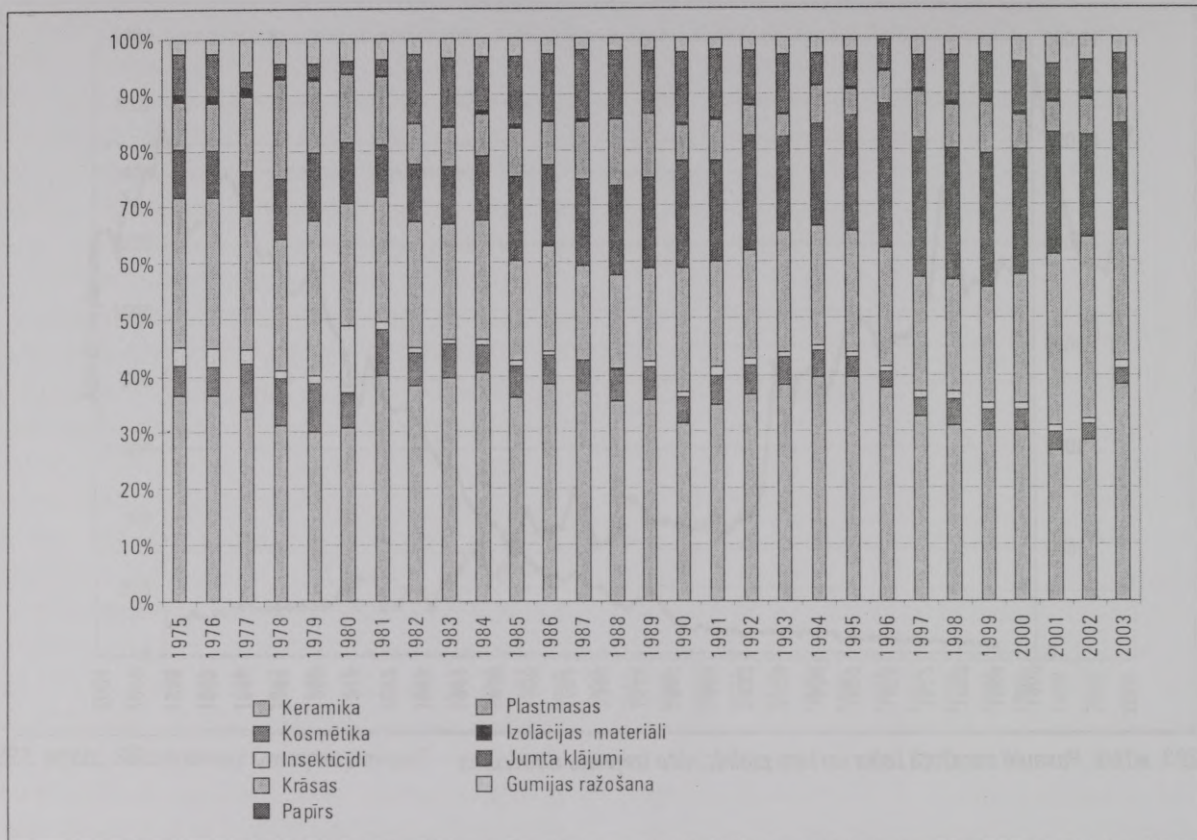
nebūtiski ietekmēja trīs nelielas pārprodukcijas krīzes, bet pārprodukcija deviņdesmito gadu sākumā atstāja lielu iespaidu uz turpmāko ieguvi visā pasaulē. Ieguve stabilizējās 8,2–8,5 miljonu tonnu līmenī gadā.

Kopš tūkstošgades mijas pasaulē gadā iegūst aptuveni 8,1–8,3 miljonus tonnu talka (sk. 115. tabulu), bet pieejamie resursi nav novērtēti, tie pārsniedz desmitiem miljardu tonnu attīrīta talka koncentrāta. Detalizēti pētījumi liecina, ka talka un tam līdzīgo izejvielu krājumi pasaulē izpētītajās un ekspluatācijā esošajās atradnēs ir novērtēti aptuveni 850 miljonu tonnu apjomā. Nepietiekami apzinātie resursi papildus

115. tabula. Talka un tam pielīdzināto izejvielu ieguve pasaulē, tūkstošos tonnu

Izejvielas	2001	2002	2003	2004	2005
Talks un tam pielīdzinātas minerālvielas kopā	8780	7590	8100	8230	8250
<i>Tajā skaitā</i>					
Pirofilīts	1920	1780	1760	1730	1730
Steatīts	546	550	552	550	545
Talks	2150	2090	2160	2320	2340
Nav noteikts	4170	3170	3630	3630	3630

Piezīme: talka statistikā ir iekļauti arī citi minerāli ar līdzīgām īpašībām vai to paveidi, kas tiek līdzīgi izmantoti, – pirofilīts, statēīts, ziepjakmens, masīvais talka.



284. attēls. Talka un tam pielīdzināto minerālu izmantošana

ir novērtēti kā ekonomiski pamatoti ieguvei vēl aptuveni 1,9 miljardu tonnu apjomā.

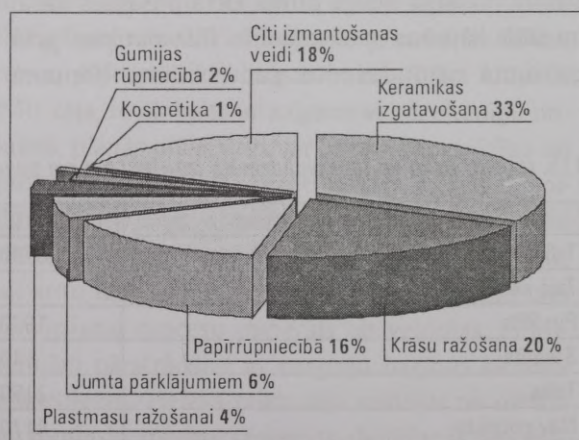
2006. gadā pasaulē ieguva 8,3 miljonus tonnu talka un tam pielīdzināmo izejvielu, tajā skaitā Ķīnā – 3 miljonus tonnu, Dienvidkorejā – 0,96 miljonus, ASV – 0,88 miljonus, Indijā – 0,64 miljonus, Brazīlijā – 0,601 miljonu, Somijā – 0,55 miljonus, Japānā – 0,38 miljonus tonnu. Pārējās pasaules valstīs kopā ieguva 1,26 miljonus tonnu talka un tam pielīdzināto produktu.

Talku un tam pielīdzinātos produktus iegūst vairāk nekā 40 valstīs, no tām tikai sešas valstis nodrošina vairāk nekā 93% no ieguves pasaulē. Pēdējo 10 gadu laikā ieguvē dominē Ķīna (vidēji 35% no visas šo materiālu ieguves pasaulē), Dienvidkoreja (11%) un ASV (10%).

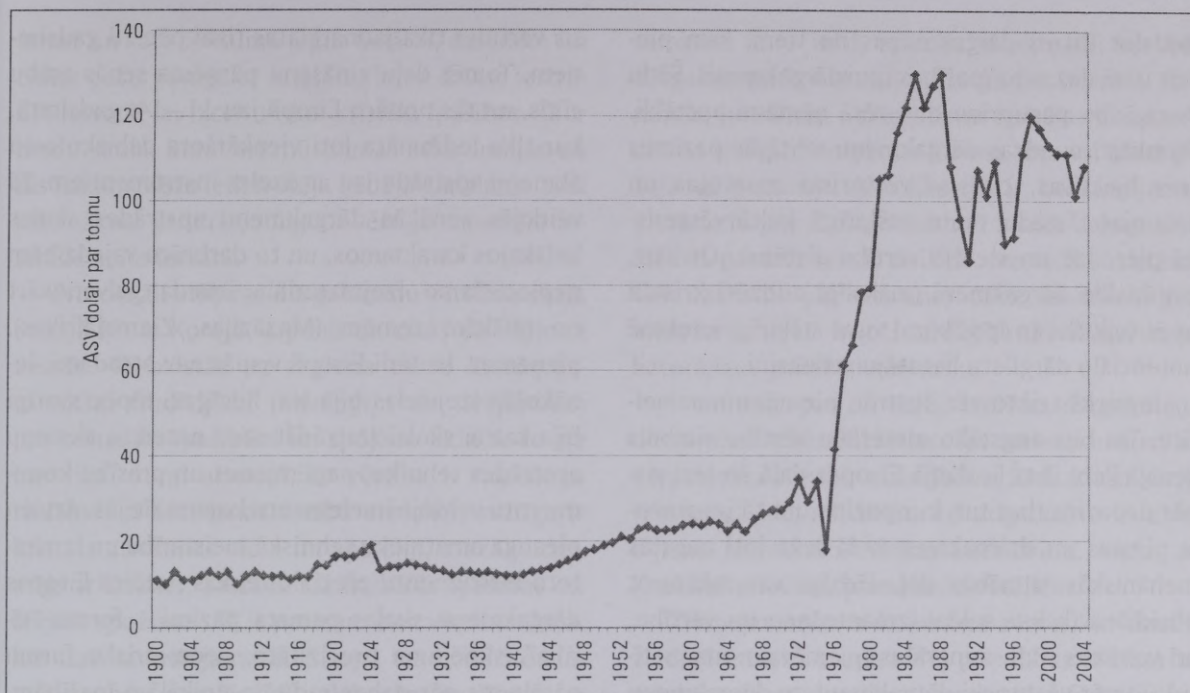
Mūsdienās talku un tam pielīdzinātas izejvielas izmanto papīra, gumijas rūpniecībā, tekstilrūpniecībā, kosmētikā un parfimērijā, speciālu ugunsizturīgu un skābju izturīgu keramikas izstrādājumu izgatavošanā (sk. 284. attēlu).

Pēdējo gandrīz 30 gadu laikā lielākās talka un tam pielīdzināto minerālproduktu galvenās izman-

tošanas jomas – keramika, krāsvielu ražošana un papīrrūpniecība – nav mainījušās. Daudz vairāk ir mainījusies citu izmantošanas veidu nozīme, bet kopumā ir raksturīgs izmantošanas veidu konservatīvisms. Mūsdienās talka izmantošanas struktūras iezīme ir tās lielā dažādība (sk. 285. attēlu). Keramikas izgatavošanai izmanto gadā vidēji 33%,



285. attēls. Talka izmantošanas struktūra pasaulē (2005)



286. attēls Pasaulē iegūtā talka un tam pielīdzināto minerālproduktu ražotāj cenas izmaiņas

krāsu ražošanā – 20%, papīrrūpniecībā – 16%, jumta pārklājumiem – 6%, plastmasu ražošanai – 4%, gumijas rūpniecībā – 2%, kosmētikā – 1%, visur citur – kopā 18%.

Talks un tam pielīdzinātie dabiskie minerālprodukti nav dārgi, un to ražotāju cena nav mainījies vairāk nekā 20 gadus – tā ir aptuveni 100 ASV dolāru par tonnu (sk. 286. attēlu), saglabājoties konservatīvai ieguves pašizmaksai aptuveni 83–85 ASV dolāri par tonnu. Izņēmums ir iegūstošā rūpniecība Ķīnā un Indijā, kur ieguves pašizmaksa 2007. gadā joprojām nepārsniedza 23–25 ASV dolārus par tonnu.

Talka un tam pielīdzināto minerālproduktu cena kopš 2005. gada beigām palielinās, pieaugot atradņu ekspluatācijas un transportēšanas izmaksām, vidēji par 3–5%, un tiek prognozēts, kā šāds pieaugums būs vērojams arī turpmāk.

#### Papildu informācija internetā

- ✓ Ķīmija un ģeoloģija  
<http://pubs.usgs.gov/fs/fs-0065-00/fs-0065-00.pdf>  
<http://www.luzenac.com/geology.htm>  
<http://geology.csupomona.edu/drjessey/fieldtrips/kingston/snow.htm>
- ✓ Resursi, krājumi un statistika  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/talc/>  
[http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/talc/talc\\_mcs06.pdf](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/talc/talc_mcs06.pdf)  
[http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/talc/talc\\_myb05.xls](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/talc/talc_myb05.xls)  
<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/talc-use.xls>
- ✓ Cenas  
<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/talc.xls>

## 6.6. Juvelierizstrādājumu dabiskās izejvielas

Juvelierizstrādājumu ražošana ir rūpniecības nozare ar ļoti augstu pievienoto vērtību, daudzās valstīs tā ir ļoti nozīmīga tautsaimniecības nozare. Tās gada apgrozījums jau sen pārsniedz 80 mil-

jardus dolāru, un tā pieaugums arī nākotnē tiek prognozēts 3–5% līmenī gadā.

Vēsturiski juvelierizstrādājumu dabiskās izejvielas klasificē divās nosacītās grupās, atsevišķi

nodalot (īstos) dārgakmeņus no tiem, kam piemīt tikai dažas to īpašības (pusdārgakmeņi). Šādu nosacītību pastiprina divi vērā ņemami apstākļi. Pirmkārt, daudzas dārgakmeņu vērtīgās pazīmes ir subjektīvas, citas – vēsturiski mantotas un sakņojas dažādu tautu atšķirīgā kultūrvēsturiskā pieredzē un vietējā vērtību sistēmā. Otrkārt, sintētiskie dārgakmeņi (mākslīgi audzēti kristāli ar noteiktām to īpašībām) visai atšķirīgi ietekmē potenciālo dārglietu lietotāju attieksmi.

Iepriekš teikto var ilustrēt, piemēram, ar nefrītu. Tās bija augstāko materiālo vērtību simbols senajā Peru, bet lielākajā Eiropas daļā šo iezi vispār nepazīna, bet tur, kur pazina, no tā izgatavoja piestas un dzirnakmeņus šā ieža ļoti augstās mehāniskās izturības dēļ. Līdzīgi var raksturot obsidiāna (kalnu stikla) izmantošanu un vērtību, arī vairākus rūdu minerālus (piemēram, magnetītu). Tomēr vēsturiski dārgakmeņi un dārgakmeņu minerāli tiek klasificēti, nodalot minerālus, kuros ir slēptā jēga vai tiem ir kāds noteikts uzdevums pasaulēs notikumu secībā (*gemmae, juvelen*), no tiem, kurus var izmantot krāšņumam, rotām un ir citādi skaisti (*lapides pretiosi*). Mūsdienās tos sauc par dārgakmeņiem un pusdārgakmeņiem.

Tiek uzskatīts, ka rotaslietas cilvēce pazīst vismaz 20 tūkstošus gadu. Pirmie ir izmantoti koraļļu zariņi, gliemežvāki un citas organiskas izcelsmes minerālveidojumi. Attīstoties darba instrumentiem un amatniecībai, dabas retumi tika vākti un pielāgoti dažādām kultu un dekoratīvām vajadzībām. Diemžēl senās ļoti vienkāršotās retu (dārgu) akmeņu un dabas objektu atpazīšanas prasmes, vietējās vērtību skalas un atradumu pirmapstrādes tehnoloģijas mūsdienās ir zudušas. Tās ir saglabājušās tikai ģeogrāfiski ļoti izolētās kultūrās aiz polārā loka un džungļu mūžamežos. Tās ir tā sauktās pirmatnējās kultūras, kas tiek īpaši pētītas.

Nākamajā vēsturiskajā posmā senajās kultūrās, kas uzplauka Vidusjūras baseinā zemēs un Meopotāmijā, apguva līdz pat 10 dažādiem dārgakmeņiem un desmitiem to dažādu vietējo paveidu, tika pilnveidota ne tikai šo akmeņu apstrādes tehnika, bet arī radīta jauna nozare – juvelierizstrādājumu ražošana, kas iekļāva sevī retu minerālu ieguvu, to apstrādi, retu metālu ieguvu un kompozītu rotu un dekoratīvu priekšmetu izgatavošanu. Diemžēl atsevišķās rotkaļu skolas tika regulāri sagrautas biežajos karos, un pēc Senās Romas nopostīšanas

šīs vērtības tika jaunatklātas tikai pēc 18 gadsimtiem. Tomēr daļu zināšanu pārņēma senās arābu ciltis, un tās nonāca Eiropā jau 11.–14. gadsimtā, kur tika iedibināta ļoti vienkāršota dabisko reto akmeņu apstrāde jau ar dzelzs instrumentiem. Tā veidojās senākās dārgakmeņu apstrādes skolas lielākajos karaļņemos, un to darbnīcu vajadzībām nepieciešamo izejmateriālu ievada galvenokārt no tālākām zemēm (Mazāzijas, Ziemeļāfrikas), pieņemot, ka tādi Eiropā vispār nav atrodam. Ienākošās izejvielas bija ļoti līdzīgas, tāpēc svarīgi bija katrai skolai izstrādāt savu noteiktu akmeņu apstrādes tehniku, paņēmienus un prasību kopumu rotu veidojošo elementu kompozīcijās. Arvien pieauga amatnieku tehniskā meistarība un izmantoto instrumentu precizitāte, kas noteica Eiropas dārgakmeņu skolas pamata pazīmi – formu “tīrība”, slīpējumu precizitāte, ģeometrisku formu pārākums pār dabas radītām unikālām īpašībām. Tikai Eiropā bija iespējams pasaulē lielāko zināmo dimantu nešauboties sadalīt gabalos, lai no tiem iegūtu ideālas formas briljantus. Mūsdienās tā ir vācu (holandiešu vai beļģu) dārgakmeņu apstrādes skola. Izņemot dimantus, kam tiek piemērota īpaša ļoti augstas detalizācijas pakāpes klasifikācijas shēma (izdala vairākus simtus paveidu), pārējos dārgakmeņus iedala pēc to īpašībām: krāsa un tās intensitāte, caurspīdīgums, laužums, dabiskā kristāla forma, izmēri, īpašību anomālijas, citu minerālu jeb matrices klātbūtne, pieprasījums tirgū, retums dabā. Ja vairākas īpašības ir neatbilstošas, dārgakmens tiek brāķēts pirms tā apstrādes un nonāk kolekcionāru tirgū kā rets minerāls vai tiek realizēts kā pusdārgakmens. Tas ir atšķirīgi no citām skolām pasaulē.

Atšķirīga vērtību skala veidojās Senajā Indijā un tās kaimiņzemēs, kur par augstāko vērtību tika uzskatītas akmenī slēptās zīmes, slēptā, tostarp astroloģiskā, jēga. Līdz ar to rotkaļa uzdevums ir atbrīvot reto akmeni no liekā maskējošā pārklāja un izcelt tā slēpto jēgu. Jo pilnīgāk rotkalim ir izdevies šo jēgu atklāt, jo tas ir vērtīgāks neatkarīgi no tā, kāds ir dabiskā minerāla sastāvs, retums dabā vai kādas ir tā fiziskās īpašības. Tomēr ir būtisks izņēmums – tie ir dārgakmeņi, kas ir saistīti ar noteiktiem zvaigznājiem (arī kalendārām norisēm), bet tie ir tikai 12 minerāli, no kuriem pazīstamākie ir rubīns, smaragdš, akvamarīns, arī pērles. Attiecībā uz šiem dārgakmeņiem ir svarīgi

atrast un sava īpašumā iegūt lielāko, dzidrāko un citādi pašu pilnīgāko kristālu, kuru drīkst iestrādāt ietvarā, lai izceltu tikai kristāla īpašības. Tā ir hindu skola, kurai arī mūsdienās seko Indijas un tās kaimiņvalstu iedzīvotāji. Pēdējā gadsimta laikā klāt nākusi gandrīz obligāta vērtīgu minerālu iestrāde zelta ietvarā.

Principiāli atšķiras dārgakmeņu vērtības skala Senajā Ķīnā, Korejā, Japānā un citās šā reģiona zemēs. Tā balstās uz reģiona tautu kultūrvēsturiskām tradīcijām, mitoloģiju un ticējumiem par minerālu īpašībām un spējām. Līdz ar to tie nav tikai dārgi akmeņi, to vērtība ir noteiktos rituālos un lietošanas secībā un laikā, svarīga ir kristāla atrašanas vieta un apstākļi, mazāk nozīmīgs ir izskats, sastāvs vai fizikālās īpašības un ārējais spožums. Tā ir pavisam cita vērtību skala, kas nav savienojama ar Eiropā tradicionālo, un tajā nav vietas mākslīgi uzlabotām īpašībām un sintētiskiem dārgakmeņiem. Vienlaikus tieši šajā skolā ir ļoti attīstīta pusdārgakmeņu klasifikācija, kas balstās uz kopējām atšķirības pazīmēm: pusdārgakmeņi nav īsti, nav "pareizi" atrasti laika vai vietas ziņā, kopš atrašanas tie nav atbilstoši aprūpēti u. tml. Tehniskajā ziņā tie ir tie paši minerāli, nereti pat ar izcilākām īpašībām, un tie būtu ierindojami īstu dārgakmeņu klasē, bet iepriekš minētie noteikumi nav ievēroti, un tie ir un paliks tikai pusdārgakmeņi. Vienlaikus par dārgakmeņiem šeit var tikt uzskatīti dažu dzīvnieku pārkmeņoti izkārnījumi, kas ir pilnīgi neizprotami citās pasaules kultūrās.

Dārgakmeņu klasifikācija Krievijā un tās tuvumā esošajās zemēs arī ir atšķirīga. Tā veidojās laikā, kopš cars Pēteris I sāka veidot slavenās Kuntskameras krājumus, kas mūsdienā izpratnē būtu dabas retumu krātuve. Tos novērtēja Rietumeiropā kontraktētie akmensgriezēji un rotkaļi. Respektējot galma vēlmes, viņi apstrādē izcēla tieši akmens skaistumu, unikalitāti, vērtību. Kaut gan Krievija ir ļoti bagāta ar zemes dziļēm, tās galma vajadzībām reti un dārgi akmeņi tika vākti ne tikai pašā Krievijā, tos pirka arī ārvalstīs. Tādējādi bija nepieciešams izveidot kādu noteiktu vērtību skalu, un Krievijā tika izstrādāta savdabīga dārgakmeņu klasifikācijas sistēma, ko attiecina arī uz mazāk vērtīgiem – pusdārgakmeņiem. Tās pamatā ir minerālu precīza diagnostika un to sistemātiska klasifikācija, tiek noteikts zināms minerālu

saraksts, kuru izcili kristālu eksemplāri var būt dārgakmeņi. Bet to, vai tas ir dārgakmens vai nav, nosaka juvelieris, novērtēdams iespējas to apstrādāt un izveidot noteiktas formas rotu vai tās daļu. Šajā dārgakmeņu klasifikācijā ir konstatējamas Rietumeiropas skolas ietekme, tomēr dabaszinātniskais pamats šeit ir unikāls. Ne velti šī sistēma tiek uzskatīta par vispamatotāko, lai arī tās piemērošana nereti ir ļoti sarežģīta un dārgakmeņu lietotājiem pārāk akadēmiska.

Ir arī savrupas un daļēji izolētas dārgakmeņu un to vērtību klasifikācijas. Tas attiecināms arī uz dārgmetālu vērtību attiecībām. Šāda klasifikācija raksturīga klejotājciltīm, arī augstkalnu iedzīvotājiem, piemēram, Āfrikas beduīniem, Andu, arī Kaukāza un Altaja pamatiedzīvotājiem.

Ziemeļamerika ir kontrastu zeme, kur daudzveidīgā etniskā sastāva dēļ populāras ir visas iepriekš apskatītās dārgakmeņu klasifikācijas un shēmas. Vēsturē tas ir izraisījis ne vienu vien konfliktu, un gandrīz jau simts gadu šeit vienlaikus ir vairākas nacionāla mēroga dārgakmeņu klasifikācijas, kuras uztur sabiedriskas organizācijas, muzeji un pētniecības centri (piemēram, Amerikas Gemoloģijas institūts). Lielākās atšķirības ir dārgakmeņu klases ietilpībā – cik plaša tā var būt. Piemēram, *Hurlbut & Kammerling* (1991) uzskata, ka tie ir tikai 20 minerāli un to paveidi (varietātes) un šāds saraksts maksimāli var iekļaut tikai 70 nosaukumus. Par dārgakmeņu minerāliem tiek uzskatīti dimants, korunds (rubīns, safīrs), berils (smaragds, akvamarīns, heliodors), hrizoberils (aleksandrīts), špinels, topāzs, cirkons, turmalīns (indikolīts, rubelīts, šerls, elbaitis), granāti (almandīns, rodolīts, pirops, grosulārs, spesartīns, uvarovīts), kvarca kristāli (kalnu kristāls, ametists, citrīns, rauhtopāzs, rozā kvarcs, avanturīns, tīģera acs un rutila kvarcs), slēptkristālisks kvarcs (hrizoptāzs, karnelīns, ahāts, oniks), olivīns, jašma, temolīta un aktinolīta jašma, spodumens (kuncīts, hidenīts), laukšpati (amazonīts, labradorīts, ortoklāza mēnessakmens, oligoklāza saules akmens), tirkīzs, lazurīts un opāls. Tradicionālās Dena minerālu klasifikācijas piekritēji uzskata, ka šo minerālu un to varietāšu skaits ir daudz lielāks (130 pamata dārgakmeņu minerāli un vēl 50 to dažādu varietāšu). Šīs klasifikācijas nav konsekventas un ne vienmēr korektas attiecībā uz minerālu piederību pie kādas grupas, minerālu nosaukumi ne vienmēr ir

116. tabula. Dārgakmeņu un pusdārgakmeņu eksportā dominējošās valstis pasaulē, miljonus ASV dolāru gadā

Valsts	2001	2002	2003	2004	2005
Beļģija	11 496,799	13 524,997	11 835,923	14 386,665	16 196,270
Izraēla	8767,866	10 323,837	11 524,250	13 993,215	16 057,044
Indija	6188,236	7592,167	8415,082	10 533,733	11 928,873
Apvienotā Karaliste	2554,659	6857,471	7926,202	8592,932	9379,103
ASV	4475,078	4899,732	5518,481	7385,292	8973,631
Honkonga	2348,033	2964,238	3250,598	3959,880	5287,851
Dienvīdāfrikas Republika	5204,901	1550,879	1763,973	2010,758	2584,821
Botsvāna	2122,139	2189,325	2954,356	ND	ND
Singapūra	203,866	200,137	235,683	374,326	1682,309
Ķīna	649,074	810,553	ND	1417,558	1659,937
Krievija	ND	ND	ND	ND	1658,125
Kanāda	533,772	605,331	1188,951	1593,636	542,570
Šveice	1043,877	740,517	760,664	1224,463	1436,656
Taizeme	559,449	585,130	680,240	841,780	989,895

ND – dati nav pieejami.

pareizi, prioritāte ir nosaukuma daiļskanībai un dārgakmeņu realizācijas tirgum.

Arī mūsdienās pasaulē nav vienotas dārgakmeņu klasifikācijas un vērtību noteikšanas sistēmas. Tāda tā netiek prognozēta arī nākotnē, lai arī pilsētu iedzīvotāji arvien vairāk pielāgojas viegli uztveramai kādai no amerikāņu shēmām, to atbalsta arī plašsaziņas līdzekļi, reklāmas un nemitīgi augošais tirgus.

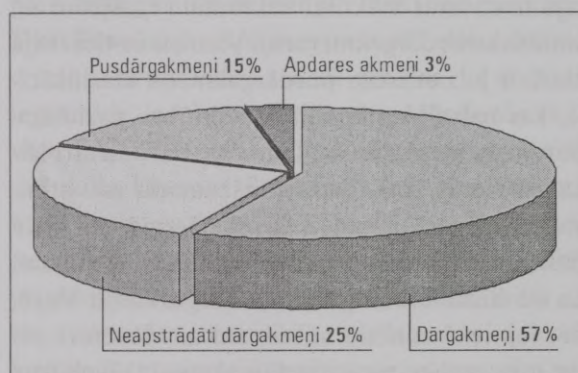
Dārgakmeņu, pusdārgakmeņu un vērtīgu dabisko apdares materiālu tirgus pasaulē pakāpeniski pieaug. 2005. gadā eksporta tirgus pārsniedza 82 miljardus ASV dolāru. Eksportā izteikti dominē Beļģija un Izraēla, bet 2006. gadā viena miljarda robežu (sk. 116. tabulu) jau bija pārsniegušas 13 valstis (ieskaitot Botsvānu un Taizemi).

Naudas apjoma izteiksmē pasaules eksporta tirgū dominē (sk. 287. attēlu) apstrādāti dārgakmeņi (57%), seko neapstrādāti dārgakmeņi (25%), pusdārgakmeņi (15%) un apdares akmeņi (3%).

Dārgakmeņu un pusdārgakmeņu importa tirgū līderpozīcijas naudas izteiksmē ir ASV un Beļģijai (sk. 117. tabula), tomēr to importēto materiālu atšķirības ir būtiskas. Beļģija importē galvenokārt neapstrādātus dārgakmeņus, ASV – visu veidu izejmateriālus un apstrādātus dārgakmeņus un pusdārgakmeņus aptuveni līdzīgās proporcijās.

Papildu informācija internetā

<http://www.intracen.org/tradstat/sitc3-3d/ip667.htm>



287. attēls. Dārgakmeņu eksporta tirgus dominantes (2005)

### 6.6.1. Dārgakmeņi

Par minerālu piederību pie dārgakmeņiem un to klasifikāciju pasaulē ir diskutēts jau vairākus tūkstošus gadu. Senākās tiešās norādes rakstītos avotos sniedz Vecā Derība (Otrā Mozus grāmata – Exodus, 28. nodaļa):

“(9) Un paņem divus oniksa akmeņus un tajos iegreb Israēla dēlu vārdus, (10) sešus vārdus vienā akmenī un sešus atlikušos vārdus otrā akmenī, pēc viņu vecuma. (11) Akmens griezēja darbam, līdzīgi zīmogam, ir jābūt šiem diviem dārgakmeņiem ar Israēla dēlu vārdiem; tie jāieliek zelta pinumos. (12) Un piestiprini abus šos akmeņus pie efoda plecu daļas; tie ir Israēla bērnu piemiņas akmeņi; un Ārons lai nes viņu vārdus Tā Kunga priekšā uz

117. tabula. Dārgakmeņu un pusdārgakmeņu importā dominējošās valstis pasaulē, miljonus ASV dolāru gadā

Valsts	2001	2002	2003	2004	2005
ASV	11 596,814	13 087,939	13 880,888	15 714,065	17 375,631
Beļģija	11 304,418	13 008,626	11 190,277	13 482,155	15 192,934
Izraēla	5618,569	7222,204	7760,447	9224,753	9633,407
Indija	4671,190	6034,405	7038,136	9342,441	9170,161
Apvienotā Karaliste	646,310	6095,556	6709,333	8051,324	9093,486
Honkonga	4075,459	4875,565	5709,165	6915,704	8932,613
Kīna	760,362	1090,729	1362,188	1830,411	2132,039
Singapūra	384,566	433,299	444,293	658,880	1965,503
Šveice	2041,964	1225,801	1179,037	1450,407	1778,149
Japāna	1450,899	1404,581	1441,103	1640,055	1692,451
Taizeme	857,765	1041,270	1111,776	1334,911	1509,106
Dienvīdāfrikas Republika	92,701	469,465	634,693	703,514	941,242

šīm abām plecu daļām, lai tā viņus pieminētu. (13) Un izgatavo arī zelta pinumus, (14) un arī divas važiņas taisi no tīra zelta; tām jābūt savītām; un šīs savītās važiņas piestiprini pie zelta pinumiem. (15) Un izgatavo arī tiesneša krūšu zīmi, meistarisku darbu, kā efodu taisi to: no zelta, zila purpura, sarkana purpura, karmezīna un šķetinātu smalku dziju auduma. (16) Tam jābūt četrstūrī, divkārši saliktam, sprīdi garumā un sprīdi platumā. (17) Un iedarini tajā četras rindas dārgakmeņu. Pirmajā rindā lai ir rubīns, topāzs un smaragds. (18) Bet otrā rindā: tirkīzs, safīrs un dimants. (19) Un trešajā rindā: hiacints, ahats un ametists. (20) Un ceturtajā rindā: berils, onikss un jaspiss."

Šie minerāli citādā secībā uzskaitīti arī vēsturiski jaunākos tekstos no Jaunās Derības – Jāņa Atklāsmes Grāmatas 21. nodaļā:

"(18) Tās mūris bija celts no jaspida, un pilsēta bija no tīra zelta, līdzīga skaidram stiklam. (19) Pilsētas mūra pamati bija rotāti ar dažādiem dārgakmeņiem. Pirmais pamatakmens bija jaspids, otrs safīrs, trešais halcedons, ceturtais smaragds, (20) piektais sardoniks, sestais sardijs, septītais hrizolīts, astotais berils, devītais topāzs, desmitais hrisoprass, vienpadsmitais hiacints, divpadsmitais ametists. (21) Divpadsmit vārti bija divpadsmit pērles, katri vārti bija darināti no vienas pašas pērles; un pilsētas iela bija tīrais zelts kā caurspīdīgs stikls."

Citāts skaidri norāda uz tā laika vērtīgākajiem minerāliem un to klasifikāciju četrās grupās. Dažu minerālu nosaukumi ir nedaudz jāpaskaidro, jo, piemēram, jaspisu vai jaspidu mūsdienās sauc par jašmu, sardimu – par serdolikū, sardiju – par ahā-

tu (sārts, sarkans, dzeltens, oranžs), bet hiacints nav plaši izplatīts, un to augstu nevērtēja, jo ar šo nosaukumu apzīmēja vismaz četrus dažādu minerālu (granāta, cirkona, špineļa un korunda) paveidus. Vecās Derības laikos acīmredzot ar hiacintu domāja tā saukto austrumu hiacintu, kas ir sarkanīgi brūns korunds un bija pazīstams šajā reģionā senatnē.

Mazāk pazīstami ir konkrēti dārgo akmeņu nosaukumi Senajā Šumerā un Babilonijā, kur reliģiskajos kultos lielāka uzmanība tika pievērsta minerālu krāsai (zeltaini dzelteni, koši sarkani, zaļi), formai un caurspīdīgumam. Tomēr jau pirmajā tūkstošgadē pirms mūsu ēras vērtīgie minerāli tika klasificēti trīs lielās grupās, kas atspoguļoja pasaules uzbūvi jeb planetāro, zvaigžņu un Zemes struktūru un to savstarpējo mijiedarbību. Dimantu saistīja ar Saturnu, rubīnu – ar Marsu, safīru – ar Jupiteru, ametistu – ar Merkūriju, smaragdu – ar Veneru, pērles – ar Mēnesi, topāzu – ar Sauli. Vienlaikus palielinoties detalizācijai, izpaužas arī savdabība, un iepriekšējā sasaite vairs nav tik konkrēta. Piemēram, Senajā Grieķijā šajā posmā dimantu jau saista ar Merkūriju. Otrajā – zvaigžņu minerālu – grupā tiek iekļauti onikss, berils, jašma, hrizoptāzs, granāti, ahāti, hiacints un vairāki citi, trešajā grupā, kas atspoguļo norises uz Zemes, – pērles, korāļi un dzintars. Paralēli šiem priekšstatiem minerāli kļūst par neatņemamu astroloģijas elementu. Turpmākajos gadsimtos dārgakmeņu klasifikācijas tiek dažādotas un vienmēr arī pareizi aprakstītas, jo pašu minerālu diagnostika ir zināma tikai nelielam amatnieku un

visai atšķirīgu kultu uzturētāju lokam, bet Eiropā šaubu un dažādu vērtību krīžu posmos tik un tā notiek atgriešanās pie Vecajā Derībā veiktā uzskaitījuma.

Jaunas izmaiņas ievieš tikai 11. gadsimta sākumā agrāk ļoti pazīstamais Al Biruni darbs par dārgakmeņu minerāliem, kurā skaidri tiek nodalīti minerāli klasēs pēc to vērtības. Visdārgākie ir sarkanās krāsas minerāli (rubīni, špineļi, granāti). Otrajā klasē ir viens pats dimants tā cietības dēļ. Atsevišķu grupu veido "dabiski" veidojušies minerāli (pērles, koraļļi un perlamutrs). Nākamajā grupā ir zaļas krāsas minerāli (smaragds un tā paveidi) un minerāli, kuru krāsa ir tuva zaļai, zilgani zaļai (tirkīzs, malahīts, nefrīts un lazurīts). Vēl ir kalnu kristālu grupa (kalnu kristāls, ametists, onikss, serdoliķis), mazāk vērtīgu organiskas izcelsmes minerālu grupa (ahāts, dzintars un asfalts) un mākslīgi veidotu dārgakmeņu grupa (stikls, porcelāns).

Turpmākajos gadsimtos zināmās klasifikācijas ir iepriekš nosaukto klasifikāciju dažādas variāci-

jas – līdz pat 1860. gadam, kad K. Klīge piedāvāja pirmo mūsdienīgo dārgakmeņu klasifikāciju. Nākamajos 50 gados tā bija pamatā vairākiem simtiem jaunu klasifikāciju, kuras savstarpēji atšķīrās galvenokārt ar dažu minerālu pārceļšanu citās klasēs un klašu papildināšanu ar minerāliem, kas raksturīgi konkrētam reģionam. No šīm reģionālām klasifikācijām pazīstamākās ir M. H. Bauera (1896. gadā) un A. Fersmaņa (1920. gadā) izstrādātās klasifikācijas. Tās pilnveidoja B. Marenkovs (1936. gadā), V. Soboļevs (1971. gadā) un J. Kijeļenko (1973. gadā). Tomēr tika saglabāti M. H. Bauera klasifikācijas principi, kas tika papildināti ar A. Fersmaņa ieteiktajiem minerāliem noteiktā sistēmā (sk. 118. tabulu).

M. H. Bauera un A. Fersmaņa klasifikācija nav ideāla, tajā ir iekļauti minerāli un iezī, kurus ne vienmēr uzskata par vērtīgiem, turklāt vairāki minerāli vienlaikus ir dažādās grupās. Tomēr joprojām tā ir izplatītākā klasifikācija ar visplašāko modifikāciju skaitu. ASV pazīstamākā ir R. C. Kamerlinga

118. tabula. Dārgakmeņu un pusdārgakmeņu klasifikācija, pēc M. H. Bauera ar A. Fersmaņa papildinājumiem

Īstie dārgakmeņi (mirdzošie un krāsu mainošie minerāli)	Pusdārgakmeņi (krāsainie minerāli, kas ir izmantojami dārgakmeņu aizstāšanai dekoratīvos priekšmetos)	Vērtīgi organiskas izcelsmes minerāli
<b>1. kārtā (jeb augstākā kārtā):</b> dimants, rubīns, safīrs, smaragds, aleksandrīts, špinelis, eiklāzs	<b>1. kārtā (jeb augstākā kārtā):</b> hefrīts, lazurīts, glaukolīts, sodalīts, amazonīts, labradors, rodonīts, azurīts, malahīts, avanturīns, kvarcīts, kalnu kristāls, rauhtopāzs, ahāts un tā paveidi, jašma, vezuviāns, rozā kvarcs, rakstu granīts	Pērles, koraļļi, dzintars, ahāti
<b>2. kārtā:</b> topāzs, akvamarīns, berils, sarkanais turmalīns, demantoīds (andradīts), asisnsarkans ametists, almandīns, uvarovīts, žadeīts, opāls, cirkons	<b>2. kārtā:</b> lepidolīts, fuksīta slāneklis, serpentinis, pagodīts (vaska akmens), steatīts, selenīts, obsidiāns, marmora onikss, datolīts, fluorīds, halīts, grafitis, lazurīts, smitsonīts, coizīts	
<b>3. kārtā</b> 1. apakškārtā: granāti, kordierīts, kianīts, epidots, dioptāzs, tirkīzs, variscīts, zaļais turmalīns 2. apakškārtā: kalnu kristāls, dūmu kvarcs, gaišais ametists, halcedons, ahāts, serdoliķis, heliotrops, hrizoptāzs, prazems, parastais opāls 3. apakškārtā*: saules akmens, mēnessakmens, labradors, nefelīns, sodalīts, obsidiāns, titanīts, benitoīds, prenīts, andaluzīts, diopsīds, skapolīts, tomsonīts 4. apakškārtā: hematīts, pirīts, kasiterīts, kvarcs kopā ar zelta tīrradņiem	<b>3. kārtā:</b> ģipsis, porfīri un dekoratīvi akmeņi – brekčijas, kvarcīti un citi	

\*Mūsdienās 3. un 4. apakškārtas minerāli tiek klasificēti kā pusdārgakmeņi.

un C. S. Harlbuta 1991. gada dārgakmeņu klasifikācija. Vienlaikus juvelierizstrādājumu industrijā dārgakmeņu klasifikācijai izmanto 1. pirmās klases minerālus un dažus 2. klases minerālus, un tie papildus tiek sagrupēti daudzās kategorijās. Visizvērstākā ir dimantu klasifikācija, kas nodala vairāk nekā 100 grupu. Pārējie dārgakmeņi tiek iedalīti pēc to īpašībām parasti 10–15 grupās. Šādus klasifikatorus uztur starptautiskas organizācijas un asociācijas (*Confederation Internationale de la Bijouterie, Joaillerie, Orfeverrie des diamants, perles, et pierres* jeb CIBJO u. c.).

Dārgakmeņu daudzums pasaulē nav zināms, to, izņemot dimantu daudzumu, līdz šim neviens nav arī mēģinājis noteikt. Tiek uzskatīts, ka patlaban ir iegūti aptuveni 15–20% no tiem dimantiem, kas ir atrodami līdz 500 metru dziļumam Zemes dzīlēs. Līdzīgi vērtējumi par citiem dārgakmeņiem nav pieejami, tomēr ir zināms, ka pasaulē 2006. gadā dārgakmeņu minerāli tika iegūti vairāk nekā 120 valstīs kopā aptuveni deviņos tūkstošos atradņu un raktuvju (no tām 1400 – Krievijā). Gadā dažādus dārgakmeņu minerālus iegūst aptuveni 20–22 tūkstošu tonnu apjomā (pirms to šķirošanas). Lai tos iegūtu, tiek pārvietotas un pārskalotas pārsedzošo iežu masas līdz pat 750 tūkstošiem tonnu. Piemēram, Krievijā gadā iegūst aptuveni 370 tonnu dzintara (2005. gadā), pārskalojot līdz 20 tūkstošiem tonnu iežu. Daži pētnieki uzskata, ka līdz šim pasaulē tiek iegūts aptuveni 5–7% dārgakmeņu minerālu, kas iegūti līdz 200 metru dziļumam no Zemes virsas, bet ir jāņem vērā, ka pēdējo gadu laikā Īriepā un ASV pieaug sintētisko dārgo minerālu tirgus, un ir paredzams, ka nākotnē tas attīstīsies.

Dārgakmeņu cenu ietekmē trīs rādītāju grupas – paša minerāla kvalitāte, apstrādes tehnika un iegūtā forma, kā arī tirgus pieprasījums. Zemas kvalitātes dimants var maksāt mazāk nekā 100 ASV dolāru par karātu, augstas kvalitātes rubīns vai pat topāzs – nedaudz vairāk. Tomēr tie ir izņēmumi. Dārgakmeņu reālo cenu vienmēr nosaka pieprasījums, un kvalitatīvu dārgakmeņu cenas pastāvīgi pieaug, tas ir arī ļoti drošs investīciju veids. Orientējošs priekšstats par dārgakmeņu cenu gūstams 119. tabulā, bet precīza cena interesentiem ir jāskatās rotaslietu veikalā.

Dārgakmeņu sadalīšanai kārtās un apakškārtās ir sava nozīme attiecībā uz cenu līmeni. Tā 1. kārt-

119. tabula. Neapstrādātu dārgakmeņu vairumtirdzniecības cenu piemēri (2006)

Dārgakmeņi	Cena ASV dolāros par karātu
Ametists	7–15
Zilais safīrs	625–1250
Zilais topāzs	3–5
Smaragds	1900–3200
Zaļais turmalīns	45–60
<i>Pērles</i>	
Mākslīgi audzētas	5
Dabiskas	210
Rozā turmalīns	60–125
Rodolīts (pirops)	18–30
Rubīns	900–1125
Tanzanīts	250–400

tas dārgakmeņi maksā 1–25 tūkstošus ASV dolāru par karātu, 2. kārtas – 400–1500 ASV dolāru par karātu. 3. kārtas dārgakmeņi maksā diferencēti atkarībā no apakškārtas: 1. apakškārtas minerālu kristāli – 80–300 ASV dolāru par karātu, 2. apakškārtas minerālu kristāli – 10–50 ASV dolāru par karātu, 3. un 4. apakškārtas minerālu kristāli un to sakopojumi – 30–500 ASV dolāru par kilogramu.

Dārgakmeņu nonākšana tirgū ir sarežģīts un daudzpakāpju process, kura laikā to cena vairāk kārt mainās. G. Valtons 2004. gadā, analizējot cenas izmaiņas, izveidoja pārskata tabulu par piecus karātus smagu rubīnu (sk. 120. tabulu).

120. tabula. Rubīna cenas izmaiņas tirdzniecības ķēdē, ASV dolāros

Distributors	Pārdošanas cena
Atradējs	500
Dārgakmeņu uzpircējs	650
Akmens dalītājs (1 karāta gabalos)	845
Dīleris	1014
Dīleris Bangkokā	1300
Iepircējs	1820
Juvelieris	2730
Mazumtirdzniecības cena, pircējs veikalā	5460

## 6.6.2. Pusedārgakmeņi

Pusedārgakmeņi ir plaša iežu un minerālu grupa, tie visi ir krāšņi un skaisti (*lapides pretiosi*), savdabīgi. Tos izmanto ļoti daudzveidīgi – no rotaslietām līdz būvkonstrukciju apdarei. Visizplatītākie pusedārgakmeņi ir jašmas, granīti, pārakmeņoti koki, marmorveida onikss, obsidiāns, ahāts, selenīts, fluorīts, nefrīts, malahīts, dažādi marmori un tamlīdzīgi. Tos izmanto dažādu rotaslietu izgatavošanai, bieži gatavo dažādas lādītes, pelnu traukus, svečturus, aproces, galda piederumus, statuetes, figūriņas, dažādus suvenīrus un tamlīdzīgi.

Pusedārgakmeņus pirmo reizi aprakstīja un klasificēja K. Klīge 1860. gadā, izdalot tos atsevišķi no dārgakmeņiem kā IV un V klases minerālus un iežus. Viņu nedaudz papildināja H. Hīrihs 1902. gadā, nodalīdams pusedārgakmeņos visus minerālveidojumus, kam ir amorfa un sīk-kristāliska struktūra, ko detalizēja L. J. Spensers 1904. gadā. Tomēr joprojām par klasisku pasaulē tiek uzskatīta M. H. Bauera 1896. gadā izstrādātā minerālu klasifikācija, kurai pirmajai bija šāda lietišķa ievirze, tādējādi apmierinot mineralogu, juvelieru, ķīmiķu un būvinženieru prasības.

Detalizētākā pusedārgakmeņu un apdares akmeņu klasifikācija pasaulē 1970.–1980. gadā tika izstrādāta *VNIJjuvelirprom* institūtā, izdalot 15 dažādus minerālu un iežu tipus. Šī klasifikācija balstās uz sākotnēju iežu sadalīšanu pēc to cietības Mosa skalas vienībās ( $> 5$ ,  $3-5$ ,  $< 3$ ), tad pēc to caurspīdīguma un viendabības. Šāda klasifikācija ļauj to vienkārši piemērot atradņu meklēšanai, krājumu aprēķiniem un rūpnieciskai izmantošanai kā dekoratīvo apdares akmeni. Tomēr tai ir vairāki trūkumi, kas saistīti ar neviennozīmīgu zemas kvalitātes dārgakmeņu klasifikāciju, tāpēc to piemēro tikai krājumu aprēķiniem.

Citās valstīs visplašāk izmanto Dž. Sinkankasa un A. Milleres, R. Vebstera un R. M. Perla pusedārgakmeņu klasifikācijas, kas ir līdzīgas, bet vienkāršotas un vairāk adaptētas tieši tirgus pieprasījumam. Līdz ar to arī iežu un minerālu nosaukumi ir ļoti aptuveni, un klasifikācijā ir brīvas vietas savdabīgu iežu un arī jaunu sintētisku materiālu atbilstošam novietojumam. Nereti tirgus vajadzībām pusedārgakmeņus nodala atsevišķi no krāšņiem apdares dabiskā akmens materiāliem, tādā

gadījumā tas ir īpaši norādīts, jo šādās klasifikācijās pusedārgakmeņi ir paredzēti īstu dārgakmeņu pilnīgai vai daļējai aizvietošanai.

Kopumā pusedārgakmeņu minerālu ir salīdzinoši daudz (dažādās klasifikācijās – 130–150 dažādu minerālu, to paveidu un iežu), tomēr visbiežāk tie ir acainais kvarcs, avanturīns, ahāts, azurīts, amazonīts, antimonīts, veriscīts, ahāts, čaroīts, dzintars, galenīts, halīts, heliodors, heliotrops, jašma, kaķa acs (hrizoberils), vanaga acs (zilais kvarcs), kalnu kristāls, diopāz, žadenīts, serpentīns (zmejevīks), kalcīts, karneols (serdolīks), kahalongs (pienbalts ahāts), rozā kvarcs, cinobrs, korāļi, hematīts, lazurīts, magnetīts, malahīts, nefrīts, obsidiāns, olivīns, onikss, perlamutrs, pīrīts, rauhtopāzs (dūmu kvarcs), rodonīts, sardoniks (gaiši sārts un kārtains halcedons), serdolīks, halcedons, hrizolīts un hrizoptāzs.

Pasaulē iegūst ļoti daudz pusedārgakmeņu izejvielu – kopā vismaz 150–170 tūkstošus tonnu gadā. Svāra ziņā visvairāk iegūst amazonītu, nefrītu, halcedonu un ahātus.

Pusedārgakmeņu cenu nosaka kilogramos, ja vien nav izdevies atrast iepriekšējā uzskaitījumā minēto minerālu izcilus kristālus. Šādi kristāli maksā līdz pat 80 ASV dolāriem par karātu. Parastu pusedārgakmeņu cena ir daudz zemāka. Pārakmeņota koksne (halcedons) maksā 40–50 ASV dolāru par kilogramu, stromotolīti – tikai 15–20 ASV dolāru, čaroīts – 30–110 ASV dolāru (atkarībā no kvalitātes), augstas kvalitātes zaļš žadeīts blokos pa puskubikmetram – tikai 25 ASV dolārus par kilogramu. Savukārt ahāti, amazonīts, hematīts, rodonīts, obsidiāns un citi minerāli maksā tikai 1–15 ASV dolārus par kilogramu.

Gandrīz visās klasifikācijās pie pusedārgakmeņiem pieskaita arī dažus dekoratīvos apdares akmeņus (iežus), visbiežāk – granītu, marmoru, serpentīnu (zmejevīku), hibirītu, travertīnu, gabro, labradorītu, dekoratīvos dolomītus un kaļķakmeņus, žadeītu, kā arī nekvalitatīvus dārgakmeņu eksemplārus un ieslēgumus iežos. To cena ir atkarīga ne tikai no kvalitātes, gabalu, bloku vai plākšņu lieluma, bet arī no transportēšanas attāluma. Eiropā iegūtā akmens cena nepārsniedz 200–500 eiro par tonnu, bet Eiropas tirgū tādas pašas kvalitātes dekoratīvie akmeņi no Indijas un Ķīnas maksā par 25–35% mazāk.

# 7 Būvmateriālu dabiskās izejvielas

Lai arī būvmateriālu dabiskās izejvielas ir ļoti plašs jēdziens, ar to parasti saprot dažādus drupu materiālus, izejvielas saistvielu ražošanai, kā arī azbestu un vizlas. Tomēr pasaulē būvniecībā izmanto arī ļoti daudz citu dabisku materiālu un to izejvielas, piemēram, ledus, koka daļas (zari, lapas, koksne un tās izstrādājumi), dzīvnieku ādas, liellopu mēslus un tamlīdzīgi. Vēl joprojām vairākās pasaules valstīs dzīvošanai tiek izmantotas arī alas, un tas noteikti ir būvniecībai piemērotu materiālu noteiktu īpašību

izmantošanas veids. Tie nav tikai netradicionāli dabas materiāli vai kaut kas ārkārtējs – šādos mājokļos dzīvo vairāk nekā 10% iedzīvotāju pasaulē.

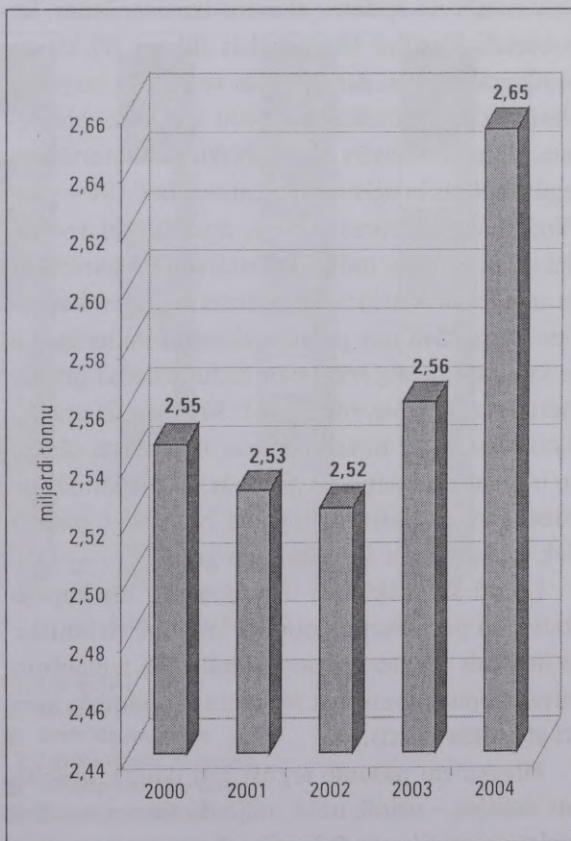
Tomēr tradicionālā izpratnē tā ir iežu mākslīgu vai dabiski veidojušos drupu īpašību izmantošana būvmateriālu izgatavošanā, un ir lietderīgi šo materiālu nozīmīgākās grupas apskatīt secīgi – no iežu monolītiem līdz sīki dispersiem māliem, saistvielu izejvielām un citām dabiskām būvmateriālu izejvielām.

## 7.1. Būvakmeņi, drupināti akmeņi un šķembas

Būvakmeņi nereti tiek uzskatīti par daļu no pusedzģakmeņiem un apdares akmeņiem. Tam ir loģisks pamatojums, jo būvbloku un atsevišķu monolītu ieguve ir tehniski daudz sarežģītāka un dārgāka nekā to drupu izmantošana, tātad tās ir kādas vērtīgas īpašības (izmēri, minerālu sastāvs, krāsa, raksts un tamlīdzīgi), kuru dēļ šie bloki tiek iegūti. Diemžēl dažādās valstīs šī nosacītā robeža ir noteikta atšķirīgi, līdz ar to dati jāanalizē īpaši uzmanīgi.

Drupināti akmeņi (šķembas), smilts un grants būvniecībā ir tikpat nozīmīgi kā ūdens dzīvības nodrošināšanai, savukārt cements tiek uzskatīts par "būvniecības maizi". To izmanto pilnīgi visos būvniecības veidos, un, pateicoties saistvielu attīstībai, to izmantošana paplašinās. Šo materiālu ražošana pasaulē kopumā pieaug vidēji par 2–2,8% gadā. Drupinātu materiālu detalizēta statistika ir pieejama tikai fragmentāri, pilnīgāka tā ir par Eiropas valstīm (E31). Šo materiālu ieguve (sk. 288. attēlu) palielinās vidēji par 1,3% gadā, galvenokārt Eiropas dienvidvalstīs.

E31 valstis ir nozīmīgas šķembru, grants un smilts importētājas. Ik gadu Nīderlande importē vairāk nekā 45 miljonus tonnu šo materiālu,



288. attēls. Šķembru, smilts un grants ražošanas daudzums Eiropā (E31)

Beļģija un Luksemburga – vairāk nekā 20 miljonus, Vācija – 11 miljonus, Francija – 9,5 miljonus tonnu. Eiropas valstis arī eksportē šos materiālus pēc daļējas pārstrādes. Apvienotā Karaliste, Norvēģija, Nīderlande, Francija un Beļģija (kopā ar Luksemburgu) gadā katra eksportē vairāk nekā 10 miljonus tonnu šo materiālu. Lai arī šie dati pamatā atspoguļo preču plūsmu Eiropas Savienībā, tomēr vairāk nekā 35 miljoni tonnu šķembu, smilts un grants tiek ievests no Norvēģijas, Indijas, Ķīnas, Ziemeļāfrikas valstīm un Turcijas.

### 7.1.1. Būvakmeņi

Būvakmeņi ir plaša dabisko būvmateriālu izejvielu sadaļa, kas aptver ne tikai būvniecībā izmantojamos akmens monolītus, blokus, bet arī viengabalainus dažādu izmēru būvelementus – no bruģakmens līdz īpašas formas piešķirti dekooratīvo veidojumu elementiem. Šo komponenti var droši nošķirt no šķembām un to ražošanas, bet ne vienmēr no apdares akmens izmantošanas, ko visbiežāk klasificē kā zemākās (III un IV) klases pusdārgakmeņus. Arī dažādās valstīs šo izejvielu klasifikācija un uzskaitē ir visai atšķirīga, piemēram, Eiropas valstīs no dabiskiem materiāliem iegūts kaltais bruģis ir būvakmens, bet ASV – pusdārgakmens (apdares akmeņu apakšklase) neatkarīgi no tā sastāva. Indijā, Pakistānā un Afganistānā šo materiālu klasificē kā atlūzas un šķembas, ja vien to sastāvā nav pusdārgakmeņu minerālu un to kvalitāte neļauj izgatavot kādu mākslas priekšmetu (statueti, suvenīru utt.). Savukārt Ziemeļāfrikas valstīs par būvakmeņiem atzīst tikai tādus, ko ir ieguvusi akmeņkalis ar rokas vai mehāniskiem līdzekļiem un iestrādājis kādā būvē, bet pārējie tiek uzskaitīti par šķembām un granti.

Lai arī šīs atšķirības ir nozīmīgas, tās kopējo statistiku par pasauli kopumā ietekmē nebūtiski, jo lielākais iegūto un tautsaimniecībā izmantoto būvakmeņu apjoms tiek realizēts ekonomiski augsti attīstītās valstīs.

Būvakmeņi pasaulē iegūst ļoti daudz, absolūtos skaitļos – vairāk nekā miljardu tonnu, no tām nedaudz vairāk par 0,3 miljardiem tonnu – tikai ASV. Eiropas Savienības valstīs kopā iegūst gandrīz 0,2 miljardus tonnu būvakmens. Eiropas

statistikā visai liela daļa ir nešķirotis importētais būvakmens no Ķīnas un Indijas, bet ASV daļa no šā būvakmens tiek pārstrādāta šķembās, līdz ar to vērojama datu pārklāšanās. Būvakmeņi visvairāk iegūst Ķīnā, daudz mazāk – Itālijā, Indijā, Irānā un Spānijā, bet šajās piecās valstīs kopā ir koncentrēti 74% no visas būvakmens ieguves pasaulē. Pārējo valstu loma ir daudz mazāka.

Kā būvakmens izejviela izteikti dominē kaļķakmens, seko granīts un dolomīts (sk. 121. tabulu), pārējo dabisko būvakmeņu izejvielu dažādība un nozīme ir neliela. Tiek uzskatīts, ka to nosaka gan vēsturiskā pieredze – konkrētus būvakmeņus izmantot vairāk nekā citus veidus, gan kļūdainas klasifikācijas piemērošana (piemēram, Brazīlijā mārketinga vajadzībām arī gneisu būvakmeņi tiek saukti par granītu produkciju).

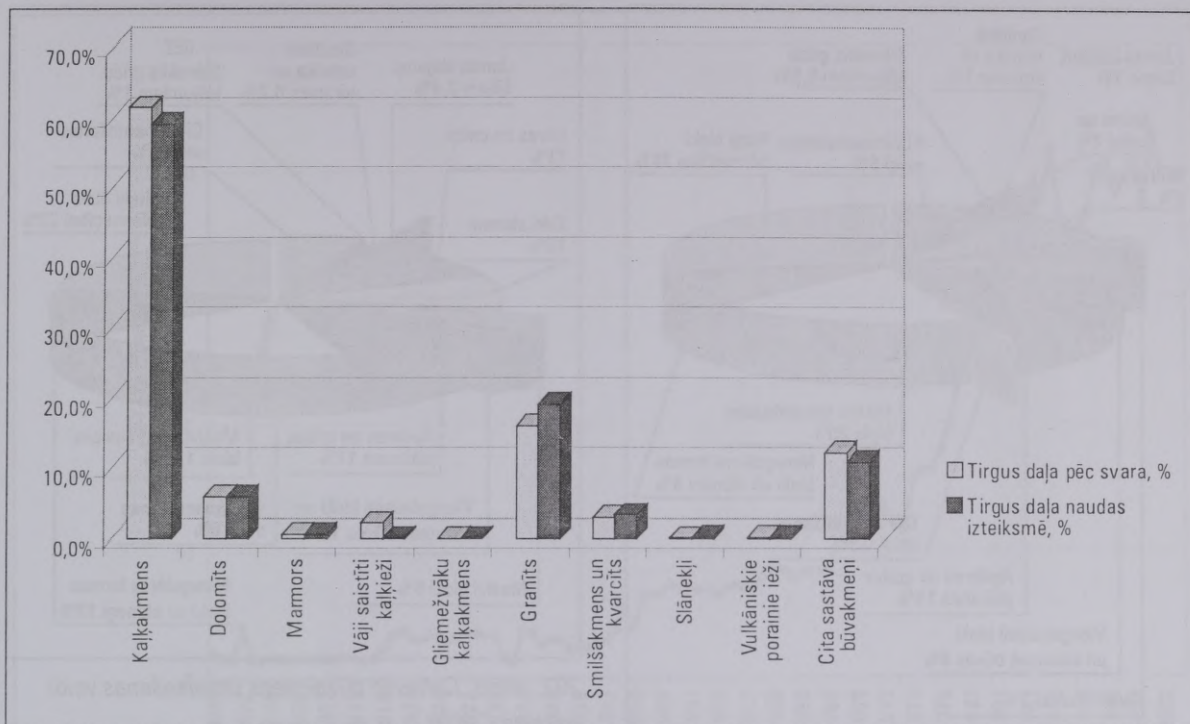
Ļoti uzskatāmi (sk. 289. attēlu) izpaužas kaļķiežu dominējošā loma, īpaši, ja pie tiem pieskaita arī citus karbonātiežus.

Vidēji svērtās būvakmens ieguves pašizmaksa (kurā nav iekļauti transportēšanas un uzglabāšanas izdevumi) ir vairākas reizes zemāka nekā Latvijā vietējā tirgū, tāpēc arī pie mums aizvien biežāk šiem mērķiem tiek izmantoti ievestie būvakmeņi, īpaši no Ķīnas, retāk no Ukrainas un Krievijas (Karēlijas).

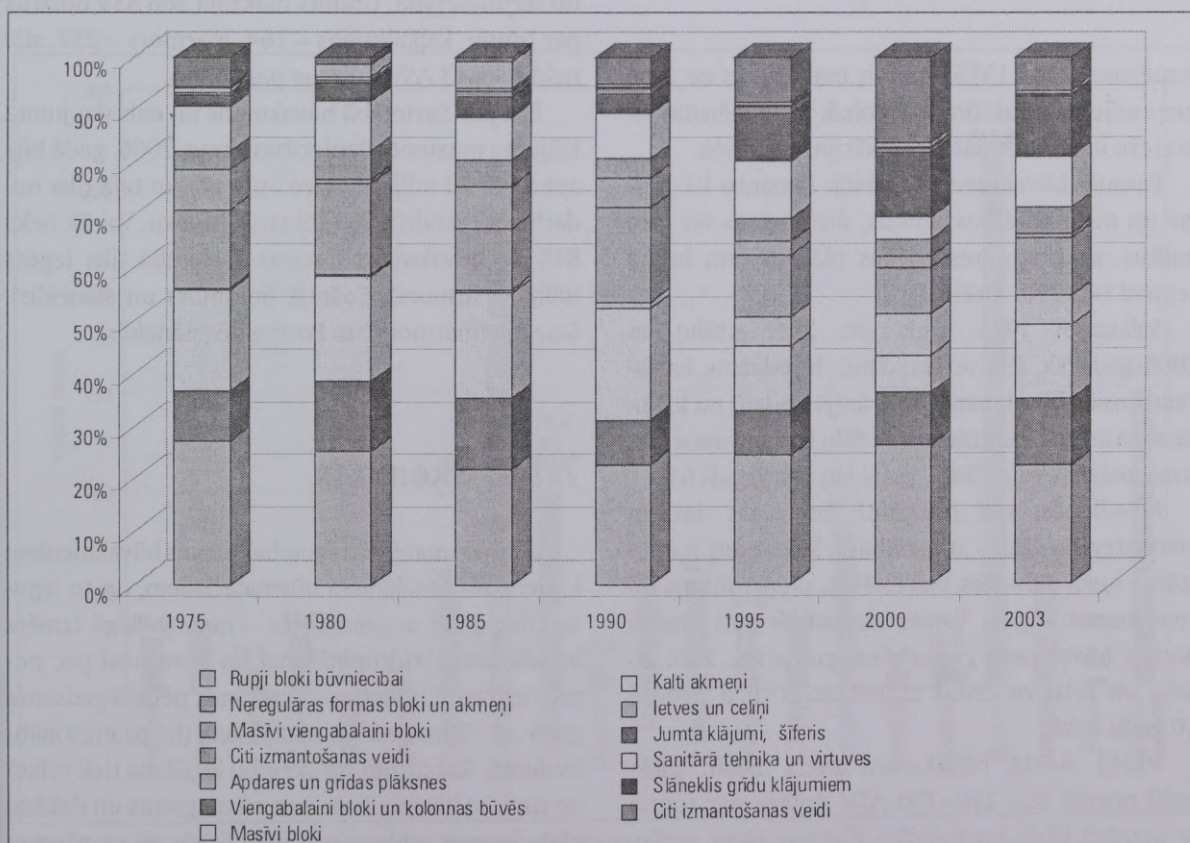
Vēl pirms 20 gadiem būvakmens materiālu veidu statistikā redzama pavisam cita iežu izmantošanas prioritāšu secība: 37% – granīts, 33% – kaļķakmens, 16% – smilšakmens, 4% – kvarcīti, 3% – marmors, 3% – kristāliskie slānekļi, 4% – citi iežu veidi.

121. tabula. Svarīgākās būvakmens izejvielas pasaulē (2005)

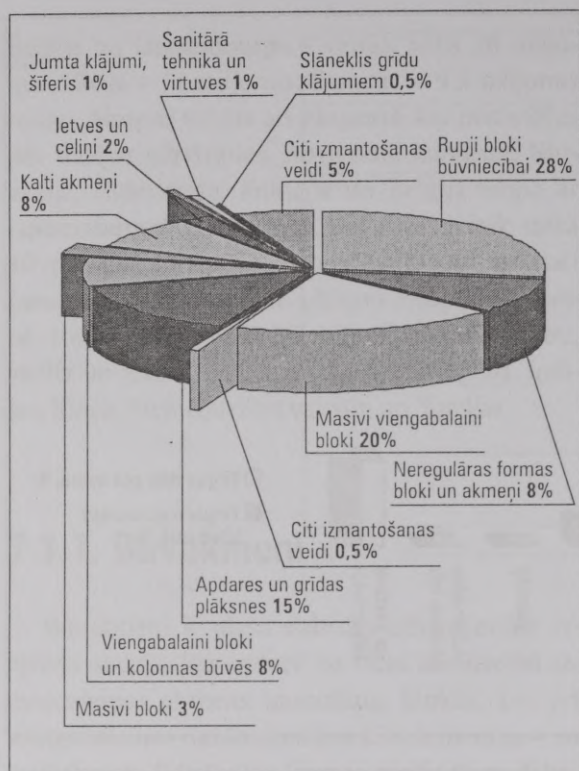
Būvakmens veidi pēc sastāva	Tirgus daļa pēc svara, %	Tirgus daļa naudas izteiksmē, %
Kaļķakmens	61,5	59,1
Dolomīts	6,0	5,9
Marmors	0,6	0,7
Vāji saistīti kaļķieži	2,3	0,2
Gliemežvāku kaļķakmens	0,1	0,1
Granīts	16,1	19,1
Smilšakmens un kvarcīts	3,2	3,4
Slānekļi	0,2	0,3
Vulkāniskie porainie ieži	0,3	0,3
Cita sastāva būvakmeņi	12,3	10,9



289. attēls. Svarīgākās būvkaļķeņu izejvielas pasaulē (2005)



290. attēls. Būvkaļķeņu galvenie izmantošanas veidi pasaulē



291. attēls. Galvenie būvkmens izmantošanas veidi pasaulē (1975)



292. attēls. Galvenie būvkmens izmantošanas veidi pasaulē (2003)

Iespējams, kopš 1985. gada ir mainījusies ne tikai pieprasījuma struktūra, bet tolaik ir piemērotas citas iežu izmantošanas klasifikācijas pazīmes.

Pasaulē būvkmens visplašāk izmanto kā rupjus un neapstrādātus blokus, āra formas un monolītus, seko apdares, grīdas plāksnes un bruģa segumi (sk. 290. attēlu).

Salīdzinot 1975. gada (sk. 291. attēlu) un 2003. gada (sk. 292. attēlu) datus, ir redzams, ka palielinājusies būvkmens loma ārējā apdarē un klājumos, kā arī dažādojusies materiālu izmantošana (citi izmantošanas veidi 2003. gadā jau sasnieguši 6%).

Mūsdienās, kad pieejams ļoti plašs dažādu būvmateriālu klāsts ar īpašībām, kas nereti ir augstākas nekā dabiskos materiālos, pieprasījums un cena samazināsies. Tomēr statistikas dati skaidri norāda būvkmens cenas pieaugumu (sk. 293. attēlu) un relatīvu cenas stabilizāciju tikai pēdējo 10 gadu laikā.

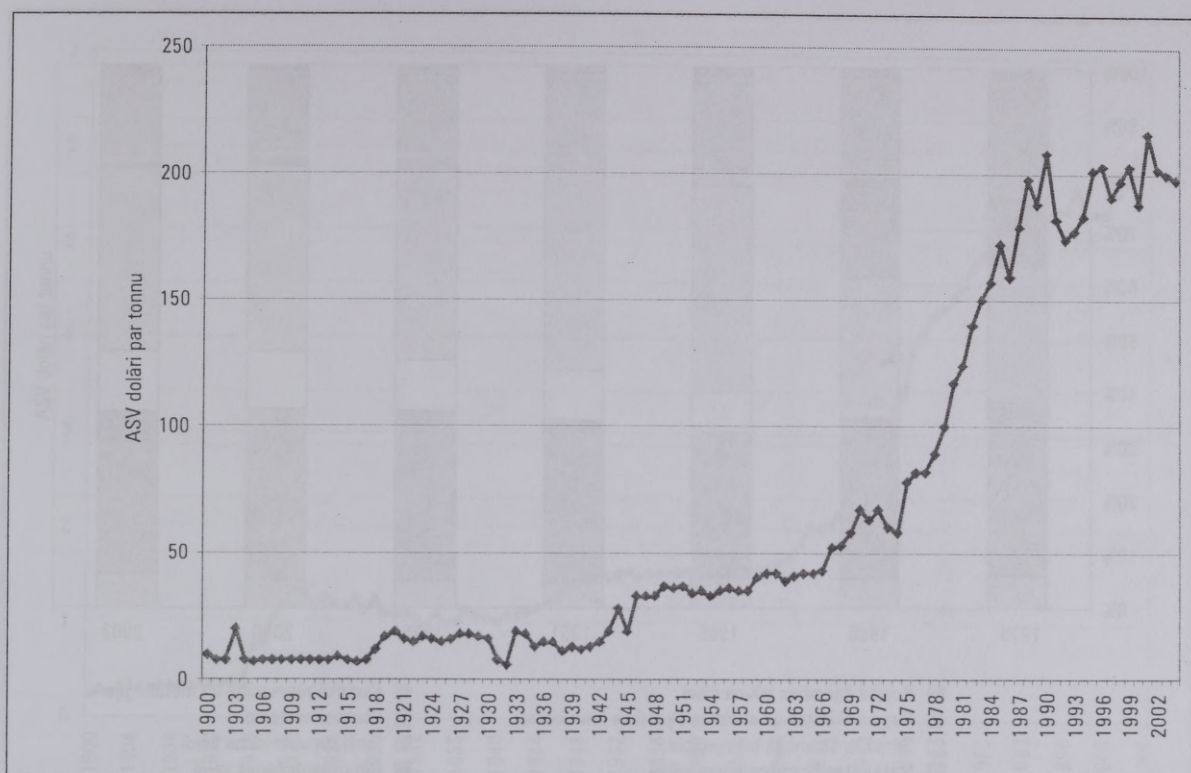
Vidēji svērtā būvkmens cena 2006. gada pašā nogalē bija 220–230 ASV dolāru par tonnu ar piegādi kādā no lielajām Eiropas jūras ostām (Amsterdama, Hamburga). ASV šī cena bija tikai nedaudz zemāka tirdzniecības lielāka apjoma dēļ.

Tradicionālā būvkmens cena nav būtiski atkarīga no izejmateriāla. Granīts maksāja 266 ASV dolārus par tonnu, kaļķakmens – 164, marmors – 257, slānekļis – 443 ASV dolārus par tonnu.

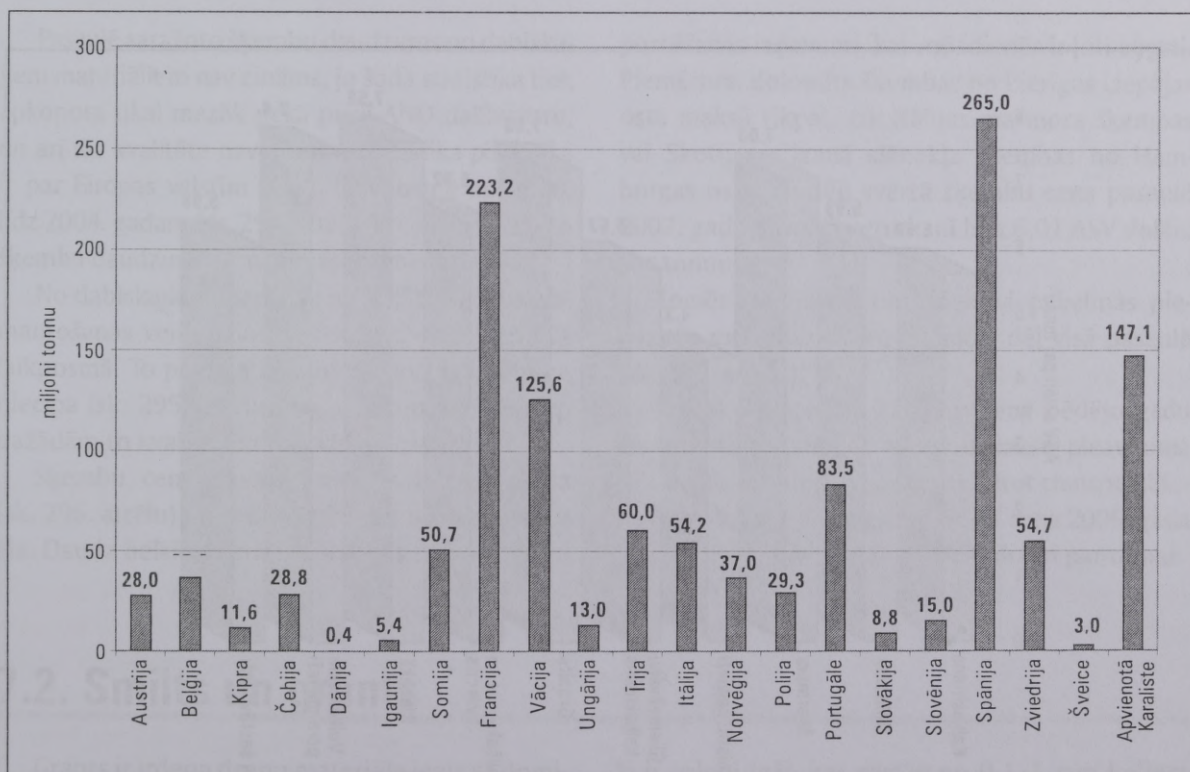
Eiropas Savienībā būvkmens un dabisko jumta klājumu mazumtirdzniecības tirgus 2006. gadā bija aptuveni 20 miljardu eiro apjomā, un tajā tika nodarbināti gandrīz 500 tūkstoši cilvēku. Vairāk nekā 81% no būvkmens Eiropas Savienībā tika iegūts Itālijā (marmors), Spānijā (marmors un slānekļis), Grieķijā (marmors) un Portugālē (slānekļis).

## 7.1.2. Šķembas

Dabisko materiālu šķembas blakus būvkmensiem ir viens no senākajiem būvmateriāliem, un to ieguve laika gaitā ir mainījusies – no vajadzīgā izmēra atlasīšanas līdz drupināšanai un šķirošanai pēc noteiktiem izmēriem (frakcionēšana), pēdējā gadsimta gaitā arī šķirošana un mazgāšana (lai paaugstinātu kvalitāti). Raksturīgi, ka šķembu iegūšana tiek veikta ne tikai no klintsiežiem, bet arī no grants un dažādu rūdu ieguves atlikumiem, mūsdienās arī no pārstrādājamiem izlietotiem būvmateriāliem (īpaši betona un asfaltbetona seguma).

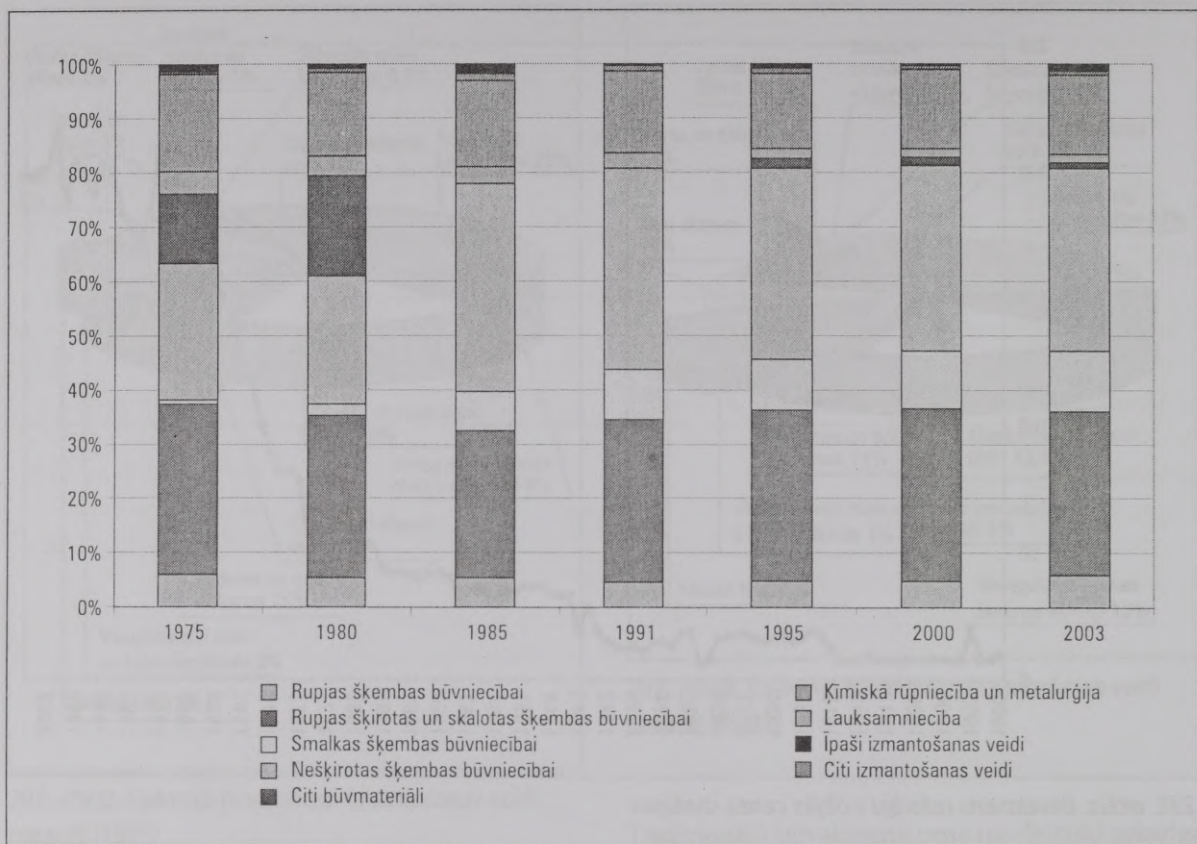


293. attēls. Būvkmens ražotāju vidējās cenas izmaiņas

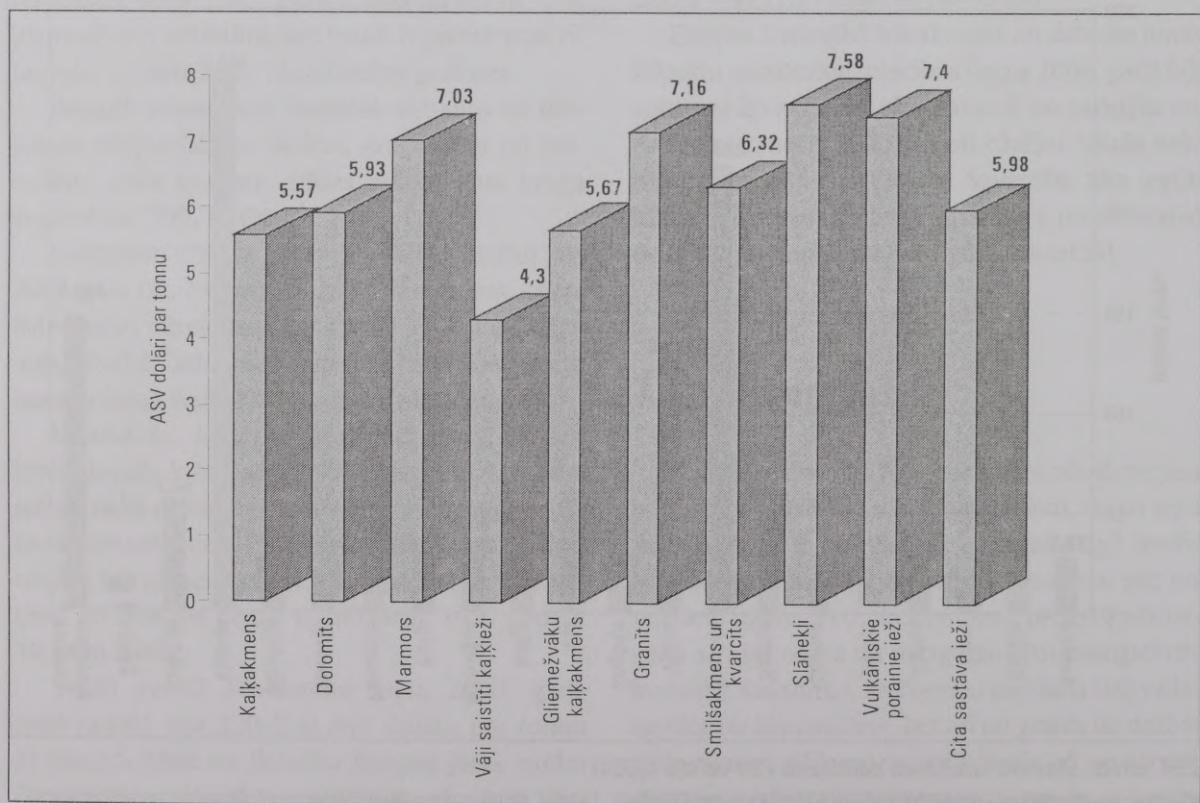


294. attēls. Šķembu ražošanas daudzums E31 valstīs (2004)

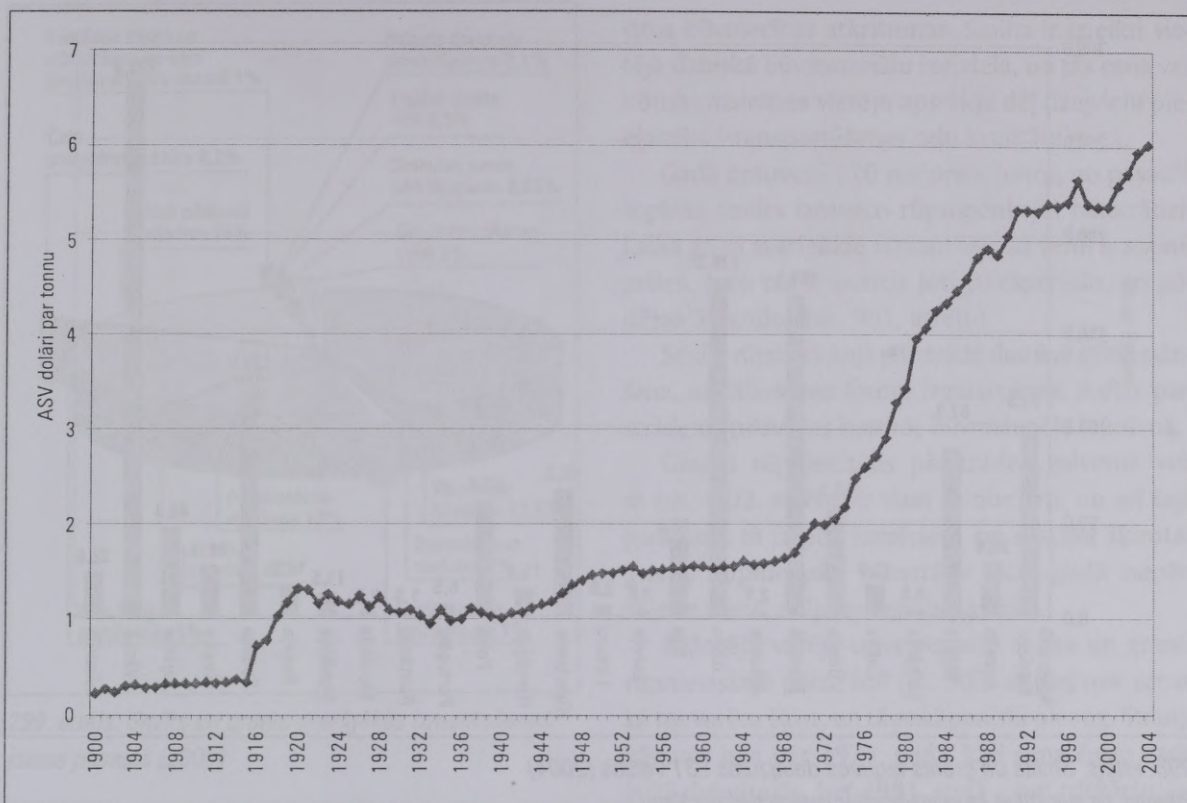
Piezīme: no statistikas kā neatbilstoši ir izslēgti dati par Bulgāriju, Latviju, Lietuvu, Rumāniju; Nīderlandē šķembas no dabiskajiem akmens materiāliem netiek ražotas.



295. attēls. Šķembu izmantošana pasaulē



296. attēls. Akmens šķembu cenas atkarība no to izejmateriāla veida pasaulē (2005)



297. attēls. Vidēji svērtā dabiskā akmens šķembu cena pasaulē

Pasaulē saražoto šķembu daudzums no dabiskajiem materiāliem nav zināms, jo šāda statistika tiek apkopota tikai mazāk nekā pusē ANO dalībvalstu, un arī tās kvalitāte nav augsta. Statistika pilnīgāka ir par Eiropas valstīm (E31). Laikposmā no 2000. līdz 2004. gadam (sk. 294. attēlu) kopējais saražoto šķembu daudzums ir mainījies ļoti nebūtiski.

No dabiskajiem materiāliem iegūto šķembu izmantošanas veidi ir ļoti konservatīvi jau ilgstošā laikposmā. To pamata izmantošanas veids ir būvniecība (sk. 295. attēlu), lai arī proporcijas starp dažādām to kvalitātēm mainās.

Šķembu cena pasaulē mainās ļoti nedaudz (sk. 296. attēlu) un ir maz atkarīga no izejmateriāla. Daudz lielākas cenas svārstības nosaka trans-

portēšanas izdevumi, kas mūsdienās ir ļoti augsti. Piemēram, dolomīta šķembas no Pierīgas Liepājas ostā maksā tikpat, cik Itālijas marmora šķembas vai Skotijas zilganā slānekļa šķembas no Hamburgas ostas. Vidēji svērtā šķembu cena pasaulē 2007. gada pirmajā ceturksnī bija 6,01 ASV dolārs par tonnu.

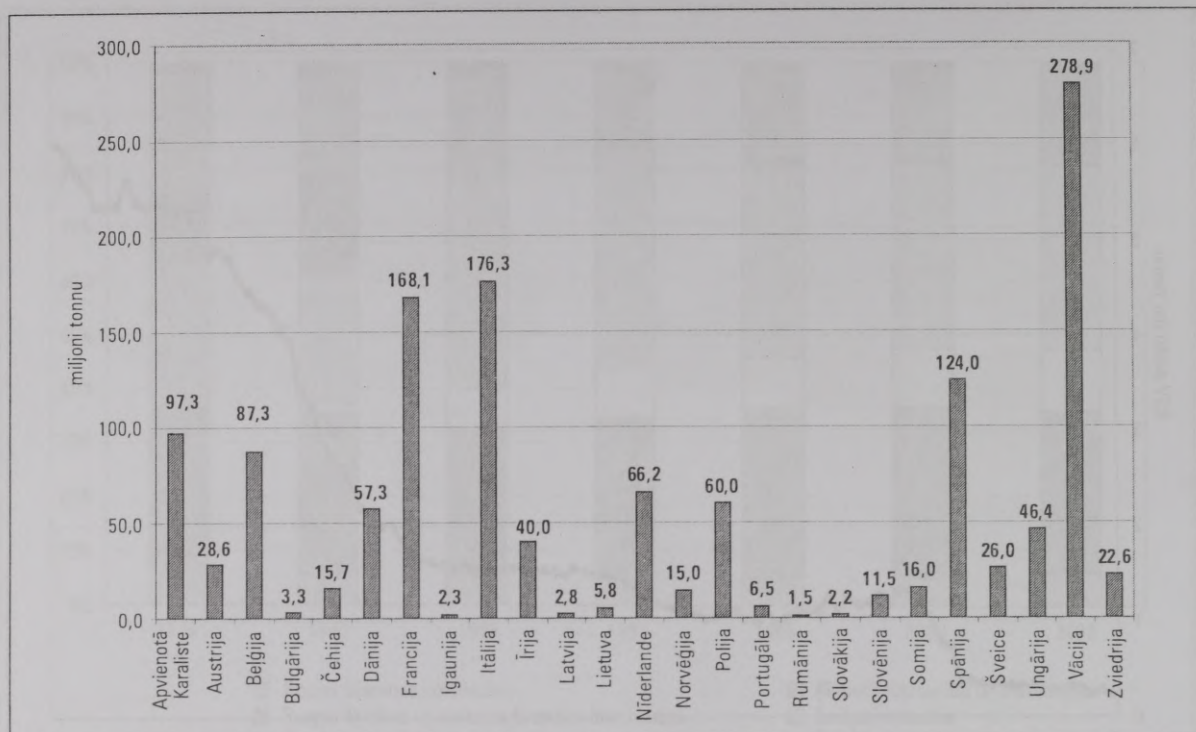
Tomēr šķembu cena objektīvi palielinās pieaugošo enerģijas avotu izmaksu dēļ visā pasaulē (sk. 297. attēlu).

Dabisko materiālu šķembu cena pēdējo gadu laikā pieaug enerģijas avotu izmaksu pieauguma dēļ, un šis cenu pieaugums, ieskaitot transportēšanas izmaksas, ir 5–7% gadā. Vidējā cena 2006. gada beigās bija aptuveni 6,5–6,7 ASV dolāri par tonnu.

## 7.2. Smilts un grants

Grants ir irdena drupu materiāla iezis ar dominējošo graudu lielumu 1–10 mm. Grants parasti veidojas no mehāniski izturīgu magmatisko vai metamorfo iezu dēdēšanas materiāla. Smiltsie-

ži ir irdeni ieži, kas sastāv no 0,1–1 mm lieliem viena minerāla vai vairāku minerālu graudiem. To krāsa ir atkarīga no minerālsastāva – tīra kvarca smiltis ir baltas, bet piemaisījumi tās var



298. attēls. Smilts un grants ieguves daudzums E31 valstīs (2004)

Piezīme: no statistikas kā neatbilstoši ir izslēgti dati par Kipru.

nokrāsot pelēkā, sārtā, dzeltenā, brūnā vai gandrīz melnā krāsā.

Apjoma ziņā smilts un grants ir visplašāk izmantotās dabiskās būvmateriālu izejvielas, tās izmanto gandrīz visās pasaules valstīs. Pasaulē iegūtās smilts un grants daudzums nav zināms, tomēr esošie dati liecina, ka 2005. gadā pasaulē tika iegūts aptuveni 10,7 miljardi tonnu šo izejvielu, tas ir, aptuveni 1,63 tonnas uz vienu pasaules iedzīvotāju. Valstīs, kas attīsta savu ekonomiku un gādā par vienmērīgāku apdzīvojumu, šis rādītājs ir vismaz 2,1–2,5 tonnas uz vienu iedzīvotāju. Zemāki rādītāji liecina par ekonomiskām krīzēm, karadarbību vai orientāciju uz patēriņu, vai arī tās ir valstis, kurās infrastruktūra ir gadu desmitiem veidota un uzturēta kā atbilstoša attīstībai nākotnē. Savukārt augstāki rādītāji (vairāk nekā 3,5 tonnas uz vienu iedzīvotāju) norāda uz lielām investīcijām valsts ilgtermiņa attīstībā. 298. attēlā ir atspoguļoti par iegūtās smilts un grants daudzumu uz iedzīvotāju skaitu E31 valstīs.

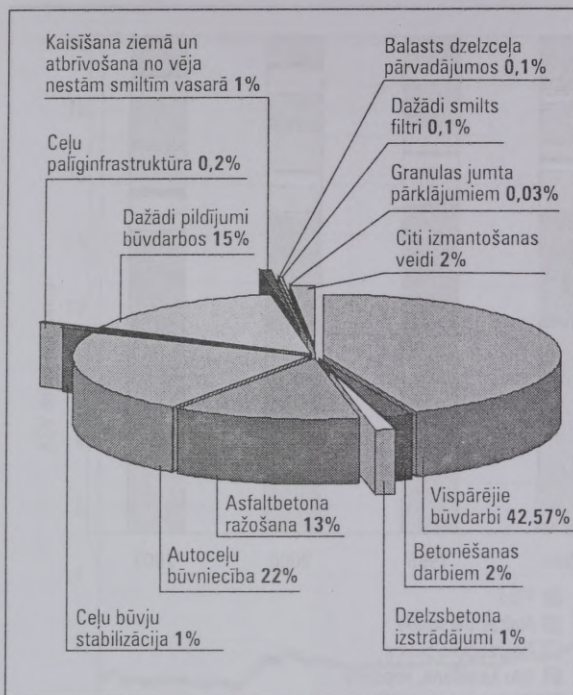
Smilts un grants krājumi un resursi pasaulē nav zināmi, arī vairāku gadsimtu perspektīvā tā būs tikai ekonomiska kategorija, nevis saistīta ar Zemes dzīvu resursu pieejamību. Mūsdienās arvien vairāk

smilts un grants, it īpaši šķembu, iegūst, atkārtoti pārstrādājot būvniecības atkritumus. Jau tagad pasaulē ekonomiski attīstītās valstīs šādi tiek iegūti līdz 6% no šādu izejvielu nepieciešamā daudzuma.

Visplašāk smilti un granti izmanto būvniecībā – atkarībā no valsts saimnieciskās attīstības specifikas, tomēr ne mazāk kā 85% tiek izmantoti tieši šiem mērķiem. Smilti un granti visvairāk izmanto (sk. 299. attēlu) vispārējos būvdarbos, autoceļu būvniecībā, dažādiem pildījumiem būvdarbos un asfaltbetona ražošanā.

Eiropā statistika ir nedaudz atšķirīga, jo tajā nav iekļauts izmantotās smilts daudzums vispārējiem būvdarbiem. 2005. gadā rūpnieciskajai pārstrādei kopumā tika izmantoti 88,21 miljoni tonnu smilts un grants (šķembas un būvakmens – 133,759 miljoni tonnu). Smilti visvairāk izmanto betona ražošanā – 70,1%, būvniecības javas sagatavošanā – 25,5%, bet asfalta izgatavošanā – tikai 4,4%. Savukārt grants visvairāk izmanto betonam – 69,6%, jaunu ceļu būvniecībā un būvlaukumu sagatavošanai – 17,8%, ceļu virsmas segumiem – 12%, bet asfalta ražošanai tikai – 0,6%.

Būvdarbu vajadzībām smilts un grants cena ir atkarīga ne tik daudz no to kvalitātes, cik no



299. attēls. Smilts un grants svarīgākās izmantošanas jomas pasaulē (2005)

transportēšanas attāluma un piegāžu lieluma. Tās laika gaitā pakāpeniski pieaug (sk. 300. attēlu), un ražotāji saglabā šo cenu ne augstāku par 70–85% no dabiskā akmens šķembu cenas, nepārsniedzot tādu šķembu cenu, kas iegūtas, pārstrādājot betonu un

citus būvniecības atkritumus. Smilts ir izteikti vietējā dabiskā būvmateriālu izejviela, un tās cena var būtiski mainīties vietējo apstākļu dēļ (izejvielu pieejamība, transportēšanas ceļu kvalitāte u. c.).

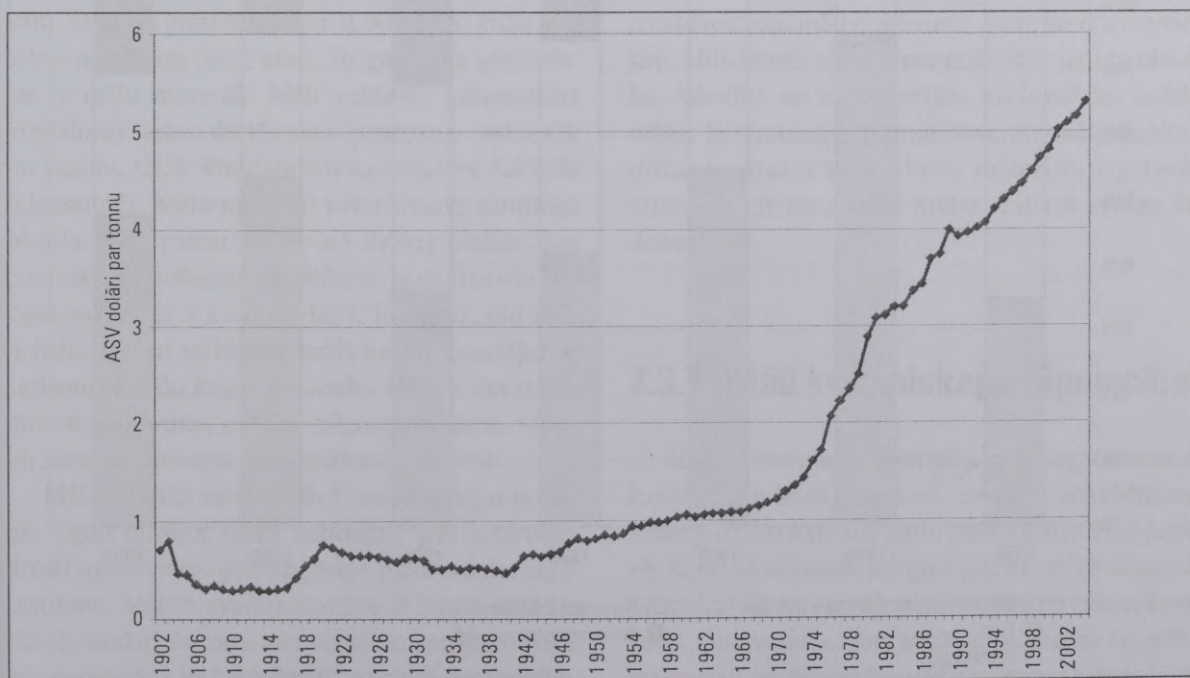
Gadā aptuveni 120 miljonus tonnu no pasaulē iegūtās smilts izmanto rūpnieciskajai pārstrādei. Laika gaitā svarīgākie izmantošanas veidi ir mainījušies, taču tas ir noticis ļoti pakāpeniski, arī pēdējos 30 gados (sk. 301. attēlu).

Smilts rūpnieciskajā pārstrādē dominē stikla ražošana, metāliešanas formu izgatavošana, naftas pārstrāde un pildvielas izstrāde būvmateriālu ražošanā.

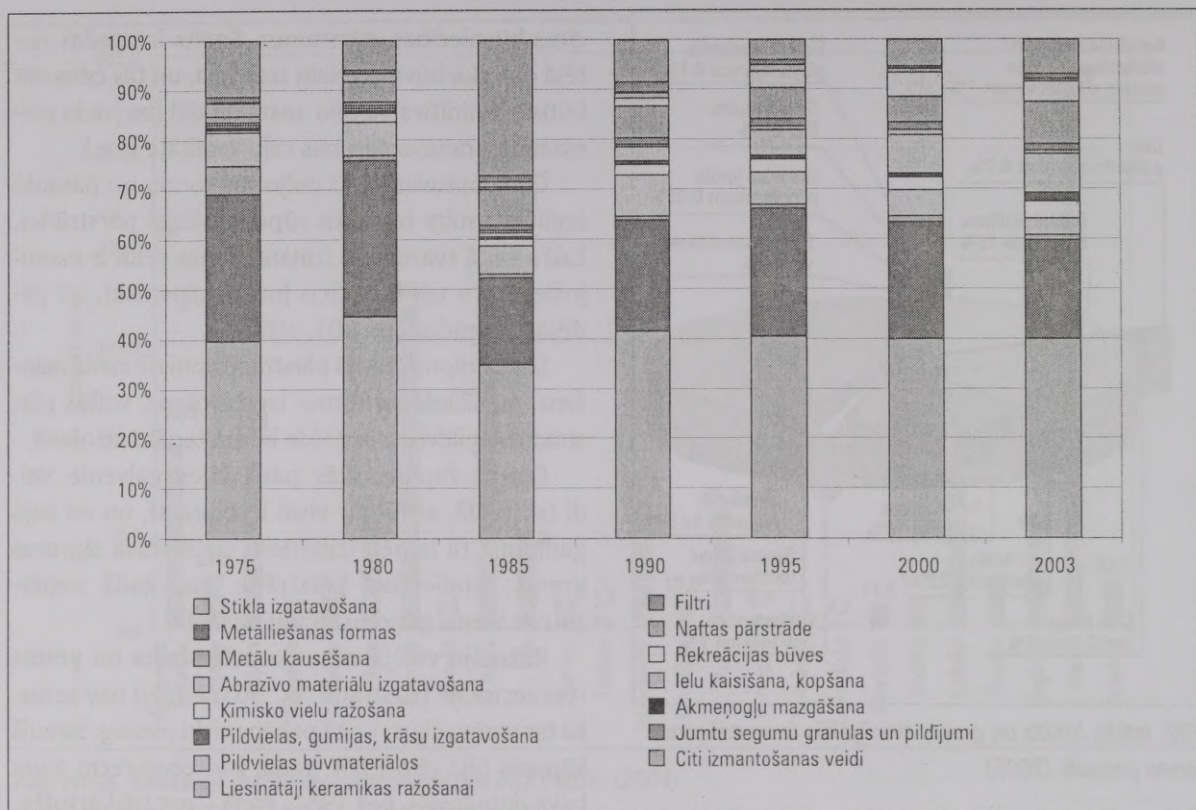
Grants rūpnieciskās pārstrādes galvenie veidi (sk. 302. attēlu) ir visai ierobežoti, un arī šajā gadījumā tā ir pēc izmēriem un sastāva šķīrotas grants rūpnieciska pārstrāde, kas gadā nepārsniedz vienu miljonu tonnu pasaulē.

Ražotāju vidējā cena pasaulē smilts un grants rūpnieciskajā pārstrādē (sk. 303. attēlu) nav zema, kā tas varētu šķist, un tā pakāpeniski pieaug. Straujš kāpums bija pēc 1974. gada, kad cena četrus gadus laikā dubultojās, bet 1981. gadā – pat trīskāršojās.

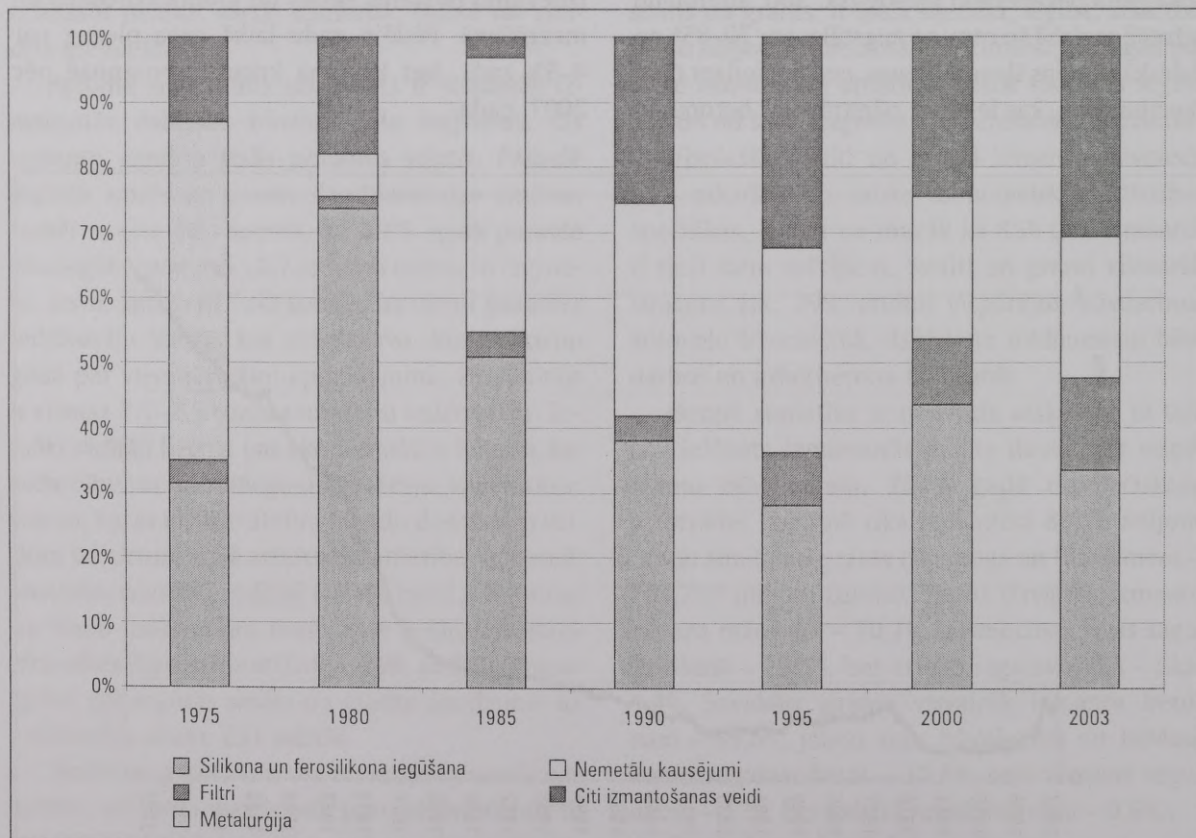
Pēc 2004. gada cena pieaug līdz ar enerģijas avotu izmaksu pieaugumu, kas ir nozīmīgs izdevumu postenis smilts un grants šķīrošanā un mazgāšanā. Pēdējo gadu laikā cena pieaug par 4–5% gadā, bet kāpuma kritumu prognozē pēc 2007. gada.



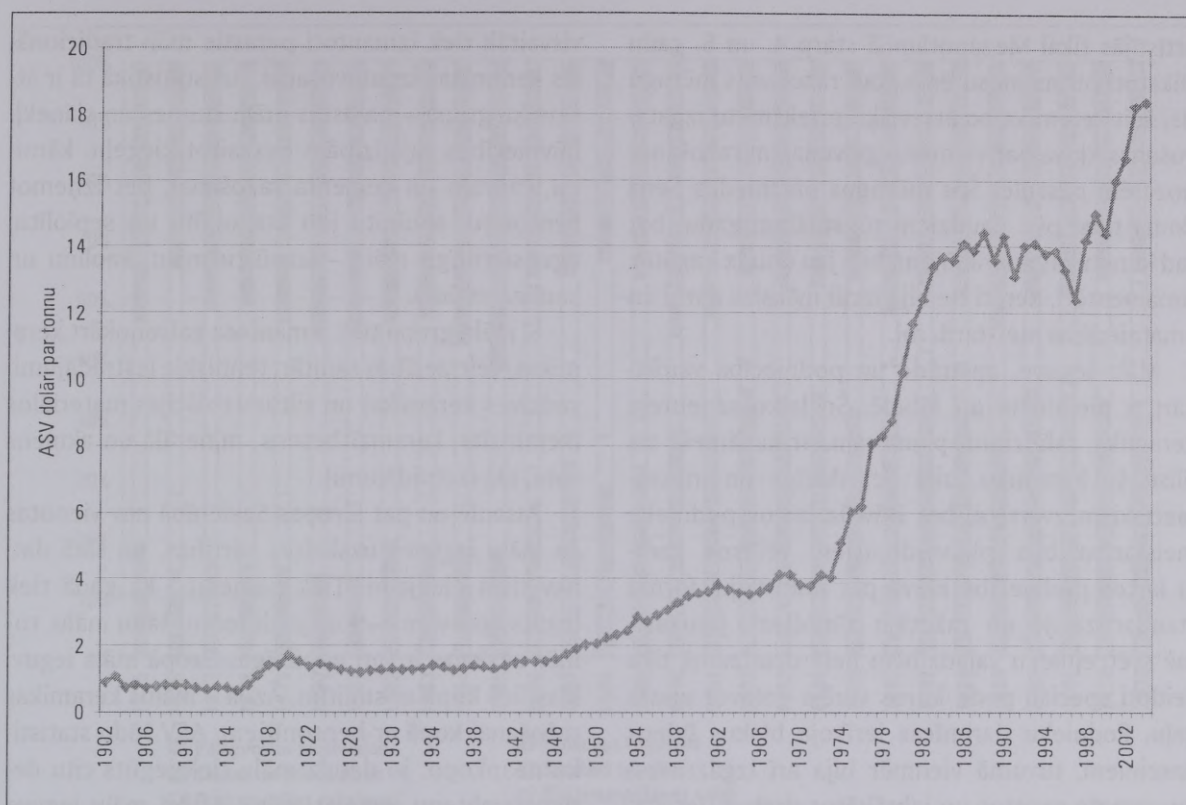
300. attēls. Smilts un grants vidēji svērtā cena pasaulē



301. attēls. Galvenie smilts izmantošanas veidi rūpnieciskajā pārstrādē



302. attēls. Galvenie grants izmantošanas veidi



303. attēls. Smilts un grants vidējā ražotāju cena pasaulē

## 7.3. Māli un citas keramikas izstrādājumu izejvielas

Māli ir zemjaini ieži, kas sastāv no ļoti smalkām daļiņām (mazākām par 0,005 mm, citās valstīs – mazākām par 2  $\mu\text{m}$ ). To galvenās sastāvdaļas ir mālu minerāli. Māli veidojas galvenokārt kristālisko iežu dēdēšanas procesos visbiežāk no vizlām, tālāk šīm daļiņām uzkrājoties dažādās ūdenstilpēs. Mālu minerāli satur daudz alumīnija oksīda, māli parasti satur arī dzelzs oksīdu, kas tos nokrāso sarkanus vai brūnus. Ja dzelzs oksidācijas pakāpe ir +2 vai dzelzs ir ļoti maz, tad māli ir balti. Lai arī visbiežāk māls mums asociējas ar sarkanu vai zilu krāsu, patiesībā māla krāsa mēdz būt melna, brūna, pelēka, zilgana, zaļgana, violeta, sārtā un sarkana, pat dzeltena un balta.

Mālus cilvēks savā sadzīvē izmantoja jau senatnē – gan būvējot kleķa mājokļus, gan iekārtojot drošu ugunsvietu, gan apgūstot māla trauku izgatavošanu. Mālam svarīga nozīme ir bijusi dažādās rituālu nodarbēs, ornamentācijā un senajā mākslā, arī medicīnā. Sanskritā “māli” nozīmē dārzkopību, dārznieku, apvītušu vainagu vai vītni u. tml.

Jau kopš seniem laikiem mālus lieto keramikas izgatavošanai, māli ir arī viena no cementa izejvielām. Mūsdienās mālu izmantošana ir daudz plašāka. Atkarībā no mālu sastāva un īpašībām izdala mālus keramiskajai rūpniecībai, atsevišķi kaolīna mālus un mālus ugunsdrošu materiālu izgatavošanai, kā arī bentonītu mālus, fullera zemes un diatomītus.

### 7.3.1. Māli keramiskajai rūpniecībai

Mālu keramikas izstrādājumu izgatavošanai izmanto jau kopš senatnes. Senākie izstrādājumi zināmi 10,5 tūkstošus gadu pirms mūsu ēras Japānā. Keramikas trauki ir bijuši pazīstami Ķīnā un arī Ziemeļāfrikā jau senāk nekā pirms 10 tūkstošiem gadu. Dienvidamerikas senās civilizācijas šo mākslu apguva agrāk nekā pirms septiņiem tūkstošiem gadu. Tomēr keramikas prasmes un māksla plaši

attīstījās tikai Mezapotāmijā starp 4. un 6. gadu tūkstoši pirms mūsu ēras, kad ražošanas mērogu dēļ šeit keramika no atsevišķu priekšmetu izgatavošanas kļuva par vienu no galvenajām ražošanas nozarēm pasaulē. Šos mērogus pārsniedza Senā Roma tikai pēc daudziem tūkstošiem gadu, bet tad keramikas izstrādājumi bija jau daudz bagātāk ornamentēti, nereti tie bija izcili mākslas darbi un amatniecības meistardarbi.

Māla ieguve, apstrāde un podniecība vairāk kārt ir pieminēta arī Bībelē. Šo laiku senebreju keramika, salīdzinot, piemēram, ar kanāniešu un filistiešu keramiku, bija neizskatīga un mākslinieciski mazvērtīga, bet Dāvida laikos podnieku meistarība bija pilnveidojusies. Vēlākos karaļu laikos podniecība kļuva par industriju, formu standartizāciju un ražotāju zīmoliem. Jeruzalemē svētcēlnieku vajadzībām lielā daudzumā tika veidoti speciāli podi, kuros varēja gatavot upura gaļu. Podnieku darbnīcas ierīkoja blakus ūdens baseiniem, tuvumā vienmēr bija arī izgāztuves, kur izmeta sasistos un izbrāķētos darbus. Jeruzalemē pie Hinnomas ielejas bija pat Lausku (*Harsit*) vārti (Jr 19,2), jo pie tiem, domājams, atradās podnieku darbnīca. Nehemija pieminētais "Cepļu tornis" varēja būt keramikas apdedzināšanas cepelis (Neh 3,11; 12,38). Keramikas izstrādājumus gatavoja no vietējā sarkanā māla, kam piejauca saberztu kaļķakmeni. To apdedzinot, nedrīkstēja pārsniegt temperatūru, lai kaļķakmens neizjuku, pēc tam šie podi kļuva karstumizturīgi, un tajos varēja droši gatavot ēdienu. Mālu sagatavošana prasīja lielu meistarību (Is 41,25). Tos mīcīja ar kājām, pakāpeniski pielejot ūdeni un rūpējoties, lai maisījumā neveidotos gaisa pūslīši. Kad māli bija sagatavoti, podnieks tos sapsesēja formās (Īj 38,14), mālus veidoja ar rokām, bet visvairāk – uz podnieka ripas (Jr 18,3).

Kopš tā laika keramikas ražošana ir piedzīvojuši gan uzplaukmes gadus, gan lejupslīdi, ir radušās izcilas amatniecības skolas, ir notikusi izstrādājumu vienkāršošana un zināma unifikācija mūsdienās. Mainījušās arī prasības attiecībā uz izejvielām, jo keramikas izstrādājumi ir ne tikai ķieģeļi, tenisīts, keramzīts un trauki, bet arī automašīnu dzinēji un kosmoplānu ārējās apšuves materiāls. Šādiem materiāliem tiek izmantoti visdažādākie māli, dažnedažādas piedevas un augstas izgatavošanas tehnoloģijas. Tomēr joprojām

visvairāk tiek izmantoti parastie māli tradicionālās keramikas izgatavošanai. Arī statistikā tā ir atsevišķa grupa – parastās mālu šķirnes un slānekļi būvniecības vajadzībām (ieskaitot ķieģeļu, kārnīņu, cauruļu un cementa ražošanai, bet izņemot bentonītu, apulgītu jeb atapulgītu un sepiolītu, ugunsizturīgo mālu – uzpūstu mālu, kaolīnu un kaolīna mālus).

Šī mālu grupa tiek izmantota galvenokārt keramikas (celtniecības sanitāri tehniskie izstrādājumi, sadzīves keramika) un siltumizolācijas materiālos (keramzīts, keramzītbetons, minerālā un akmens vate, tās izstrādājumi).

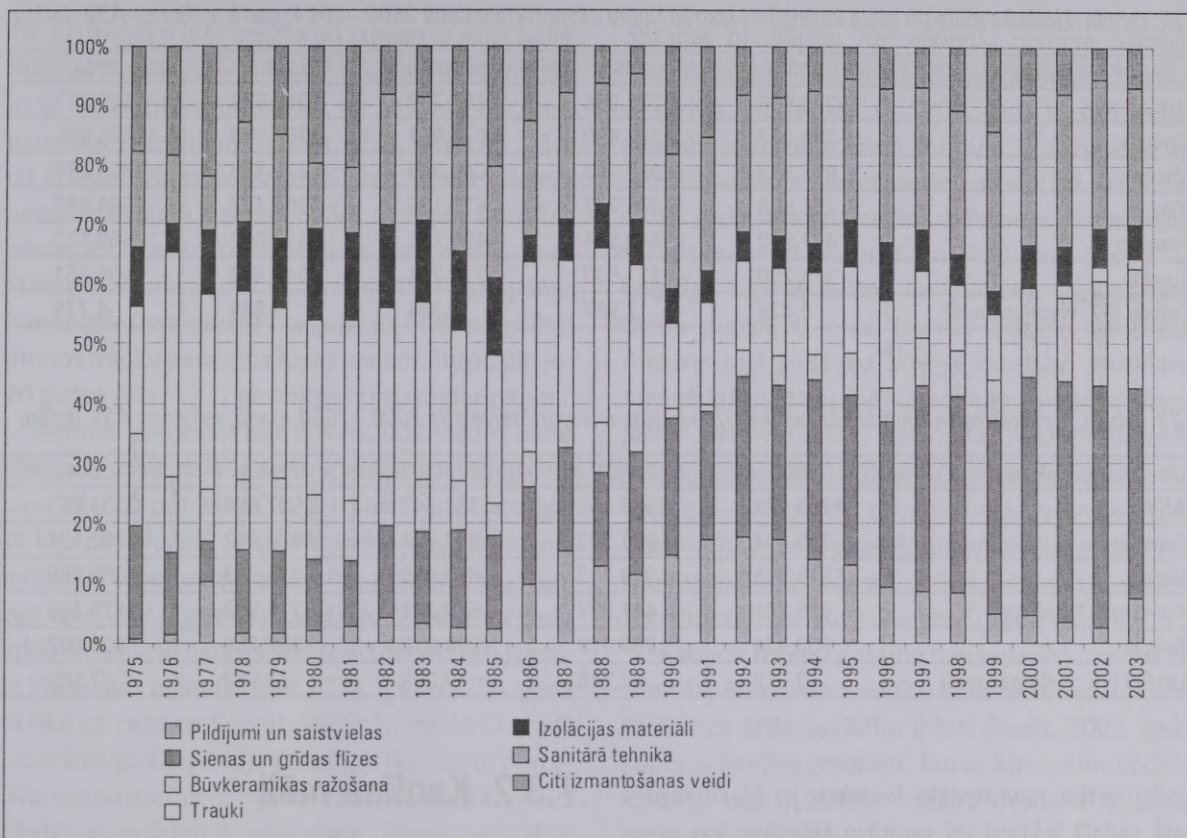
Pasaulē un pat Eiropas Savienībā nav vienotas šo mālu ieguves uzskaites kārtības, un šādi dati nav tieši pieejami. Tiek pieņemts, ka gadā tiek iegūts aptuveni 8–9 miljardi tonnu šādu mālu, tomēr uzskaitē ir ļoti nepilnīga. Eiropā māla ieguvī klasificē kopā ar smiltīm, Āzijā – mālus keramikas ražošanai kopā ar bentonītiem, ASV šādu statistiku neapkopo, jo daudz mālu tiek iegūts citu derīgo izrakteņu ieguves gaitā, Āfrikā mālu ieguve tiek summēta kopā ar augsnes pārvietošanu lauksaimniecības kultūru audzēšanai un tamlīdzīgi.

Vairāk ir zināms par keramikas mālu galvenajiem izmantošanas veidiem (sk. 304. attēlu). Pēdējo 30 gadu laikā keramikas patēriņa struktūra ir būtiski mainījusies.

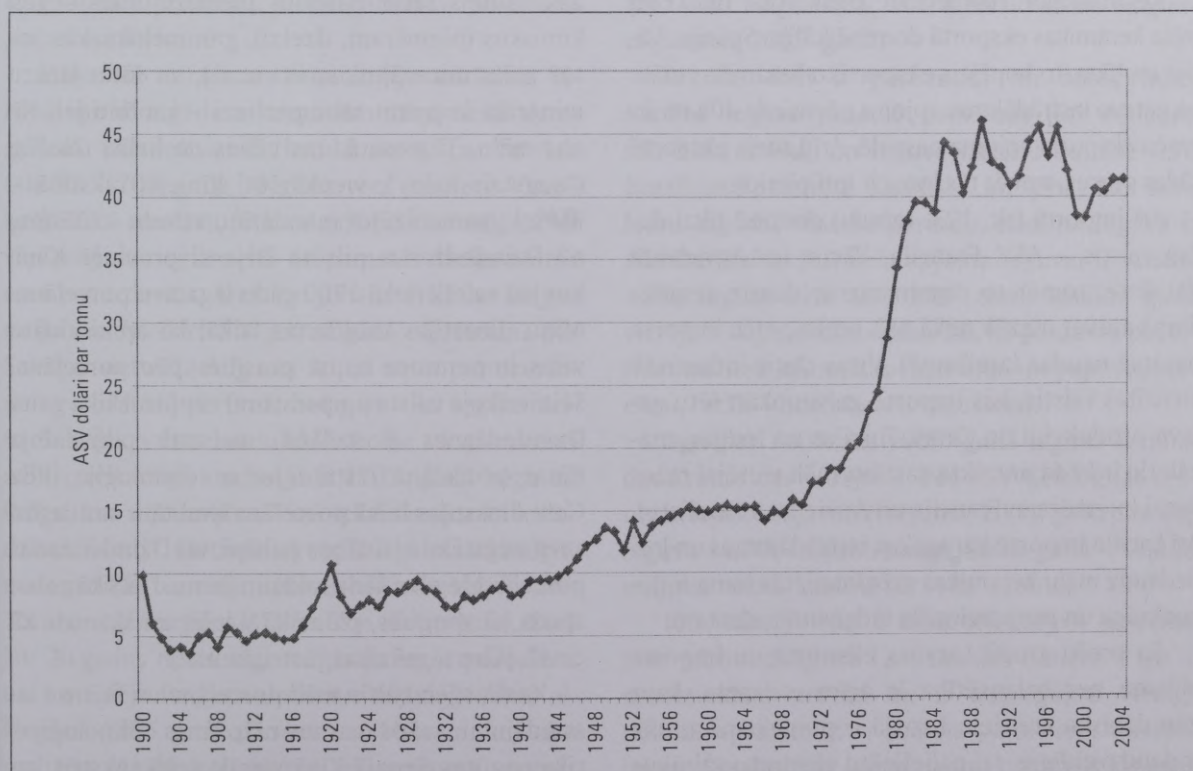
Pasaulē ir mainījusies keramikai piemērotu mālu galveno izmantošanas veidu nozīme – ļoti būtiski ir samazinājusies sadzīves keramikas izstrādājumu (trauku) ražošana, bet strauji pieaugusi sienas un grīdas flīžu ražošana, palielinājušies arī industriālās sanitārās tehnikas izstrādājumu (ūdensvada un kanalizācijas caurules, iekārtu daļas u. c.) ražošana.

Keramikas ražošanai piemērotu mālu cena (sk. 305. attēlu) ir ļoti konservatīva un gandrīz konstanta pēdējo 25 gadu laikā, jo pieaugošās ražošanas izmaksas tiek kompensētas ar pieaugošo ieguves produktivitāti. Šī ir viena no nedaudzajām derīgo izrakteņu ieguves nozarēm, kur jaunākas un ražīgākas tehnikas ieviešana spēj ierobežot izejvielu izmaksu kāpumu. Tomēr kopš 2005. gada arī šeit cenas pieaug par 3–4% gadā, un tiek prognozēts, ka šāda tendence saglabāsies ilgāku laiku.

Keramikas ražošanai piemērots māls un māla keramikas izstrādājumi ir nozīmīga starptautiskās tirdzniecības preču grupa. Dati par starptautisko



304. attēls. Māla izmantošanas veidi keramikajā rūpniecībā



305. attēls. Māla keramikas ražošanas cenas izmaiņas

122. tabula. Lielākās māla un māla keramikas izstrādājumu eksportētājvalstis 2000.–2004. gadā, miljonos ASV dolāru

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004
Itālija	3326,556	3277,906	3497,702	4012,329	4605,357
Spānija	1828,937	1897,850	2074,052	2360,880	2625,395
Vācija	918,597	955,783	1040,340	1275,523	1509,284
Ķīna	251,588	376,782	620,189	906,127	1384,697
Francija	447,970	449,514	490,114	546,692	589,133
Turcija	215,290	221,593	274,201	346,683	435,354
Latvija (67. vieta pasaulē)	3,829	2,987	3,184	3,829	4,779

123. tabula. Lielākās māla un māla keramikas izstrādājumu importētājvalstis 2000.–2004. gadā, miljonos ASV dolāru

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004
ASV	1756,721	1582,489	1784,743	2037,476	2303,643
Francija	759,414	807,393	877,734	1079,892	1262,474
Vācija	916,565	938,317	850,809	975,767	1,009,296
Apvienotā Karaliste	495,201	461,037	550,224	711,233	823,469
Beļģija	300,974	286,179	294,573	362,769	434,002
Latvija (76. vieta pasaulē)	13,612	17,246	17,096	22,562	27,505

tirdzniecību nav sevišķi korekti, jo klasifikators šajā sadaļā iekļauj arī sanitāro tehniku, kas izgatavota no kaolīna, tomēr tā sniedz priekšstatu par apjomu un galvenajām eksporta un importa valstīm pasaulē (sk. 122. un 123. tabulu).

Keramiskajai rūpniecībai piemērota māla un māla keramikas eksportā dominē Itālija, Spānija, Vācija un Ķīna, to kopējais eksportēto keramikas mālu un gatavo izstrādājumu apjoms pārsniedz 40% no šo preču eksporta apjoma pasaulē. Arī Latvija eksportē šādas preces, tomēr tās loma ir ļoti pieticīga.

Arī importā (sk. 123. tabulu) dominē tikai dažas valstis – ASV, Francija, Vācija un Apvienotā Karaliste, tomēr to dominānce ir daudz zemāka (kopā aptver mazāk nekā 15% no šo preču importa pasaulē naudas izteiksmē). Visas tās ir industriāli attīstītas valstis, kas importē galvenokārt lētu gatavo produkciju no Ķīnas, Turcijas un Indijas, mazāk tie ir kāda noteikta sastāva māli vietējai ražošanai (piemēram, Francija un Apvienotā Karaliste). Arī Latvija importē keramikas izstrādājumus un ļoti nedaudz mālu keramikas ražošanai, tās loma ir ne-nozīmīga un proporcionāla iedzīvotāju skaitam.

Šo preču grupā Latvijas eksporta un importa plūsmu nesabalansētība ir acīm redzama, kaut gan dabisko izejvielu Latvijā ir pietiekami un tās ir daudzveidīgas, lai palielinātu eksportu vairākus desmitus reižu.

### 7.3.2. Kaolīna māli

Kaolīnīts ir mālu minerāls ar aptuvenu ķīmiskā sastāva formulu  $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ , jo dabā tīra minerāla kristāli ir sastopami salīdzinoši reti. Visbiežāk kaolīns satur dažādus piemaisījumus – gan ķīmiskus (piemēram, dzelzi), gan mehāniskus (citus mālu minerālus, smilti u. c.), un šādu jauktu minerālu kopumu sauc par iezi – kaolīnu jeb Ķīnas mālu. Tā nosaukums cēlies no kalna *Gaoling* (“augstais kalns”, vienkāršoti ķīniešu rakstībā – 高岭土; romanizējot mandarīnu valodu – *Gāolīng tǔ*) Dzindedžanas pilsētā Džjansi provincē Ķīnā, kur jau vairāk nekā 1700 gadu izgatavo porcelānu. Minu dinastijas valdīšanas laikā, lai apmierinātu visas imperatora nama prasības pēc porcelāna, šeit ierīkoja valsts (imperatora) ceļus. Laika gaitā Dzindedžanas porcelāna meistari pilnveidoja Ķīnas porcelāna izstrādājumu tehnoloģiju, līdz Cinu dinastijas laikā porcelāna kvalitāte sasniedza savu augstāko attīstības pakāpi, un Dzindedžanas porcelāns ieguva šādu raksturojumu: “Zils kā gaiss, spožs kā spogulis, plāns kā papīrs un skanošs kā cins”. (Cins – mūzikas instruments.)

Kaolīns jeb baltie māli porcelāna un fajansa izstrādājumu ražošanai un ražošanas tehnoloģijas tika apgūtas Senajā Ķīnā vairāk nekā tūkstoš gadus pirms mūsu ēras, bet Eiropā to atklāja tikai

16. gadsimta pašās beigās un izmantot sāka nākamajā gadsimtā. Eiropā kaolīna ieguve nesekmējās, jo to bieži kļūdaini noteica un sajauca ar citiem minerāliem (zemēm). Ražot sāka Meisenē (Vācijā) kroņprinča galma vajadzībām. Pirmie ķīniešu porcelāna trauki Eiropā nonāca tikai pēc tam, kad portugāļi izveido tirdzniecības ostu 1557. gadā Makao un holandiešu Austrumindijas kompānija (*Vereenigde Oostindische Compagnie, VOC*) piegādāja pirmos trauku paraugus karaļnamam. Turpmākajos 20 gados tika veikti neveiksmīgi pakaļdarinājumi, jo iegūtais porcelāns bija mīksts, līdz Mediči nams Florencē uzaicināja ķīniešu meistarus. Tomēr jaunais "Mediči porcelāns" bija trausls un neizturīgs. Tā bija neveiksme. Sekoja vairāku citu karaļnamu mēģinājumi arī eksperimentēt ar porcelānu. Francijā Luijs XIV izsniedza karalisko atļauju mēģināt atkārtot ķīniešu darbus, bet tas izdevās tikai jaunajā Vincennas manufaktūrā 1738. gadā (1756. gadā tā tika pārceļta uz Sevru). Mēģinājums 1843. gadā Lielbritānijā, Čelsā, bija sekmīgs. Taču šiem porcelāna izstrādājumiem bija vēl zemāka kvalitāte nekā Mediči manufaktūrā ražotajiem. Pirmo reizi abās rūpnīcās vienlaikus un neatkarīgi vienai no otras tas izdevās tikai 1760. gadā. Par šiem panākumiem joprojām ir ne mazums minējumu kā rūpnieciskās spiegošanas rezultātu, jo pusgadsimtu porcelānu jau ražoja Meisenē.

Porcelāna ražošanas tehnoloģiju atklāšana Eiropā vairāk atgādina kriminālrōmānu nekā sistēmātisku pētniecisku darbu, kā nereti par to tiek rakstīts. 1700. gadā 18 gadu vecs jauniešs Vitenbergā tika arestēts, jo krodziņā bija izrunājies, ka viņš mēģinot iegūt zeltu no parastās dzelzs un tas esot pat izdevies. Arestēto Johanu Frīdrihu Betgeru (*Johann Friedrich Böttger*) nogādāja Drēzdenē pie Saksijas vietvalža Augusta Stiprā nevis par dzeršanu neatbilstošā vecumā, bet gan – lai iegūtu zeltu Saksijas valsts manufaktūrā. Šie eksperimenti nebija veiksmīgi, un Betgers 1703. gadā bēga uz Prāgu, kur viņu noķēra. Viņš atkal nonāca kā ieslodzītais Saksijā. Cietumnieku glāba galma alkīmiķis, matemātiķis un zinātnieks Ērenfrieds Valters fon Tširnhaus (*Ehrenfried Walther von Tschirnhaus*), kurš jau 20 gadus nesekmīgi mēģināja iegūt porcelānu un novērtēja Betgera dotumus alkīmijā. Abus alkīmiķus 1705. gadā pārveda uz Meiseni, kur tika realizēti vairāki ļoti sekmīgi eksperimenti, tomēr tos 1706. gadā pārtrauca zviedru iebrukums un

Saksijas okupācija. Abi alkīmiķi pameta Saksiju. Fon Tširnhaus nomira. 1707. gadā Betgeru atkal nogādāja Drēzdenē, kur 1708. gada janvārī viņam izdevās atklāt porcelāna formulu tā ražošanai no Šnēbergas (*Schneeberg*) kaolīna un vietējā alabastra. 1709. gadā sākās porcelāna ražošanas eksperimenti Drēzdenes laboratorijā, un 1710. gadā Lieldienās Leipcigā tika izstādītas un pārdotas pirmās Lieldienu porcelāna olas. Jaunais Saksijas valdnieks Augusts tajā laikā jau būvēja karalisko porcelāna manufaktūru Meisenē (*Staatliche Porzellan-Manufaktur Meissen GmbH*), kas darbu sāka 1710. gada jūnijā. Kopš 1720. gada tās izstrādājumus rotā logotips – sakrustoti zobeni, kas ir viens no senākajiem zīmoliem pasaulē. Turpmākajos gadsimtos kaolīna mālus atrada arī citos kontinentos, pēdējā bija Dienvidamerika (tikai 1867. gadā Brazīlijā).

Kaolīna resursi pasaulē nav noteikti, nav arī ziņāms izpētīto un novērtēto krājumu daudzums, jo šo Zemes dziļu bagātību ir ļoti daudz. 2005. gadā kopējos kaolīna resursus, kurus būtu saimnieciski izdevīgi iegūt, vērtēja vairāku desmitu miljardu tonnu apjomā.

Mūsdienās kaolīna ieguve pasaulē ir stabila – aptuveni 22 miljonu tonnu līmenī (sk. 124. tabulu.) Dominē ASV, Brazīlija, Apvienotā Karaliste un Ķīna – attiecīgi 34,3%, 10%, 8,5% un 8% no eksporta pasaulē 2005. gadā.

Tabulas dati ir pārbaudīti un apstiprināti. Kaolīna ieguve pasaulē palielinās ļoti nedaudz (sk. 306. attēlu), un ieguvē izteikti dominē ASV, Brazīlija, Apvienotā Karaliste un Ķīna, kas savu lomu saglabā visu šo periodu. Kaolīna ieguve ir stabila. Blakus ļoti liela apjoma ieguvei ir valstis, kurās iegūst tikai 100–200 tonnu kaolīna gadā vietējām vajadzībām, visbiežāk kā piedevas parastiem māliem keramikas ražošanai un papīrrūpniecībai, retāk – adsorbentu ražošanai.

Dati par 2005. un 2006. gadā iegūto kaolīna daudzumu nav pieejami. Pēc ASV Ģeoloģijas dienesta iepriekšēja novērtējuma, 2005. gadā pasaulē ieguva 44,700 miljonu tonnu, 2006. gadā – 44,800 miljonu tonnu kaolīna (sk. 125. tabulu).

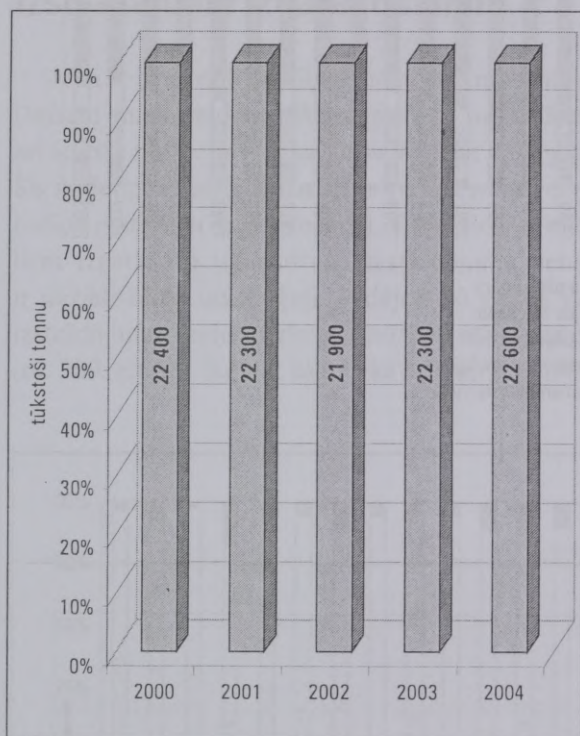
125. tabulas dati ir tikai orientējoši attiecībā pret pārbaudītajiem 124. tabulas datiem – tie ir nepietiekami precīzi un ir atspoguļoti vienīgi nolūkā iepazīstināt ar šādiem paralēliem vērtējumiem. Šie dati nav izmantojami turpmākajās analizēs un vērtējumos.

124. tabula. Kaolīna ieguve pasaulē, tonnās

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004
Alžīrija	11 616	13 356	9505	19 258	24 299
Apvienotā Karaliste	2 376 057	2 204 156	2 162 815	2 097 137	1 944 955
Argentīna	34 023	13 584	13 865	19 219	27 883
ASV	8 800 000	8 110 000	8 010 000	7 680 000	7 760 000
Austrālija	223 000	232 000	228 000	280 000	285 543
Austrija	25 066	20 047	21 212	15 034	16 345
Bangladeša	8000	8000	8000	9630	13 113
Beļģija	300 000	300 000	300 000	300 000	300 000
Bosnija un Hercegovina	ND	13 000	6500	ND	ND
Brazīlija	1 639 673	1 817 419	1 757 488	2 081 039	2 197 920
Bulgārija	150 000	140 000	150 000	120 000	190 000
Burundi	1500	ND	ND	ND	ND
Čehija	564 000	562 000	562 000	582 000	639 000
Čīle	6445	5300	6164	11 500	51 769
Dienvidāfrikas Republika	89 242	83 500	91 456	86 365	81 901
Dienvidkoreja	705 145	850 360	1 054 543	1 042 018	936 537
Ekvadora	11 022	8818	8483	11 884	13 072
Eritreja	943	ND	120	140	50
Etiopija	1654	1790	3534	3088	4250
Ēģipte	290 000	260 000	260 000	260 000	249 761
Filipīnas	1510	5111	5000	ND	ND
Francija	385 000	377 000	339 000	335 000	316 000
Grieķija	54 226	60 075	57 885	59 680	53 438
Indija	179 274	187 232	204 694	209 920	220 558
Indonēzija	15 000	15 000	15 000	15 000	15 000
Irāna	635 693	760 615	592 803	556 003	596 886
Itālija	284 148	295 263	174 990	224 755	246 608
Izraēla	13 000	ND	ND	ND	ND
Japāna	25 912	17 240	11 602	12 223	11 553
Jaunzēlande	16 310	15 620	17 250	14 770	15 240
Jordānija	36 794	24 124	39 745	36 528	51 836
Kazahstāna	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000
Kenija	793	700	700	700	700
Krievija	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000
Kuba	9700	ND	ND	ND	ND
Kīna	1 450 000	1 500 000	1 500 000	1 600 000	1 800 000
Nigērija	165 765	32 090	52 352	57 587	ND
Malaizija	233 885	364 458	323 916	425 942	326 928
Meksika	532 268	681 709	745 498	798 407	654 711
Pakistāna	63 494	12 980	55 584	39 575	25 204
Peru	6165	5478	1934	2653	2720
Polija	90 139	103 220	89 372	106 761	130 596
Portugāle	162 674	148 706	147 448	169 669	170 000
Rumānija	18 942	21 867	22 517	25 741	22 337
Saūda Arābija	7500	7740	7920	8100	8000
Serbija un Melnkalne	39 475	60 900	95 622	99 460	14 122
Slovākija	21 000	34 730	24 600	24 800	89 424
Spānija	353 355	400 000	419 483	427 193	402 347
Šrilanka	12 230	9403	8613	9073	9000

Taivāna	38 606	28 921	18 403	22 448	35 001
Taizeme	221 062	181 583	130 282	185 512	200 671
Turcija	390 830	505 773	372 344	370 455	536 008
Ukraina	172 800	170 000	170 000	169 900	202 300
Uzbekistāna	150 000	150 000	150 000	150 000	150 000
Vācija	714 936	696 832	740 821	738 123	ND
Venecuēla	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000
Vjetnama	520 000	600 000	600 000	650 000	650 000
<b>Pasaule kopā</b>	<b>22 400 000</b>	<b>22 300 000</b>	<b>21 900 000</b>	<b>22 300 000</b>	<b>22 600 000</b>

ND – dati nav pieejami.



306. attēls. Kaolīna ieguve pasaulē 2000.–2004. gadā

Galvenie kaolīna izmantošanas veidi pasaulē ir visai atšķirīgi (sk. 307. attēlu). Izdalāmas atsevišķas produktu grupas: keramikas izstrādājumi, pildvielas, ugunsdroši izstrādājumi un citi. Detalizētāka statistika ir pieejama par pēdējiem 30 gadiem, kas liecina, ka šo produktu grupu un izstrādājumu loma ir būtiski mainījusies.

Mūsdienās kaolīnu visvairāk izmanto dažādiem papīra pārklājumiem, bet ugunsdrošu materiālu izgatavošanā – trīs reizes mazāk, vēl mazāk – kā pildvielu papīra ražošanā. Tradicionālajā sanitārtehnikas ražošanā izmanto tikai 2% no kopējā iegūtā kaolīna daudzuma pasaulē.

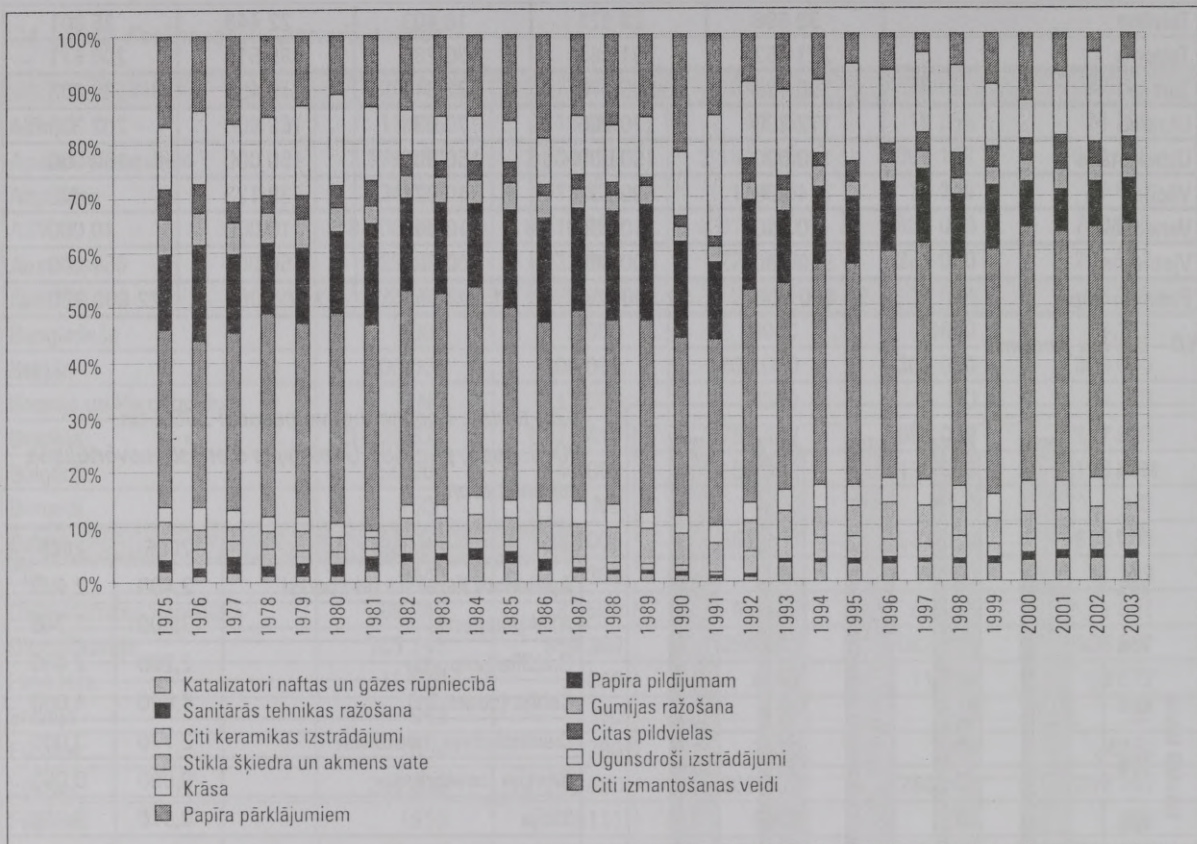
Kaolīna cena pagājušā gadsimta laikā (sk. 308. attēlu) nav būtiski mainījusies. Tā ir pakāpeniski

125. tabula. Kaolīna ieguve pasaulē 2005. un 2006. gadā, pēc ASV Ģeoloģijas dienesta novērtējuma, miljonos tonnu

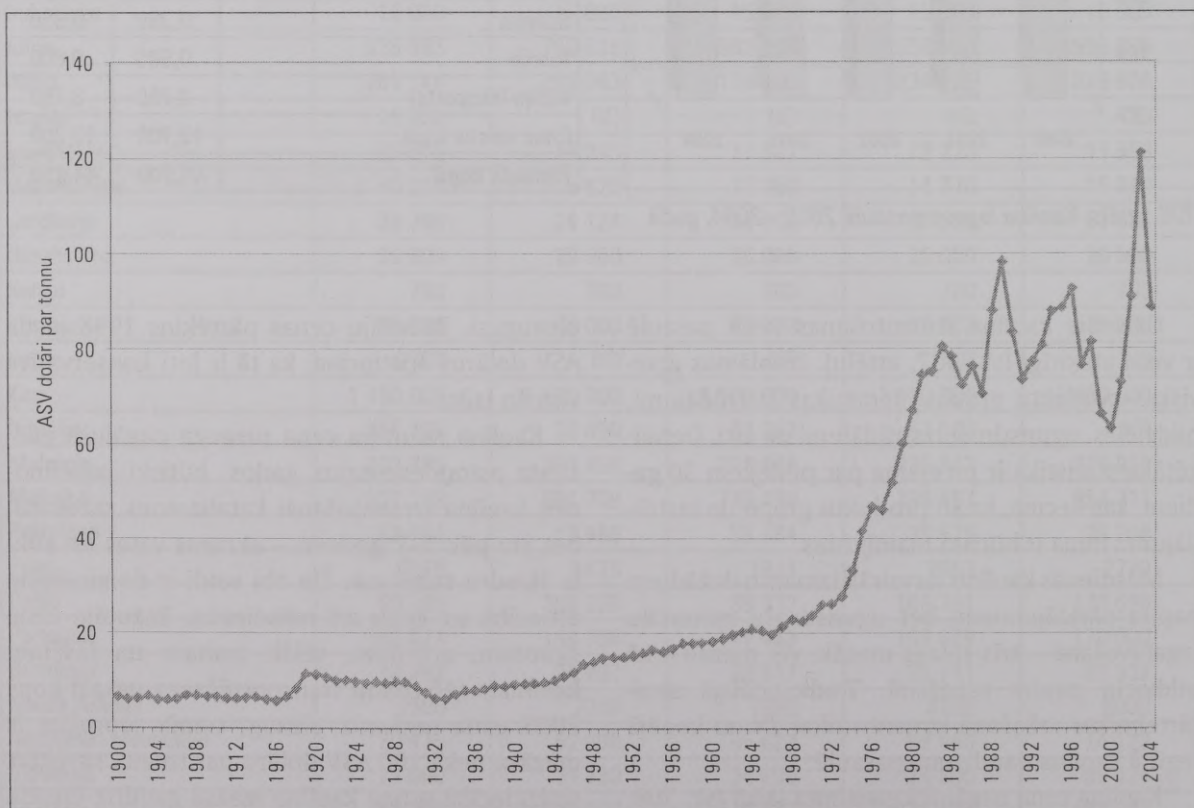
Valsts	2005	2006
Apvienotā Karaliste (eksports)	2,400	2,400
ASV (eksports)	7,800	7,740
Brazīlija (imports)	2,200	2,400
Čehija (neattīrīts)	4,000	4,000
Dienvidkoreja (neattīrīts)	2,770	3,000
Grieķija (neattīrīts)	0,060	0,060
Itālija	0,010	0,010
Meksika	0,877	0,900
Neatkarīgo Valstu Sadraudzība (neattīrīts)	6,240	6,240
Spānija	0,350	0,350
Turcija	0,580	0,600
Vācija (eksports)	3,750	3,750
Citas valstis kopā	13,700	13,300
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>44,700</b>	<b>44,800</b>

pieaugusi. Ražotāju cenas pārrēķins 1998. gada ASV dolāros apstiprina, ka tā ir ļoti konservatīva visu šo laiku.

Kaolīna ražotāju cena pieauga pagājušā gadsimta astoņdesmitajos gados, būtiski palielinoties kaolīna izmantošanai katalizatoru ražošanā, bet jau pēc 5–7 gadiem – akmens vates un stikla šķiedru ražošanā. Šie abi veidi ir dominējošie attiecībā uz cenu arī mūsdienās. Ražotāju cena šķīrotam, attīrītam, vēlāk maltam un fasētam kaolīnam (10 tonnu transportēšanas pakas) kopš 2005. gada nedaudz pieaug, tomēr joprojām ir mazāka nekā 100 ASV dolāru par tonnu, savukārt tirdzniecībā tonna kaolīna maksā gandrīz divreiz vairāk augsto transportēšanas un uzglabāšanas



307. attēls. Galveno kaolīna izmantošanas veidu izmaiņas



308. attēls. Kaolīna ražotāju cenas izmaiņas pagājušajā gadsimtā

izmaksu dēļ. 2006. gadā un 2007. gada pirmajā pusē kaolīna ražotāju cena nedaudz pārsniedza 117–121 ASV dolāru par tonnu, vienlaikus saglabājot iepriekšējo vairumtirdzniecības cenu – 220–230 ASV dolāru par tonnu (fasētu 10 tonnu transportēšanas pakās).

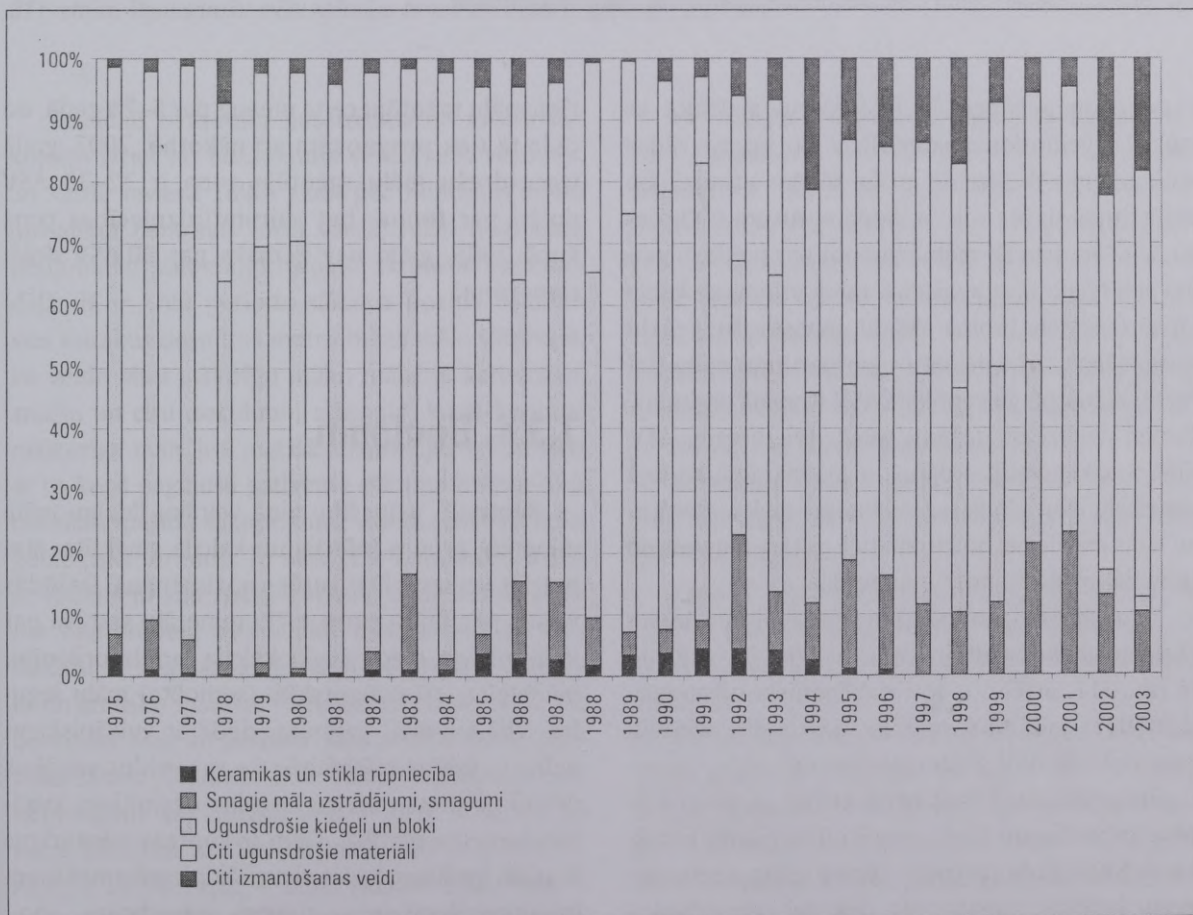
### 7.3.3. Māli ugunsdrošu izstrādājumu izgatavošanai

Māli ir ļoti tradicionāls ugunsdrošs materiāls. Dažiem mālu veidiem šādas īpašības saglabājas arī augstā temperatūrā, kā arī vairākkārt karsējot. Šīs noderīgās īpašības izmanto īpaši termiski noturīgu materiālu izgatavošanai. Galvenie no māliem izgatavoto ugunsdrošu izstrādājumu veidi ir dažādi bloki un ķieģeļi. Pēdējos 30 gados šo izstrādājumu veidu nozīme ir būtiski mainījusies (sk. 309. attēlu). Turklāt šajā laikā šo izstrādājumu

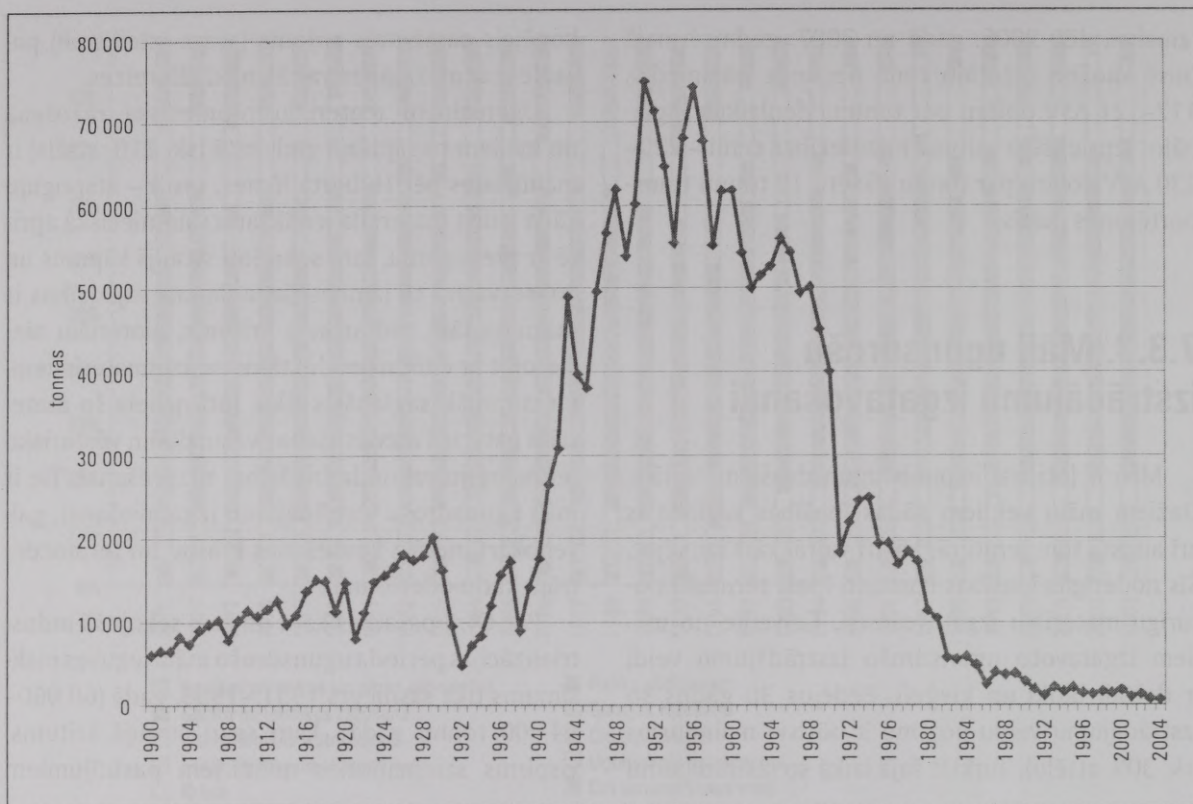
kopējais saražotais apjoms (svara izteiksmē) pasaulē ir samazinājies vairāk nekā 25 reizes.

Ugunsdrošu materiālu rūpnieciska ražošana no māliem pagājušajā gadsimtā (sk. 310. attēls) ir mainījusies pēc Hūberta līknes, tas ir – atspoguļo kāda jauna materiāla ienākšanu saimnieciskā aprītē ar pieaugumu, tam seko ļoti straujš kāpums un konservatīva tā izmantošana (lai arī vajadzības ir mazinājušās), tad straujš kritums, materiālu aizvietojo ar citiem produktiem vai izejmateriāliem, un turpmāk saglabājas tikai ļoti neliels šo materiālu patēriņš aizvietošanas vajadzībām vēsturisko tehnoloģiju vai nodarbinātības uzturēšanai. Tie ir māli ugunsdrošu izstrādājumu izgatavošanai, galvenokārt metāla kausēšanas krāšņu un termocentrāļu katlu oderēšanai.

Pēc Otrā pasaules kara un tam sekojošā industrializācijas perioda ugunsdrošu mālu ieguves maksimums tika sasniegts 1951.–1956. gadā (60 060–74 900 tonnu gadā), kam seko straujš kritums, vispirms samazinoties militāriem pasūtījumiem



309. attēls. Māli ugunsdrošu izstrādājumi izgatavošanai, galvenie izmantošanas veidi



310. attēls. Pasaulē iegūtā māla daudzums ugunsdrošu materiālu izstrādei

pasaulē un pakāpeniski oderējumu aizstājot ar mākslīgi veidotiem materiāliem no hroma rūdas atlikumiem. Mūsdienās mālu šādām vajadzībām iegūst tikai dažās valstīs, kopā aptuveni 690 tonnu. Lielāko daļu šo mālu izmanto par piedevu grafiņa smērvielu izgatavošanai, marķieriem, nedaudz arī kā saistvielu hroma oksīdu ugunsdrošo ķieģeļu savienošanā, arī kalcinētu ugunsizturīgu mālu (šamota) ražošanā galvenokārt ASV, Krievijā un Indijā. Tomēr, analizējot dažādu valstu (piemēram, ASV, Ķīna u. c.) statistikas datus, ir jāņem vērā, ka šajā materiālu izejvielu kategorijā nereti tiek ieskaitītas arī citas izejvielas, no kurām tiek gatavoti uguns un termoizturīgi keramiskie materiāli.

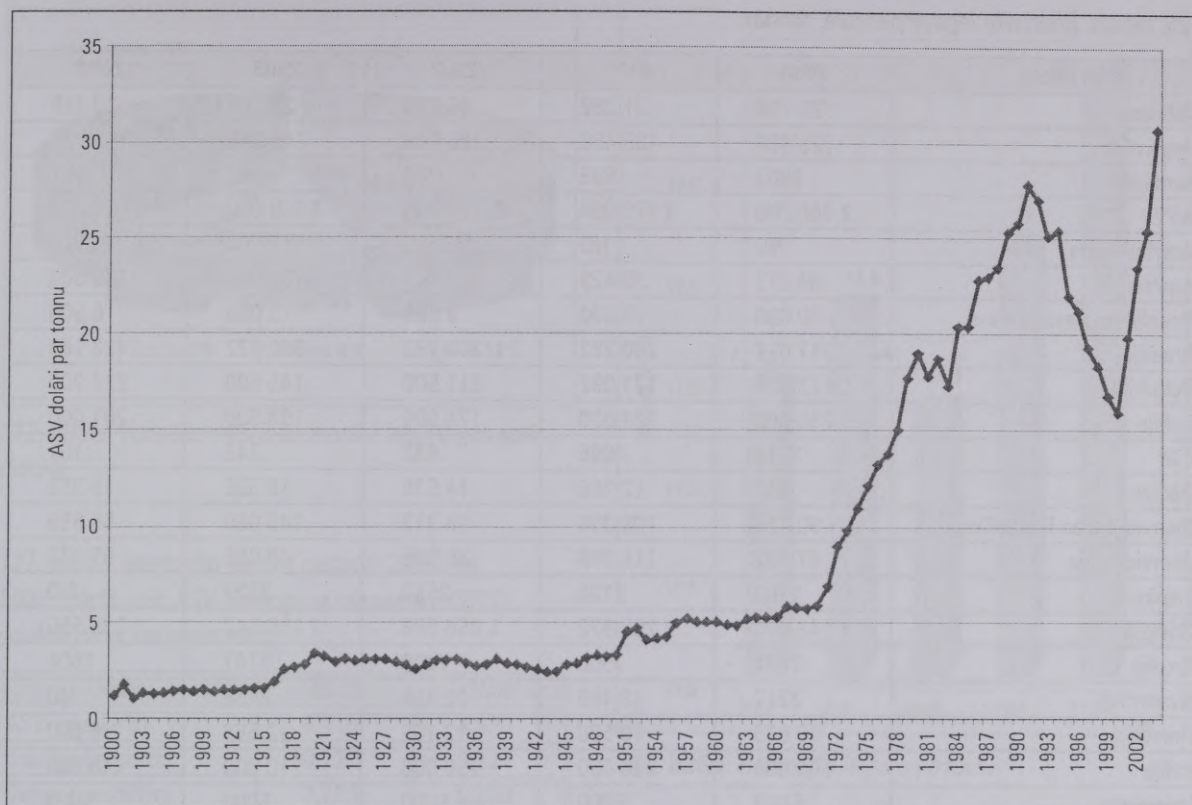
Ugunsdrošo izstrādājumu izgatavošanai nepieciešamo mālu ražotāju cena pagājušajā gadsimtā (sk. 311. attēlu) ir ļoti pakāpeniski pieaugusi, līdz 1991. gadā tā sasniedza maksimālo ražotāju cenu – 27,80 ASV dolāru par tonnu.

Turpmākajos gados cena kritās, jo tirgū bija pārprodukcija un tika realizēti uzkrājumi, tomēr kopš 2003. gada izejvielu cena pieaug energoresursu izmaksu pieauguma dēļ. Arī turpmākajos gados ugunsdrošai izstrādājumu ražošanai node-

rīgu mālu ražotāju cena pieaug par 5–7% gadā, un tāda tā tiek prognozēta arī nākotnē. 2007. gadā ugunsdrošu mālu ražotāju cena ir 32–35 ASV dolāri par tonnu, bet vairumtirdzniecības cena kopš 2005. gada nav zemāka par 50 ASV dolāriem tonnā.

### 7.3.4. Bentonīti

Bentonīti ir īpašību ziņā vairāku līdzīgu māla minerālu grupas (nātrija un kalcija smektīts, atopulgīts un sepiolīts) kopīgs apzīmējums. Dažādās valstīs pēc tajās esošo mālu minerālu sastāva par bentonītiem mēdz saukt kalcija montmorilonīta, baideleīta, arī paligorskīta (sepiolīta) mālu iegulas. Visi šie māli veidojas, dēdējot vulkāniskiem pelniem ūdens klātbūtnē, tie var veidot vairākus desmitus metru biezas iegulas desmitiem kvadrātkilometru platībā. Tiem ir kopīgas raksturīgas fiziskās īpašības, kuras visvairāk piemīt smekītiem (montmorilonītam) – augstas adsorbcijas, jonu apmaiņas un uzbriešanas spējas.



311. attēls. Ugunsdrošu mālu ražotāju cenas izmaiņas pagājušajā gadsimtā

Dažāda bentonītu nosaukuma un saturs tulkojums izriet no nosaukuma veidošanās vēstures. Šo vārdu ieviesa 1890. gadā pēc Bentonas svītas (nosaukta Bentonas forta vārdā) mālu nogulumu pētījumiem Vaioingas kalnu skrausta austrumdaļā. Tā ir krīta perioda sākuma posmā veidojusies vairākus desmitus metru bieža mālu slāņkopa, ko veido visai atšķirīgu mālu, mālainu karbonātu, smilšu un citu nogulumu slāņmija, kurai kopumā raksturīga mālu ļoti augstā adsorbācijas spēja. Līdz ar to kopš pagājušā gadsimta sākuma bentonīti ir noteiktu īpašību sakopojums, vairāk tehnisks nekā ģeoloģisks termins. To svarīgi ir ņemt vērā darbā ar dažādiem statistikas datiem, jo dažādās valstīs par bentonītiem tiek saukti mālaini ieži ar visai dažādu to veidošanās ģeoloģisko vēsturi, minerālo un ķīmisko sastāvu. Piemēram, ASV un Ķīnā par bentonītu sauc arī jebkuru mālainu diatomītu, kurā mālu saturs pārsniedz 30%. Tomēr kā tirgus precei bentonītam vairumtirdzniecībā tiek noteikts zināms ķīmiskais sastāvs (oksīdu formā  $\text{SiO}_2$  – 61,4%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 18,1%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 3,5%,  $\text{Na}_2\text{O}$  – 2,3%,  $\text{MgO}$  – 1,7%,  $\text{CaO}$  – 0,04%,  $\text{TiO}_2$  – 0,02%,  $\text{K}_2\text{O}$  – 0,01%) un īpašības (mitrums 7,8%, pH 8,5–9,1).

Pasaulē gadā iegūst aptuveni 12–13 miljonus tonnu bentonītu (sk. 126. tabulu), un tā patēriņš pieaug par 3,2–3,5% gadā. Visvairāk bentonīta iegūst ASV (35% no visas ieguves pasaulē), Ķīnā (11,5%), Grieķijā (8%) un Turcijā (6,5%). Tātad vairāk nekā 60% no visiem bentonītiem pasaulē iegūst tikai četrās valstīs, kas ir ļoti augsta ražošanas koncentrācija. Kaut arī māli ar bentonītu īpašībām ir zināmi vairāk nekā 120 valstīs, ekonomisku iemeslu dēļ tos iegūst tikai 46 valstīs.

Bentonītu ieguve pieaug visos pasaules reģionos, bet visvairāk – dominējošajās ieguves valstīs (sk. 312. attēlu).

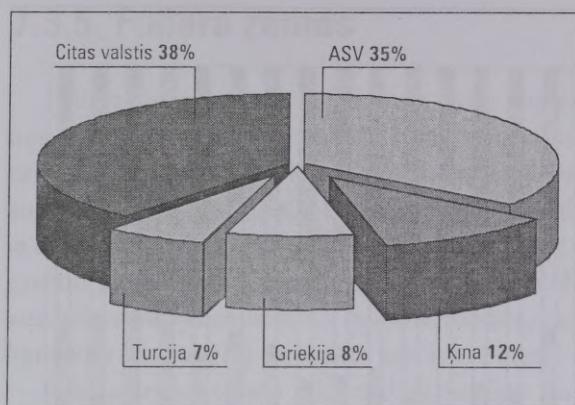
Pasaulē kopumā bentonītu ieguves pieaugums pēdējo gadu laikā sasniedz 7% gadā (sk. 313. attēlu), un tas ir ļoti augsts rādītājs kalnrūpniecībā kopumā.

Detalizēti dati par bentonītu ieguvi 2005. un 2006. gadā nav pieejami, zināmi ir tikai ASV Ģeoloģijas dienesta novērtējumi par kopējo ieguvi (sk. 127. tabulu) – 11,7 miljoni tonnu 2005. gadā un 11,8 miljoni tonnu 2006. gadā. Šie skaitļi nav pietiekami pamatoti un nav izmantojami nepastarpinātos salīdzinājumos.

126. tabula. Bentonītu ieguve pasaulē, tonnās

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004
Alžīrija	22 708	21 282	30 699	28 064	30 319
Argentīna	125 686	135 450	120 006	146 845	163 028
Armēnija	2807	995	328	642	561
ASV	3 760 000	3 970 000	3 790 000	3 940 000	4 550 000
Azerbaidžāna	ND	ND	1500	19 900	ND
Austrālija	99 272	95 429	113 047	135 000	249 000
Bosnija un Hercegovina	10 000	10 000	9 829	13 050	16 500
Brazīlija	317 621	260 282	304 782	392 422	428 183
Bulgārija	173 534	171 092	211 500	145 500	224 900
Čehija	280 000	224 000	174 000	199 000	201 000
Čīle	1314	1695	632	748	101
Dānija	ND	12 166	14 539	16 303	18 352
Dienvīdāfrikas Republika	90 129	108 306	98 313	145 060	55 859
Dienvīdkoreja	67 652	116 098	89 905	40 095	99 173
Filipīnas	1500	5128	2550	3222	ND
Grieķija	1 148 694	1 258 872	1 056 598	1 156 642	1 030 556
Gruzija	7084	7000	7000	9747	1804
Gvatemala	3317	18 469	12 415	6438	ND
Horvātija	10 013	10 580	12 102	13 568	16 000
Indija	500 000	280 000	250 000	240 000	440 000
Indonēzija	5000	5000	5000	5000	5000
Irāna	191 552	174 642	157 571	186 422	176 425
Itālija	636 589	579 029	463 231	474 475	437 659
Japāna	415 115	405 738	437 772	425 945	455 282
Jaunzēlande	9419	8300	7800	10 940	10 050
Kipra	167 000	127 000	128 400	144 859	155 717
Kolumbija	8500	8500	8500	8500	ND
Krievija	500 000	500 000	500 000	500 000	500 000
Kīna	1 124 340	1 289 700	1 400 000	1 500 000	1 500 000
Maķedonija	30 000	25 000	25 000	25 000	25 000
Maroka	43 152	71 741	58 754	71 544	ND
Meksika	269 730	415 133	488 215	464 056	564 015
Mjanma	978	900	900	900	900
Mozambika	16 418	1611	580	684	578
Nikaragva	6490	6000	6000	6300	ND
Pakistāna	14 354	16 441	17 799	17 000	19 150
Peru	21 059	18 217	20 760	14 980	18 471
Rumānija	37 587	24 779	15 389	17 637	18 161
Slovākija	77 000	73 000	65 500	74 700	73 273
Spānija	90 152	120 000	123 457	103 174	79 919
Taizeme	2100	200	1700	1100	ND
Turcija	636 273	674 178	559 224	831 146	850 000
Ukraina	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000
Ungārija	5120	30 441	3700	87 200	9300
Uzbekistāna	15 000	15 000	15 000	15 000	15 000
Vācija	464 616	447 913	495 310	478 796	404 549
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>11 400 000</b>	<b>11 800 000</b>	<b>11 300 000</b>	<b>12 100 000</b>	<b>13 000 000</b>

ND – dati nav pieejami.



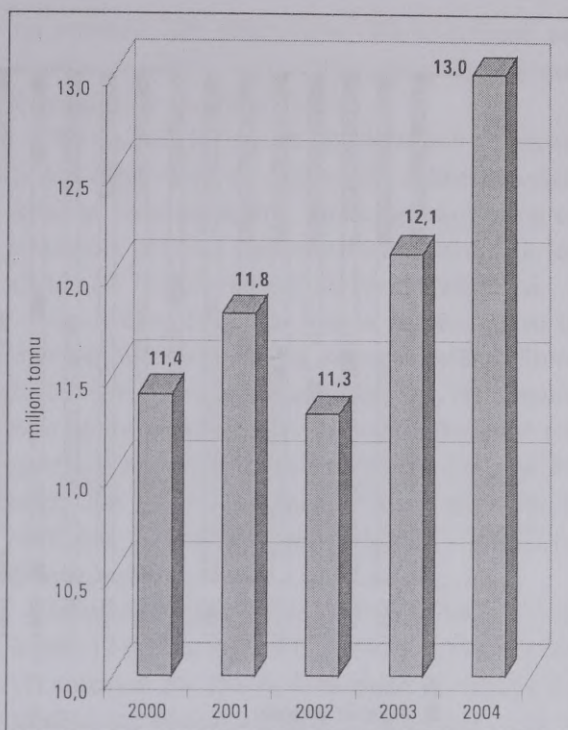
312. attēls. Vadošās valstis bentonītu ieguvē pasaulē (2004)

127. tabula. Bentonītu ieguve pasaulē 2005. un 2006. gadā, pēc ASV Ģeoloģijas dienesta (USGS) novērtējuma, miljonus tonnu

Valsts	2005	2006
ASV (eksports)	4,710	4,620
Brazīlija (imports)	0,227	0,221
Čehija (neattīrīts)	0,200	0,200
Griekija (neattīrīts)	0,950	0,950
Itālija	0,500	0,500
Meksika	0,426	0,450
Neatkarīgo Valstu Sadraudzība (neattīrīts)	0,750	0,800
Spānija	0,150	0,150
Turcija	0,925	0,900
Vācija (eksports)	0,410	0,400
Citas valstis kopā	2,450	2,610
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>11,700</b>	<b>11,800</b>

Bentonītu sākumā izmantoja dažādiem adsorbentiem rūpniecībā, ģeoloģiskajā urbšanā un mājdzīvnieku kopšanā (barības piedevas un "kaķu smiltiņas"). Mūsdienās paplašinās bentonītu izmantošana pārtikas rūpniecībā, abrazīvo materiālu izgatavošanā un kosmētikā. Mūsdienās šis lietojuma spektrs aptver vairāk nekā 10 000 dažādu komerciālo produktu. Tos grupējot, var izsekot, kā mainījušies bentonītu izmantošanas galvenie veidi pēdējos 30 gados (sk. 314. attēlu).

1975. gadā bentonītu visvairāk izmantoja dzelzsrūdas pelizēšanā, metālu liešanas formu izgatavošanā un naftas urbšanas šķidrums pagatavošanā, taču 2003. gadā dominēja adsorbentu izgatavošana, naftas urbšanas šķidrums pagata-

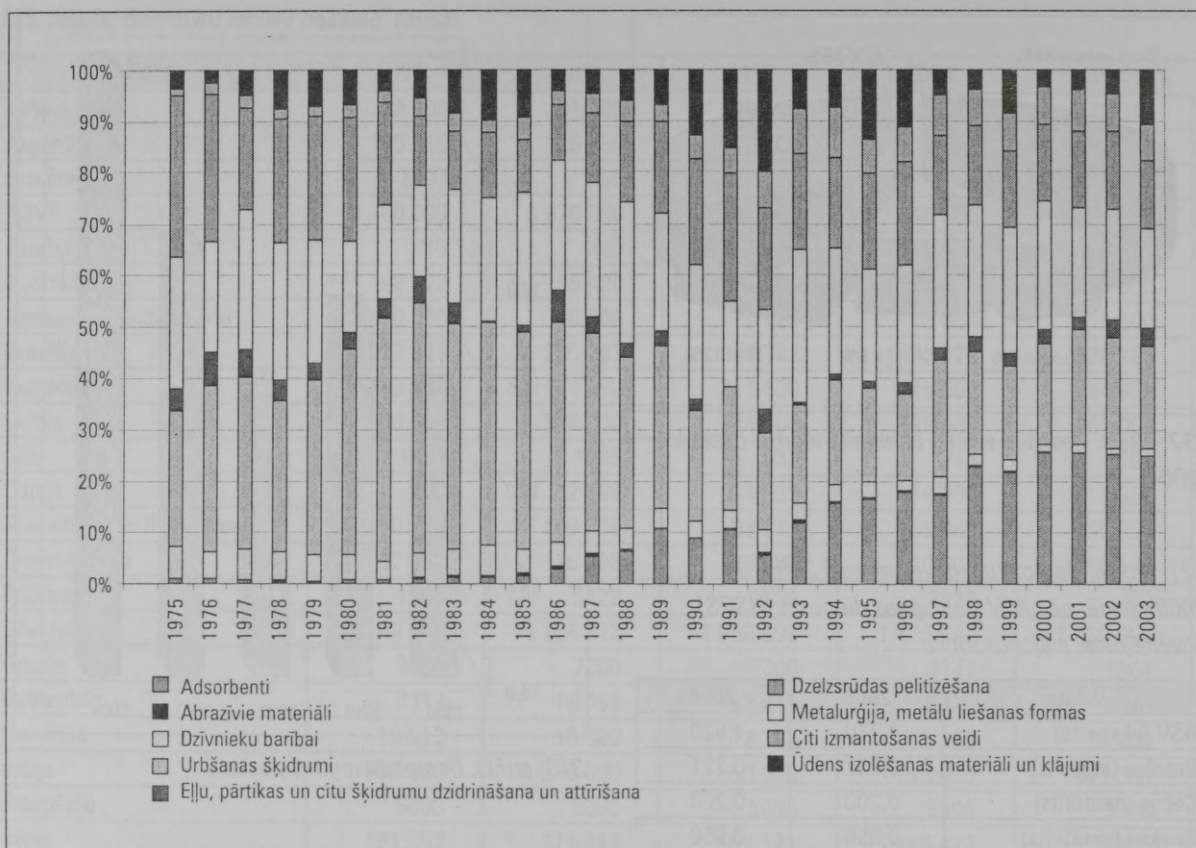


313. attēls. Bentonītu ieguve pasaulē

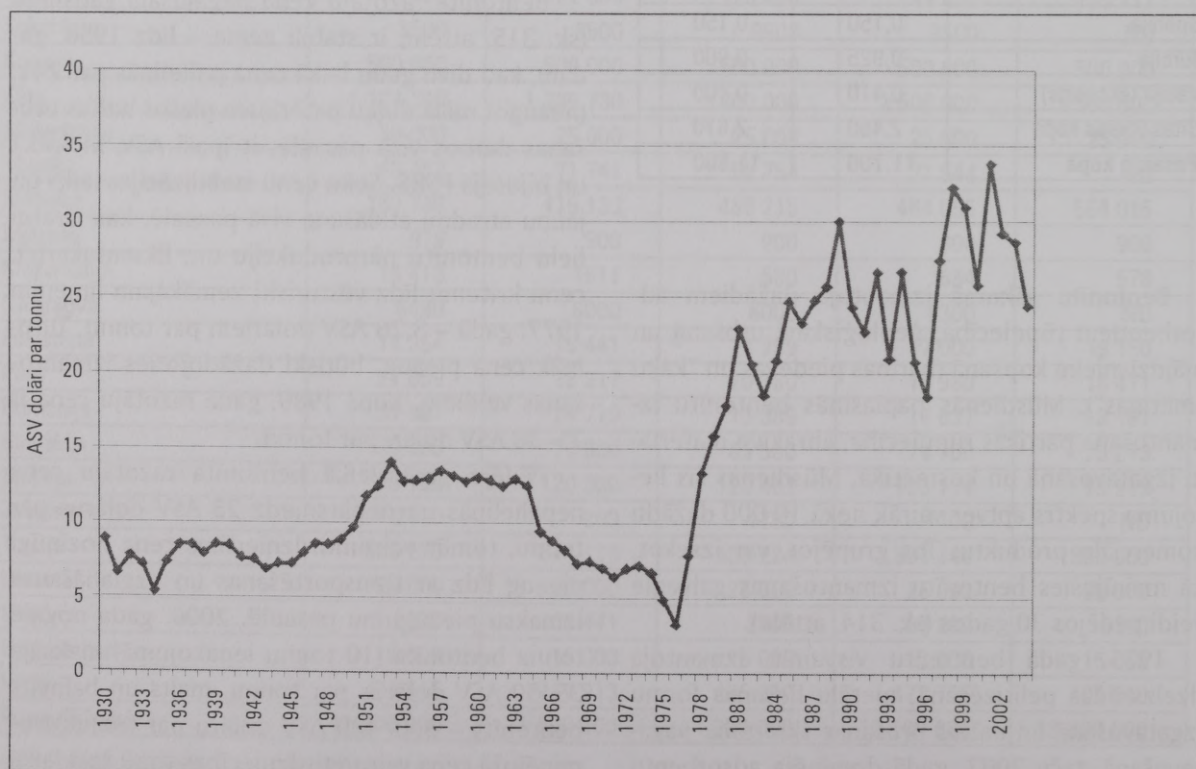
vošana un metāla liešanas formu izgatavošana. Tiek prognozēts, ka arī nākotnē pieaugs bentonītu izmantošana dažādu adsorbentu izgatavošanā.

Bentonīta ražotāju cena pagājušajā gadsimtā (sk. 315. attēlu) ir stabili zema – līdz 1950. gadam, kad divu gadu laikā cena palielinās par 24%, pieaugot māla duļķu patēriņam plašos naftas urbšanas darbos visā pasaulē, it īpaši ASV, Meksikā un bijušajā PSRS. Seko cenu stabilizācijas laiks un jaunu atradņu atklāšana visā pasaulē, kas izraisa lielu bentonītu pārprodukciju un, likumsakarīgi, cenu kritumu līdz vēsturiski zemākajam līmenim 1977. gadā – 3,26 ASV dolāriem par tonnu. Turpmāk cena pieaug, būtiski dažādojoties izmantošanas veidiem. Kopš 1989. gada ražotāju cena ir 25–30 ASV dolāri par tonnu.

Pēdējo gadu laikā bentonīta ražotāju cena nepalielinās un nepārsniedz 25 ASV dolārus par tonnu, tomēr vairumtirdzniecības cena nozīmīgi pieaug līdz ar transportēšanas un uzglabāšanas izmaksu pieaugumu pasaulē. 2006. gada nogalē tonna bentonīta (10 tonnu iepakojumā) maksāja 35–50 ASV dolārus par tonnu, malts un balināts bentonīts – 350–400 ASV dolāru par tonnu. Dominējošā cena vairumtirdzniecības tirgū šajā laikā bija 110–135 ASV dolāri par tonnu piegādes ostā.



314. attēls. Bentonītu izmantošanas galvenās jomas



315. attēls. Bentonīta ražotāju cenas izmaiņas

### 7.3.5. Fullera zemes

Fullera zemes ir visu neplastisko mālu kopīgs nosaukums, kas var tikt izmantoti šķidrums dzidrināšanai, dzīvnieku izcelsmes tauku, minerālo un augu eļļu attīrīšanai. Tām raksturīgs augsts magnija oksīda saturs, kā arī dolomīta, kalcīta un kvarca graudu piemaisījumi. Ziemeļamerikā izšķir vairākus fullera zemju paveidus – montmorilonīta, poligorskīta (atapulģīta) vai jaukta sastāva zemes.

Fullera zemes pirmo reizi atklāja Anglijas ziemeļaustrumos Oksfordšīrā kā dažu māla slāņu īpašās spējas attaukot vilnas audumus un atbrīvot tos no raksturīgās smakas, turklāt neietekmējot aušanas kvalitāti un nepalēninot šos tehnoloģiskos procesus, pirms audums tiek krāsots un presēts. Teika stāsta, ka tas ir bijis tik muļķīgs atklājums, ka atradums tā arī nosaukts par muļķu māliem, bet vēlāk labskanības dēļ – par muļķu zemi. Patiesībā terminu 1799. gadā ieviesa angļu dabaszinātnieks V. Smits (*William Smith*), aprakstīdams dažādu mālu slāņus Oksfordšīras grāfistē Batas (*Bath*) apkārtnē. Šo mālu slāņi tika izdalīti kā noteikts izsekojams horizonts, kam pat piešķīra stratigrāfisku nozīmi (Juras perioda stratigrāfiskās vienības – epochas jeb stāva kategorijā) un nosauca to par Fuloniju (*Fullonian*). Mūsdienās tos sauc par Liasa jeb Juras perioda agrās epochas nogulumiem. Anglijas ģeoloģiskajā pētniecībā šiem V. Smita pētījumiem bija izcila nozīme, jo tie pirmo reizi ļāva slāņus izsekot ļoti lielās platībās un savstarpēji korelēt nogulumus pat tad, ja to sastāvs nozīmīgi atšķīrās.

Vāciski to sauc *Walkererde*, franciski – *terre d'foulon*, *argile smectique*, citās valodās – galvenokārt par argilītiem. Fullera zemju krāsa parasti ir zaļgana līdz olīvzaļai, dēdēšanas garozās tā iegūst brūnus toņus, tā viegli drūp gabalos, bet ūdenī nekļūst plastiska. Taustot ar mēli, šķiet, ka gabaliņš pielīp pie mēles, kas liecina par ļoti augstu adsorbcijas spēju. Tās blīvums parasti ir 1,7–2,4 g/cm<sup>3</sup>, bet mainās atkarībā no viengabalainuma.

Fullera zemes sastāv no sīkiem (mazākiem par 0,7 mm) šķautņainiem graudiņiem, kuru minerālo sastāvu praktiski nav iespējams noteikt. Iezis veidojas, dēdējot galvenokārt laukšpatiem, tāpēc to ķīmiskajā sastāvā parasti ir ne mazāk kā 44–55% SiO<sub>2</sub> un ne vairāk kā 11–23% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 2,5%, CaO – 5–6%, MgO – 1,5%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,03%. Fullera zemes ir sastopamas dažādu vecumu veidojumos –

no ordovika līdz oligocēnam. Tās veidošanās nav saistīta ar kādām kardinālām pārmaiņām Zemes ģeoloģiskajā attīstības vēsturē.

Mūsdienās fullera zemju lietošana ir būtiski paplašināta – līdz adsorbentiem dažādu speciālu ķīmisko vielu savākšanai (īpaši ķīmisko ieroču savākšanai), dažādos šķidrums filtrus, medicīnā, ļoti daudz arī “kaķu smiltiņu” masveida ražošanai.

Analizējot datus par fullera zemēm un to izmantošanu, ir jāņem vērā, ka pat speciālajā literatūrā šie iezī tiek jaukti ar diatomītu. Ne vienmēr tā ir kļūda, jo atbilstoši rūpnieciskajā ieguvē piemērtajai klasifikācijai diatomīti, kas satur vairāk nekā 30% mālu, tiek klasificēti un uzskaitīti kā māli, bet to īpašības šajā gadījumā ir ļoti tuvas fullera zemēm.

Mūsdienās rūpnieciskos mērogos fullera zemes iegūst 12 valstīs, kopā 4,5–5 miljonus tonnu gadā. Vēl aptuveni 20–25 valstīs to iegūst, visbiežāk klasificējot (ar nosaukumu) kā argilītus, bet tajās iegūtais daudzums kopā nepārsniedz 100 tūkstošus tonnu gadā, un tie tiek izmantoti adsorbentu ražošanai vietējam patēriņam. Dati par fullera zemēm, kas iegūtas no Zemes dzīlēm, ir nepilnīgi. Dienvidāfrikas Republikā, Senegālā un Spānijā tiek iegūti atapulģīti, Turcijā un Spānijā – sepiolīti.

Fullera zemju krājumi pasaule nav zināmi, jo ASV un Apvienotajā Karalistē, arī Meksikā, šo mālu slāņi 1,7–14 metru biezumā atrodas vairāku tūkstošu kvadrātkilometru platībā. Tie ir labi zināmi un var tikt iekļauti ekspluatācijā, ja vien tirgus apstākļi būs labvēlīgi. Oksfordšīrā ir novērtēts, ka no katra kvadrātkilometra šeit nākotnē saimnieciskām vajadzībām var iegūt vismaz 17,2 miljonus tonnu fullera zemju.

ASV (sk. 128. tabulu) iegūst nelielu daudzumu vairāk par 70% no visā pasaulē saražotajām fullera zemēm, Spānijā (kopā ar atapulģītu un sepiolītu) – 13%. Salīdzinoši daudz fullera zemju iegūst arī Senegālā, Meksikā un Japānā.

Detalizēti dati par fullera zemju iegūvi 2005. un 2006. gadā nav pieejami, ir zināmi tikai ASV Ģeoloģijas dienesta novērtējumi par kopējo iegūvi (sk. 129. tabulu) – 5,610 miljoni tonnu 2005. gadā un 5,160 miljoni tonnu 2006. gadā. Šie skaitļi nav pietiekami pamatoti un nav izmantojami nepastarpinātos salīdzinājumos.

Fullera zemju izmantošanas veidu dažādība (sk. 316. attēlu) balstās uz adsorbējošo īpašību

128. tabula. Pasaulē iegūto fullera zemju daudzums, tonnās

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004
Alžīrija	3431	3254	3521	2573	2284
Apvienotā Karaliste	65 500	52 000	44 200	33 900	27 540
Argentīna	1500	1500	1500	1500	1500
ASV	2 910 000	2 890 000	2 730 000	3 600 000	3 260 000
Austrālija	11 860	13 194	11 926	11 187	10 142
Dienvīdāfrikas Republika (atapulgīts)	10 287	9 200	13 918	14 585	20 419
Dienvīdkoreja	28 400	38 378	18 757	32 685	26 487
Indija	130 000	150 000	190 000	ND	ND
Itālija	25 384	19 815	24 595	250	300
Japāna	124 671	120 522	117 099	123 545	109 657
Maroka	30 665	40 664	43 243	14 944	15 000
Meksika	51 685	148 194	147 064	152 917	129 502
Pakistāna	17 978	13 668	15 951	14 723	13 986
Polija	4 000	ND	ND	ND	ND
Senegāla (atapulgīts)	148 700	121 100	176 454	176 857	180 000
Spānija (atapulgīts)	28 307	24 477	22 918	18 975	18 000
Spānija (sepiolīts)	596 324	600 000	564 610	548 728	550 000
Turcija (sepiolīts)	18 295	10 253	ND	ND	ND
<b>Fullera zemes pasaulē kopā</b>	<b>4 200 000</b>	<b>4 300 000</b>	<b>4 100 000</b>	<b>5 000 000</b>	<b>4 600 000</b>

ND – dati nav pieejami.

129. tabula. Fullera zemju ieguve pasaulē 2005. un 2006. gadā, pēc ASV Ģeoloģijas dienesta novērtējuma, miljonus tonnu

Valsts	2005	2006
Apvienotā Karaliste	0,140	0,140
ASV	2,990	2,980
Itālija	0,030	0,030
Meksika	0,107	0,110
Spānija	0,720	0,700
Vācija (eksports)	0,500	ND
Citas valstis kopā	1,120	1,200
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>5,610</b>	<b>5,160</b>

ND – dati nav pieejami.

izmantošanu tirgus apstākļu noteiktā konkurencē ar bentonītiem un diatomītiem. Pēdējos 30 gados ļoti nozīmīgi ir palielinājusies fullera zemju izmantošana mājdzīvnieku atkritumu adsorbentu ražošanā, bet samazinājusies urbsanas šķidrums izgatavošanā.

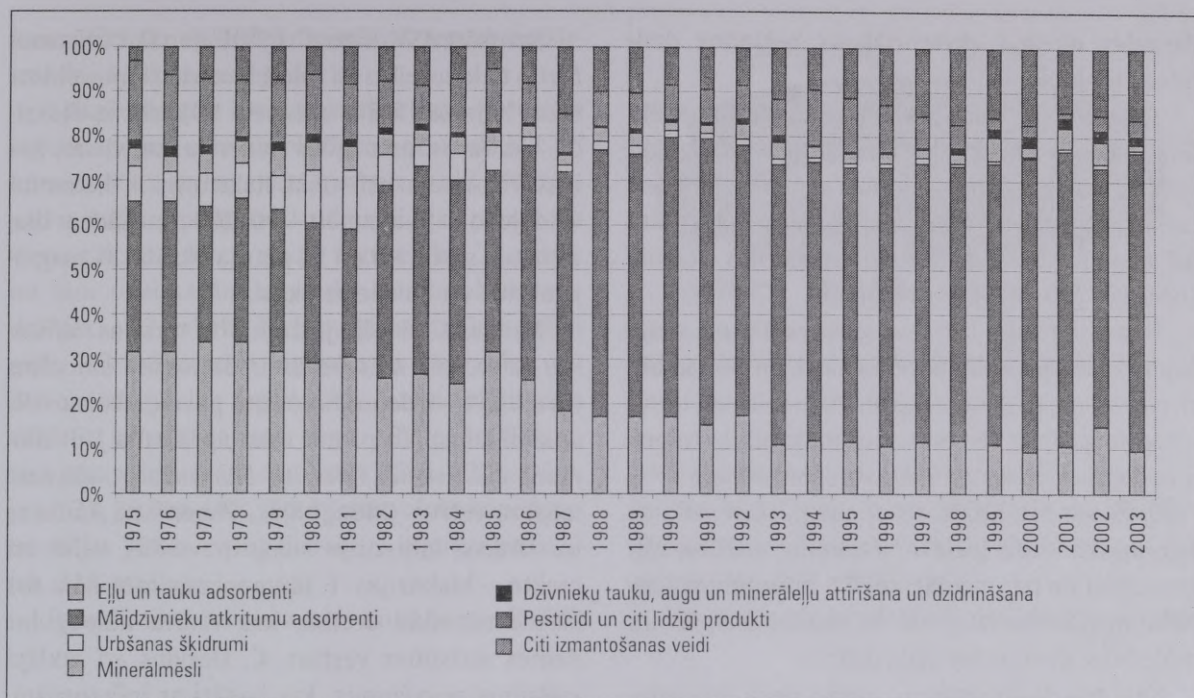
Fullera zemes nav dārgs derīgais izrakteņš un rūpniecības izejviela. To ražotāju cena (sk. 317. attēlu) ir konservatīva un ilgstoši mainās maz, pakāpeniski reaģējot uz saistīto izmaksu izmaiņām.

Pēc tūkstošgades mijas fullera zemju ražotāju cena pasaulē tika saglabāta nedaudz zem "kritis-

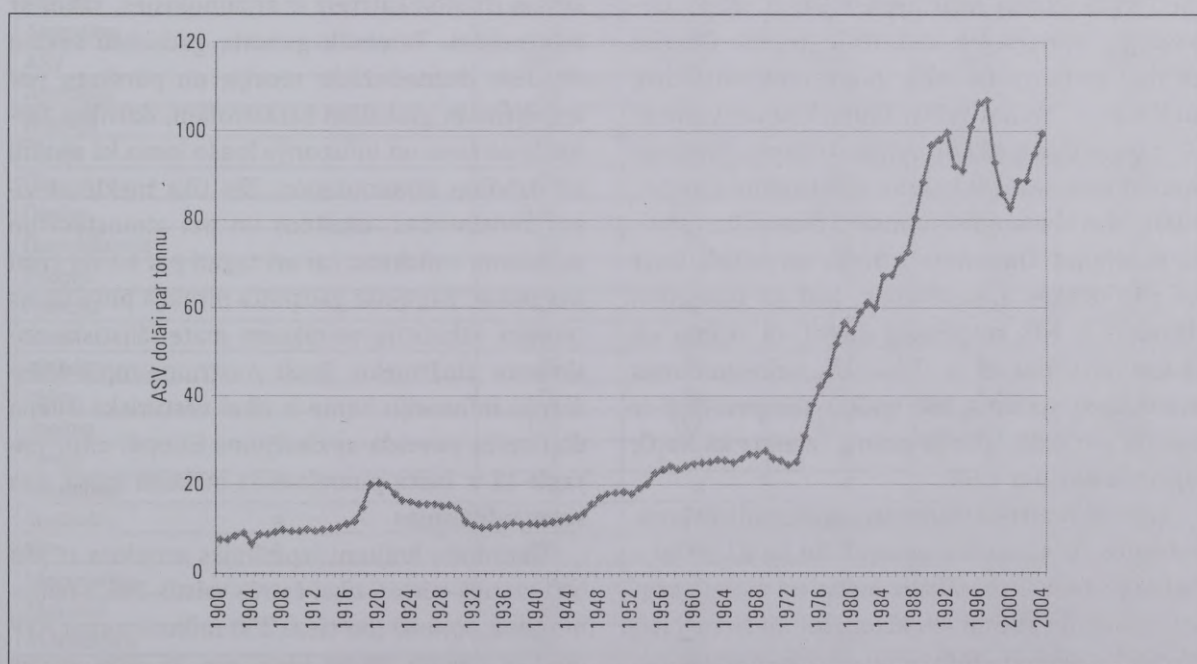
kās" robežas – 100 ASV dolāru par tonnu, bet tā tika pārķapta 2004. gada nogalē. 2007. gada sākumā tā jau bija 115–120 ASV dolāru par tonnu. Atšķirīga ir cenas dinamika vairumtirdzniecībā – līdz 2005. gadam 50 mārciņu standarta fullera zemju iepakojums maksāja 80–90 ASV dolāru, bet 2007. gada sākumā – tikai 75 ASV dolārus. Pārtikas rūpniecībā izmantojamās fullera zemes (attīrītas, maltas, fasētas) vairumtirdzniecībā 2007. gada sākumā maksāja 2,4–2,5 tūkstošus ASV dolāru par tonnu.

### 7.3.6. Diatomīti

Diatomīti ir ļoti viegli, gaiši un mehāniski neizturīgi ieži ar sīkporainu uzbūvi. Tie ir baltas, pelēki baltas, dzeltenīgas krāsas irdeni, dažreiz vāji cementēti, pēc izskata atgādina kaolīna mālus vai krītu. Diatomīti sastāv no diatomeju (planktona kramaļģes) čauliņām, kuras cementē opāls. Šie ieži bieži ir vāji saistīti, ir irdeni un sīkslāņoti. Mūsdienās diatomīti plaši veidojas okeānu dziļūdens ieplakās, īpaši okeānos polārajos reģionos, bet ļoti reti – arī ezeros. Svarīga diatomītu atšķirības pazīme ir sīkporainums, kā dēļ tie līp pie mēles.



316. attēls. Fullera zemju galvenie izmantošanas veidi



317. attēls. Fullera zemju ražotāju cenas izmaiņas

Saimnieciskajā dzīvē un pēc to ieguves no Zemes dzīlēm diatomīti ir kopējs nosaukums ģeoloģijā nereti citādāk, pēc to veidošanās apstākļiem klasificētiem nogulumiem. Pazīstamākie ir radiolarīti, spongīti, trepeli un infuzoriju zemes.

Radiolarīti ir iezī ar slāņotu, bieži sīkslāņotu

tekstūru ar baltu, gaiši pelēku vai tumši pelēku krāsu. Tie sastāv no opāla, kurā ir izkļiedētas daudzas radiolāriju (vienšūnas planktona organismi) čauliņas, iezī gandrīz vienmēr ir māla, organiskās vielas un dzelzs sulfīdu piejaukums. Radiolarīti veidojas arī mūsdienās, galvenokārt

Pasaules okeāna ekvatoriālajos reģionos dziļūdens ieplakās.

*Spongolīti* ir balti, gaiši pelēki, zaļganpelēki līdz tumši pelēki poraini ieži, kurus veido sūkļu spīkulas (sūkļu adatas) un opāla cements, bieži satur arī smilts, aleirīta un glaukonīta piejaukumu. Arī spongīti veidojas mūsdienās Pasaules okeānā, visbiežāk 200–500 metru dziļumā.

*Trepeli* ir pilnīgi balti vai gaiši pelēki no opāla mikroskopiskām lodītēm veidoti ieži, un tie gandrīz vienmēr satur arī diatomejas un sūkļu spīkulas. Iezim ir raksturīgs opāla cements. Tiek uzskatīts, ka trepeli ir veidojušies no diatomītiem un spongolītiem.

*Opokas* ir ļoti līdzīgas trepeliem, tikai atšķiras ar tumšāku krāsu (pelēka, dzeltenīgi pelēka, zaļganpelēka un pat melna), lielāku blīvumu un augstāku mehānisko izturību. To sastāvā ir opāls un halcedons, dažreiz arī māla daļiņas.

Kopumā diatomītam ir vairāk nekā 30 variētāšu, bez jau nosauktajām plašāk vēl ir zināms tripolīts (*Tripolite Dakine* – iegūst Tripoles apkārtnē Lībijā), banna māli (iegūst Banas ielejā Ziemeļriijā), molers jeb mo māli (iegūst Dānijas ziemeļrietumos) un citi, piemēram, diahidro, kīzelgūrs, celīts vai selīts. Tāpēc Eiropas Savienībā ir pieņemta īpaša direktīva – Eiropas Kopienu Kombinētās nomenklatūras skaidrojumi (2006/C 50/01), kas viennozīmīgi nosaka diatomīta termina lietojumu. Diatomīts ir balts un paliek balts arī pēc tālākas kalcinēšanas, kad šā diatomīta stāvoklis ir 10% suspensija ūdenī, tā skābju un sārmu (pH) līmenis ir 7,5–10,5, uzliesmošanas (aizdedzes) zudums 900 grādu temperatūrā ir mazāks par 0,5%, nātrijs saturs, izteikts kā Na<sub>2</sub>O, tajā ir lielāks par 1,5%.

Latvijas statistikā diatomītus apskata divās komponentēs, bet pamatā pozīcijā 14.50.23.20.00 – diatomīts (ieskaitot silikātu augsni un molera augsni, infuzoriju augsni jeb kīzelgūru un trepeli jeb *tripolite*), atsevišķi – infuzoriju silīcijzemes (piemēram, kalnu milti, trepelis, diatomīts) un analogiskas silīcijzemes, nekarsētas vai karsētas, ar īpatnējo svaru 1 vai mazāku. Pievienotā skaidrojumā statistikas nomenklatūrai ir norādīts diatomīts kā iesārts vai gandrīz balts pulveris (krāsa nemainās pat pēc kalcinēšanas) ar šādām fizikālām un ķīmiskām īpašībām: mitruma saturs (0,1–0,2%), zudums karsējot (0,3–0,4%), pH (10% suspensija; 6–8), nātrijs (% Na<sub>2</sub>O – 0,3–3,5%).

Savukārt ASV diatomīts ("DE" jeb *Diatomaceous Earth*) tiek noteikts kā saldūdens vienzūņu veidots iezis, kura sastāvā ir aptuveni 90% silīcija dioksīda. Tas var saturēt tādus minerālus un vielas, kas ir svarīgas augu attīstībai. Raksturīgi ir diatomītu veidojošo daļiņu izmēri – 10–200 μm. Šādam diatomītam sastāvā ir arī 5% nātrijs oksīda, 3% magnija oksīda un 2% dzelzs oksīda.

Nedaudz plašāk jāizskaidro termins *infuzoriju zeme*, kas mūsdienās ir diatomīta sinonīms (ģeoloģijā – irdeno diatomītu paveida vēsturisks apzīmējums). To pirmo reizi aprakstīja J. F. Blūmenbahs (*Johann Friedrich Blumenbach*), sākumā izdalot četrus (Mongolijas, Amerikas, Kaukāza un Āfrikas) infuzoriju zemju paveidus, vēlāk arī piekto – Malaizijas. F. Blūmenbahs mēģināja tos kārtot noteiktā secībā, kas varētu atspoguļot Zemes attīstības vēsturi. Č. Darvins arī atklāja mālāinus nogulumus, kas bagāti ar infuzorijām, un 1849. gadā viņš skaidroja to kā pazīmi, ka Zemes vēsturē ir bijušas vairākas katastrofas, pēc kurām dzīvība katrreiz ir atjaunojusies, sākot ar infuzorijām. Turpmāk gandrīz gadsimtu sekoja simtiem dažnedažādu teoriju un pārskatu par iespējamām globālām katastrofām, dzīvības formu izmiršanu un infuzoriju īpašo lomu kā norādi uz dzīvības atjaunošanos. Tās tika meklētas visos kontinentos, okeānos un pat atmosfērā un mūsdienu vulkānos. Lai arī tagad par to var tikai pavīpsnāt, pagājušā gadsimta pirmajā pusē šādas teorijas atbalstīja vairākums materiālistiski noskaņotu zinātnieku, īpaši Austrumeiropā. Mūsdienās infuzoriju zeme ir tikai vēsturisks irdena diatomīta paveida apzīmējums Eiropā, citur pasaulē tā ir balta pumekveida mālaina masa, kas satur infuzorijas.

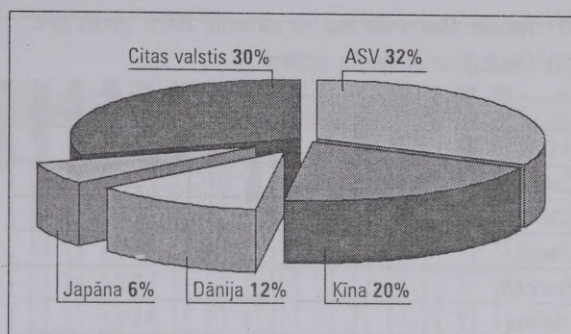
Diatomīta krājumi izpētītajās atradnēs ir ļoti lieli un tiek vērtēti tikai četrās valstīs 366,5 miljoni tonnu apjomā (no tiem 250 miljoni tonnu ASV un 110 miljoni tonnu Ķīnā), vēl 35 citās valstīs pasaulē kopā 550 miljoni tonnu apjomā. Papildus izpētītajiem krājumiem atradnēs vēl ir pieejami 590 miljoni tonnu diatomīta nepietiekami izpētītās iegulās vai atradnēs, kurās ekonomiski diatomītu iegūt patlaban nav lietderīgi.

Diatomītu saimnieciskajā dzīvē izmanto jau vairākus gadsimtus, bet ļoti ierobežotā daudzumā kā adsorbentu nevēlamu piemaisījumu nodalīšanai vīna rūpniecībā, pārtikas eļļu filtrēšanai,

kosmētikā un medicīnā. Tomēr tā ieguve nepārsniedza 10–15 tonnu gadā.

Laikposmā pēc Otrā pasaules kara diatomīta ieguve apjoma ziņā palielinājās, bet vienlaikus arī koncentrējās arvien mazāk valstīs. Kopš tūkstošgades mijas diatomītu daudzumā, kas pārsniedz vienu tūkstoti tonnu gadā, iegūst tikai 31 valstī, no tām tikai savām un tiešo kaimiņvalstu vajadzībām – 12 valstīs. Tiek prognozēts, ka tuvāko gadu laikā diatomīta ieguve tiks pārtraukta vēl 3–5 valstīs, jo jau tagad tikai četras valstis pārvalda šo minerāliežu tirgu. ASV iegūst 32% no visā pasaulē patērētā diatomīta, Ķīna – 20%, Dānija – 12%, Japāna – 6%, tātad šajās valstīs kopā koncentrējas 70% no visas diatomīta ieguves pasaulē (sk. 318. attēlu).

Pasaulē tikai četras valstis kopā kontrolē 70%



318. attēls. Vadošās diatomīta ieguvējvalstis (2005)

no diatomīta ieguves pasaulē, bet divas valstis – ASV un Ķīna kopā – vairāk nekā 50%. Detalizētāks pārskats par diatomīta ieguvi pasaulē kopš tūkstošgades mijas – 130. tabulā.

Par 2006. gadu ir pieejami tikai vienkāršoti dati

130. tabula. Diatomīta ieguve pasaulē, tūkstošos tonnu

Valsts	2001	2002	2003	2004	2005
Alžīrija	3	3	3	3	3
Argentīna	17	23	36	8	10
ASV	644	624	599	620	653
Austrālija	20	20	20	20	20
Brazīlija	7	6	7	7	8
Čehija	83	28	41	33	35
Čīle	23	30	26	30	30
Dānija	231	230	232	233	234
Dienvidkoreja	28	21	16	2	2
Etiopija	8	1	1	2	2
Francija	85	80	80	75	75
Irāna	ND	2	10	8	8
Islande	30	26	28	28	29
Itālija	25	25	25	25	25
Japāna	129	124	112	125	130
Kenija	8	1	8	8	8
Kolumbija	4	4	4	4	4
Kostarika	26	26	26	27	27
Ķīna	350	370	380	390	410
Maķedonija	5	5	5	5	5
Meksika	69	62	53	59	62
Mozambika	ND	ND	ND	3	5
Neatkarīgo Valstu Sadraudzība	80	80	80	80	80
Peru	35	35	35	35	35
Polija	1	1	1	1	1
Portugāle	8	8	8	8	8
Rumānija	10	20	31	30	30
Spānija	35	35	35	35	35
Taizeme	1	1	1	1	1
Turcija	10	10	10	10	10
Vācija	50	54	55	54	55
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>2000</b>	<b>1950</b>	<b>1950</b>	<b>1950</b>	<b>2020</b>

ND – dati nav pieejami.

131. tabula. Diatomīta ieguve pasaulē 2006. gadā, pēc ASV Ģeoloģijas dienesta datiem

Valsts	Ieguve, tūkstošos tonnu
ASV	655
Čehija	35
Čīle	27
Dānija	234
Francija	75
Japāna	130
Kīna	420
Meksika	60
Neatkarīgo Valstu Sadraudzība	80
Peru	35
Rumānija	2
Spānija	35
Vācija	55
Citas valstis kopā	181
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>2 020</b>

par diatomītu ieguvi pasaulē (sk. 131. tabulu), un tie būtiski neatšķiras no datiem par iepriekšējiem gadiem (sk. 130. tabulu).

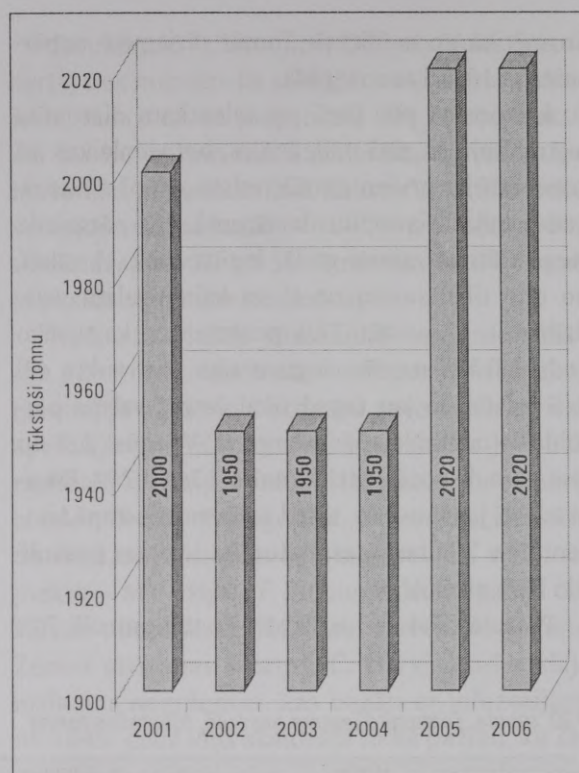
Pasaulē kopumā diatomīta ieguve stabilizējas aptuveni 2 miljonu tonnu līmenī gadā (sk. 319. attēlu). Tāds ieguves apjoms tiek prognozēts arī 2007. gadā.

Diatomīta rūpnieciska ieguve tika sāta tikai pēc Pirmā pasaules kara. Detalizētāka statistika ir pieejama par pēdējiem 30 gadiem (sk. 320. attēlu), tomēr arī tā ir nepilnīga – nav drošu datu par patērētā diatomīta daudzumu adsorbentu ražošanā līdz 1997. gadam, citiem izmantošanas veidiem līdz 1983. gadam un izolācijas materiālu izgatavošanu no diatomīta pēc 1982. gada. Ir zināms, ka šie lielumi ir maznozīmīgi, tomēr ar šo datu trūkumu ir jārēķinās.

Diatomīta izmantošana par pildvielu, dažādiem pildmateriāliem būtiski samazinās (tos aizstāj sintētiskie materiāli), bet palielinās diatomīta kā lēta dabiskā filtrējoša materiāla izmantošana ķīmiskajā rūpniecībā, naftas pārstrādē un ūdens attīrīšanas iekārtās.

Izmantošanas veidu izmaiņas būtiski neietekmē diatomīta ražotāju cenas dinamiku (sk. 321. attēlu), jo to ražo daudzas valstīs vairāk nekā 200 kompānijas, kas savstarpēji konkurē par noieta tirgiem.

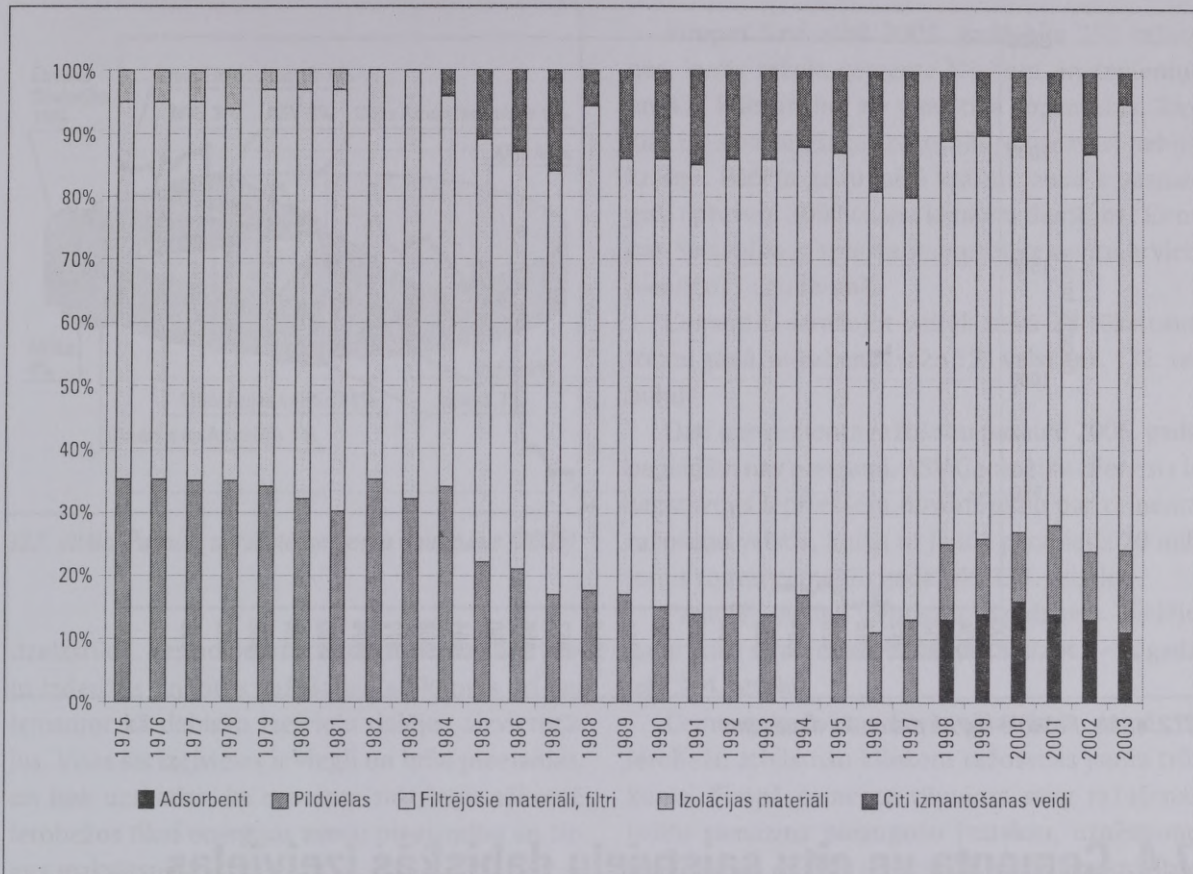
Savu specifisko īpašību un zemās cenas dēļ diatomīts tieši nekonkurē mūsdienu tirgū ar ci-



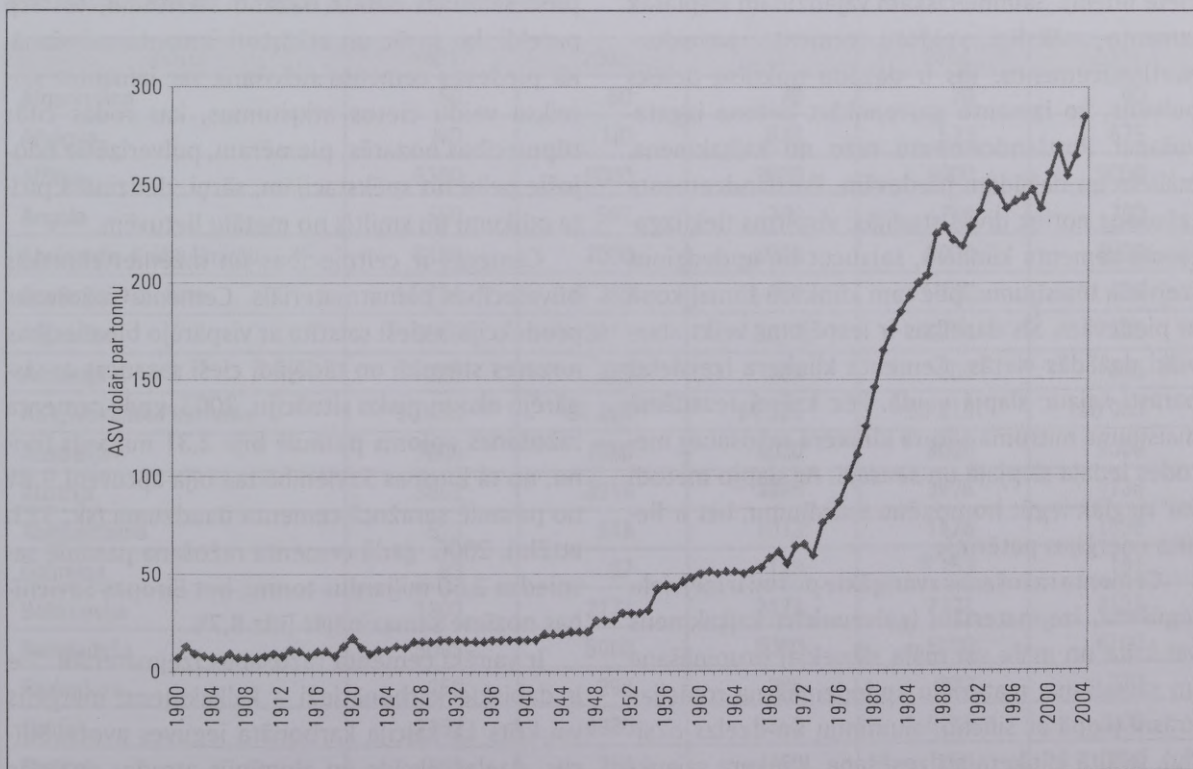
319. attēls. Diatomīta ieguve pasaulē

tiem dabiskajiem materiāliem filtrēšanas vajadzībām (bentonītu, fullera zemēm, ceolītiem u. tml.), tāpēc tā ražošanas apjoms ir stabils ilgstošā laikposmā (sk. 322. attēlu).

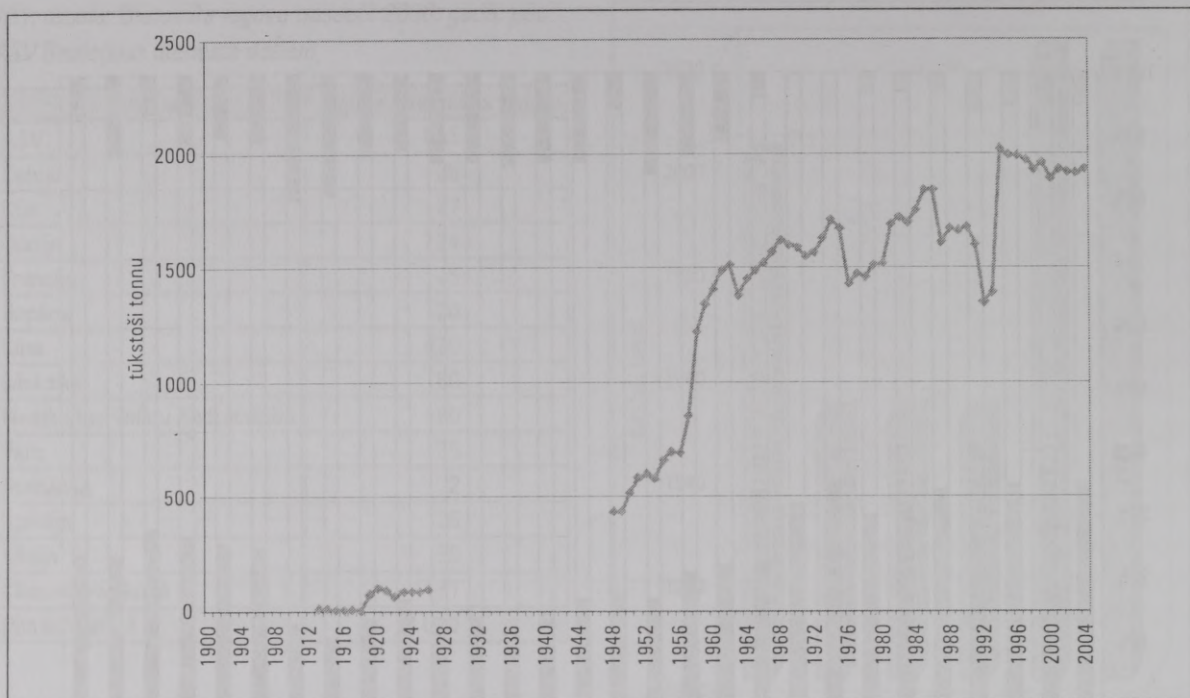
Diatomīta cena pasaulē pagājušā gadsimta laikā mainījās ļoti pakāpeniski līdz 1973. gadam, pieaugot ražošanas izmaksām. Ražošanas izmaksas turpināja pieaugt, sadārdzinoties energoavotiem un strauji pieaugot pieprasījumam pēc augstas kvalitātes adsorbentiem. Līdz 1985. gadam diatomīta ražotāju cena pieauga trīs reizes un paaugstinājās vēl dažus gadus. Vēlāk cenas pieauguma temps samazinājās par 3–4% gadā, bet 1991. gadā tika sasniegta pārprodukcija, un krīze tika pārvarēta tikai 1994. gadā, kad ražošanas apjoms un cena stabilizējās. Ražotāju cena, pieaugot energoresursu cenai, paaugstinājās tikai 2004. gadā – līdz 270–290 ASV dolāriem par tonnu. Tiek prognozēts, ka cena pieaugs arī tuvākajos gados vidēji par 3–5% gadā. 2007. gadā ražotāju cena bija 295–310 ASV dolāru par tonnu, vairumtirdzniecības cena – 350–360 ASV dolāru par tonnu (iepirkumiem virs 100 tonnām), mazākiem iepirkumiem – 390–400 ASV dolāru par tonnu.



320. attēls. Galvenie diatomīta izmantošanas veidi



321. attēls. Diatomīta ražotāju cenas izmaiņas



322. attēls. Pasaulē iegūtā diatomīta daudzums

## 7.4. Cementa un citu saistvielu dabiskās izejvielas

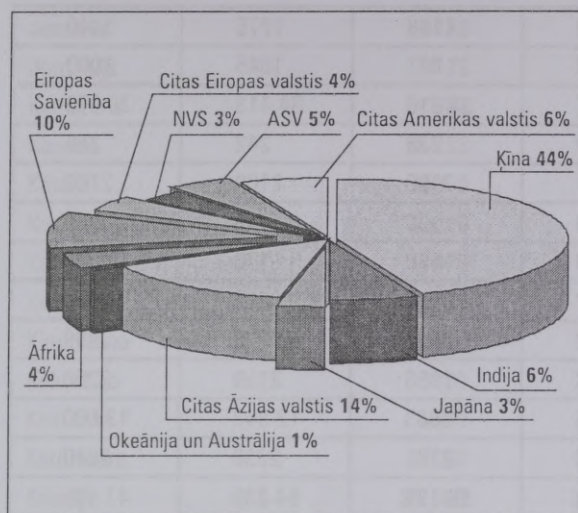
Cements ir hidrauliska saistviela (saistviela, kas cietē ūdenī). Saimnieciskām vajadzībām visplašāk izmanto mākslīgi veidotu cementa paveidu – portlandcementu. Tas ir dažādu nokrāsu pelēks pulveris, ko izmanto galvenokārt betona izgatavošanai. Portlandcementu ražo no kaļķakmens, māliem un dažādām piedevām. Portlandcimenta ražošana notiek divās stadijās: vispirms tiek izgatavots cementa klinkers, sajaucot un apdedzinot izejvielu maisījumu, pēc tam klinkeru samal kopā ar piedevām. Šīs darbības ir iespējams veikt atsevišķi dažādās vietās. Cementa klinkera izejvielas parasti sajauc slapjā veidā. Pēc krāsnī ievadāmā maisījuma mitruma satura klinkera ražošanas metodes iedala slapjajā un sausajā. Ar slapjo metodi var vieglāk iegūt homogēnu maisījumu, bet ir lielāks enerģijas patēriņš.

Cementa ražošanas svarīgākie posmi ir izejvielu iegūšana, izejmateriālu (galvenokārt kaļķakmens vai krīta un māla vai māla slānekļa) drupināšana un samalšana, materiālu apdedzināšana rotācijas krāsnī (kopā ar silīciju, alumīniju un dzelzs oksīdu), iegūtā klinkera atdzesēšana, klinkera sajaukšana ar ģipsi, gatavā cementa smalcināšana, uz-

glabāšana un papildīšana maisos. Tehnoloģiskajā procesā rodas daudz dažādu atkritumu, tostarp putekļi, ko savāc un atkārtoti izmanto ražošanā. Kā piedevas cementa ražošanā var izmantot noteiktu veidu cietos atkritumus, kas rodas citās rūpniecības nozarēs, piemēram, pulverizētie lidojošie pelni no spēkstacijām, sārņi, dedzināta pīrīta atlikumi un smiltis no metālu lietuvēm.

Cements ir celtniecības un inženiertehniskās būvniecības pamatmateriāls. Cementa ražošanas produkcija ir tieši saistīta ar vispārējo būvniecības nozares stāvokli un tādējādi cieši sasaucas ar vispārējo ekonomisko situāciju. 2005. gadā cementa ražošanas apjoms pasaulē bija 2,31 miljards tonnu, no tā Eiropas Savienībā tas bija aptuveni 9,8% no pasaulē saražotā cementa daudzuma (sk. 323. attēlu). 2006. gadā cementa ražošana pasaulē sasniedza 2,50 miljardus tonnu, bet Eiropas Savienības nozīme samazinājās līdz 8,7%.

Ir vairāki cementa ražošanas izejmateriāli. Tie ir dabiskie karbonātieži – kaļķakmens, mergēlis vai krīts kā kalcija karbonāta ieguves avots. Silīcijs, dzelzs oksīds un alumīnijs atrodas dažādās rūdās un izrakteņos – smiltīs, slānekļī, māla un



323. attēls. Pasaulē saražotā cementa daudzums (2005)

dzelzsrūdā. Termoelektrocetrāļu pelnus, kurtuvju izdedžus un citus ražošanas atlikumus arī var izmantot kā dabisko izejvielu daļējus aizvietotājus. Visas šīs izejvielas ir viegli un brīvi pieejamas, un tiek uzskatīts, ka cementa ražošanu nākotnē ierobežos tikai enerģijas avotu pieejamība un tirgus maksātspēja.

Eiropas Savienībā 2005. gadā bija 252 ražotnes, kurās ražoja cementa klinkeru un cementu, un 437 krāsnis, bet ne visas tika izmantotas. Turklāt 68 smalcināšanas ražotnēs (dzirnavās) nebija krāšņu. Pēdējo gadu laikā krāšņu jauda ir sasniegusi aptuveni 3000 tonnu klinkera dienā, bet Eiropas Savienība ir spiesta importēt cementu arvien pieaugošā daudzumā.

Cementu, saražojot vairāk nekā 25 tūkstošus tonnu gadā, mūsdienās ražo 151 valstī (sk. 132. tabulu).

Dati par cementa ražošanu pasaulē 2006. gadā pagaidām nav pieejami. ASV Ģeoloģijas dienests ir sagatavojis iepriekšēju novērtējumu par cementa ražošanu valstīs, kurās to jauda pārsniedz 20 miljonus tonnu cementa gadā (sk. 133. tabulu).

Pasaulē iegūtā cementa daudzums pēdējo gadu laikā strauji palielinās, sasniedzot 5–8% gadā (sk. 324. attēlu).

Cementa ražošana kopumā attīstās, tomēr to ierobežo atbilstošu klinkera ražošanas jaudu trūkums. Eiropā cementa rūpnīcas savu ražošanas jaudu samazina pieaugošo izmaksu, uzņēmumu izvietojuma pilsētu teritorijās, gaisa aizsardzības

132. tabula. Cementa ražošana pasaulē, tūkstošos tonnu

Valsts	2001	2002	2003	2004	2005
Afganistāna	50	60	70	70	60
Albānija	ND	ND	578	573	575
Alžīrija	8300	9000	9000	9000	9000
Angola	550	597	700	754	760
Apvienotie Arābu Emirāti	6100	7000	8000	8000	8000
Apvienotā Karaliste	11 854	11 265	11 650	11 730	11 470
Argentīna	5545	3911	5217	6254	7595
Armēnija	300	355	384	501	605
ASV, ieskaitot Puertoriko	90 450	91 266	94 329	99 015	100 903
Austrālija	7500	7550	8000	8000	9000
Austrija	3802	3918	3886	3976	4736
Azerbaidžāna	523	848	1013	1428	1538
Bahreina	89	67	129	153	191
Baltkrievija	1803	2171	2472	2731	3131
Bangladeša	5005	5000	5000	5000	5100
Barbadosa	250	298	325	322	320
Beļģija	7157	6980	6550	6715	7000
Benina	250	250	250	250	250

Bolīvija	983	1010	1138	1276	1440
Bosnija un Hercegovina	704	913	891	1045	1000
Brazīlija	38 927	38 027	34 010	34 413	36 673
Bruneja	227	241	236	242	240
Bulgārija	2088	2137	2100	2100	2100
Burkinafaso	50	30	30	30	30
Butāna	160	160	160	170	170
Čehija	3550	3217	3465	3829	3978
Čīle	3513	3462	3622	3798	3999
Dānija	2047	2028	1953	2150	2200
Dienvidāfrikas Republika	8036	8525	8883	12 348	13 000
Dominikāna	2746	3050	2783	2636	2640
Dienvidkoreja	52 046	55 514	59 194	54 330	47 195
Ekvadora	2920	3000	3100	3100	3100
Eritreja	45	45	45	45	45
Etiopija	900	900	1130	1316	1568
Ēģipte	25 700	28 155	26 639	28 763	29 000
Fidži	95	95	100	100	100
Filipīnas	8653	12 614	13 060	13 050	13 000
Francija	19 839	19 437	19 655	20 962	21 277
Franču Gviāna	58	62	60	60	60
Gabona	240	257	260	260	260
Gajāna	315	360	360	360	360
Gana	1900	1900	1900	1900	1900
Grieķija	14 819	14 282	14 638	15 039	15 000
Gruzija	335	347	345	425	450
Gvadelupa	265	230	230	230	230
Gvatemala	2000	1800	1800	1800	1800
Haiti	204	290	300	300	300
Hondurasa	1321	1360	1400	1800	2000
Honkonga	1279	1206	1189	1039	1005
Horvātija	3246	3378	3654	3811	3520
Igaunija	405	466	506	615	650
Indija	105 000	115 000	123 000	130 000	145 000
Indonēzija	31 300	34 640	35 500	36 000	37 000
Irāka	6000	6834	1901	2500	3000
Irāna	26 640	28 600	30 460	32 198	32 650
Īslande	125	83	90	90	95
Itālija	39 804	41 416	43 433	46 045	46 404
Izraēla	4700	4584	4632	4494	4700
Īrija	3450	3320	3830	4000	4000
Jamaika	596	614	608	808	845
Japāna	76 550	71 828	68 766	67 376	69 629
Jaunkaledonija	93	100	100	100	100
Jaunzēlande	1080	1090	1100	1110	1100

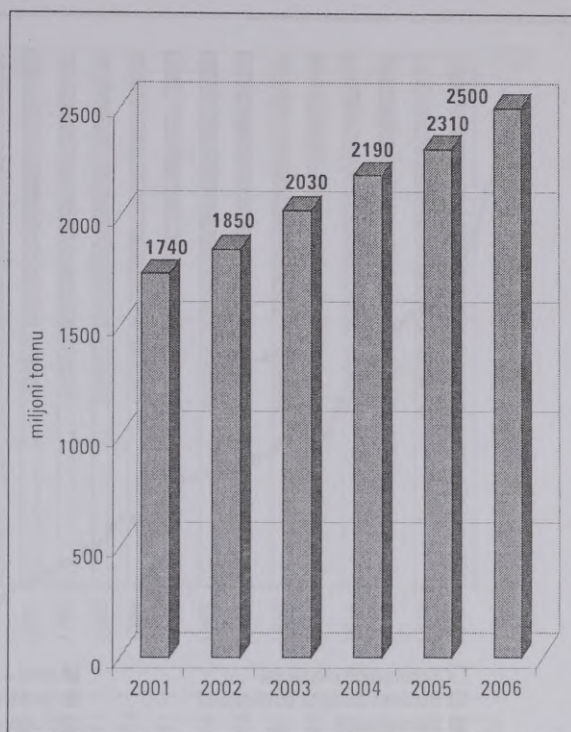
Jemena	1493	1561	1541	1546	1550
Jordānija	3173	3558	3515	3908	4046
Kamerūna	980	937	949	1032	1000
Kanāda	12 793	13 079	13 416	13 863	14 179
Katara	1240	1340	1400	1400	1400
Kazahstāna	2029	2129	2570	3662	3975
Kenija	1319	1463	1658	1789	2123
Kipra	1369	1438	1637	1689	1805
Kirgizstāna	469	533	757	800	900
Kolumbija	6830	6064	7337	7822	9959
Kostarika	1200	1200	1600	1900	2000
Kotdivuāra	650	650	650	650	650
Krievija	35 300	37 700	41 000	45 700	48 700
Kuba	1324	1327	1346	1366	1370
Kuveita	921	1584	1863	2635	2700
Ķīna	661 040	725 000	862 080	970 000	1 038 300
Laosa	92	240	250	250	350
Latvija	ND	260	295	284	280
Libāna	2890	2852	3000	3100	3300
Libērija	63	54	25	40	40
Lietuva	529	606	597	753	832
Lībija	3000	3300	3500	3600	3600
Luksemburga	729	728	714	797	750
Madagaskara	52	35	80	130	180
Maķedonija	630	600	768	820	800
Malāvija	181	174	24	120	120
Malaizija	13 820	14 336	17 243	15 690	17 860
Maroka	10 000	10 200	10 400	11 000	11 000
Martinika	255	221	220	220	220
Mauritānija	200	200	200	300	300
Meksika	32 110	33 372	33 593	34 992	36 000
Mjanma	378	471	572	519	543
Moldova	200	300	255	440	500
Mongolija	68	148	162	62	112
Mozambika	265	285	362	370	400
Nepāla	285	290	295	285	290
Nigēra	47	54	55	55	55
Nigērija	2400	2100	2300	2300	2400
Nikaragva	514	549	590	600	610
Nīderlande	3380	3085	2450	2380	2400
Norvēģija	1642	1631	1650	1420	1500
Omāna	1370	1700	2100	2500	2500
Pakistāna	11 000	11 000	13 000	16 000	18 000
Panama	820	770	800	820	840
Paragvaja	650	650	660	650	650

Peru	3950	3980	4000	4590	4600
Polija	11 918	10 948	11 653	12 566	12 646
Portugāle	10 162	9759	8567	8843	9000
Reinjona	380	380	380	380	380
Ruanda	91	101	105	104	105
Rumānija	5668	5680	5992	6239	7032
Salvadora	1174	1318	1390	1256	1400
Saūda Arābija	20 608	22 000	23 000	25 400	26 064
Senegāla	1539	1653	1694	1700	1700
Serbija un Melnkalne	2418	2396	2075	2240	2200
Singapūra	600	200	150	ND	ND
Sīrija	5005	4679	4824	4757	4022
Sjerraleone	113	144	169	180	180
Slovākija	3123	3141	3147	3158	3499
Slovēnija	1237	1178	1370	1186	1200
Somija	1325	1198	1493	1691	1321
Spānija, ieskaitot Kanāriju salas	40 512	42 417	44 747	46 593	50 347
Sudāna	190	205	272	307	310
Surinama	65	65	65	65	65
Šrilanka	1108	1018	1164	1150	1180
Šveice	3950	3771	3613	3851	2600
Taivāna	18 128	19 363	18 474	19 050	19 891
Tadžikistāna	70	100	166	194	253
Tanzānija	900	1026	1186	1281	1375
Taizeme	27 913	31 679	32 530	35 626	37 872
Togo	800	800	800	800	800
Trinidāda un Tobāgo	697	744	766	768	770
Tunisija	5721	6022	6038	6358	6500
Turkmenistāna	450	450	450	450	450
Turcija	30 125	32 577	35 077	38 796	42 787
Uganda	431	506	507	559	650
Ukraina	5800	7142	8900	10 600	12 183
Ungārija	3452	3510	3573	3349	3500
Urugvaja	1015	1000	1050	1050	1050
Uzbekistāna	4000	4000	4000	4800	5068
Vācija	32 118	31 009	32 749	31 854	30 629
Venecuēla	8700	7000	7700	9000	10 000
Vjetnama	16 073	21 121	24 127	25 320	29 000
Zaira	201	265	331	403	410
Zambija	215	230	350	480	435
Ziemeļkoreja	5160	5320	5540	5630	5700
Zimbabve	800	600	400	400	400
Zviedrija	2645	2642	2476	2588	2800
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>1 740 000</b>	<b>1 850 000</b>	<b>2 030 000</b>	<b>2 190 000</b>	<b>2 310 000</b>

ND – dati nav pieejami.

133. tabula. Cementa ražošanas pasaulē (2006)

Valsts	Saražotā cementa daudzums, miljonos tonnu
ASV, ieskaitot Puertoriko	101
Brazīlija	37
Dienvidkoreja	52
Ēģipte	29
Francija	21
Indija	155
Indonēzija	40
Irāna	33
Itālija	46
Japāna	68
Krievija	54
Ķīna	1 100
Meksika	40
Saūda Arābija	26
Spānija	50
Taizeme	40
Turcija	45
Vjetnama	33
Citas valstis kopā	500
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>2 500</b>



324. attēls. Cementa ražošanas pasaulē

prasību un citu iemeslu dēļ. Āzijā, it īpaši Ķīnā, klinkera ražošanas jaudu nepietiekamība jau tagad pārsniedz 150 miljonus tonnu gadā. Tādējādi cementa cena pasaulē pieaug.

Mūsdienās aptuveni 75% visa cementa tiek patērēts gatavo maisījumu formā, 14% patērē dzelzsbetona konstrukciju ražotāji, 6% izmanto būvnieku betonēšanas darbos (galvenokārt ceļu būvei), 3% – būvmateriālu ražošanai, 2% – citām vajadzībām. 325. attēlā atspoguļoti cementa galvenie izmantošanas veidi pēdējo 30 gadu laikā.

Cementa cena pagājušā gadsimta laikā ir mainījies pakāpeniski (sk. 326. attēlu), straujāk pieaugot dažos posmos (sk. 327. attēlu), kas atspoguļo enerģijas avotu izmaksu pieaugumu. Tomēr šie cenu kāpumi nav ļoti krasi, jo valstis cenas palielināšanos vienmēr ir ierobežējušas ar dažādām šķērsdotācijām, īpaši sabiedriskajā būvniecības sektorā. Taču pagājušā gadsimta deviņdesmito gadu sākumā Pasaules Tirdzniecības organizācija šo praksi aizliedza, un kontrastainās vietējās cementa cenas izlīdzinās visā pasaulē.

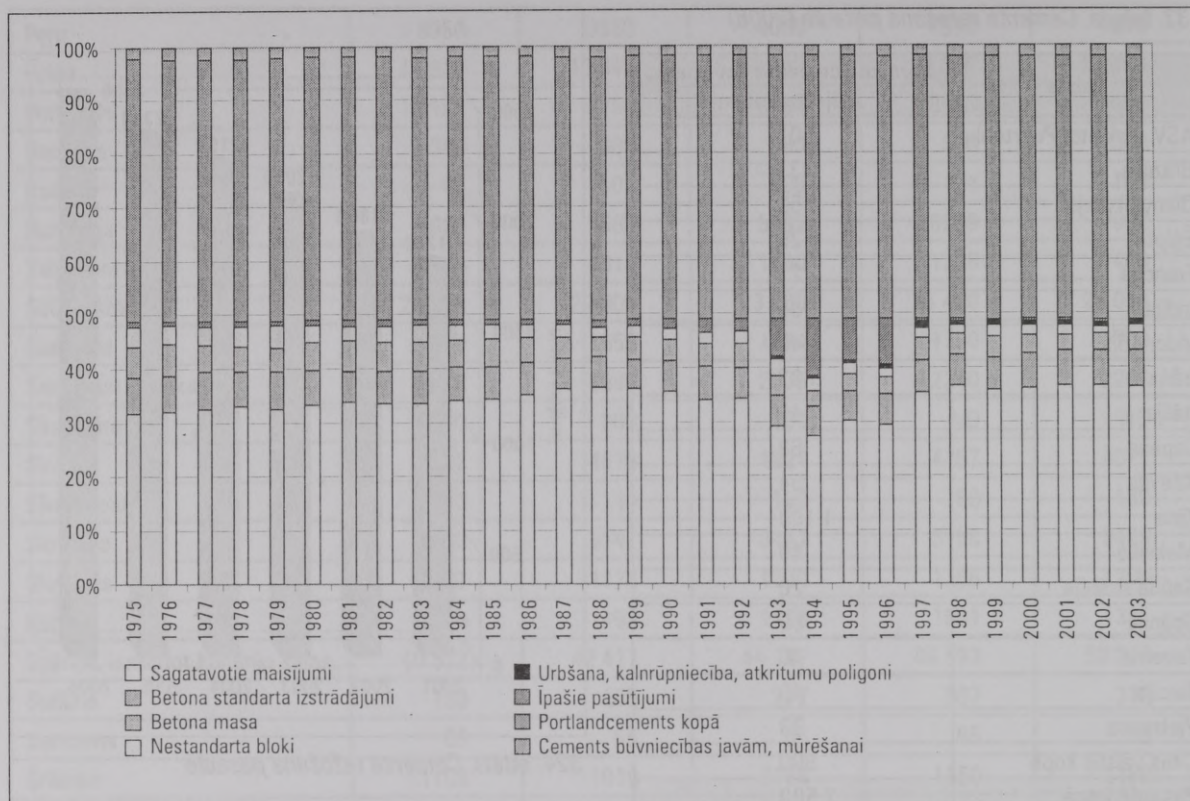
Cementa ražošana pasaulē strauji pieaug – pēdējo desmit gadu laikā tā ir dubultojusies. Tiek prognozēts, ka cementa ražošanas daudzums pie-

augš aptuveni par 5–6% gadā laikposmā vismaz līdz 2010. gadam.

Cements ir viena no izplatītākajām starptautiskās tirdzniecības precēm, to eksportē vairāk nekā 120 valstis statistiski nozīmīgā daudzumā (sk. 134. tabulu). Eksporta apjoms ļoti strauji pieaug, un kopējā eksportētā cementa vērtība tuvojās 20 miljardiem dolāru gadā. Jau ilgstoši lielākās eksportētājvalstis ir Ķīna, Itālija, Turcija un Spānija (kopā nodrošina vairāk nekā 30% cementa eksporta pasaulē). Šajā tirgū Latvijas loma ir ļoti pieticīga (96. vieta pasaulē blakus attīstības valstīm Āfrikā un Āzijā), jo ražošanas jaudas ir nepietiekamas, tāpēc Latvija cementu importē.

Īpaši straujš cementa ražošanas un eksporta pieaugums ir Brazīlijā. 2004.–2005. gadā tās eksports ir pieaudzis no 491,641 līdz 667,105 miljoniem ASV dolāru.

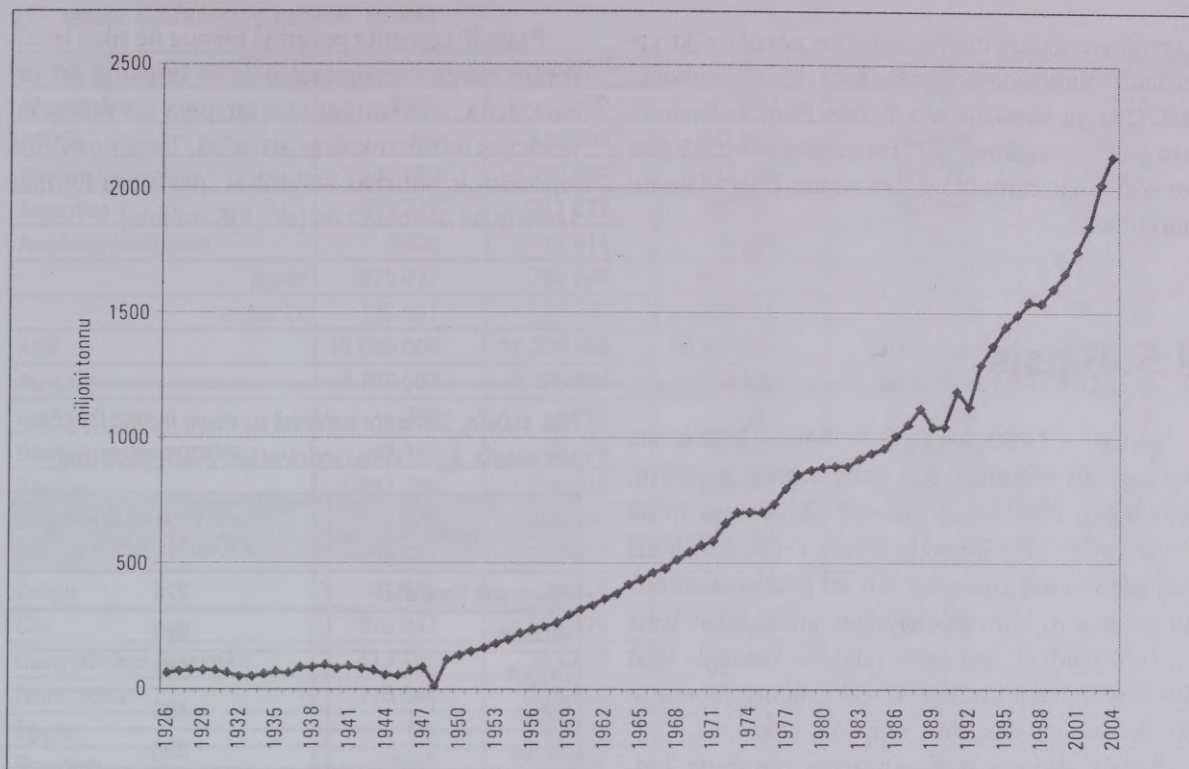
Lielākās importētājas (sk. 135. tabulu) ir ASV, Japāna un Francija (patērē vairāk nekā 12% no kopējā cementa importa naudas izteiksmē). Latvija kā cementa un cementa izstrādājumu importētāja pēdējo gadu laikā būtiski palielina importu. Tiek prognozēts, ka tas pieaugs arī nākotnē, jo



325. attēls. Galvenie cementa izmantošanas veidi pasaulē



326. attēls. Cementa ražotāju cenas un saražotā daudzuma izmaiņas



327. attēls. Pasaulē saražotā cementa daudzums

134. tabula. Lielākās cementa un cementa izstrādājumu eksportētājvalstis 2000.–2004. gadā, miljonos ASV dolāru

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Kīna	955,114	1096,991	1249,349	1477,484	1840,741	2841,772
Itālija	2059,271	1952,968	1926,134	2062,541	2255,411	2288,606
Turcija	370,155	437,115	551,940	674,672	919,403	1185,581
Spānija	703,613	714,643	763,963	900,593	933,771	952,954
Indija	402,203	342,198	427,107	560,295	574,773	831,908
Vācija	412,315	439,187	469,825	584,768	754,141	790,488
Beļģija	424,113	420,250	457,915	623,334	728,791	763,133
Kanāda	443,670	481,581	498,326	525,654	571,668	594,513
Latvija (96. vieta pasaulē)	2,676	2,284	2,041	2,211	2,151	594,513

135. tabula. Lielākās cementa un cementa izstrādājumu importētājvalstis 2000.–2004. gadā, miljonos ASV dolāru

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004	2005
ASV	2944,411	2959,018	3036,126	3405,838	4386,582	5681,080
Japāna	847,122	871,393	870,580	876,285	874,156	935,658
Francija	559,197	539,448	569,241	692,705	777,867	866,591
Vācija	799,723	778,234	685,126	704,480	762,788	789,243
Spānija	298,095	393,029	406,411	479,631	583,080	782,806
Dienvidkoreja	161,034	238,013	369,415	472,438	567,005	632,263
Apvienotā Karaliste	252,191	267,009	322,438	420,551	519,365	568,636
Nīderlande	351,261	340,644	380,788	452,993	504,633	530,954
Itālija	210,546	245,109	279,883	362,418	461,344	527,618
Latvija (79. vieta pasaulē)	13,329	13,765	16,464	20,559	29,797	41,260

Latvijā vienīgā cementa ražotne nespēj sākt ražošanas modernizāciju emisijas kvotu trūkuma dēļ. Līdzīga situācija ir arī citās Eiropas Savienības jaunajās dalībvalstīs, un arī tās nākotnē plāno palielināt cementa un cementa izstrādājumu importu.

## 7.5. Ģipsis

Ģipsis –  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – ir baltas krāsas vai bezkrāsains minerāls, kas dabā sastopams blīvu, graudainu, plākšņainu, paralēli šķiedrainu masu vai atsevišķu kristālu un to drūzu veidā. Ļoti bieži piejaukumu dēļ ģipsis var būt arī pelēks, dzeltens un pat melns. Minerāls karsējot sairst, kļūst balts un izdala ūdeni, bet pats salīdzinoši viegli šķīst ūdenī (vislabākā šķīdība 37–38 grādu temperatūrā), nereaģē ar sālskābi, neizdala gāzi.

Ģipsis veidojas sedimentācijas procesos, hidratizējoties anhidrītam. Ļoti plaši izmanto būvmateriālu ražošanā. Ģipša atradnes ir zināmas visā pasaulē. Pasaulē ik gadu iegūst (sk. 137. tabulu) aptuveni 104–112 miljonus tonnu ģipša, tajā skaitā 2005. gadā ASV – 17%, Irānā – 11%, Spānijā – 10%, Kanādā – 6%. Ģipša resursi pasaulē netiek vērtēti kopumā, jo tikai Brazīlijā vien izpētītie un novērtētie krājumi spēj nodrošināt visas pasaules patēriņu turpmākajos 15 gados. Aprēķinātie krājumi ekspluatācijā esošajās atradnēs Brazīlijā, Kanādā un ASV kopā pārsniedz 2,5 miljardus tonnu, kas tiek lēsti kā 25% no zināmajiem ģipša krājumiem pasaulē, bet to resursi ir līdz desmit reizēm augstāki.

Kopš šā gadsimta sākuma ģipša ieguve pasaulē pieaug (sk. 328. attēlu) līdz ar būvniecības apjomu palielināšanos pasaulē. Lielāko ģipša patēriņa pieaugumu veido sausie maisījumi, rīģipša un cementa ražošana.

Detalizētas ziņas par ģipša ieguvu pasaulē 2005. un 2006. gadā nav pieejamas. ASV Ģeoloģijas dienesta vienkāršotie novērtējumi (sk. 138. tabulu) ir uzskatāmi par orientējošiem un nav tieši izmantojami dažādos aprēķinos.

Ģipša patēriņš pasaulē pakāpeniski pieauga gandrīz visu pagājušo gadsimtu (sk. 329. attēlu) vidēji par 1–1,5% gadā. Ir bijis arī straujāks patēriņa pieaugums (maksimālais pieaugums 11% gadā

Pasaulē cementa patēriņš pieaug ne tikai iedzīvotāju skaita pieauguma dēļ. To ietekmē arī urbanizācija, iedzīvotāju maksātspēja un valstu investīcijas infrastruktūras attīstībā. Tomēr patēriņā joprojām ir būtiskas atšķirības, pat starp Eiropas Savienības dalībvalstīm (sk. 136. tabulu).

136. tabula. Cementa patēriņš uz vienu iedzīvotāju Eiropas valstīs, kg uz vienu iedzīvotāju, 2005. gada dati

Valsts	Cementa patēriņš uz vienu iedzīvotāju gadā, kg
Apvienotā Karaliste	226
Austrija	649
Beļģija	562
Čehija	408
Dānija	305
Francija	373
Grieķija	912
Horvātija	584
Igaunija	378
Itālija	789
Īrija	1170
Kipra	1851
<b>Latvija</b>	<b>261</b>
Lietuva	221
Luksemburga	1180
Malta	815
Nīderlande	319
Norvēģija	386
Polija	306
Portugāle	823
Rumānija	292
Slovākija	301
Slovēnija	636
Somija	327
Spānija	1192
Šveice	601
Turcija	482
Ungārija	398
Vācija	327
Zviedrija	210
<b>EU25, vidēji</b>	<b>509</b>

137. tabula. Ģipša ieguve pasaulē, tonnās

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004
Afganistāna	3000	3000	3000	3000	3000
Alžīrija	ND	646 000	741 000	800 000	660 000
Apvienotā Karaliste	1 500 000	1 700 000	1 700 000	1 700 000	1 700 000
Argentīna	559 277	371 527	362 556	387 936	673 430
Armēnija ( <i>nešķirots</i> )	9630	12 811	44 943	57 835	ND
<i>ģipsis</i>	825 077	790 478	847 117	889 727	920 809
<i>anhidrīts</i>	120 967	138 745	122 085	113 823	117 318
ASV	19 500 000	16 300 000	15 700 000	16 700 000	17 200 000
Austrālija	3 796 500	3 225 500	4 087 500	3 664 400	4 110 000
Azerbaidžāna	ND	1750	1039	3848	884
Bosnija un Hercegovina	49 492	59 728	60 000	60 000	60 000
Brazīlija	1 497 790	1 506 619	1 633 311	1 529 015	1 471 946
Bulgārija	169 571	166 838	156 400	165 500	176 000
Butāna	98 671	100 907	105 658	122 829	131 236
Čehija	82 000	24 000	108 000	104 000	71 000
Čīle	375 847	516 876	609 550	662 259	630 444
Dienvēstāfrīkas Republika	413 105	382 830	415 387	394 069	452 271
Dominikāna	110 044	175 553	178 941	219 311	435 723
Ēģipte	ND	126 615	119 453	ND	ND
Ekvadora	1043	834	4730	5203	5000
Eritreja	ND	2077	1062	2705	1054
Etiopija	46 798	50 500	22 500	48 058	51 200
Francija	4 500 000	4 500 000	3 500 000	3 500 000	3 500 000
Grieķija	801 025	808 890	890 148	731 785	856 606
Gruzija	4082	15 408	8127	8507	1742
Gvatemala	212 109	96 817	94 411	66 981	106 140
Hondurasa	59 211	59 500	60 000	60 000	60 000
Horvātija	150 765	130 861	145 000	166 340	148 000
Indija	2 644 415	2 879 344	2 672 244	2 793 553	3 561 929
Indonēzija	5000	6000	6000	6000	6000
Irāna	8 968 425	8 347 471	8 338 725	11 979 513	14 394 537
Īrija	500 000	500 000	500 000	600 000	650 000
Itālija	1 511 650	1 558 882	1 531 477	1 783 903	1 615 287
Izraēla	130 000	133 000	123 119	141 000	124 678
Jamaika	330 441	320 323	164 880	248 558	283 352
Jemena	42 000	44 000	41 000	42 000	44 000
Jordānija	157 868	187 154	11 252	63 895	135 331
Kanāda	<i>ģipsis</i> 9 054 000	8 331 000	9 006 000	8 925 000	9 952 000
<i>anhidrīts</i>	178 145	75 753	93 239	ND	ND
Kenija	8416	8200	9000	10 000	11 000
Kipra	260 000	250 000	295 000	300 000	255 000
Kolumbija	560 000	560 000	560 000	560 000	560 000
Krievija	1 013 000	1 189 000	1 389 800	1 766 600	2 076 800
Kuba	110 000	110 000	110 000	110 000	110 000
Ķīna	6 800 000	6 800 000	6 850 000	6 850 000	7 000 000
Laosa	142 197	121 220	119 514	101 727	102 000
Latvija	100 000	100 000	220 000	160 000	230 000
Lībija	150 000	175 000	150 000	150 000	175 000
Mauritānija	100 000	100 000	100 000	100 000	100 000

Maroka	475 000	550 000	600 000	600 000	600 000
Maķedonija	25 000	20 000	20 000	20 000	20 000
Meksika	5 653 901	6 237 057	6 703 109	6 986 491	9 221 458
Mjanma	52 573	65 000	90 000	66 000	66 000
Moldova	31 400	55 200	91 300	116 100	491 000
Mongolija	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000
Nigēra	1474	3205	17 652	17 851	34 944
Nikaragva	28 170	34 369	28 153	30 642	36 466
Omāna	131 909	44 323	55 722	50 000	60 000
Pakistāna	334 441	391 728	402 600	424 107	467 065
Paragvaja	4400	4300	4300	4300	4300
Peru	52 346	20 966	75 306	71 114	149 735
Polija	<i>ģipsis</i> 998 628	793 684	866 674	1 030 693	970 786
	<i>anhidrīts</i> 284 683	300 356	280 031	297 088	301 161
Portugāle	698 673	787 646	579 143	419 799	ND
Rumānija	218 338	282 985	421 235	409 516	485 704
Salvadora	6000	6000	6000	6000	6000
Saūda Arābija	518 087	467 177	497 155	491 132	450 000
Serbija un Melnkalne	46 651	58 045	54 937	42 261	42 471
Sīrija	332 219	474 004	350 088	376 715	431 561
Slovākija	108 000	168 800	121 680	93 800	127 100
Somālija	1 500	1500	1500	1500	1500
Spānija	9 929 478	10 920 000	11 218 410	11 366 375	11 500 000
Sudāna	13 808	2422	5000	5000	5000
Šveice	300 000	300 000	300 000	300 000	300 000
Tadžikistāna	ND	ND	ND	50 100	57 200
Taivāna	1 884	1 006	ND	ND	ND
Tanzānija	60 000	72 000	78 650	33 232	59 231
Tunisija	100 000	100 000	100 000	100 000	100 000
Turcija	302 552	328 656	264 038	196 668	250 099
	<i>ģipsis</i> 5 830 326	6 190 815	6 325 591	7 291 167	7 619 205
	<i>anhidrīts</i> 255 472	310 720	290 885	448 071	ND
Turkmenistāna	2 100	2 500	ND	ND	ND
Ukraina	119 000	ND	ND	321 400	336 900
Uzbekistāna	80 000	80 000	80 000	80 000	80 000
Vācija	2 344 000	1 966 000	1 761 000	1 748 000	1 600 000
Venecuēla	25 000	5000	10 000	10 000	10 000
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>98 100 000</b>	<b>95 200 000</b>	<b>96 000 000</b>	<b>102 700 000</b>	<b>111 600 000</b>

ND – dati nav pieejami.

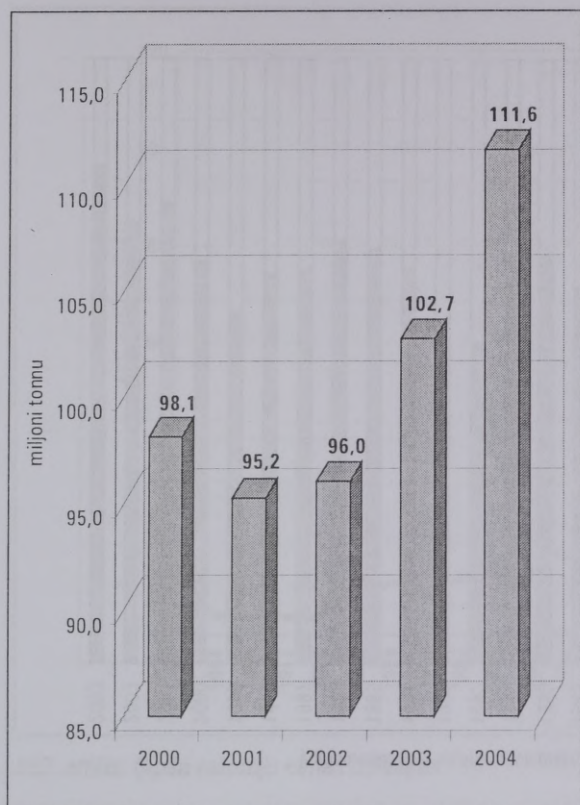
1982.–1983. gadā), stagnācija un pārprodukcija (1931.–1932. un 1966.–1967. gadā).

Tiek prognozēts, ka nākotnē ģipša izmantošana pieaugs līdz 5,1% gadā, palielinoties cementa ražošanai un attīstoties subsīdijām lauksaimnieciskās produkcijas ražošanai.

Galvenās ģipša izmantošanas jomas pēdējo 30 gadu laikā nav būtiski mainījušās (sk. 330. un 331. attēlu) – tie ir kalcinēti pusfabrikāti būvniecī-

bai, portlandcements, dažādas būvniecības plātnes. Svarīgākās izmaiņas šajā laikposmā ir bijušas lauksaimniecībā – samazinājies ģipša patēriņš šajā nozarē gan absolūtā izteiksmē, gan relatīvi – attiecībā pret citiem ģipša izmantošanas veidiem.

Ģipsis ir salīdzinoši lēts produkts (sk. 332. attēlu) arī tā ieguves pašizmaksa (2007. gadā vidēji 7,8–21,3 ASV dolāri atkarībā no atradnes tipa) atšķiras no vairumtirdzniecības cenas vairākas



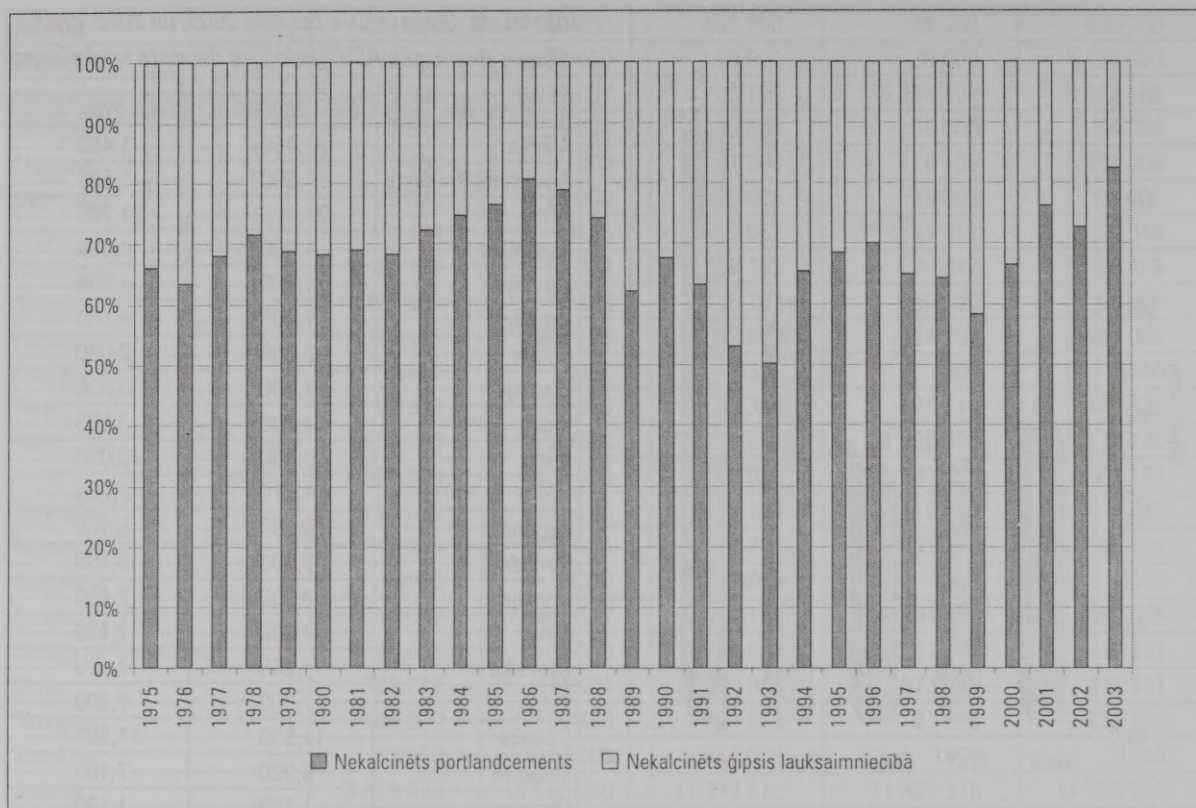
328. attēls. Ģipša ieguve pasaulē pēdējos gados

138. tabula. Ģipša ieguve pasaulē 2005. un 2006. gadā, miljonus tonnu, pēc ASV Ģeoloģijas dienesta novērtējuma

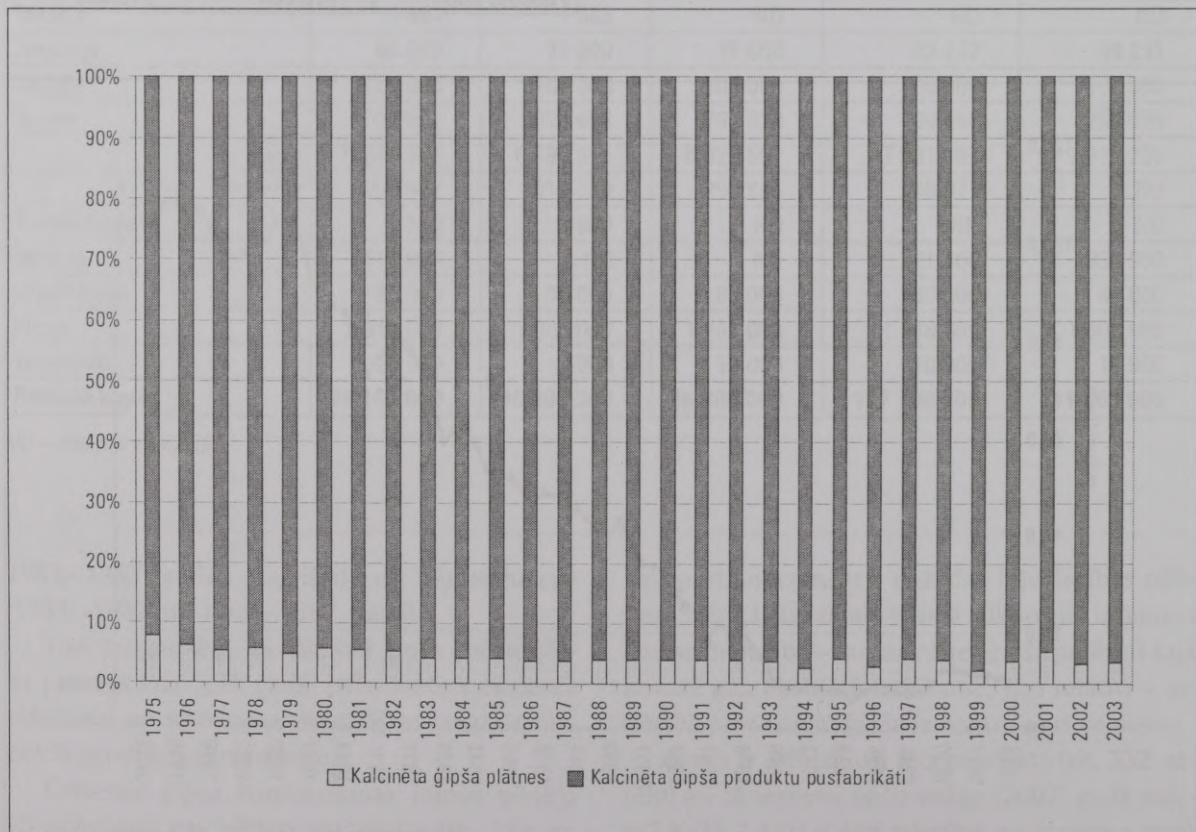
Valsts	2005	2006
Alžīrija	1,460	1,460
Apvienotā Karaliste	1,500	1,500
ASV	21,100	21,200
Austrālija	4,000	4,000
Austrija	1,000	1,000
Brazīlija	1,480	1,500
Ēģipte	2,000	2,000
Francija	3,500	3,500
Indija	2,400	2,500
Irāna	13,000	13,000
Itālija	1,210	1,220
Japāna	5,890	5,900
Kanāda	9,400	9,450
Krievija	2,200	2,400
Kīna	7,300	7,400
Meksika	7,200	7,400
Polija	1,300	1,300
Spānija	11,500	11,500
Taizeme	6,920	7,100
Urugvaja	1,130	1,130
Vācija	1,580	1,580
Citas valstis kopā	10,900	11,000
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>118,000</b>	<b>119,000</b>



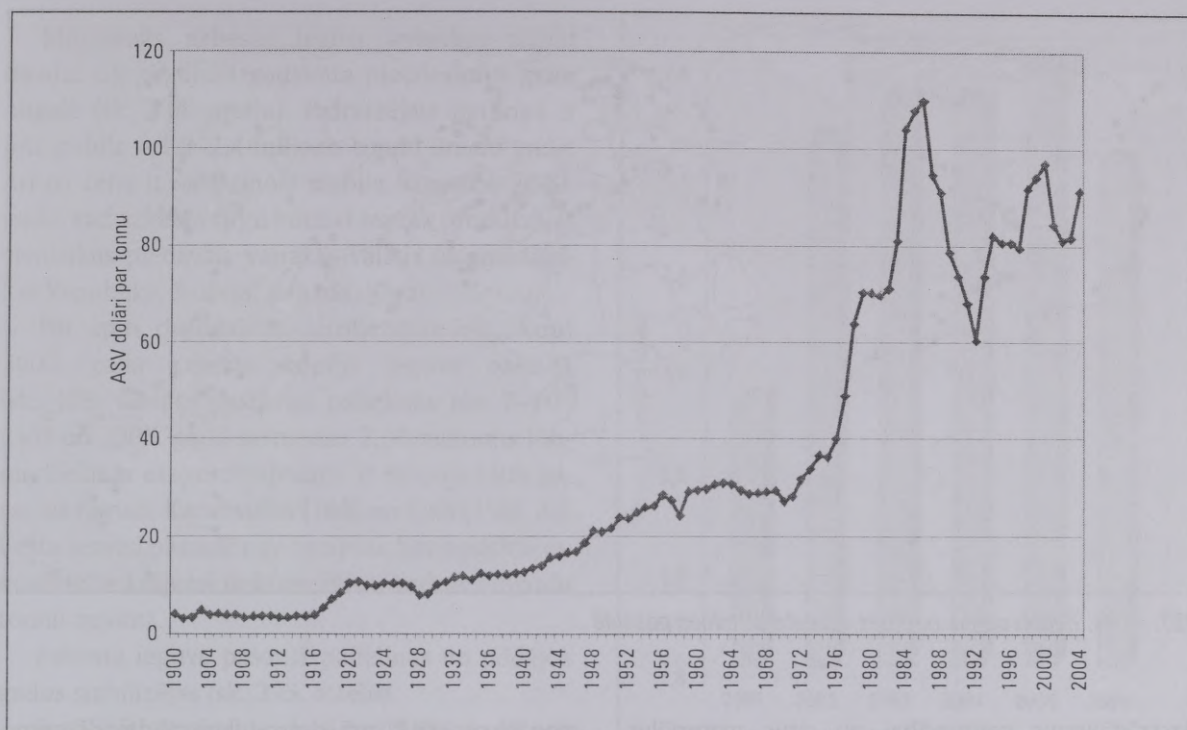
329. attēls. Pasaulē iegūtā ģipša daudzums



330. attēls. Galvenās ģipša izmantošanas jomas



331. attēls. Galvenās ģipša izmantošanas jomas



332. attēls. Ģipša ražotāju cenas izmaiņas

reizes, jo pirmapstrāde ietver tikai ģipša mehānisku šķirošanu un malšanu, kas ir ļoti energoietilpīgs process. Kopumā tas ļauj ģipša cenu saglabāt salīdzinoši zemu, jo pasaulē joprojām tiek izmantotas tikai ļoti bagātas atradnes, kurās dažādi piemaisījumi dabiskā ģipša iezī (ģipšakmenī) nepārsniedz 2–3%.

Visstraujākais ģipša vairumtirdzniecības cenas kāpums bija 1977.–1978. gadā (23,3% gada laikā) un 1983.–1984. gadā (22,2%), kad netika novēro-

ta nekāda ažiotaža attiecībā uz pieprasījumu vai citas būtiskas tirgus pārmaiņas. Šī parādība tiek skaidrota kā enerģijas avotu sadārdzinājums.

Kopš 2004. gada ģipša cena ir pieaugusi. Tiek prognozēts, ka šāda tendence – cenas pieaugums 5–7% gadā – saglabāsies arī tuvākajā nākotnē. Vienlaikus tiek prognozēts straujš – par 54,5% – ģipsi saturošo būvmateriālu cenas pieaugums tuvākajos gados (2006. gadā pasaulē cenas pieaugums bija 11,0%).

## 7.6. Azbests

Hzizotilazbests –  $Mg_6(OH)_8[Si_4O_{10}]$  – faktiski ir sīkšķiedrains serpentīna, tremolīta un aktinolīta paveids, kas veidojas to pārkristalizācijas procesā. Sadzīvē to parasti sauc par azbestu. Hzizotilazbests visbiežāk ir sastopams serpentīnītos šauru dzīslīņu un starpslānīšu veidā. Minerāla šķiedras paralēlas, orientētas perpendikulāri slāņu virsmām. Krāsa gaiši zaļa, iezāļņi dzeltēti, dažreiz ar raksturīgu zeltainu atspulgu. Dabā sastopams arī amfibolazbests, bet tas satur ūdeni un sālsskābē sadalās, kas ierobežo tā izmantošanu tautsaimniecībā.

Hzizotilazbests veidojas kopā ar serpentīnu no olīvīna, hidrotermāliem šķīdumiem iedarbojoties uz ultrabāziskiem iežiem (peridotīti, dunīti), te kopā ar azbestu sastopami serpentīns, magnēzīts, hromīts, magnetīts un talks. Daudz retāk hzizotilazbests veidojas metamorfisma procesos. Rūpnieciskas nozīmes azbesta atradnes ir zināmas visā pasaulē (sk. 333. attēlu), mūsdienās gan tiek izmantota tikai neliela daļa šo atradņu.

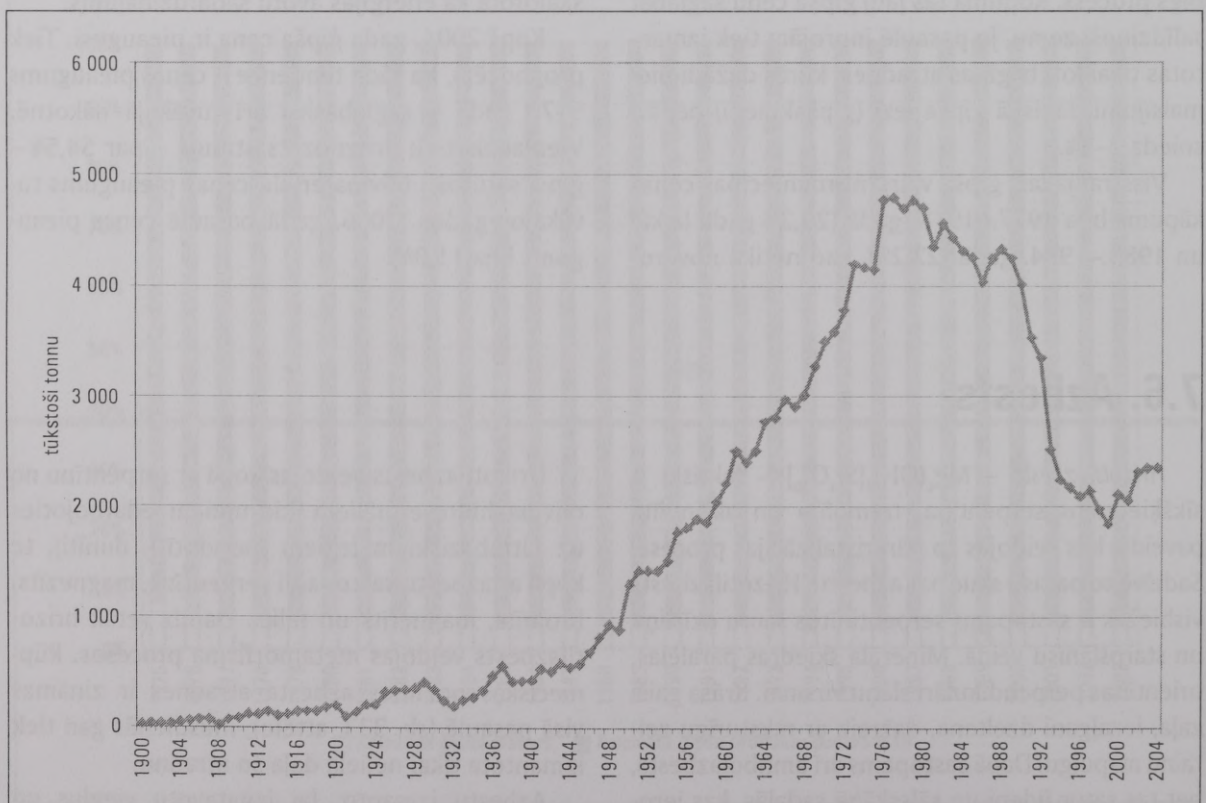
Azbestu izmanto, lai izgatavotu vieglus un stiprus ugunsizturīgus materiālus, azbestcimenta



333. attēls. Rūpnieciskās nozīmes azbesta atradnes pasaulē

izstrādājumus celtniecībai un citus materiālus. Eiropas Savienības valstīs azbesta izmantošana ir ļoti strikti reglamentēta un vairākumā rūpniecības nozaru – aizliegta. Tomēr ļoti daudzās valstīs tas joprojām tiek plaši izmantots, balstoties uz tradi-

cionālo praksi, kā arī šo produktu salīdzinoši zemo izmaksu dēļ. Vēsturiski (sk. 324. attēlu) ir bijis gan ieguves (tātad arī patēriņa) pieaugums, gan maksimums un kritums līdz zināmai stabilizācijai mūsdienās.



334. attēls. Azbesta ieguves daudzuma izmaiņas pasaulē

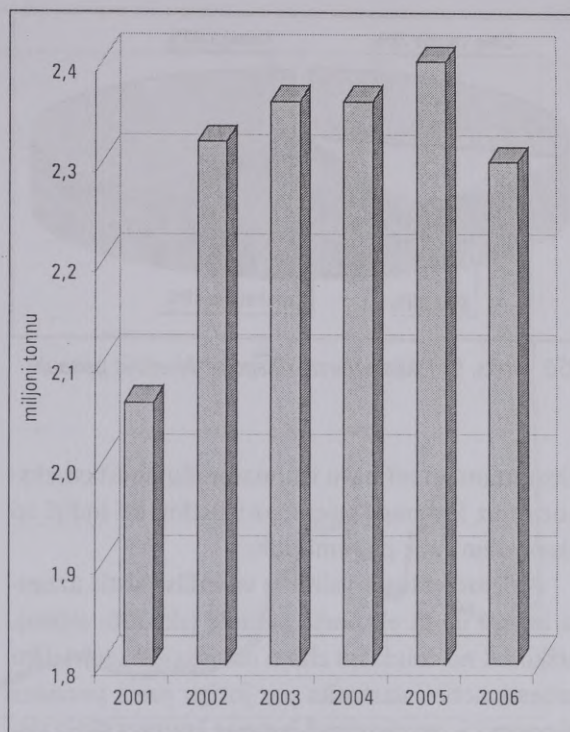
Mūsdienās azbestu iegūst aptuveni tikpat daudz, cik pagājušā gadsimta piecdesmito gadu nogalē (sk. 334. attēlu). Pašreizējais patēriņš ir ļoti stabils – 1,3–2,4 miljonu tonnu līmenī gadā. Arī to cena ir salīdzinoši stabila, izņemot 2003. gadu, kad azbesta tirgū būtiski mazāk produkcijas vienlaikus piedāvāja vairākas valstis (Dienvīdāfrikas Republika, Serbija, Kanāda, Ķīna).

Par spīti dažādajiem ierobežojumiem, kopš 2000. gada azbesta kopējā ieguve pasaulē (sk. 139. tabulu) pastāvīgi palielinās par 7–10% gadā un 2005. gadā sasniedza 2,30 miljonus tonnu. Lielākās eksportētājvalstis ir Krievija (40% pasaules tirgus), Kazahstāna (16%) un Ķīna (15%). Azbesta resursi pasaulē nav apzināti, bet izpētītie un novērtētie krājumi tiek vērtēti desmitos miljardu tonnu apjomā.

Azbesta ieguve pasaulē palielinās un pēdējos gados stabilizējas (sk. 335. attēlu).

Detalizēti statistikas dati par 2006. gadu nav pieejami. Zināms, ka Krievijā iegūts 0,925 miljoni tonnu azbesta, Ķīnā – 0,400 miljoni, Kazahstānā – 0,350 miljoni, Kanādā – 0,240 miljoni, ASV – 0,236 miljoni, Zimbabvē – 0,110 miljoni, citās valstīs kopā – 0,08 miljoni tonnu azbesta. Kopā tas veido 2,300 miljonus tonnu azbesta.

Ņemot vērā dažādas statistikas analīzes, svarīgi ir ņemt vērā, ka vairākās valstīs uzskaitē tiek veik-



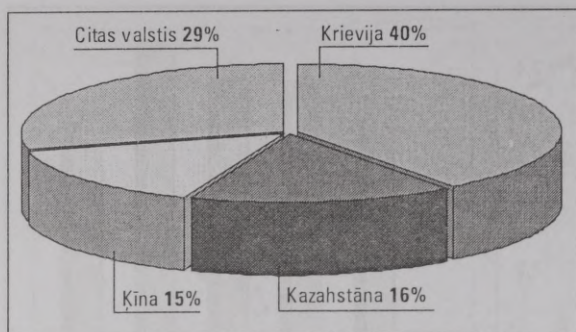
335. attēls. Azbesta ieguve pasaulē

ta tā sauktajās īsajās tonnās, citās – kubikmetros, ir arī uzskaites un klasifikācijas atšķirības. Piemēram, Dienvīdāfrikā, Zimbabvē un Kanādā azbestu sauc par hrizotilu (vai kļūdaini par hrizolītu), jo azbestu ir aizliegts iestrādāt izstrādājumos

139. tabula. Azbesta ieguve pasaulē, tonnās

Valsts	2001	2002	2003	2004	2005
Argentīna	203	155	166	267	270
ASV (tikai pašpatēriņam)	5260	2720	ND	ND	ND
Brazīlija (šķiedras)	172 695	194 750	194 350	194 800	195 000
Bulgārija	350	300	300	300	300
Dienvīdāfrikas Republika	13 393	ND	6218	ND	ND
Ēģipte	ND	ND	ND	ND	ND
Indija	21 000	18 000	19 000	18 000	19 000
Irāna	2000	1500	1470	6000	5000
Kanāda	276 790	240 500	200 500	200 000	200 000
Kazahstāna	271 300	291 100	354 500	346 500	355 000
Kolumbija (azbesta rūda)	96 140	62 785	60 000	60 000	60 000
Krievija	750 000	775 000	878 000	923 000	925 000
Ķīna	310 000	562 000	500 000	510 000	520 000
Serbija un Melnkalne	194	372	111	110	100
Zimbabve	136 327	168 000	147 000	104 000	122 041
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>2 060 000</b>	<b>2 320 000</b>	<b>2 360 000</b>	<b>2 360 000</b>	<b>2 400 000</b>

ND – dati nav pieejami, datu nav arī par azbesta ieguvi Japānā un Ēģiptē.



336. attēls. Lielākās azbesta eksportētājvalstis pasaulē

eksportam un arī pašu izejmateriālu nedrīkst eksportēt uz Eiropas Savienības valstīm, arī Indijā to eksportam sauc par amfibolu.

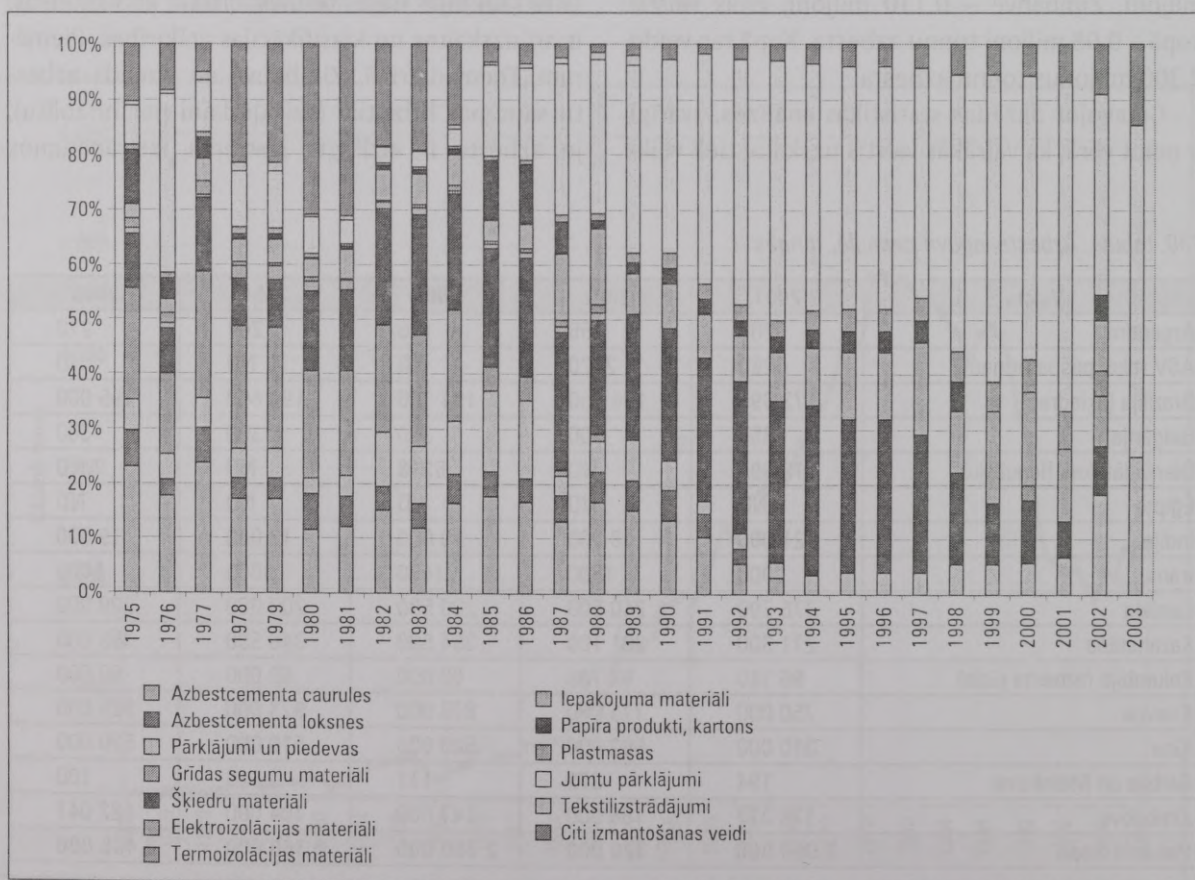
Pēdējos gados ir vairākas vadošās valstis azbesta ieguvē un tā eksportā pasaulē (sk. 336. attēlu). Atšķirībā no daudzām citām dabiskajām izejvielām azbests netiek uzskatīts par jutīgu preci pasaules ekonomikā, un vērojamā ieguves koncentrācija visbiežāk tiek saistīta ar globalizācijas sekām.

Azbesta izmantošana tautsaimniecībā ir bijusi

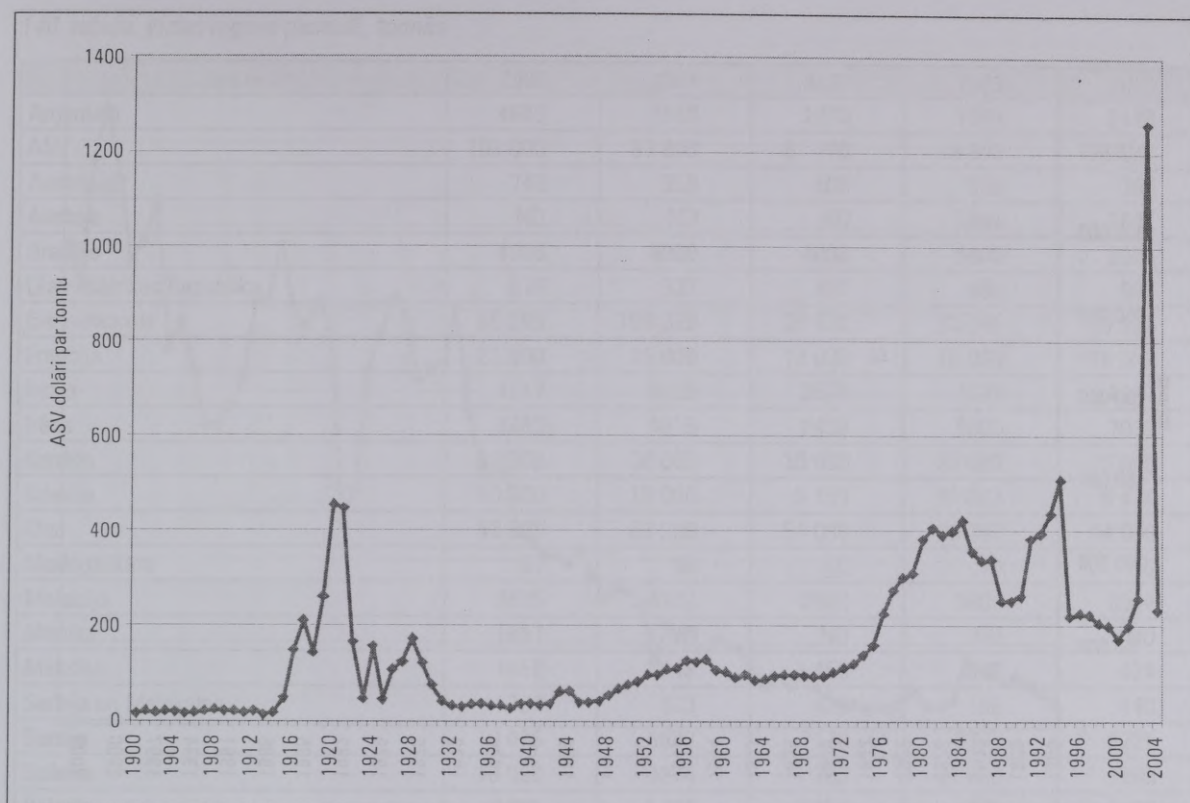
salīdzinoši daudzveidīga (sk. 337. attēlu). Būvniecības izmantošanas veidu izmaiņas vērojamas kopš 1989. gada. Mūsdienās azbests tiek izmantots galvenokārt kā piedevas atsevišķos būvmateriālos izmantošanai rūpnieciskos objektos.

Azbesta cenas izmaiņas pasaulē pagājušajā gadsimtā (sk. 338. attēlu) ir bijušas salīdzinoši pakāpeniskas – ar dažiem kāpumiem industrializācijas posmā pēc Pirmā pasaules kara un saistībā ar rūpniecības attīstību attīstības zemēs Āzijā un Āfrikā pagājušā gadsimta astoņdesmitajos gados.

Visai unikāla ir azbesta ļoti augstā cena 2003. gadā, kad vides aizsardzības apsvērumu dēļ tika slēgtas gandrīz visas ieguves vietas un pirmapstrādes uzņēmumi, bet pasaulē patēriņš saglabājās. Tas izraisīja lavīnveida azbesta cenas kāpumu, kas stabilizējas jau 2004. gadā – 250 ASV dolāru par tonnu. 2006. un 2007. gadā cena pieauga līdz 280–300 ASV dolāriem par tonnu. Krievijā un Kazahstānā iegūtais azbests 2007. gadā tika realizēts arī par 125 ASV dolāriem tonnā (bez transporta izdevumiem, 10 tonnu ķīpās).



337. attēls. Galvenie azbesta izmantošanas veidi pasaulē



338. attēls. Azbesta ražotāju vairumtirdzniecības cenas izmaiņas pasaulē

## 7.7. Vizlas

Zemes garozā vizlas ir ļoti izplatīts minerāls, un to loma ir aptuveni 3,7% no visiem minerāliem. Tās ir viens no galvenajiem daudzu magmatisko un metamorfo iežu veidojošiem minerāliem, tomēr dabā to dažādība nav plaša – zināmi tikai aptuveni 60 minerāli.

Saimnieciska nozīme ir vizlām, kas veidojušās pegmatītos un kontaktmetamorfisma apstākļos, arī no māliem. Tāpēc mūsdienās rūpnieciski iegūst salīdzinoši daudz dažādu vizlu minerālu – 34, tomēr izteikti dominē biotīts un muskovīts.

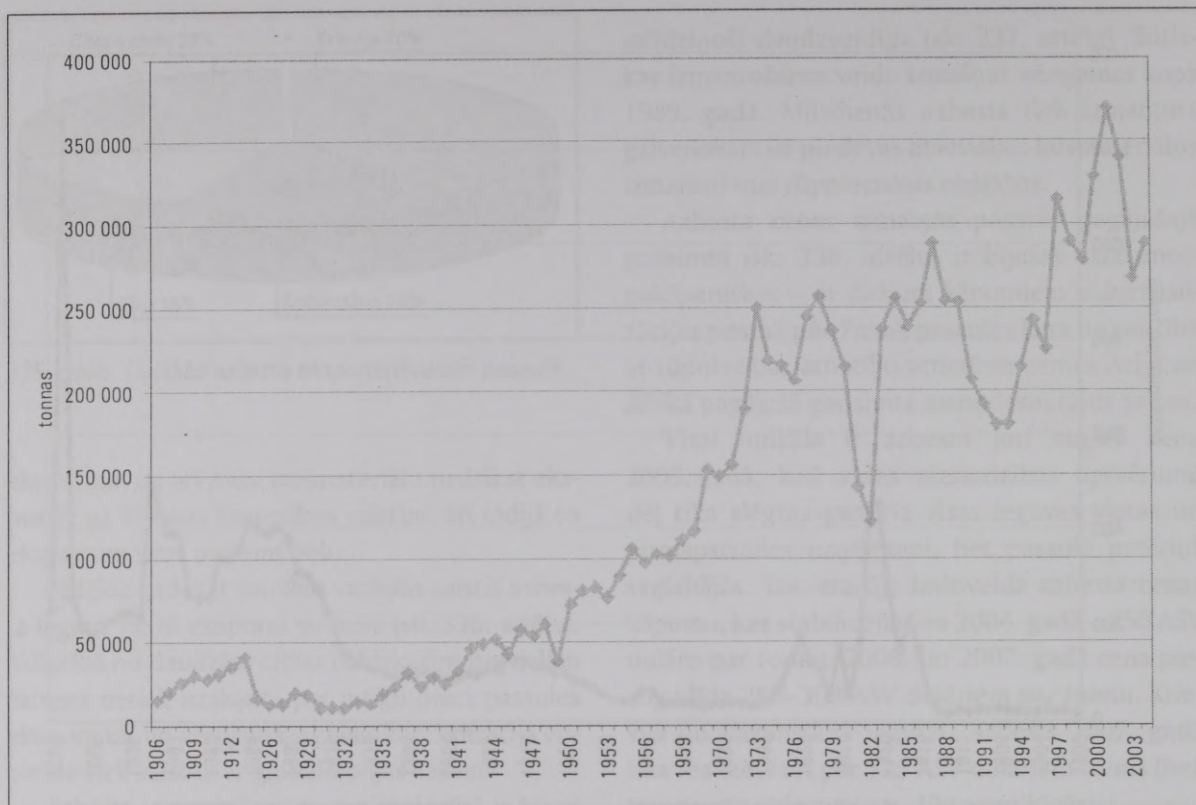
Lai arī masas ziņā visvairāk vizlu minerālus iegūst reto elementu izdalīšanai (tie tika apskatīti iepriekšējās nodaļās), tomēr daudz ir arī to, ko izmanto būvniecībā, horikultūrā, ķīmiskajā rūpniecībā un citur. Arī minerālu ieguves un pārstrādes statistikā šī iegūtā vizla tiek nodalīta atsevišķi, tāpat kā vermikulīts tā atšķirīgās izmantošanas dēļ.

### 7.7.1. Biotīts, muskovīts un flogopīts

Biotītu un muskovītu izmanto jau kopš viduslaikiem, kad tos izmantoja loga rūtīs stikla vietā, nereti kā pusedārgakmeni, vēlāk arī kā izolācijas materiālu. Salīdzinoši mazāk pazīstams ir flogopīts.

*Muskovīts* –  $KAl_2(OH,F)_2[AlSi_3O_{10}]$  – ir vizlu grupas minerāls, tam ir sešstūra vai rombiskas formas tabletveida vai plākšņveida kristāli, zvīņaina vai plakanu graudu masa. Plānās plāksnītēs muskovīts ir bezkrāsains, dzeltens, viegli dzeltenīgi brūns, bieži ar zaļganu un sarkanīgu nokrāsu, caurspīdīgs. Muskovīts veidojas magmatiskos (sastopams visos granitoīdos) un metamorfisma (visu kristālisko slānekļu minerāls) procesos. Tomēr lielākie kristāli atrodami un nozīmīgākās minerāla rūpnieciskās atradnes ir pegmatītos, kur tas sastopams kopā ar mikroklīnu, oligoklāzu, biotītu, šerlu un apatītu.

*Biotīts* –  $K(Fe,Mg)_3[AlSi_3O_{10}](OH,F)_2$  – minerāla veidošanās, uzbūves, kristālu un agregātu veidu,



339. attēls. Iegūtās drupinātās un pārslveida vizlas daudzums pasaulē

galveno fizikālo un kristalogrāfisko īpašību ziņā ir ļoti līdzīgs muskovītam un no tā atšķiras galvenokārt ar melno vai tumšbrūno krāsu un daudz vajākām elektroizolācijas spējām.

*Flogopīts* –  $\text{KMg}_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH},\text{F})_2$  – ir magnija vizla. Minerāla krāsa ir brūngana, dažādu nokrāsu brūna, bet pārējās īpašības gandrīz nav atšķiramas no muskovīta. Tas veidojas kontaktu metasomatiskos apstākļos (skarnos) un ir raksturīgs minerāls pirmskembrija magneziālām kontaktu zonām, kur tas ir sastopams kopā ar diopsīdu, kalcītu, apatītu, skapolītu un špineli.

Muskovītu tradicionāli izmanto elektrotehnikā un radiotehnikā kā ļoti labu elektroizolācijas materiālu, līdzīgi arī flogopītu, bet biotītu tikai tajās valstīs, kurās muskovīts nav pieejams. Lai dažādotu vizlu sortimentu pasaules tirgū, nereti iegūst arī hidrovizlas, galvenokārt lepidoītu, bet tikai valstīs, kurās nav pieejams muskovīts, un dažos gadījumos kā blakus produktu litija ieguvē no šā minerāla.

Pasaulē vizlu resursi nav apzināti, bet to izpētītais un novērtētais daudzums 2005. gadā ir novērtēts desmitos miljardu tonnu apjomā. Jaunas

vizlas atradnes jau gadu desmitiem nekur pasaulē vairs netiek meklētas, ir tikai viens izņēmums – augstvērtīga plākšņu vizla iespējami tuvu tās patēriņa vietai.

Vizlas ieguve pagājušajā gadsimtā ir pieaugusi, lai arī nevienmērīgi (sk. 339. attēlu). Vēl ir jāpieskaita vizla loksnēs – aptuveni pieci tūkstoši tonnu gadā (sk. 343. attēlu).

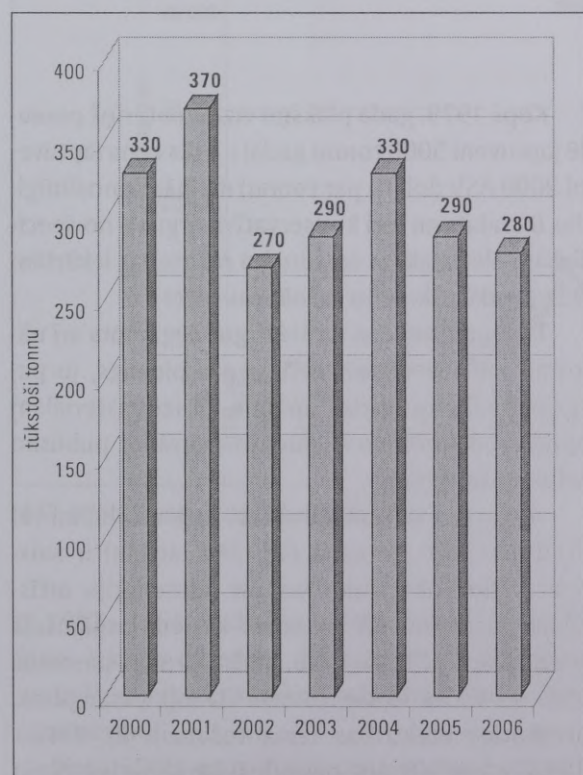
Pēdējos gadu desmitus lielāko saimnieciskajai dzīvei nepieciešamo vizlu daudzumu mākslīgi sintezē, un to ieguve būtiski ir samazinājusies. Tomēr joprojām vizlu ieguve pasaulē sasniedz 290–300 tūkstošus tonnu gadā (sk. 140. tabulu). Visas valstis, kurās notiek vizlu rūpnieciska ieguve, to arī eksportē. Lielākās eksportētājvalstis 2005. gadā bija Krievija (35% pasaules tirgus), ASV (25%) un Korejas Republika (15%).

Kopš tūkstošgades mijas vizlas ieguve stabilizējas aptuveni 290–300 tūkstošu tonnu līmenī ar nelielu tendenci samazināties (sk. 340. attēlu). Tomēr ir jāņem vērā, ka pēdējo gadu laikā tiek realizēti 2001. gadā izveidotie vizlas uzkrājumi, kas izraisa ieguves samazināšanos, jo patēriņa tirgum ir tendence pieaugt.

140. tabula. Vizlas ieguve pasaulē, tonnās

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004
Argentīna	4665	2110	1770	1894	2178
ASV	101 000	97 800	81 100	78 600	76 000
Austrālija	749	959	605	636	383
Austrija	ND	ND	ND	5646	5832
Brazīlija	4000	4000	4000	5000	5000
Dienvidāfrikas Republika	676	937	821	980	901
Dienvidkoreja	65 295	109 339	29 870	33 645	59 238
Francija	21 000	15 000	17 000	18 000	19 000
Indija	4117	6095	3575	4002	4167
Irāna	4562	4615	2406	5500	7032
Kanāda	30 000	30 000	30 000	30 000	30 000
Krievija	10 000	10 000	9 159	10 063	8 474
Ķīna	43 300	52 200	54 000	66 200	84 000
Madagaskara	67	90	60	70	70
Malaizija	3835	4107	3669	3609	3544
Maroka	1897	ND	ND	ND	ND
Meksika	1658	648	456	506	424
Serbija un Melnkalne	1727	303	426	185	140
Somija	10 035	8983	7170	9337	9225
Spānija	10 086	9874	11 783	11 800	7000
Šrilanka	1491	1161	1161	1674	1200
Taivāna	6862	9733	6595	3237	2978
Zimbabve	273	ND	ND	ND	ND
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>330 000</b>	<b>370 000</b>	<b>270 000</b>	<b>290 000</b>	<b>330 000</b>

ND – dati nav pieejami.



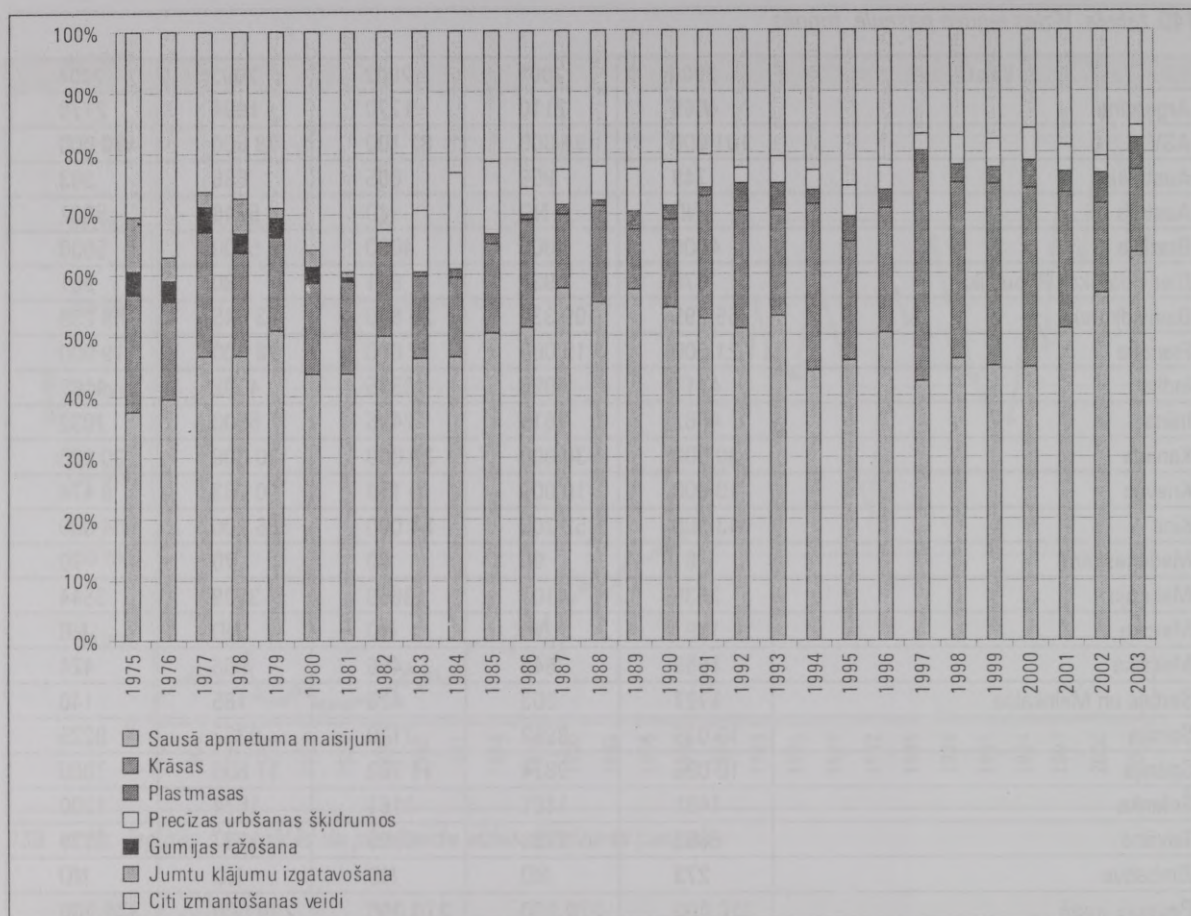
340. attēls. Vizlas ieguve pasaulē

141. tabula. Vizlas ieguve pasaulē 2005. un 2006. gadā, tūkstošos tonnu

Valsts	2005	2006
ASV	78	93
Brazīlija	5	4
Dienvidkoreja	50	40
Francija	10	10
Indija	4	3
Kanāda	18	18
Krievija	100	100
Citas valstis kopā	29	15
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>290</b>	<b>280</b>

Detalizēti statistikas dati par 2005. un 2006. gadu vēl nav zināmi. Pieejami ir nepārbaudīti ASV Ģeoloģijas dienesta novērtējumi (sk. 141. tabulu).

Vizlas izmantošanas veidi pēdējo 30 gadu laikā nedaudz mainās. Visvairāk (aptuveni 85–87% no kopējā iegūtās vizlas daudzuma) izmanto drupinātu un pārslveida vizlu sauso apmetumu



341. attēls. Drupinātas un pārsleida vizlas izmantošana pasaulē

izgatavošanai, mazāk – krāsu rūpniecībā (sk. 341. attēlu).

Plastmasu ražošanai un šķidrumu sagatavošanai precīzai urbšanai līdz 1982. gadam vizlas tikpat kā neizmantoja, bet mūsdienās tā ir stabila vizlu patēriņa joma. Kopš 1981. gada vizlas vairs neizmanto jumtu klājumu izgatavošanai un gumijas ražošanā rūpnieciskos mērogos.

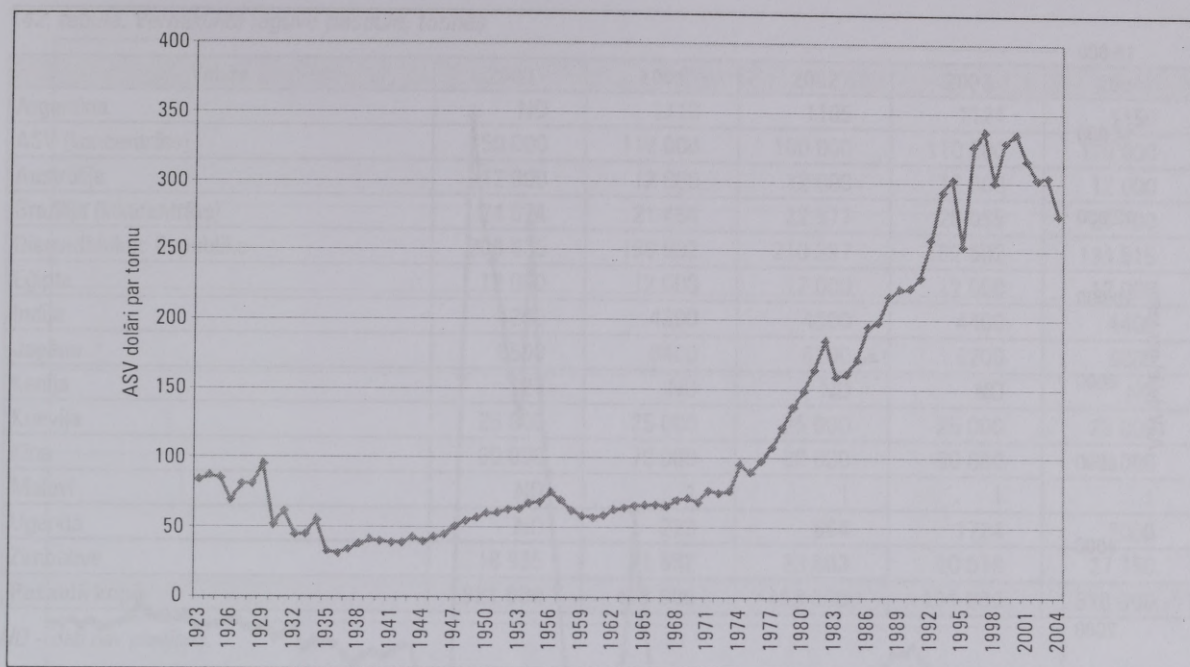
Vizlas cena pasaulē nav augsta, tā vēsturiski ir pakāpeniski pieaugusi (sk. 342. attēlu). Kontrastainākas izmaiņas bija vērojamas pagājušā gadsimta septiņdesmito gadu pirmajā pusē, strauji pieaugot pieprasījumam sauso apmetumu izgatavošanai, un tūkstošgades mijā vizlas pārprodukcijas dēļ.

Vizlas ieguve loksnēs (plāksnēs) ir senākais muskovīta ieguves veids, un tā ieguve pasaulē līdz pagājušā gadsimta sākumam bija aptuveni 1000 tonnu gadā. Ieguve koncentrējās tikai dažās valstīs pasaulē, kurās bija lielas granīta pegmatītu dzīslas.

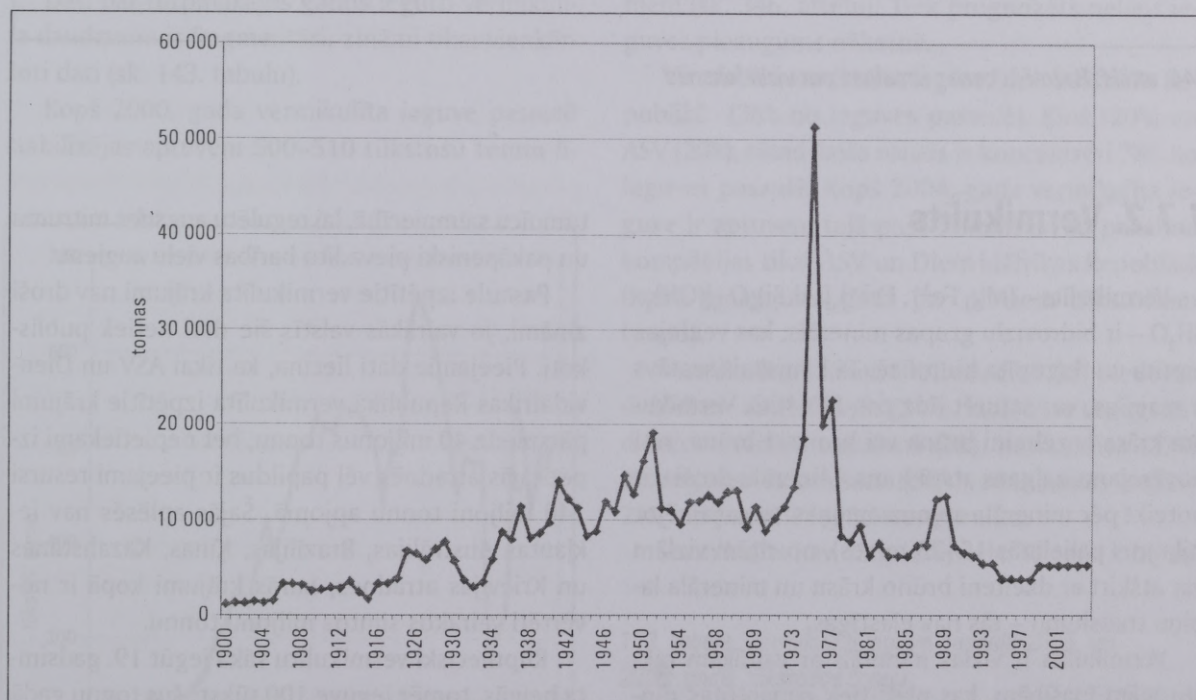
Kopš 1979. gada plākšņu vizlas patēriņš pasaulē (aptuveni 5000 tonnu gadā) un tās cena (aptuveni 2000 ASV dolāru par tonnu) mainās nenozīmīgi. Tas ir stabils un ļoti konservatīvs tirgus – no specifiskām elektriskām un siltuma ražošanas iekārtām līdz pusdārgakmeņu ražošanai.

Tiek prognozēts, ka šis tirgus segments arī nākotnē mainīsies maz, taču cenas pieaugs, jo palielinās plākšņu vizlas nozīme kā izejmateriālam apdares dekoratīvo elementu izstrādei publisko telpu noformēšanā.

Vēsturiski vizlas ieguve (sk. 343. attēlu) un vēl kontrastaināk tās cena (sk. 344. attēlu) ir saistīta ar lielākiem tehnikas un tehnoloģiju attīstības posmiem, arī pasaules kariem pagājušajā gadsimtā: 1) 1914.–1918. gads (Pirmais pasaules karš un vizlas izmantošanas straujais pieaugums, attīstoties elektrības izmantošanai); 2) 1941.–1945. gads (Otrais pasaules karš, vizlas plaša izmantošana par izolatoru militārajā tehnikā);



342. attēls. Drupinātās un pārslveida vizlas cenas izmaiņas pasaulē



343. attēls. Pasaulē iegūtā vizla loksnēs

3) 1952.–1961. gads (kodoltehnikas un tehnoloģisko iekārtu attīstība). Maksimālā pieprasījuma periodiem seko kritumi un ražošanas pārprodukcijas periodi.

Kopš 2006. gada vizlas cena kopumā samazinās, bet vienlaikus cena daudz vairāk atšķiras at-

karībā no kvalitātes. 2007. gadā pārslveida vizlas ražotāju cena bija 210–247 ASV dolāri par tonnu, nešķirotā vizla maksāja 200–210 ASV dolāru par tonnu, žāvēta un šķirotā vizla – 250–270 ASV dolāru par tonnu. Vizlas vairumtirdzniecības cena ir par 15–25% augstāka.



344. attēls. Ražotāju cenas izmaiņas par vizlu loksnēs

## 7.7.2. Vermikulīts

Vermikulīts –  $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+})_3[(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  – ir hidrovizlu grupas minerāls, kas veidojas biotīta un flogopīta hidrolīzē. Tā ķīmiskais sastāvs ir mainīgs, var saturēt līdz pat 11% NiO. Vermikulīta krāsa ir zeltaini brūna vai bronzas brūna, reti novērojams zaļgans atspīdums. Minerālu droši var noteikt pēc minerāla apjoma maiņas, to sakarsējot (tūpums palielinās 15–25 reizes), no citām vizlām var atšķirt ar dzeltenī brūno krāsu un minerāla lapiņu trauslumu – tās nav elastīgas.

Vermikulīts ir vizlas minerāls ar vairākām raksturīgām īpašībām, kas plaši tiek izmantotas rūpniecībā. Vermikulīts viegli sadalās plāksnēs, to var atdalīt no citiem iežiem un materiāliem, tas ir viegls, ķīmiski inerts, ugunsdrošs, skaņu slāpējošs un nesmaržo. Vermikulītu izmanto kā piedevu betonam, padarot to vieglāku, tas ir labs šķidrumsorbents, un to izmanto lauksaimniecībā minerālmēsli, herbicīdu un insekticīdu transportēšanai un iestrādāšanai augsnē, kur tie pakāpeniski atbrīvojas. Mūsdienās vermiculītu īpaši plaši izmanto sil-

tumnīcu saimniecībā, lai regulētu augsnes mitrumu un pakāpeniski pievadītu barības vielu augiem.

Pasaule izpētītie vermiculīta krājumi nav droši zināmi, jo vairākās valstīs šie dati netiek publicēti. Pieejamie dati liecina, ka tikai ASV un Dienvidāfrikas Republikā vermiculīta izpētītie krājumi pārsniedz 40 miljonus tonnu, bet nepietiekami izpētītajās atradnēs vēl papildus ir pieejami resursi 140 miljoni tonnu apjomā. Šajās aplēsēs nav iekļautas Austrālijas, Brazīlijas, Ķīnas, Kazahstānas un Krievijas atradnes, kurās krājumi kopā ir novērtēti vairākos simtos miljonu tonnu.

Rūpnieciski vermiculītu sāka iegūt 19. gadsimta beigās, tomēr ieguve 100 tūkstošus tonnu gadā sasniedza tikai 1932. gadā. Ieguve pieauga līdz 1990.–1992. gadam, kad, sabrūkot pasaules politiskajai polarizācijai dažādās nometnēs, vajadzība pēc vermiculīta dažādiem stratēģiskiem uzkrājumiem izzuda (sk. 345. attēlu).

Turpmāk vermiculīta ieguve ir ļoti mainīga. Pēc uzkrājumu realizācijas 1994.–1995. gadā tā stabilizējās – aptuveni pusmiljons tonnu gadā ar nelielu pieauguma tendenci (sk. 142. tabulu).

142. tabula. Vermikulīta ieguve pasaulē, tonnās

Valsts	2000	2001	2002	2003	2004
Argentīna	ND	1110	1105	1124	1150
ASV (koncentrāts)	150 000	110 000	100 000	110 000	100 000
Austrālija	12 000	12 000	12 000	12 000	12 000
Brazīlija (koncentrāts)	24 074	21 464	22 577	26 055	26 100
Dienvīdāfrikas Republika	208 835	156 632	210 297	182 802	194 515
Ēģipte	12 000	12 000	12 000	12 000	12 000
Indija	4200	4300	4300	4400	4400
Japāna	6500	6400	6200	6200	6000
Kenija	124	ND	ND	ND	ND
Krievija	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000
Ķīna	60 000	70 000	80 000	90 000	100 000
Malavi	ND	1	1	1	1
Uganda	ND	220	664	1724	2000
Zimbabve	18 935	11 632	23 803	20 016	27 150
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>521 000</b>	<b>431 000</b>	<b>498 000</b>	<b>491 000</b>	<b>510 000</b>

ND – dati nav pieejami.

Dati par turpmākajos gados iegūto vermikulīta daudzumu ir fragmentāri, zināmi tikai vienkāršoti dati (sk. 143. tabulu).

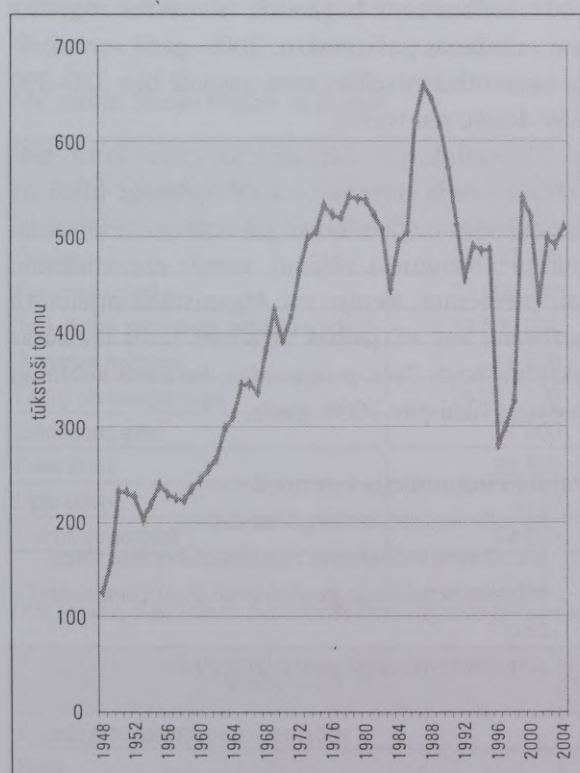
Kopš 2000. gada vermikulīta ieguve pasaulē stabilizējas aptuveni 500–510 tūkstošu tonnu lī-

menī (sk. 346. attēlu). Tiek prognozēts neliels ieguves pieaugums nākotnē.

Visvairāk vermikulīta iegūst Dienvidāfrikas Republikā (38% no ieguves pasaulē), Ķīnā (20%) un ASV (20%), tātad šajās valstīs ir koncentrēti 78% no ieguves pasaulē. Kopš 2004. gada vermikulīta ieguve ir aptuveni tajā pašā līmenī, un to palielina kompānijas tikai ASV un Dienvidāfrikas Republikā (katrā pieaugums gadā par pieciem tūkstošiem tonnu).

Vermikulītu izmanto būvniecībā kā piedevas dažādiem materiāliem (24%), izolācijas un ugunsdrošu materiālu ražošanā (7%), horīkultūrā (22%) un augsnes uzlabošanā (26%), citās jomās kopā – 21% no pasaulē iegūtā vermikulīta.

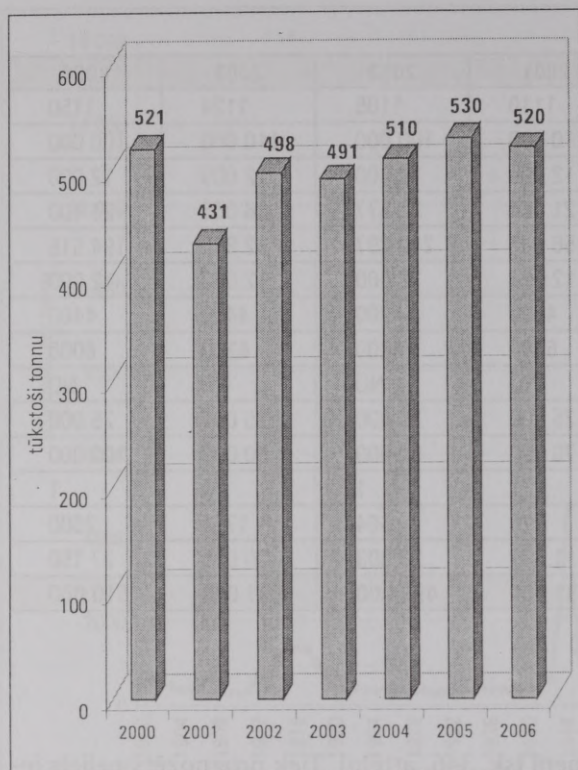
Vermikulīts nav dārga izejviela. Tā cena ir bijusi



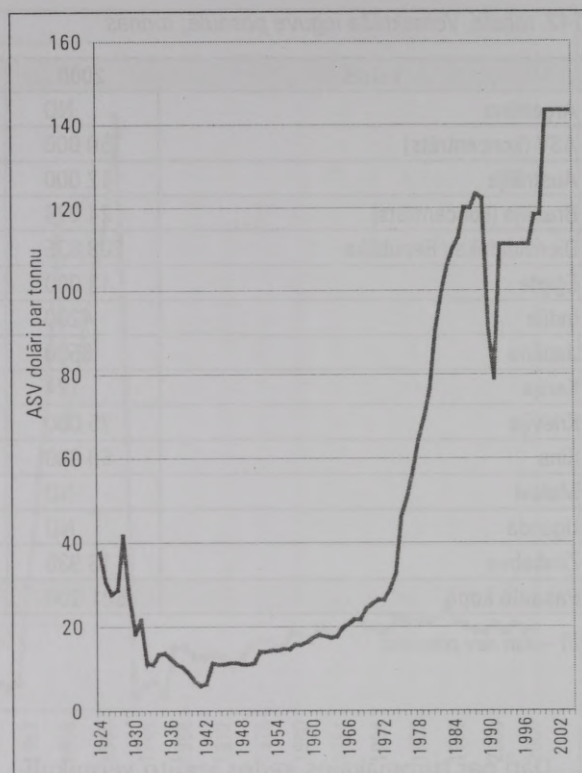
345. attēls. Pasaulē iegūtā vermikulīta daudzums

143. tabula. Vermikulīta ieguve pasaulē 2005. un 2006. gadā, tūkstošos tonnu

Valsts	2005	2006
ASV	100	100
Brazīlija	30	30
Dienvīdāfrikas Republika	210	200
Krievija	25	25
Ķīna	100	100
Zimbabve	23	22
Citas valstis kopā	39	39
<b>Pasaulē kopā</b>	<b>530</b>	<b>530</b>



346. attēls. Vermikulīta ieguve pasaulē



347. attēls. Vermikulīta ražotāju cenas izmaiņas

salīdzinoši zema arī gandrīz visu iepriekšējo gad-simtu (sk. 347. attēlu).

Vēsturiski vermikulīta cena ir pieaugusi ļoti pakāpeniski līdz 1974. gadam, kad, attīstoties siltumnīcu saimniecībai, gandrīz visās attīstītās pasaules valstīs pieprasījumu pēc šā minerāla vairs nevarēja apmierināt un uzkrājumi rūpnīcās bija izmantoti. Ražotāju cena strauji pieauga, un līdz 1988. gadam tā trīskāršojās. Šajā laikā būtiski palielinājās vermikulīta ieguves apjoms Dienvidāfrikas Republikā, Ķīnā un ASV, ekspluatācijā tika iekļautas jaunas atradnes, minerālu kļuva izdevīgi iegūt arī mazākā daudzumā. Otrs ražotāju cenās kāpums bija vērojams tūkstošgades mijā, kad lauksaimnieciskā ražošana siltumnīcās un mākslīgi veidotās augsnēs attīstījās arābu valstīs. Persijas līča valstīs teritoriju mākslīgai apzaļumošanai vien tiek patērēts vairāk nekā 5% no visā pasaulē iegūtā vermikulīta.

Rūpnīcā iegūto vermikulītu šķiro, koncentrē un fasē mitrumu necaurļaidīgā iepakojumā. Tā kā

vermikulīts ir ļoti viegls, tā uzglabāšana un transportēšana ir visai darbietilpīga. Tāpēc tā vairumtirdzniecības cena ir gandrīz trīs reizes augstāka par ražošanas pašizmaksu. 2006. gadā vermikulīta vairumtirdzniecības cena pasaulē bija 370–390 ASV dolāru par tonnu.

Pārprodukcijas dēļ pēdējo gadu laikā vermikulīta cena turpina nedaudz pieaugt (tikai uz produkcijas uzglabāšanas un transportēšanas izmaksu pieauguma rēķina), tomēr nepietiekami, lai, piemēram, Kenija vai Afganistāna atjaunotu ražošanu vai arī jaunas atradnes tiktu iekļautas ekspluatācijā. Tiek prognozēts, ka cena nozīmīgi pieaugs tikai pēc 2009. gada.

#### Papildu informācija internetā

<http://www.intracen.org/tradstat/>

<http://www.webmineral.com/data/Graphite.shtml>

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/talc/>

<http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/>

# 8 Pazemes ūdens resursi

Ūdens ir atjaunojamais dabas resurss un dzīvības nosacījums uz Zemes, tas ir mūsu un ļoti daudzu citu sugu svarīgākais pārtikas produkts. Gruntsūdens ir hidroloģiskā cikla svarīga daļa, tāpat kā ekoloģiskā sistēma, jo gandrīz visi pazemes ūdeņi kļūst par ārējiem jeb virszemes ūdeņiem.

Saldūdens ir neliela visu uz Zemes esošo ūdeņu daļa – aptuveni 3%. Liela daļa saldūdens (nedaudz vairāk par divām trešdaļām) tiek saistīta ar ledājiem un sniega segu, viena trešdaļa – ar pazemes ūdeņi, jo upes un ezeri veido tikai ļoti nelielu saldūdens daļu (sk. 144. tabulu).

Svarīga ir A. Sokolova papildu detalizācija (sk. 145. tabulu).

Dabas ūdeņu ķīmiskā sastāva veidošanos ietekmē hidroloģiskais cikls, kurā var izdalīt piecas tā nozīmīgākās daļas: ūdeņus okeānos, atmosfērā, ledājos, pazemē un saldūdeņu resursus. Hid-

roloģiskais cikls parāda saistību starp šiem galvenajiem ūdens resursu avotiem un atspoguļo iztvaikošanas un arī izkrišanas procesu lielo lomu ūdens bilances veidošanā. Galvenais enerģētiskais faktors, kas nosaka ūdens iesaistīšanos globālās aprites ciklā, ir Saules radiācija, kuras ietekmē Zemes virskārtā esošās ūdens masas sasilst un iztvaiko. Iztvaiko ne tikai ūdens no jūru un okeānu virsmas, bet arī augsnē esošais mitrums, ledāji un Zemes sniega sega. Tomēr vispārzināmā ūdens aprites cikla atsevišķi posmi tiek pārvarēti ļoti atšķirīgā ilgumā, kas tiek raksturoti kā ūdens apmaiņas ilgums. Pēc A. Raudkivi, šis lielums atmosfēras ūdeņim ir 10 dienas, ūdeņim upēs – 12 dienas, ezeros – 7 gadi, aktīvās apmaiņas zonas pazemes ūdeņiem (gruntsūdeņiem) – 200–300 gadu, ūdeņim okeānos – 3000 gadu, artēziskiem pazemes ūdeņiem – 5000 gadu, kontinentālos ledājos

144. tabula. Ūdeņu krājumi uz Zemes

Ūdeņu veids	Tilpums, km <sup>3</sup>	Daļa no kopējā ūdens daudzuma, %		
		Pēc R. A. Frīza un Dž. A. Čerija		Pēc A. Sokolova
		Kopā	Saldūdens	Kopā
Okeāni	1 338 000 000	96,3	–	96,53
Pazemes ūdeņi	23 900 000	1,7	–	1,74
Tajā skaitā saldūdens pazemes ūdeņi	10 530 000	0,76	30,1	0,76
Augsnes mitrums	16 500	0,001	0,05	0,001
Ledāji un sniega sega	24 064 100	1,74	68,7	1,76
Saldūdens ezeri	91 000	0,007	0,26	0,007
Sāļie ezeri	85 400	0,006	–	0,006
Upju ūdeņi	2120	0,0002	0,006	0,0002
Ūdens atmosfērā	12 900	0,001	0,004	0,001

145. tabula. Saldūdens daudzuma novērtējuma precizējumi, pēc A. Sokolova

Ūdeņu veids	Daļa no kopējā ūdens daudzuma, %	
	Kopā	Saldūdens
Ilggadējā sasalumā pazemes ledus	0,022	0,86
Purvi	0,0008	0,03
Bioloģiskais ūdens	0,0001	0,003

slēptam ūdenim – 8000 gadu. Kopējā aprītē gadā piedalās tikai 537 tūkstoši kubikmetru ūdens jeb 0,03% no kopējā ūdens daudzuma, bet viss ūdens pilnu ciklu veic aptuveni 3000 gados.

Taču relatīvi stabils ūdens daudzums uz Zemes virsas nenozīmē to, ka tāds tas bijis Zemes attīstības gaitā. Piemēram, pēdējā pleistocēna apledošanas maksimālās izplatības laikā (aptuveni pirms 18–23 tūkstošiem gadu) ledāju masa uz kontinentiem pieauga par aptuveni  $47 \times 10^6 \text{ km}^3$  (atbilst aptuveni 3,5% no okeānu masas). Arī citos vēstures periodos bilance starp ūdeņu masu dažādās tilpēs visai būtiski mainījās, respektīvi, mainījās līdzsvars starp hidroloģiskā cikla komponentiem.

Iežos ir dažādu veida ūdeņi atkarībā no ūdens agregātstāvokļa, saistības ar iežiem, iežu mitruma un daudziem citiem faktoriem. Atkarībā no tā, kādā veidā ūdens ir iežos, tam piemīt atšķirīgas īpašības, pārveidošanās Zemes dzīlēs un mijiedarbība ar citām vidēm. Tāpēc tiek nošķirti atsevišķi ūdens veidi: tvaikveida ūdens, higroskopiskais ūdens, plēvīšu ūdens, kapilārais ūdens, gravitācijas ūdens, kristalizācijas un ķīmiski saistītais

ūdens, kā arī ūdens cietā veidā. Tomēr, apskatot pazemes ūdens resursus, tos visus apvieno, jo atsevišķos ūdens veidus ne vienmēr ir iespējams novērtēt, un daudzi pētījumi rāda, ka tajos dominē gravitācijas ūdens.

Lai arī 144. un 145. tabulas dati liecina par ļoti nozīmīgu saldūdens daudzumu pasaulē, nebūt ne visi virszemes un pazemes ūdeņi ir izmantojami cilvēku saimnieciskajā dzīvē. Vispirms ir jāņem vērā ūdens aprites cikla atsevišķo posmu aprites ātrums, dažu ūdens veidu klātbūtnes sezonālitate (sniegs ziemā, musonu lieti noteiktā gadalaikā utt.), kā arī ūdens veidu ieguves tehniskie ierobežojumi (piemēram, kristalizācijas ūdens ieguve no minerāliem). Izslēdzot šos galvenos ierobežojumus, joprojām pasaulē ir pieejams ļoti daudz saldūdens (sk. 146. tabulu).

Atkarībā no iedzīvotāju skaitu atsevišķos kontinentos šie lielumi var tikt atspoguļoti kā pieejamais saldūdens daudzums uz vienu iedzīvotāju (sk. 147. tabulu).

Pasaules Veselības organizācija savās rekomendācijās secina, ka cilvēkam, lai nodrošinātu veselīgu dzīvesveidu, mūsdienās gadā ir nepieciešama

146. tabula. Saimnieciskajai dzīvei pieejamais saldūdens, kubikkilometros

Kontinents	Ledus un pazemes ledus ilggadējā sasaluma zonā	Pazemes saldūdens	Mitraines, lielie ezeri, ūdenskrātuves, upes
Ziemeļamerika un Grenlande	2 690 000	4 300 020	27 003
Ziemeļamerika	90 000	4 300 000	27 003
Dienvidamerika	900	3 000 000	3431
Eiropa	18 216	1 600 000	2529
Āfrika	0,2	5 500 000	31 776
Āzija	60 984	7 800 000	30 622
Austrālija un Okeānija	180	1 200 000	221
Antarktīda	30 109 800	~ 30	–

147. tabula. Saimnieciskajai dzīvei pieejamais saldūdens, 2005. gads

Kontinents	Iedzīvotāju skaits, miljoni	Pieejamais saldūdens ledus un pazemes ledus formā, $\text{km}^3$ uz iedzīvotāju	Pieejamais saldūdens daudzums mitrainēs, lielos ezeros, ūdenskrātuvēs un upēs, $\text{km}^3$ uz iedzīvotāju	Pieejamais pazemes saldūdens, $\text{km}^3$ uz iedzīvotāju
Ziemeļamerika	332	271,08	81,33	12 951,81
Dienvidamerika	378	2,38	9,08	7936,51
Eiropa	732	24,89	3,45	2185,79
Āfrika	924	0,0002	34,39	5952,38
Āzija	3968	15,37	7,72	1965,73
Austrālija un Okeānija	34	5,29	6,50	35 294,12

pieeja pie vairāk nekā 1700 kubikmetriem saldūdens. Pasaulē pieejamais saldūdens daudzums (sk. 147. tabulu) ir pietiekams, lai nodrošinātu veselīgu dzīvesveidu cilvēkiem, vēl simtiem reižu palielinoties iedzīvotāju skaitam pasaulē.

Tomēr ir arī pretruna starp nereti daudzās pasaules valstīs zināmo saldūdens trūkumu un faktiski pieejamajiem resursiem. Tā veidojas tāpēc, ka saldūdeni neizmanto tikai dzeramā ūdens nodrošināšanai un cilvēks nepavisam nav vienīgais saldūdens patērētājs. Aptuveni 12–15% no virszemes saldūdens daudzuma (neietverot ūdeni ledājos un pazemē ilggadējā sasaluma zonā) ir nepieciešams citu dzīvības formu nodrošināšanai (tostarp upēs, ezeros, purvos un mitrainēs utt.). Aptuveni 2–5% sekli ieguļošā pazemes ūdens ir vajadzīgs augiem, dzīvniekiem (īpaši augsnē). Tomēr tā ir tikai aptuveni piektā daļa pasaules saldūdens resursu. Šādos aprēķinos ir jāņem vērā, ka ūdens aprites cikla norisei un mijiedarbībai ar citu vielu apriti dabā ir nepieciešami aptuveni 20–25% no saldūdens resursiem, bet tie daļēji var būt iepriekš minētie saldūdeņi citu dzīvības formu eksistences nodrošinājumam. Tātad pasaulē kopā, izņemot ūdeni ledājos un pazemē ilggadējā sasaluma zonā, aptuveni trešā daļa ūdens ir uzskatāma par neaizskaramu cilvēka saimnieciskās darbības attīstībai un patiesībā ir daļa, kas hidroloģiskajā ciklā apmainās ļoti lēni. Parasti to sauc par neatjaunojamo ūdens cikla daļu. Tās nav gluži pareizi, jo šī ūdens daļa arī atjaunojas, tikai šā ūdens atjaunošanās ilgums desmitiem reižu pārsniedz cilvēku vidējo mūža ilgumu. Pat ar šādiem ierobežojumiem cilvēku saimnieciskās dzīves attīstība ir bagātīgi nodrošināta ar nepieciešamajiem saldūdens resursiem (sk. 148. tabulu).

Lai arī saldūdens resursi ir ļoti lieli, tomēr daļa šo resursu nav viegli pieejami dažādu fiziogēogrāfisku apstākļu dēļ – tie ir izvietoti augstkalnu rajonos, lielā dziļumā, daļa no tiem ir zaudējuši savas īpašības (piesārņoti) un tamlīdzīgi, tāpēc pieejamie saldūdens resursi tiek nodalīti atsevišķi. To ģeogrāfiskais izvietojums ir nevienāds. 32% no tiem ir Ziemeļamerikā, 13% – Dienvidamerikā, 17% – Āzijā, 14% – Austrālijā un Okeānijā, 15% – Eiropā, 9% – Āfrikā.

Pieejamo resursu daudzums, kas pilnībā atjaunojas un nevar negatīvi ietekmēt dabā notiekošos procesus, ir novērtēts aptuveni 43 750 kubikmetru apjomā jeb 6679,4 kubikmetri uz vienu pasaules iedzīvotāju gadā. Tas ir 18,3 kubikmetri diennaktī uz vienu iedzīvotāju un 3,9 reizes vairāk, nekā rekomendē Pasaules Veselības organizācija. Pieejamo resursu ģeogrāfiskā izvietojuma neviendabības dēļ Amerikā katram iedzīvotājam ir pieejami 24 000 kubikmetru gadā, Eiropā – 9300, Āfrikā – 5000, Āzijā – 3400 kubikmetru saldūdens gadā.

Daudz kontrastaināka aina paveras, ja šādu analīzi veic atsevišķu valstu līmenī. Pasaulē ir tikai viena valsts – Bahreina, kurai fiziogēogrāfisku apstākļu un ģeoloģiskās uzbūves savdabības dēļ nav pieejami savi saldūdens resursi, tās teritorijā pat pazemes ūdeņi atrodas dziļi, un tie ir iesāji un sāļi. Pārējās valstīs pieejamo saldūdens resursu ziņā ir starp Kuveitu (10 kubikmetri gadā uz vienu iedzīvotāju) un Kanādu, Īslandi, Gabonu un Surinamu (vairāk nekā 100 000 kubikmetru gadā uz vienu iedzīvotāju).

Deviņpadsmit valstīm un teritorijām ir pieejami mazāk nekā 500 kubikmetru gadā uz vienu

148. tabula. Saimnieciskajai dzīvei pieejamais saldūdens, izslēdzot ūdeni ledū un ūdens apjomu, kas nepieciešams citām dzīvības formām un hidroloģiskā cikla aprītei (2005)

Kontinents	Pieejamais saldūdens daudzums mitrainēs, lielos ezeros, ūdenskrātuvēs un upēs, km <sup>3</sup> uz iedzīvotāju	Pieejamais pazemes saldūdens, km <sup>3</sup> uz iedzīvotāju	Pieejamais saldūdens daudzums, ņemot vērā ierobežojumus izmantot 25% virszemes ūdeņu un 30% pazemes ūdeņu, km <sup>3</sup> uz iedzīvotāju
Ziemeļamerika	81,33	12 951,81	9127,27
Dienvidamerika	9,08	7936,51	5562,37
Eiropa	3,45	2185,79	1532,64
Āfrika	34,39	5952,38	4192,46
Āzija	7,72	1965,73	1381,80
Austrālija un Okeānija	6,50	35 294,12	24 710,76

iedzīvotāju, mazāk nekā 1000 kubikmetru gadā ir 29 valstu iedzīvotājiem. Desmit nabadzīgākās valstis pieejamā saldūdens ziņā uz vienu iedzīvotāju ir Bahreina, Jordānija, Kuveita, Lībija, Maldivija, Malta, Katara, Saūda Arābija, Apvienotie Arābu Emirāti un Jemena.

Arī saldūdens ieguve un patēriņš ģeogrāfiski ir ļoti nevienmērīgs. Āzijā tiek iegūts vairāk nekā 57% no visa pasaulē iegūtā saldūdens, un šeit tiek izmantoti vairāk nekā 70% no visa iegūtā ūdens. Tomēr galvenais ūdens izmantošanas veids ir lauksaimniecības platību apūdeņošana, un tiek prognozēts, ka šīm vajadzībām arī nākotnē ūdens patēriņš palielināsies par 10–12% ik pēc 10 gadiem, 2025. gadā sasniedzot 5240 kubikmetru. Arī Āfrikā un Dienvidamerikā saldūdens ieguves pieaugums šajā laikposmā tiek prognozēts 1,5–1,6 reizes, turpretī Ziemeļamerikā un Eiropā tas nepārsniegs 1,2 reizes.

**Dzēramā ūdens apgāde** un saldūdens pieejamība ir tik pašsaprotama, ka vairākumā valstu nav pat šādas likuma normas, kas starptautiskajās konvencijās nereti tiek uzskatīts par vienu no cilvēktiesību pamata elementiem. Tomēr mūsdienu pasaulē tas nepavisam tā nav, un pieeja šiem resursiem daudzu valstu iedzīvotājiem ir daļēji vai pat pilnībā liegta. Līdz ar to dzēramā ūdens patēriņš dažādās pasaules daļās būtiski atšķiras. Ekonomiski attīstītās valstīs viena iedzīvotāja vidējais patēriņš sasniedz 500–800 litru dienā (300 kubikmetru gadā), bet attīstības zemēs tas visbiežāk nepārsniedz 60–150 litru dienā (20 kubikmetru gadā). Būtiskas atšķirības ir arī starp ūdens patēriņu lielās pilsētās (300–600 litru dienā uz vienu iedzīvotāju) un mazās apdzīvotās vietās (100–150 litru dienā uz vienu iedzīvotāju), bet ir jāņem vērā, ka mazās pilsētīnās un ciematos ūdens zudumi vidēji ir 40–60% un līdz patērētājiem fiziski nonāk daudz mazāks ūdens daudzums.

Attīstības valstīs Āzijā, Āfrikā un Dienvidamerikā apdzīvotās vietās ūdensapgāde nodrošina vidēji 50–100 litru vienam iedzīvotājam dienā, bet ļoti lielās teritorijās šeit ir pieejami tikai 20–60 litru ūdens vienam iedzīvotājam dienā.

2005. gadā pasaulē 31 valstī, kurās kopā dzīvo 8% visas pasaules iedzīvotāju, izjuta hronisku saldūdens trūkumu. Tiek prognozēts, ka tuvāko 25 gadu laikā saldūdens hronisks deficīts skars

gandrīz visu Etiopiju, Indiju, Keniju, Nigēriju un Peru, kā arī lielu daļu Ķīnas.

Apvienoto Nāciju Organizācija prognozē līdz 2025. gadam būtisku saldūdens trūkumu 2,8 miljardiem iedzīvotāju 48 pasaules valstīs. No šīm valstīm 40 ir Rietumāzijā, Ziemeļāfrikā un Sāhelas zonā Āfrikā. Līdz 2050. gadam šādu valstu skaits palielināsies līdz 54, un tajās dzīvos gandrīz četri miljardi iedzīvotāju (jeb aptuveni 40% no tajā laikā kopējā prognozētā iedzīvotāju skaita pasaulē – 9,4 miljardiem).

Pieejamā saldūdens trūkuma dēļ cieš ne tikai dzīvā daba tās dažādās izpausmes formās, bet arī cilvēki. Lai arī gadījumi, kad ūdens trūkuma dēļ iet bojā cilvēki, ir ļoti reti un tās ir kādas konkrētas nelaiemes, stihijas vai nepārdomāta rīcība, nepietiekamas ūdens pieejamības dēļ neatbilstoši iekārtota sadzīve izraisa ļoti daudzu slimību izplatību. Caurejas, malārijas un parazitāru izraisītu slimību dēļ ik gadu cieš līdz 500 miljoniem cilvēku un mirst vairāk nekā trīs miljoni cilvēku, no kuriem lielākā daļa ir bērni un pusaudži.

Situāciju ilustrē dati par ūdensapgādes un kanalizācijas pakalpojumu pieejamību pasaulē (sk. 149. tabulu).

Dati par ūdens resursu pieejamību ļauj visos kontinentos būtiski samazināt saslīmšanu ar tām slimībām, kuru attīstību veicina nepietiekama piekļuve šiem resursiem.

Saldūdens maksā, par brīvu tas pieejams tikai nedaudzās valstīs, kurās neviens neuzņemas atbildību par šāda ūdens lietošanas sekām. Lielākajā daļā valstu par saldūdens izmantošanu tiek noteikti dažādi nodokļi un maksa par pakalpojumu kopā, 2005. gadā veidojot vidējo maksu 0,5 eiro par kubikmetru, Eiropas Savienības valstīs – 0,8–1,4 eiro par kubikmetru. Tas veido pasaulē noteiktu saldūdens realizācijas tirgu, kura ietilpība pārsniedz 800 miljonus eiro, no kuriem 300 miljonus eiro veido maksa par pazemes ūdeņu izmantošanu. Šajā novērtējumā nav ietverti subsidētie maksājumi par ūdeni, kas tiek izmantots rūpniecībā, enerģētikā un it īpaši lauksaimniecībā.

Šādi maksājumi nav pa kabatai iedzīvotājiem ļoti daudzās attīstības valstīs, kurās ienākumi uz vienu iedzīvotāju mēnesī nesasniedz 50 ASV dolāru (jeb divus ASV dolārus dienā, kas Pasaules Bankas aprēķinos pieņemts par nabadzības sliekšni). 2005. gadā bija 53 šādas valstis, un tajās dzīvoja

149. tabula. Ūdensapgādes un kanalizācijas pakalpojumu pieejamība pasaulē

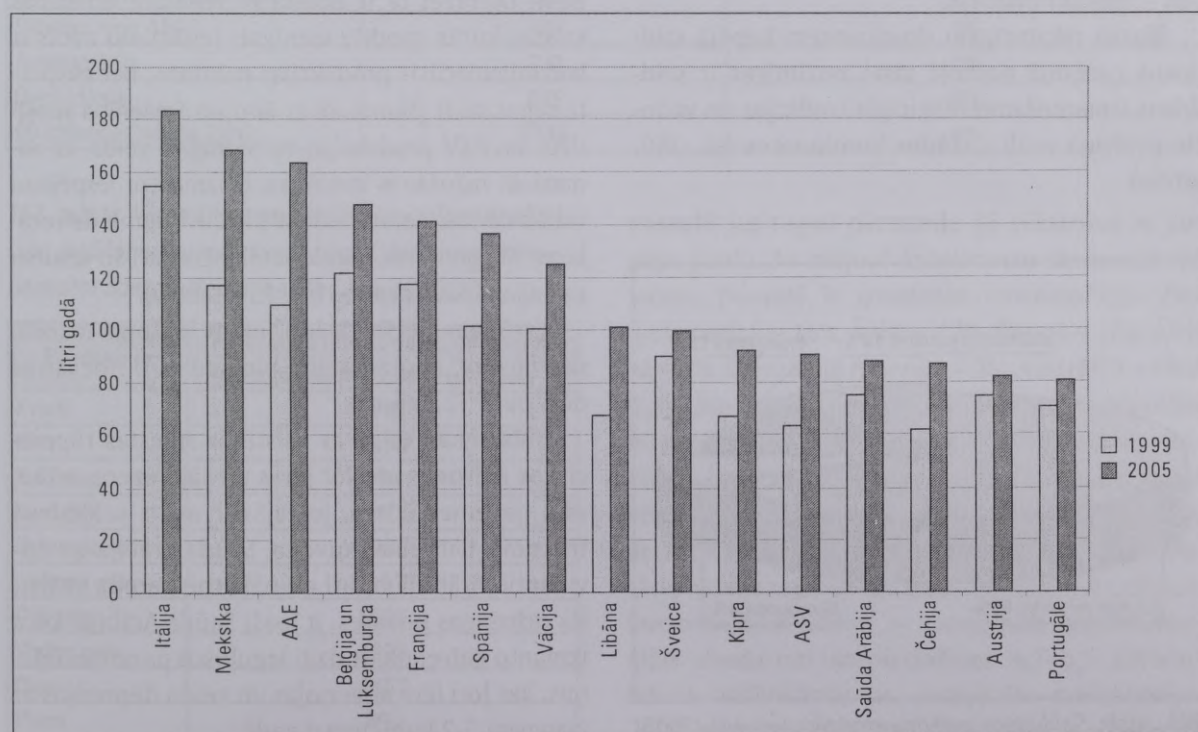
Kontinents	Iedzīvotāju blīvums, iedz./km <sup>2</sup>	Ienākumi NKP uz vienu iedzīvotāju, 2005. gadā	Iedzīvotāju skaits, kam pieejams ūdensvads vai cits dzeramas kvalitātes ūdens avots, %		Kanalizācijas pakalpojumu pieejamība, %
			Pilsētās un apdzīvotās vietās	Lauku teritorijās	
Ziemeļamerika	17	40 980	100	100	100
Dienvidamerika	21	8 210	83	42	66
Eiropa	32	21 120	99	92	99
Āfrika	31	2 480	62	30	13
Āzija	125	5 960	74	31	18
Austrālija un Okeānija	4	22 180	98	58	46
<b>Pasaulē vidēji</b>	<b>49</b>	<b>9 190</b>	<b>81</b>	<b>37</b>	<b>36</b>

vairāk nekā 480 miljoni iedzīvotāju, galvenokārt Vidusāzijā un Āfrikā.

Vienlaikus pasaulē pēdējos 10 gados ļoti strauji pieaug pudelēs un transporta kannās pildītā dzeramā ūdens tirgus, kas 2005. gadā pārsniedza 155 miljardus litru ūdens (no tā 82% iegūts no pazemes ūdens avotiem). Šāda ūdens vidējā cena pasaulē bija aptuveni 0,5 eiro par litru. Vēl jāpieskaita 0,6 miljardi litru saražotā pildītā minerālūdens (tikai no pazemes avotiem), kura vidējā cena pasaulē bija 2,5 eiro par litru. Fasēto ūdeni visvairāk patērē ASV (26 miljardus litru gadā),

Meksikā (18 miljardus litru), Ķīnā un Brazīlijā (pa 12 miljardiem litru), Itālijā un Vācijā (pa 10 miljardiem litru gadā). Vairāk nekā piecus miljardus litru gadā patērē Francijā, Indonēzijā un Spānijā. Tomēr tas ne vienmēr ir objektīvs patēriņa rādītājs, jo fasētā dzeramā ūdens patēriņa izteiksmē uz vienu iedzīvotāju līderpozīcijās ir citas valstis (sk. 348. attēlu).

Pētnieki dažādi skaidro fasētā dzeramā ūdens patēriņa straujo pieaugumu – ar tūrisma attīstību, ūdens pieejamību tirdzniecībā, patērētāju strauji pieaugošo prasīgumu attiecībā uz dzeramā ūdens



348. attēls. Fasēta ūdens patēriņš pasaulē uz vienu iedzīvotāju

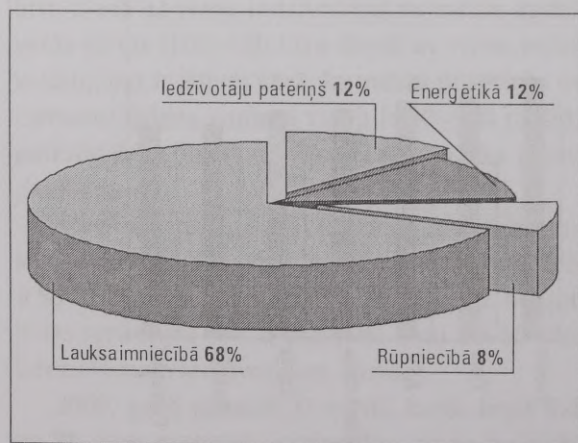
150. tabula. Saldūdens patēriņa struktūra pasaulē

Kontinents	Ūdens ņemšana, %		Ūdens izmantošana, %				
	Virszemes ūdeņi	Pazemes ūdeņi	Ūdensapgāde mājsaimniecībām	Lauksaimniecība	Rūpniecība	Enerģētika	Citi izmantošanas veidi
Ziemeļamerika	81	19	11	34	7	47	1
Dienvīdamerika	93	7	22	53	20	3	2
Eiropa	87	13	15	33	11	40	1
Āfrika	96	4	7	88	2	1	2
Āzija	92	8	8	60	30	1	1
Austrālija un Okeānija	94	6	12	75	8	3	2
Pasaulē vidēji	93	7	12	67	8	12	1
Prognozes (2015. gadā), patēriņa pieaugums, %			180	120	150	110%	105%

kvalitāti, tirgus maksātspēju (fasēts ūdens preču tirgū ir 200–1000 reižu dārgāks par krāna ūdeni).

Ir būtiskas pretrunas starp objektīvi pieejamiem ļoti nozīmīgiem saldūdens resursiem un to izmantošanu, jo kā dzeramo ūdeni to izmanto visai maz. Pēc Apvienoto Nāciju Organizācijas datiem, 2005. gadā (sk. 150. tabulu un 349. attēlu) cilvēki tiešam patēriņam izmantoja tikai 12% saldūdens pasaulē, tikpat daudz tika izmantots enerģētikā (12%), rūpniecībā – tikai 8%, bet gandrīz 68% – lauksaimniecībā.

Blakus raksturīgām dominantēm kopējā saldūdens patēriņā pasaulē visai nozīmīgas ir saldūdens izmantošanas atšķirīgās tradīcijas un vadošie patēriņa veidi dažādos kontinentos (sk. 350. attēlu).



349. attēls. Saldūdens patēriņa struktūra pasaulē (2005)

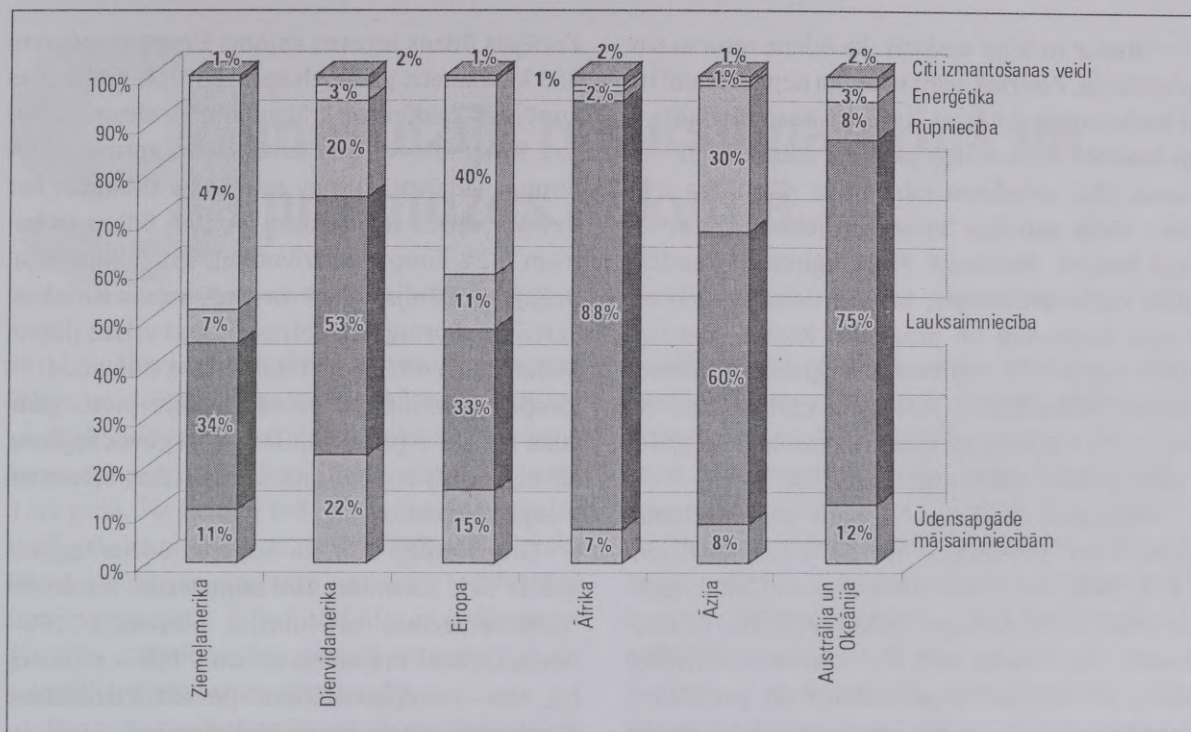
Lauksaimniecība ir nozīmīgākā saldūdens patērētāja – šajā sektorā tiek patērēti aptuveni 68% no visā pasaulē iegūtā saldūdens, un lauksaimniecība kopā veido aptuveni 90% no pasaulē patērētā ūdens. Daudzās valstīs lauku apūdeņošana un laistīšana veido līdz 95% un pat vairāk no kopējā saldūdens patēriņa.

Esot šādi patēriņa struktūrai un atbalstam lauksaimniecībai, var rasties noteiktas grūtības attiecībā uz ūdens resursu pieejamību iedzīvotājiem. Diemžēl tā ir objektīva realitāte attīstības valstīs, kurās gandrīz vienīgais ienākumu avots ir lauksaimniecības produkcijas ražošana, bet eksporta tirgos tai ir jākonkurē ar Eiropas Savienībā subsīdēto un ASV produkciju, un vienīgais veids, kā samazināt ražošanas izmaksas, ir izmantot iespējami vairāk ūdens, nereti liedzot piekļuvi tam iedzīvotājiem. Tādējādi tiek būtiski ietekmētas arī šo resursu pašatjaunošanās spējas (sk. 151. tabulu).

Lauksaimniecība ir ļoti ūdens ietilpīga ražošanas nozare, ko uzskatāmi pierāda A. I. Hoekstras dati (sk. 152. tabula).

Mūsdienās vairākas valstis ir spiestas rūpnieciskos mērogos *atsāļot* jūras un sāļo ezeru, arī iesāju pazemes ūdeni, jo tajās ir akūts saldūdens trūkums. Bahreina, Kuveita, Saūda Arābija un Apvienotie Arābu Emirāti arī nākotnē paredz attīstīt šīs ražošanas nozares, it īpaši Saūda Arābija, kura izmanto galvenokārt dziļi iegulošos pazemes ūdeņus, kas ļoti lēni atjaunojas un veido depresijas ar izaugsmi 5,2 kubikmetri gadā.

Atsāļošanas jeb desalinizācijas iekārtu skaits



350. attēls. Ūdens izmantošanas struktūras atšķirības dažādos kontinentos

151. tabula. Lauksaimniecībā izmantojamā saldūdens daudzums attiecībā pret atjaunojamo resursu daļu %

Reģions	Saldūdens ieguve lauksaimniecības vajadzībām (km <sup>3</sup> )	Saldūdens ieguve kā daļa no atjaunojamiem saldūdens resursiem kontinentā, %
Dienvidamerika	187	1%
Tuvie Austrumi un Ziemeļāfrika	274	51%
Sāhelas zona Āfrikā	97	3%
Austrumāzija	693	8%
Dienvidāzija	895	36%
90 attīstības valstis kopā	2146	8%

152. tabula. Viena kilograma lauksaimniecības produkcijas iegūšanai nepieciešamais saldūdens daudzums (ieskaitot ūdens patēriņu barības sagatavošanai)

Produkcija	Patērētais ūdens daudzums litros kilograma produkta iegūšanai
Kvieši	1150
Rīss	2656
Kukurūza	450
Kartupeļi	160
Sojas pupiņas	2300
Liellopu gaļa	15 977
Cūkgaļa	5906
Vistas gaļa	2828
Olas	4657
Piens	865
Siers	5288

pasaulē jau tagad pārsniedz 15 tūkstošus ar kopējo jaudu 34 miljoni kubikmetru diennaktī. To jaudas pasaulē ir izvietotas nevienmērīgi: Ziemeļamerikā – 16%, Āzijā – 12%, Eiropā – 13%, Āfrikā – 4%, Centrālajā Amerikā – 3%, Austrālijā – tikai 0,3%. Šie lielumi nepavisam neatbilst iedzīvotāju blīvumam vai dzeramā ūdens pieejamības problēmu intensitātei, bet atspoguļo maksātspēju un vēlamu ūdens apgādes pakalpojumu līmeni. Tiek atzīts, ka šāda dzeramā ūdens vai augstākas kvalitātes ūdens ieguvei arī nākotnē būs divi galvenie ierobežojošie faktori – pieejamais elektroenerģijas daudzums (nepieciešams 4,7–5,7 kWh/m<sup>3</sup> ūdens atsāļošanai) un patērētāju maksātspēja. 2006. gada nogalē šāda ūdens pašizmaksa pasaulē bija 1,9–4,3 ASV dolāri par kubikmetru.

Tāpat ir maldīgi uzskatīt, ka ūdens resursu nav pietiekami. Pareizāk būtu teikt, ka nepietiekami tie ir tradicionālās patēriņa vietās un neapmierinoša ir to kvalitāte konkrētiem patēriņa mērķiem. Tā nav jauna, tikai mūsdienu sabiedrībai raksturīga iezīme – šādas patēriņa "krīzes" ir dokumentētas Senajā Šumerā, Babilonijā, Sīrijā, Ēģiptē un daudzās citās senās civilizācijās, kas tās risināja atbilstoši savām zināšanām un prasmēm. Romas ūdensapgādei pirmo reizi tika veidotas ilgtermiņa masīvas infrastruktūras būves, ko fragmentāri izmanto vēl tagad. Tas ir mūsdienu centralizētās ūdensapgādes prototips blīvi apdzīvotās teritorijās.

Mūsdienās saldūdens ieguve saimnieciskām vajadzībām palielinās – no 2070 kubikmetriem 1995. gadā līdz 4430 kubikmetriem 2000. gadā un 5600 kubikmetriem 2005. gadā. No šā daudzuma tikai nepilni 48% tika izmantoti dzeramā ūdens un pārtikas sagatavošanai un patēriņam, savukārt nedaudz vairāk par 3400 kubikmetriem patērēja lauksaimniecības vajadzībām, rūpniecībā un enerģētikā.

Pasaules Meteoroloģijas organizācijas prognozes nav iepriecinošas – ja nemainīsies iedzīvotāju skaita pieaugums, tikpat strauji palielināsies virszemes saldūdeņu piesārņojums, neuzlabosies saldūdeņu apsaimniekošana un tikpat strauji pieaugs lauksaimniecībā patērētais ūdens daudzums, tad pasaulē jau 2050.–2060. gadā būs vērojams nozīmīgs dzeramā ūdens kvalitātei atbilstošā ūdens trūkums.

Eiropas Savienības ģeogrāfiskajā telpā kopējie atjaunojamie saldūdens resursi ir aptuveni 3500 kubikmetru gadā. Divpadsmit valstīs ir mazāk nekā 4000 kubikmetru uz vienu iedzīvotāju gadā, bet kopumā ziemeļu valstīs un arī Bulgārijā ir visaugstākie ūdens resursi uz vienu iedzīvotāju.

Kopējais ūdens ieguves apjoms Eiropā ir aptuveni 353 kubikmetri gadā jeb aptuveni 10% no Eiropas kopējiem saldūdens krājumiem. Divdesmit Eiropas Savienības valstīs, kurās dzīvo aptuveni 50% Eiropas iedzīvotāju, nav saldūdens trūkuma, bet deviņas valstis ir pakļautas mazam ūdens trūkumam (32% Eiropas iedzīvotāju). Tās ir Rumānija, Beļģija un Dānija, kā arī dienvidu valstis (Grieķija, Turcija un Portugāle). Četras Eiropas valstis (Kipra, Malta, Itālija un Spānija) izjūt ūdens trūkumu (18% Eiropas iedzīvotāju), un tās pēdējo piecu gadu laikā būtiski ir palielinājušas ūdensguves apjomu, lai maksimāli apgūtu lauksaimniecības atbalstam pieejamās kvotas.

Eiropā vidēji 33% no kopējās ūdens ieguves valstīs tiek izmantoti lauksaimniecībā (neskaitot lauksaimniecības produkcijas pārstrādi), 16% – ūdensapgādei mājāsaimniecībām, 11% – rūpniecībā, 40% – enerģijas ražošanā (ieskaitot dzesēšanu rūpniecībā). Lauksaimniecībā visvairāk ūdeni izmanto jaunās Eiropas Savienības dalībvalstīs (Bulgārija un Rumānija) un Eiropas Savienības dienvidu valstīs – attiecīgi 75% un 50%, galvenokārt apūdeņošanai. Attīstītas Rietumeiropas valstīs visvairāk ūdens izmanto enerģijas ražošanā (galvenokārt kā dzesējamo ūdeni) – 57%, kā arī mājāsaimniecību ūdensapgādē.

Kaut gan Baltijas valstis un it īpaši Latvija pasaulē ir starp vislabāk nodrošinātajām ar pazemes ūdens resursiem, arī pie mums šo ūdens resursu aizsardzība un racionāla izmantošana ir ne mazāk svarīga kā citur pasaulē.

#### Papildu informācija internetā

<http://www.unep.org/vitalwater/>

[http://www.unep.org/vitalwater/08-new-water-use.](http://www.unep.org/vitalwater/08-new-water-use.htm)

[htm](http://www.unep.org/vitalwater/08-new-water-use.htm)

# 9

## Zemes dzīļu resursu patēriņš un tā prognozes nākotnē

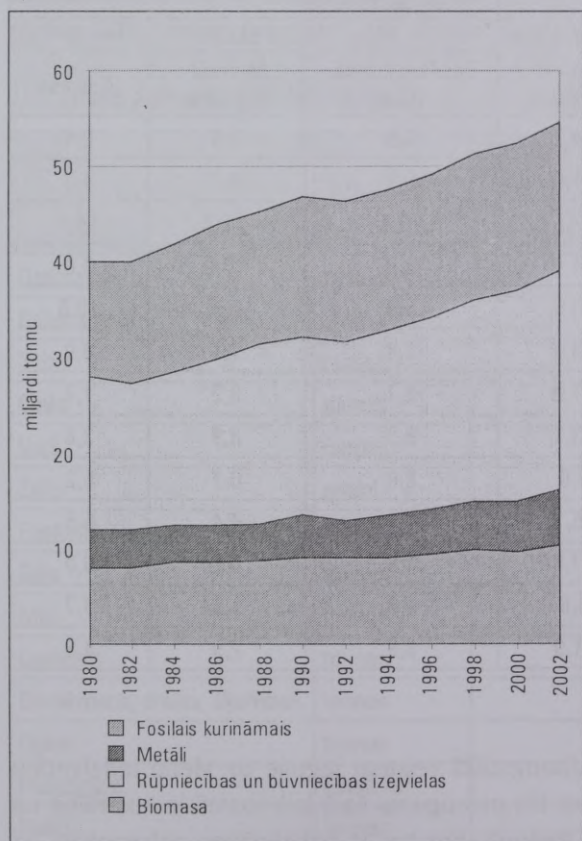
Minerālizemju patēriņš (izņemot pazemes ūdeni un dabasgāzi) pasaulē pakāpeniski pieaug un divdesmit gadu laikā ir sasniedzis vidējo pieaugumu aptuveni par 630 miljoniem tonnu jeb vidēji 1,6% gadā. Šie lielumi tieši neatspoguļo ne iedzīvotāju skaita pieaugumu, ne labklājības (ko izsaka kā nacionālo kopproduktu uz vienu iedzīvotāju) izmaiņas pasaulē, jo ļoti dažādas ir patēriņa reģionālās atšķirības, kas netieši atspoguļojas arī minerālizemju ieguves statistiskā.

Nosacīti grupējot iegūstošo rūpniecību lielākās izejvielu grupās, iespējams detalizētāk izsekot patēriņa izmaiņām pasaulē. Par šādām grupām vis-

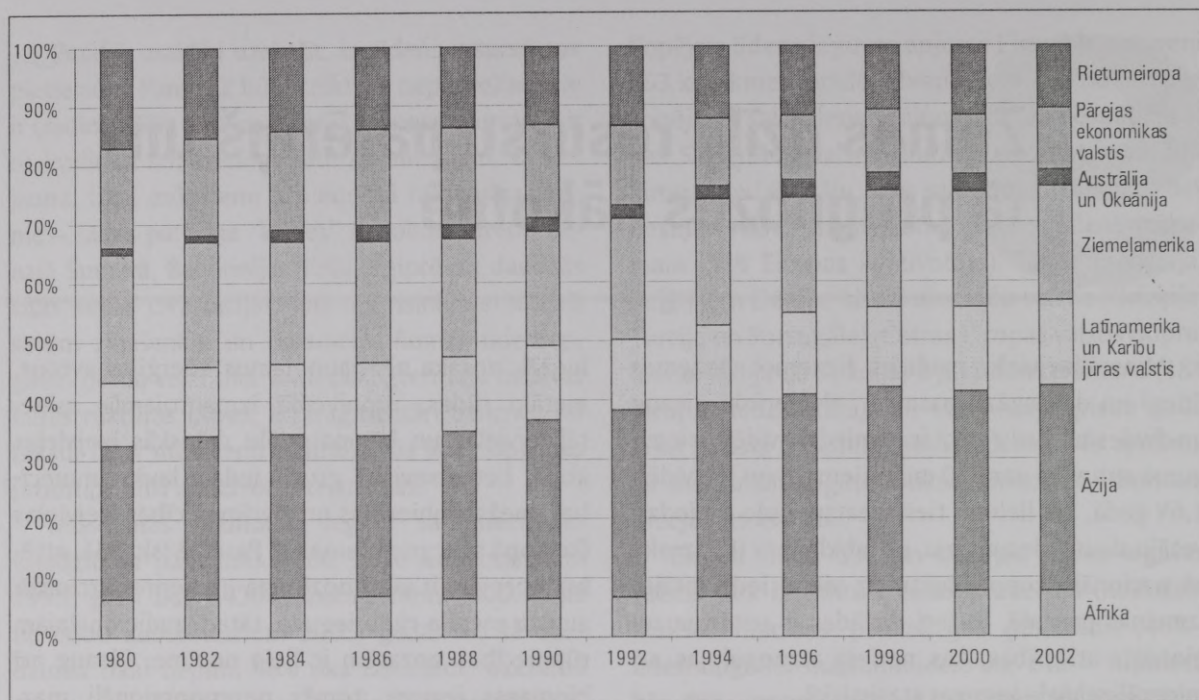
biežāk nosaka neatjaunojamus enerģijas avotus, metālu rūdas, rūpniecībā izmantojamās minerālizemju un būvmateriālu dabiskās izejvielas kopā, bet atsevišķā grupā iedala lauksaimniecības, mežsaimniecības un zivrūpniecības izejvielas (ko kopā sauc par biomasu). Pasaulē (sk. 351. attēlu) joprojām ir visai nozīmīga un neproporcionāli augsta metāla rūdu ieguve, tātad tradicionālajām rūpniecības nozarēm ir liela nozīme. Pieaug arī biomasas ieguve, tomēr neproporcionāli maz. Nereti to skaidro kā noteiktu pārtikas ražošanas apjoma robežu pasaulē, bet citi – ar subsidētas lauksaimniecības attīstības iespējām.

**Resursu patēriņš pa reģioniem** ir visai kontrastains, un to visbiežāk sniedz noteiktu reģionu robežās, par tādiem nosakot septiņus galvenos: pārejas ekonomikas valstis (ar to saprotot Austrumeiropas un bijušās PSRS valstis), Rietumeiropa, Āfrika, Ziemeļamerika, Latīņamerika un Karību baseina valstis, Okeānija (kopā ar Austrāliju) un Āzija. Visstraujākais pieaugums (sk. 352. attēlu) ir vērojams Āzijā uz ļoti straujā izejvielu ieguves pieauguma rēķina Ķīnā un Indijā, šajās valstīs pastiprināti attīstoties rūpniecībai. Ķīnā fosilā kurināmā, metāla rūdu un biomasas ieguve laikposmā no 1980. līdz 2002. gadam pieauga attiecīgi par 130%, 160% un 80%. Izejvielu ieguve kopumā Ķīnā šajā laikā pieauga par 123%, Indijā – par 70%. Svarīga iezīme ir citu Āzijas valstu un Latīņamerikas valstu specializācija kādu metālu rūdu ieguvē, kas kopumā atspoguļojas metāla rūdu ieguves pieaugumā reģionā par 161%. Pretēja tendence bija izteikta Austrumeiropā un bijušās PSRS valstīs. Samazinās ieguve arī Rietumeiropā, tomēr, pēc Eurostat datiem, pieaugošais patēriņš pilnībā tiek kompensēts ar importētām izejvielām no citiem pasaules reģioniem, kā arī nedaudz aizstājot ar citiem materiāliem.

**Resursu ieguve uz vienu iedzīvotāju** pasaulē kopš 1980. gada (9,2 tonnas uz vienu iedzīvotāju)



351. attēls. Dabas resursu ieguves dinamika pasaulē, pēc S. Bringezu 2004. gada datiem



352. attēls. Dabas resursu patēriņš pasaulē pa reģioniem

153. tabula. Dabas resursu ieguve uz vienu iedzīvotāju Eiropā (2001)

Valsts	Iedzīvotāju skaits, miljonos	Uz vienu iedzīvotāju				
		NKP, eiro	Dabas resursu ieguve, tonnās	Tajā skaitā		
				Fosilais kurināmais	Minerālizejvielas	Biomasa
Bulgārija	8,208	1 081	14,2	4,5	5,6	3,5
Čehija	10,283	3 943	21,5	8,1	8,7	4,3
Igaunija	1,442	2 267	39,5	10,4	11,7	15,7
Kipra	0,760	10 193	24,4	3,3	17,9	3,0
Latvija	2,341	1 652	23,0	1,2	1,3	19,8
Lietuva	3,699	1 413	13,0	2,0	1,1	8,9
Malta	0,379	7 687	11,0	2,7	6,2	1,7
Polija	38,654	3 108	13,1	5,3	3,9	3,8
Rumānija	22,458	1 096	8,6	2,4	0,7	5,2
Slovākija	5,396	3 115	15,7	4,1	4,4	5,5
Slovēnija	1,986	8 537	17,1	4,5	6,2	6,0
Turcija	65,819	2 225	6,8	1,8	1,3	3,7
Ungārija	10,068	3 924	11,9	3,6	2,5	4,8

2002. gadā ir samazinājusies līdz 8,8 tonnām ļoti strauji pieaugušā iedzīvotāju skaita dēļ. Nereti to skaidro ar dabas aizsardzības panākumiem un taupīgāku attieksmi pret vidi, kas līdz šim diemžēl resursu patēriņa statistikā nav konstatējams.

Visaugstākā resursu ieguve uz vienu iedzīvotāju un tās pieaugums šajā laikposmā ir Austrālijā un Okeānijā, kur tas ir palielinājies galvenokārt uz akmeņogļu rēķina gandrīz par 200%, pārsniedzot 120 tonnu uz vienu iedzīvotāju. Tas ir daudz vairāk

154. tabula. Dabas resursu ieguve un nacionālais kopprodukts uz vienu iedzīvotāju ekonomiski attīstītajās Eiropas valstīs (2001)

Valsts	NKP, eiro	Dabas resursi, tonnās	Tajā skaitā		
			Biomasa, tonnās	Minerāļizejvielas, tonnās	Fosilais kurināmais, tonnās
Apvienotā Karaliste	26 103	14,9	2,8	6,3	5,9
Austrija	25 528	22,8	6,8	12,8	2,8
Beļģija un Luksemburga	25 096	34,7	8,0	17,8	8,3
Dānija	32 588	30,8	8,4	14,0	7,6
Francija	24 059	18,7	7,2	8,4	3,0
Grieķija	11 659	18,1	3,8	5,3	7,5
Īrija	27 124	26,6	11,5	10,6	4,9
Itālija	20 190	14,6	3,3	8,3	2,7
Nīderlande	25 290	26,3	6,4	8,3	11,5
Portugāle	11 495	16,0	4,9	9,0	2,7
Somija	25 332	42,3	15,2	22,6	5,6
Spānija	15 439	19,2	4,4	10,9	3,2
Vācija	24 711	21,1	4,0	11,8	5,7
Zviedrija	29 329	28,3	10,0	12,4	3,4
<b>EU15</b>	<b>22 754</b>	<b>16,8</b>	<b>4,3</b>	<b>8,5</b>	<b>4,0</b>
Norvēģija	33 267	58,3	8,5	5,4	44,4

Piezīme: EU15 – Rietumeiropas jeb "vecās" Eiropas Savienības dalībvalstis.

155. tabula. Vidējais patērētais svarīgāko resursu daudzums uz vienu iedzīvotāju

Izejvielas	Mērvienības	Daudzums, kas tiks patērēts uz vienu pasaules iedzīvotāju vidēji viņa mūža garumā (2004.–2074. gads)	Patēriņš uz vienu iedzīvotāju gadā	
			ASV, kg	Eiropas Savienībā, kg
Dzelzs rūda	tonnas	15,456	193	224
Boksīts (alumīnija rūda)	tonnas	2,804	35	12
Svins	tonnas	0,385	5,0	2,3
Cinks	tonnas	0,385	10	5
Varš	tonnas	0,701	4,5	6,4
Zelts	grami	47,97	0,68	0,45
Fosforīti	tonnas	11,461	137	13
Sāls	tonnas	14,195	182	111
Māli	tonnas	10,164	125	81
Cements	tonnas	31,684	427	443
Būvkmens, smilts, šķembas	tonnas	726,4	10 015	5634
Ogles	tonnas	259,712	3445	1800
Dabaszāģe	tūkst. m <sup>3</sup>	158,529	3117	5180
Nafta	tonnas	312,357	3481	1399
Citi minerāli un metāli	tonnas	12,968	389	320
<b>Kopā</b>	<b>tūkst. tonnu</b>	<b>1,634</b>	<b>21 555,5</b>	<b>15 230,7</b>

nekā Ziemeļamerikas reģionā (tikai 32 tonnas uz vienu iedzīvotāju). Austrumeiropā (sk. 153. tabulu) šis rādītājs samazinājās līdz 13 tonnām uz vienu iedzīvotāju, un tikai pēdējos gados tas pieaug, bet attīstības zemēs Āfrikā un Āzijā pagaidām tas nepārsniedz 5–6 tonnas uz vienu iedzīvotāju.

Ekonomiski attīstītājās Eiropas valstīs (EU15) resursu patēriņa rādītāji uz vienu iedzīvotāju (sk. 154. tabulu) būtiski atšķiras no iepriekšējās tabulas datiem. Dzīvesveida un labklājības līmeņa dēļ šīm atšķirībām vajadzētu būt daudz kontrastainākām.

ASV Minerālu informācijas institūta pētījumi uzrāda visai pesimistiskas patēriņa pieauguma tendences. ASV patēriņš (rēķinot uz vienu iedzīvotāju vidēji 70 gadu mūža laikā) Zemes dziļņu resursu patēriņš tiek vērtēts 1,634 tūkstošu tonnu apjomā (sk. 155. tabulu).

Lai arī Eiropas Savienības iedzīvotājs gadā patērē par 29% mazāk dabas resursu nekā vidējais iedzīvotājs ASV, šie lielumi ir ļoti augsti, pēc daudzu pētnieku domām – neattaisnoti un nepiedodami augsti.

Valsts	1990	2000	2010	2020
ASV	1634	1634	1634	1634
EU15	110	110	110	110
Āfrika	5	5	5	5
Āzija	6	6	6	6
Latvija	13	13	13	13
Polija	13	13	13	13
Čehija	13	13	13	13
Ungārija	13	13	13	13
Beļģija	13	13	13	13
Francija	13	13	13	13
Itālija	13	13	13	13
Spānija	13	13	13	13
Portugāle	13	13	13	13
Ārpus EU15	13	13	13	13
EU15 vidējais	13	13	13	13
EU27	13	13	13	13
Latvija	13	13	13	13
Polija	13	13	13	13
Čehija	13	13	13	13
Ungārija	13	13	13	13
Beļģija	13	13	13	13
Francija	13	13	13	13
Itālija	13	13	13	13
Spānija	13	13	13	13
Portugāle	13	13	13	13
Ārpus EU15	13	13	13	13
EU15 vidējais	13	13	13	13
EU27	13	13	13	13
Latvija	13	13	13	13
Polija	13	13	13	13
Čehija	13	13	13	13
Ungārija	13	13	13	13
Beļģija	13	13	13	13
Francija	13	13	13	13
Itālija	13	13	13	13
Spānija	13	13	13	13
Portugāle	13	13	13	13
Ārpus EU15	13	13	13	13
EU15 vidējais	13	13	13	13
EU27	13	13	13	13
Latvija	13	13	13	13
Polija	13	13	13	13
Čehija	13	13	13	13
Ungārija	13	13	13	13
Beļģija	13	13	13	13
Francija	13	13	13	13
Itālija	13	13	13	13
Spānija	13	13	13	13
Portugāle	13	13	13	13
Ārpus EU15	13	13	13	13
EU15 vidējais	13	13	13	13
EU27	13	13	13	13
Latvija	13	13	13	13
Polija	13	13	13	13
Čehija	13	13	13	13
Ungārija	13	13	13	13
Beļģija	13	13	13	13
Francija	13	13	13	13
Itālija	13	13	13	13
Spānija	13	13	13	13
Portugāle	13	13	13	13
Ārpus EU15	13	13	13	13
EU15 vidējais	13	13	13	13
EU27	13	13	13	13
Latvija	13	13	13	13
Polija	13	13	13	13
Čehija	13	13	13	13
Ungārija	13	13	13	13
Beļģija	13	13	13	13
Francija	13	13	13	13
Itālija	13	13	13	13
Spānija	13	13	13	13
Portugāle	13	13	13	13
Ārpus EU15	13	13	13	13
EU15 vidējais	13	13	13	13
EU27	13	13	13	13
Latvija	13	13	13	13
Polija	13	13	13	13
Čehija	13	13	13	13
Ungārija	13	13	13	13
Beļģija	13	13	13	13
Francija	13	13	13	13
Itālija	13	13	13	13
Spānija	13	13	13	13
Portugāle	13	13	13	13
Ārpus EU15	13	13	13	13
EU15 vidējais	13	13	13	13
EU27	13	13	13	13
Latvija	13	13	13	13
Polija	13	13	13	13
Čehija	13	13	13	13
Ungārija	13	13	13	13
Beļģija	13	13	13	13
Francija	13	13	13	13
Itālija	13	13	13	13
Spānija	13	13	13	13
Portugāle	13	13	13	13
Ārpus EU15	13	13	13	13
EU15 vidējais	13	13	13	13
EU27	13	13	13	13
Latvija	13	13	13	13
Polija	13	13	13	13
Čehija	13	13	13	13
Ungārija	13	13	13	13
Beļģija	13	13	13	13
Francija	13	13	13	13
Itālija	13	13	13	13
Spānija	13	13	13	13
Portugāle	13	13	13	13
Ārpus EU15	13	13	13	13
EU15 vidējais	13	13	13	13
EU27	13	13	13	13
Latvija	13	13	13	13
Polija	13	13	13	13
Čehija	13	13	13	13
Ungārija	13	13	13	13
Beļģija	13	13	13	13
Francija	13	13	13	13
Itālija	13	13	13	13
Spānija	13	13	13	13
Portugāle	13	13	13	13
Ārpus EU15	13	13	13	13
EU15 vidējais	13	13	13	13
EU27	13	13	13	13
Latvija	13	13	13	13
Polija	13	13	13	13
Čehija	13	13	13	13
Ungārija	13	13	13	13
Beļģija	13	13	13	13
Francija	13	13	13	13
Itālija	13	13	13	13
Spānija	13	13	13	13
Portugāle	13	13	13	13
Ārpus EU15	13	13	13	13
EU15 vidējais	13	13	13	13
EU27	13	13	13	13
Latvija	13	13	13	13
Polija	13	13	13	13
Čehija	13	13	13	13
Ungārija	13	13	13	13
Beļģija	13	13	13	13
Francija	13	13	13	13
Itālija	13	13	13	13
Spānija	13	13	13	13
Portugāle	13	13	13	13
Ārpus EU15	13	13	13	13
EU15 vidējais	13	13	13	13
EU27	13	13	13	13
Latvija	13	13	13	13
Polija	13	13	13	13
Čehija	13	13	13	13
Ungārija	13	13	13	13
Beļģija	13	13	13	13
Francija	13	13	13	13
Itālija	13	13	13	13
Spānija	13	13	13	13
Portugāle	13	13	13	13
Ārpus EU15	13	13	13	13
EU15 vidējais	13	13	13	13
EU27	13	13	13	13
Latvija	13	13	13	13
Polija	13	13	13	13
Čehija	13	13	13	13
Ungārija	13	13	13	13
Beļģija	13	13	13	13
Francija	13	13	13	13
Itālija	13	13	13	13
Spānija	13	13	13	13
Portugāle	13	13	13	13
Ārpus EU15	13	13	13	13
EU15 vidējais	13	13	13	13
EU27	13	13	13	13
Latvija	13	13	13	13
Polija	13	13	13	13
Čehija	13	13	13	13
Ungārija	13	13	13	13
Beļģija	13	13	13	13
Francija	13	13	13	13
Itālija	13	13	13	13
Spānija	13	13	13	13
Portugāle	13	13	13	13
Ārpus EU15	13	13	13	13
EU15 vidējais	13	13	13	13
EU27	13	13	13	13
Latvija	13	13	13	13
Polija	13	13	13	13
Čehija	13	13	13	13
Ungārija	13	13	13	13
Beļģija	13	13	13	13
Francija	13	13	13	13
Itālija	13	13	13	13
Spānija	13	13	13	13
Portugāle	13	13	13	13
Ārpus EU15	13	13	13	13
EU15 vidējais	13	13	13	13
EU27	13	13	13	13
Latvija	13	13	13	13
Polija	13	13	13	13
Čehija	13	13	13	13
Ungārija	13	13	13	13
Beļģija	13	13	13	13
Francija	13	13	13	13
Itālija	13	13	13	13
Spānija	13	13	13	13
Portugāle	13	13	13	13
Ārpus EU15	13	13	13	13
EU15 vidējais	13	13	13	13
EU27	13	13	13	13
Latvija	13	13	13	13
Polija	13	13	13	13
Čehija	13	13	13	13
Ungārija	13	13	13	13
Beļģija	13	13	13	13
Francija	13	13	13	13
Itālija	13	13	13	13
Spānija	13	13	13	13
Portugāle	13	13	13	13
Ārpus EU15	13	13	13	13
EU15 vidējais	13	13	13	13
EU27	13	13	13	13
Latvija	13	13	13	13
Polija	13	13	13	13
Čehija	13	13	13	13
Ungārija	13	13	13	13
Beļģija	13	13	13	13
Francija	13	13	13	13
Itālija	13	13	13	13
Spānija	13	13	13	13
Portugāle	13	13	13	13
Ārpus EU15	13	13	13	13
EU15 vidējais	13	13	13	13
EU27	13	13	13	13
Latvija	13	13	13	13
Polija	13	13	13	13
Čehija	13	13	13	13
Ungārija	13	13	13	13
Beļģija	13	13	13	13
Francija	13	13	13	13
Itālija	13	13	13	13
Spānija	13	13		

## Noslēgums

Grāmatā ir apskatīta tikai daļa Zemes dzīļu bagātību – derīgie izrakteņi, kaut gan šeit vietā būtu vērtēt arī Zemes dzīļu noderīgās īpašības, arī augsnes, reljefu, dabas retumus un daudzas citas bagātības. Tomēr būs pareizāk, ja par tām stāstītu citos atsevišķos izdevumos, starp kuriem vieta būtu arī Latvijas Zemes dzīļu bagātību mūsdienīgam apskatam.

Izklāstītais skaidri pierāda, ka mūsu Zeme ir ļoti bagāta ar dažādiem izrakteņiem, liela to daļa ir apzināta un jau tagad pētītie resursi ir pietiekami tautsaimniecības attīstībai visā pasaulē daudzu simtu gadu perspektīvā, kā dēļ nav pamata cilvēcei pesimistiski skatīties nākotnē.

Tomēr daudzie statistikas dati tabulās un attēlos skaidri atklāj arī cilvēces nesaprātību un negausību – tai vienmēr ir par maz, arī resursu un krājumu izteikšana naudā ne vienmēr ir ētiski pieņemama tiešos salīdzinājumos ar maksātspēju vai kādām citām tradicionālām patēriņa preču grupām. Šajā nozīmē ir grūti vēsturisko un pašreizējo saimniekošanas sistēmu saukt par saprātīgu vai tālredzīgu, drīzāk to var salīdzināt ar “ziloni trauku veikalā”. Tā tas nevar bezgalīgi turpināties. Ja nākotnē pasaulē tikpat strauji

pieaugs iedzīvotāju skaits (patlaban vidēji nedaudz vairāk par sešiem miljoniem mēnesī) un nemainīsies patēriņa paradumi un vajadzības, kā arī turpināsies iedzīvotāju koncentrācija urbānās teritorijās, tad vairāku vitālu dabas resursu, galvenokārt dzeramā ūdens, enerģijas un būvmateriālu, pieejamība tiks apdraudēta. Ne mazāk postoša attiecībā uz resursu izmantošanu ir dažu saimniekošanas veidu un iegūtās produkcijas dotēšana vai citāds ekonomiskais atbalsts attīstītās valstīs, kas attīstības valstīm liek ekspluatācijā iekļaut aizvien jaunus dabas resursus, nerēķinoties ne ar šo darbību tiešām sekām, ne attālāku attīstības perspektīvu.

Mūsdienās vienotu attieksmi un apzinātu rīcību attiecībā uz dabu un sabiedrību kopumā, ietverot tajā arī ilgtermiņa attīstības sekas un perspektīvas, nereti sauc par ilgtspējīgu attīstību. Tā ir ļoti plaša un visai sazarota koncepcija, kas aicina atteikties no viendienas patērētāja un lietotāja loģikas par labu apzinātai un saudzīgai attieksmei. Šajā nozīmē grāmatas mērķis ir iepazīstināt lasītājus ar Zemes dzīļu bagātībām, zināšanām par tām un aicināt lasītājus būt zinošiem un saprātīgiem dabas resursu lietotājiem.

## Izdevumā biežāk izmantotie saīsinājumi un mērvienības

### Starptautiskās organizācijas

CIPEC – Vara eksportētājvalstu padome.

E31 – Eiropas valstis (Eiropas Savienības dalībvalstis EU25) un Norvēģijas Karaliste, Īslandes Republika, Šveices Konfederācija, Horvātijas Republika, Serbijas Republika, Melnkalnes Republika, kā arī Lihtenšteinas Firstiste.

EU15 – Eiropas Savienības “vecās” dalībvalstis (Lielbritānijas un Ziemeļrijas Apvienotā Karaliste, Austrijas Republika, Beļģijas Karaliste, Dānijas Karaliste, Somijas Republika, Francijas Republika, Vācijas Federatīvā Republika, Grieķijas Republika, Īrijas Republika, Itālijas Republika, Luksemburgas Lielhercogiste, Nīderlandes Karaliste, Portugāles Republika, Spānijas Karaliste, Zviedrijas Karaliste).

EU25 – Eiropas Savienības dalībvalstis (EU15) un vēlāk pievienojušās valstis – Čehijas Republika, Igaunijas Republika, Kipras Republika, Latvijas Republika, Lietuvas Republika, Ungārijas Republika, Maltas Republika, Polijas Republika, Slovēnijas Republika un Slovākijas Republika.

IPPC – Starpvalstu ekspertu grupa klimata pārmaiņu jautājumos.

OECD – Ekonomiskās sadarbības un attīstības organizācija.

OPEC – Naftas eksportētājvalstu padome.

### Masas un tilpuma vienības

Barels – naftas daudzuma mērvienība, vienāda ar 158,987295 litriem, apzīmē *barrels*, *bbl* vai *bo*.

Blašķe – dzīvsudraba masas mērvienība, vienāda ar 76 mārciņām (34,5 kg), apzīmē *flask* vai *fl*.

Britu termālā vienība – enerģijas ekvivalenta vienība, vienāda ar 1055,05585 J (džouliem), apzīmē *Btu* jeb *Btu (th)*.

Karāts – dārgakmeņu masas mērvienība, viens metriskais karāts vienāds ar 0,2 gramiem, apzīmē *carat*, saīsināti *ct*.

Kubikpēda – dabasgāzes tilpuma mērvienība, vienāda ar 0,02831685 m<sup>3</sup>, apzīmē *cub feet* vai *cf*.

Mārciņa – masas mērvienība, vienāda ar 0,45359237 kg, visbiežāk apzīmē ar *lb* vai *lbm*.

ppb – masas vai tilpuma koncentrācijas izteiksmes forma, mērvienība. No angļu valodas: ppb – *part per billion*. Tilpuma gadījumā vienāda ar mg/m<sup>3</sup>, masas izteiksmē – ar 1 mg/kg.

ppm – masas vai tilpuma koncentrācijas izteiksmes forma, mērvienība. No angļu valodas: ppm – *part per million*. Tilpuma gadījumā vienāda ar g/m<sup>3</sup>, masas izteiksmē – ar 0,001 mg/kg.

Trojas unce – masas mērvienība, vienāda ar 31,1034768 gramiem, apzīmē kā *Troy oz* vai *troy ounce*, saīsināti – *toz* vai *tr. ounce*.

Unce – masas mērvienība, vienāda ar 28,3495231 gramiem, visbiežāk apzīmē ar *oz*.

### Naudas vienības

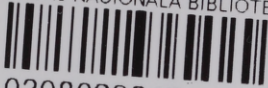
USD – ASV dolārs, apzīmē arī kā \$.

Eiro – Eiropas vienotās valūtas vienība, apzīmē kā €.

### Citi apzīmējumi un saīsinājumi

IEO – Starptautiskais enerģijas pārskats.

LATVIJAS NACIONĀLĀ BIBLIOTĒKA



0308029849

2008-6  
28



**Profesors, Dr. geol. Valdis Segliņš**

Izdevumā sistemātiski apskatīti visi svarīgākie Zemes dzīļu resursi pasaulē – no fosiliem enerģijas avotiem, metālu rūdām, izejvielām ķīmiskajai rūpniecībai un būvmateriālu ražošanai līdz pazemes ūdens resursiem un dārgakmeņiem, tos skaitliski raksturojot un vērtējot mūsdienu tirgus ekonomikā. Grāmata ir paredzēta vidusskolas skolotājiem, kas māca ģeogrāfiju, dabaszinības, ķīmiju, bet var tikt izmantota arī biznesa ekonomikas pamatos, vēsturē un citos mācību priekšmetos. Daudzo tabulu un attēlu skaitliskā informācija ir paredzēta dažādu uzdevumu veidošanai, salīdzinājumiem, analīzei un var būt noderīga piemēriem biznesa ekonomikas pamatos. Katras nodaļas noslēgumā ir ievietots literatūras un interneta saišu saraksts, kur var papildus iegūt aktualizētu informāciju un kas ļaus grāmatā norādīto pašam skolotājam papildināt un izmantot stundās. Iekļautā informācija var būt noderīga arī citiem interesentiem, īpaši jaunāko kursu studentiem dabas zinātņu studiju programmās, kā arī dažādu reģionālu un ražošanas nozaru salīdzinājumu veikšanai.

ISBN 978-9984-15-915-7



9 789984 159157