

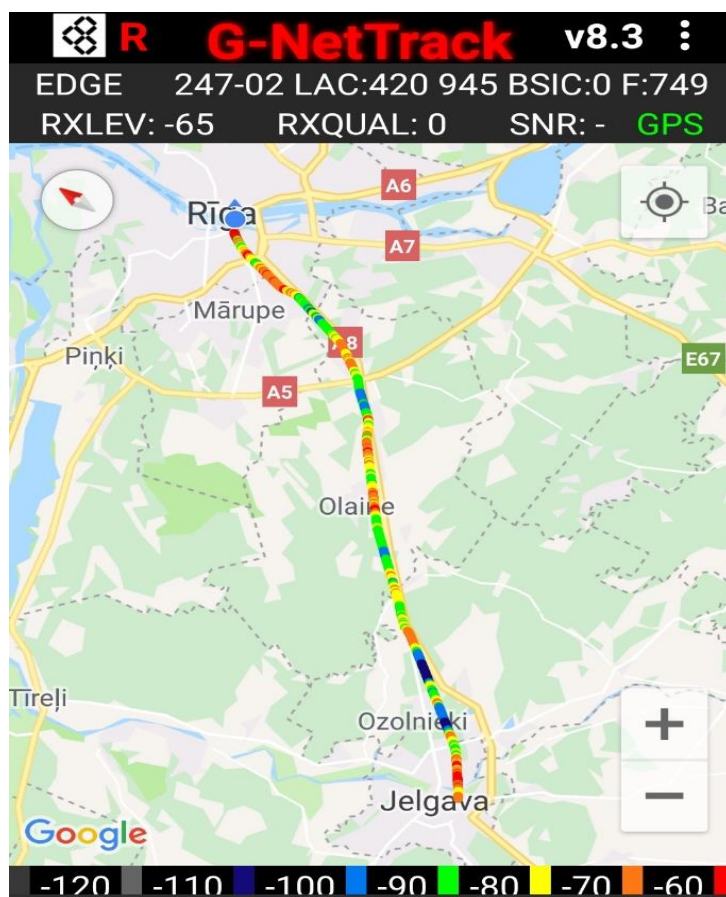


**RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE  
TRANSPORTĀ INSTITŪTS**

**V.POPOVS**

**MĒRĪŠANAS UN MONITORINGS  
KPI MOBILO SAKARU TĪKLOS**

**LABORATORIJAS PRAKTIKUMS**



**RĪGA 2021**

UDK 621.396.93 (024)

**Popovs V. MĒRĪŠANAS UN MONITORINGS KPI MOBILO SAKARU TĪKLOS (MST).  
Laboratorijas praktikums. Rīga: RTU, TI, 2021, 104. lpp.**

Laboratorijas praktikums ir veltīts Mobilo Sakaru Tīklu (MST) KPI pamatparametru mērīšanas un monitoringa problēmai.

*Pirmā daļa* ir veltīta CNMC svarīgāko parametru izpētei.

*Otrā daļa* ir paredzēta programmatūras kompleksēm (par Android): *TEMS Pocket, G-MoN, G - NetTrack Lite, G – NetTrack Pro, «Antennas», Network Signal Strength, GSM Monitor, GSM Signal Monitor, Cell Phone Coverage Map, Network signal information, Location Finder and GSM mapper, GSM Signal Monitoring, OpenSignal, Netmonitor.*

*Trešajā daļā* kā piemēri, izmantojot programmatūras kompleksēm, eksperimentu rezultātus par MST (2G, 3G, 4G) KPI parametru mērīšanu un monitoringu operatoriem LMT, BITE un TELE-2, kā arī LDz maršrutiem: Rīga, Rīga-Jelgava un Rīga-Tukums.

**Recenzents:** SIA “Ldz ritošā sastāva serviss” Nesagraujošās kontroles laboratorija, Galvenais metrologs, Maģistrs, **Māris Vēvers.**

**ISBN 9984-32-919-4**

**@ V.Popovs, 2021**

# SATURS

Ievads.....	4
1.MST galvenie kvalitātes rādītāji.....	5
1.1.Quality of Service rādītāji .....	6
1.2.Runu pakalpojumu kvalitātes rādītāji .....	8
1.3.Visinformatīvākie KPI .....	11
1.4.Datu pārraides kvalitātes rādītāji .....	19
1.5. Secinājumi .....	24
2.MST mērīšanas un monitoringa kompleksi.....	25
2.1.Mērīšanas komplekss Qvoice īpašības.....	30
3.Eksperimentālie pētījumi KPI Mobilo sakaru tīklos izmantojot PK .....	55
3.1. Izmantotā aparatūra .....	55
3.2. 2G, 3G un 4G LMT operatora mērīšana un monitorings Rīgā.....	56
3.3.Mobilo sakaru tīkla pārklājuma zonas testēšana dzelzceļa līnijā Rīga-Torņakalna- Tukums .....	67
3.4.Mobilo sakaru tīkla pārklājuma zonas testēšana dzelzceļa līnijā Rīga-Jelgava-Rīga...71	
5. Vadlīnijas laboratorijas praktikuma īstenošanai.....	85
6.Secinājumi .....	85
7. Saīsinājumi.....	86
Literatūra .....	90
Pielikumi .....	91
1.pielikums Programmā <i>G-Net Track Lite</i> RSRP un RSRQ vērtības .....	64
2.pielikums Programmā <i>Cell Signal Monitor</i> RSSI vērtības .....	103
AUTORS.....	104

## Ievads

Lai veiktu mērījumus un uzraudzītu tehnisko kvalitātes rādītāju vērtības, mobilo sakaru tīklu (MST) operatoram ir jābūt mērīšanas ierīču kompleksam, kuram jānodrošina mērījumu un pārraudzības rezultātu vienveidīgumu un precizitāti. Tas nozīmē, ka vienādu objektu mērījumu rezultātiem, kas tiek veikti ar vienādiem nosacījumiem, jāsakrīt. Strādājot reālajā laikā ar tādu divainu objektu, kā mobilais sakaru tīkls, mērīšanas ierīču vajadzīgo parametru nodrošināšana ir ļoti problemātiska, un tie ir atkarīgi no MST paaudžu līmeņa- 2G, 3G un 4G.

Katrai MST paaudzei, parametru kopums, metodes, mērīšanas aprīkojums ievērojami atšķiras. Piemēram, otrā MST paaudzē-2G, izmanto tā saucamo indikatoru (rādītāju) mērīšanas metodes. Tas nozīmē, ka mērījumus atkārtoti vairākas reizes un novērtē izmērīto daudzumu vidējo iegūto vērtību. Mērījumu skaits, kas vajadzīgs nepieciešams lai novērtētu rādītāju ar noteiktu 95% precizitāti un ticamību, var noteikt, pamatojoties uz dokumentā : RH 45.254-2002 "*Mobilie tīkli. Sakaru pakalpojumu kvalitātes rādītāju normas un to testēšanas metodes*" aprakstīto metodoloģiju. Piemēram, jūs varat izmantot rādītāju vērtējumu "neveiksmīgu zvanu procentuāla daļa", piemērojot novērtēšanas metodi ar kontroles zvaniem. Lai novērtētu šo rādītāju ar precizitāti 10% un 95%, ir jāveic aptuveni 1900 pārbaudes zvani. Ja testa zvana ilgums ir 7 sekundes, un intervāls starp zvaniem ir 5 sekundes, tas nozīmē, ka mērījumi aizņems vairāk nekā sešas stundas un 30.minūtes. Šādam laikam slodze mērīšanas zonā mainīsies nevienmērīgi, un tas nozīmē, ka nav iespējams sasniegt vajadzīgo precizitāti ar noteiktu ticamību, jo parasti matemātiskie modeļi ietver mērījumus tādos pašos sākotnējos apstākļos.

Publiskie mobilo sakaru tīkli jau plaši izmanto 2G,3G un 4G konverģenci. Tomēr 4G protokolam ir priekšrocība, jo tas ir ātrāks. Latvijas Dzelzceļš izmanto Tele2 operatora pakalpojumus. Rodas jautājums, kā Tele 2 realizē savus pakalpojumus vienotā pārklājuma, datu pārraides ātruma un pakalpojumu izmaksu ziņā. Darbā aplūkota LDz Tele 2 mobilo tīklu galveno parametru mērīšanas un monitoringa tehniskā problēma.

## 1. MST galvenie kvalitātes rādītāji

Realizējot sākotnējo MST projektēšanas posmu, ir jāizpilda MST mērīšanas, uzraudzības un optimizācijas prasības. Lai izpildītu šīs prasības operatoriem ir jāformulē galvenie kvalitātes (efektivitātes) rādītāji (*Key Performance Indicator - KPI*), kurus var izmantot komunikācijas pakalpojumu kvalitātes novērtēšanai un īstenot MST optimizāciju. Šie galvenie rādītāji ir parametri, kas jāievēro saskaņā ar standartiem MST mērīšanai un uzraudzībai. Būtībā termins KPI tiek lietots parametriem, kas saistīti ar *runas un datu pārraides sakaru kanāliem*, bet vispārējo tīkla darbību var raksturot vispārināti, kā caurlaidspēju un kritēriju kvalitāti, kas attiecas arī uz runas un informācijas aspektiem (tostarp MST enerģētisko un spektra efektivitāti).

Turklāt jāatzīmē, ka saistībā ar MST attīstību no otrās 2G uz ceturto 4G paaudzi un to kopīgu izmantošanu, pastāv ~~to~~-koverģences problēma. Par to operatori lietotāju neinformē un tīklā ir regulāri "pārtaukumi", kas saistīti ar abonenta ierīču pārslēgšanos, starp faktiski, dažādiem mobīlajiem tīkliem. Daudzlīmeņu tīkls GSM 900, GSM 1800, 3G 2100, 3G 900 un LTE neveicina drošu un stabilu datu pārraidi, pārejot no vienas paaudzes tīkla uz citu, pat ar balss zvaniem ir problēmas.

MST 3G un 4G tehnoloģiju līmenis noved pie tā, ka galveno uzmanību vairāk sāk pievērst ausgtām abonentu prasībām, t.i. QoS (*Quality of Services – pakalpojuma kvalitāte*), nevis MST monitoringam un galveno parametru mērīšanai (kas bija tipisks 1G un 2G paaudzei). Saskaņā ar licenzētiem līgumiem un normatīvo dokumentu prasībām sakaru un informācijas jomā, MST operatoriem jānodrošina nepieciešamais QoS pakalpojumu kvalitātes līmenis un lai to nodrošināt, savlaicīgi ~~būtu~~ jāveic ikdienas MST statusa, savienojuma statusa un zvanu kvalitātes mērīšanu.

## 1.1. Quality of Service rādītāji

Tabula 1.1

Galvenie QoS rādītāji un to normas starptautiskā praksē

Parametri	Definīcija	Starptautiskā prakse
radio pārklājums ārpus ēkām	Procentuālais testa ceļš, kurā BCCH līmenis ( <i>Broadcast Control Channel</i> – raidīšanas/parraides kontroles kanāls no bāzes stacijas uz dažādiem punktiem) ir lielāks vai vienāds ar :  -95 dBm	Indija: -95 dBm  Singapura: -100 dBm  Anglija: -87.5 dBm
Zvanu daļa, kas beidzas ar zvana atslēgšanu, ne pēc abonenta lēmuma ( <i>CDR- Call Drop Rate</i> )	$CDR = \frac{R}{N} \cdot 100\%$ , kur R – kopejais priekšlaicīgi atslēgto zvanu skaits, visām testa sesijām, N – kopejais testa zvanu skaits.	Singapura CDR < 5%  Indija CDR < 3%  Malaizija CDR < 5%
Neveiksmīgu zvanu īpatsvars ( <i>CunSR- Call un Successful Rate</i> )	$CunSR = \frac{Q}{N} \cdot 100\%$ , kur Q – kopējais neveiksmīgu zvanu skaits, N – kopējo zvanu skaits	Indija CunSR < 5%
Savienojuma laiks	Savienojuma laiks, kurš ir lielāks par normatīvo vērtību	Singapura: 5 sekundes,

RSSI (*Received Signal Strength Indicator – saņemta signāla stipruma indikators*) – tas ir signāla saņēmēja kopējā jauda. To mēra uztvērējs logaritmiskā mērogā - dBm (decibelā attiecībā pret 1 milivatu). Parasti (jo īpaši mobilajos tālruņos un citās GSM ierīcēs) signāla jauda tiek mērīta pēc tā frekvences pārveidošanas no galvenās uz starpfrekvenci, bet pirms pastiprināšanas. Ierīcēs, kurās signāla frekvence netiek pārveidota no primārās uz starpfrekvenci, signāla jauda tiek mērīta pamatfrekvencē. RSSI vērtība ir slikti korelēta ar signāla kvalitāti, bet to var izmantot aptuvenai aplēsei. Precīzāku aprēķinu var iegūt, izmantojot indikatoru RSSQ (*Received Signal Strength Quality-saņemtā signāla stipruma kvalitāte*).

Tabula 1.2

Pilns QoS pamatpakalpojumu kvalitātes rādītāju klāsts

Pakalpojums	Kvalitātes rādītājs
Piemērojams visiem pakalpojumiem	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Laiks, lai piešķirtu piekļuvi fiksētā tīklā;</li> <li>2. Laiks, kad tiek piešķirta piekļuve internetam;</li> <li>3. Problēmu daļa, kas ir saistīta ar numuru pārņemšanas procedūrām;</li> <li>4. Ziņojumi par kļūmju intensitāti fiksētās piekļuves līnijās;</li> <li>5. Fiksēto piekļuves līniju defektu novēršanas laiks;</li> <li>6. Operatoru pakalpojumu reaģēšanas laiks;</li> <li>7. Palīdzības dienestu reaģēšanas laiks;</li> <li>8. Atbildes laiks administrēšanai / konta pieprasījumiem;</li> <li>9. Relatīvs (procentos no kopējā abonētu skaita) sūdzību skaits par norēķinu pareizību;</li> <li>10. Relatīvs (procentos no kopējā abonētu skaita) sūdzību skaits par priekšapmaksas kontu kredīta pareizību;</li> <li>11. Norēķinu kvalitāte;</li> <li>12. Klientu sūdzību saņemšanas biežums;</li> <li>13. Klientu sūdzību atrisināšanas laiks;</li> </ol>
Runas sakaru tīkls (Pakalpojumi tonālo	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Neveiksmīgu zvanu daļa;</li> <li>2. Zvana iestatīšanas laiks;</li> </ol>

frekvenču diapazonā. Fakss, datu parraide un SMS)	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Balss savienojuma kvalitāte;</li> <li>4. Faksa savienojuma kvalitāte;</li> <li>5. Veiksmīgi nosūtītās SMS koeficients;</li> <li>6. Pilnībā pārraidīto SMS koeficients;</li> <li>7. Pilns SMS piegādes laiks;</li> </ol>
Mobilo sakaru pakalpojumi	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. (Augstāk minētie telefona sakaru parametri);</li> <li>2. Neveiksmīgu zvanu īpatsvars;</li> <li>3. Sakaru nepārtrauktības rādītājs;</li> <li>4. Radio pārklājuma zona;</li> </ol>
Interneta piekļuve	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reģistrācijas laiks;</li> <li>2. Sasniedzamais datu pārraides ātrums;</li> <li>3. Neveiksmīgu datu pārsūtīšanas koeficients;</li> <li>4. Veiksmīgas reģistrācijas koeficients;</li> <li>5. Kavēšanās (pārraides laiks vienā virzienā);</li> </ol>

Jāatzīmē, ka saziņas kvalitātes standartiem jābūt piesaistītiem operatora licenzei, un novērtēšanas parametriem jābūt vienādiem visiem valsts reģioniem. Tajā pašā laikā visiem rādītājiem (konkrētiem skaitļiem): SMS piegādes ātrumam, savienojuma ātrumam, runas kvalitātei, datu pārraides ātrumam utt., jābūt, vienādiem visos reģionos, bet to rādītāji var atšķirties atkarībā no federācijas subjekta.

## 1.2 Rūnas pakalpojumu kvalitātes rādītāji

Lai novērtētu mobilo tīklu runas sakaru kvalitāti, tiek piedāvāts izmantot KPI (*Key Performance Indicators*) pakalpojumu kvalitātes rādītājus, kas sniegti 1.3. un 1.4. tabulā - runas pakalpojumu kvalitātes rādītāju normas.

## Rūnas pakalpojumu kvalitātes rādītāji.

Parametrs	Definīcija
Radio pārklājums ārpus ēkām	Procentuālais testa ceļš, kurā bāzes stācības BCCH līmenis ir lielāks vai vienāds ar -95 dBm
Radio pārklājums ēkās	Procentuālais testa ceļš, kurā bāzes stācības BCCH līmenis arī ir lielāks vai vienāds ar -71 dBm pilsētu teritorijām, -85 dBm lauku apvidos
Zvanu daļa, kas beidzas ar zvana atslēgšanu, ne pēc abonenta lēmuma ( <i>CDR- Call Drop Rate</i> )	$CDR = \frac{R}{N} \cdot 100\%$ <p>Kur R – kopējais priekšlaicīgi atslēgto zvanu skaits, visām testa sesijām, N – kopējais testa zvānu skaits.</p>
Neveiksmīgu zvanu īpatsvars ( <i>CunSR- Call un Successful Rate</i> )	$CunSR = \frac{Q}{N} \cdot 100\%$ <p>kur Q – kopējais neveiksmīgu zvanu skaits, N – kopējais zvanu skaits</p>
Signāla kvalitāte, lejupejošā saitē ( <i>DL = DownLink</i> ), no tīkla līdz abonenta terminālim	Savienojuma laika procentuālā attiecība ar signāla kvalitāti lejupejošā saitē ( <i>RX_Qual_DL</i> ) ir lielāka vai vienāda ar 4
Runas kvalitāte lejupejošā saitē	Savienojuma laika procentuālā attiecība ar runas kvalitāti ( <i>SQI= Speech Quality Index</i> ) mazāks vai vienāds ar 15, vai runas vidējā

Parametrs	Definīcija
(DownLink)	saprotamība (MOS= Mean Opinion Score) mazāks vai vienāds 3
Runas kvalitāte augšupielādē (UpLink)	Savienojuma laika procentuālā attiecība ar runas kvalitāti (SQI= Speech Quality Index) mazāks vai vienāds ar 15, vai runas vidējā saprotamība (MOS= Mean Opinion Score) mazāks vai vienāds 3
Savienojuma izveides laiks	Savienojuma izveides laiks ir lielāks par normatīvo vērtību

Tabula 1.4

#### Runas pakalpojumu kvalitātes rādītāju normas

RĀDĪTĀJU NOSAUKUMS	NORMĀLAIS LĪMENIS	AUGSTS LĪMENIS
Radio pārklājums ārpus ēkām	85%	95%
Radio pārklājums ēkās	70%	80%
Zvanu daļa, kas beidzas ar zvana atslēgšanu, ne pēc abonenta lēmuma (CDR)	5%	2%
Neveiksmīgu zvanu īpatsvars (CunSR)	5%	3%
Signāla kvalitāte, lejupejošā saitē (DL = DownLink), no tīkla līdz abonenta terminālim	8%	4%
Runas kvalitāte lejupejošā saitē (DL), no tīkla līdz abonenta terminālim	9%	4%

Runas kvalitāte augšupielādē (UL - UpLink), no abonenta termināla līdz tīklam	9%	4%
Savienojuma izveides laiks	10s	5s

### 1.3 Visinformatīvākie KPI

1) *MST šūnas radio pārklājuma kritērija novērtējums.*

Lai novērtētu MST šūnu radio pārklājumu, tiek izmantots kritērijs - vajadzīgā saņemtā signāla līmenis  $P_{vajadzīgs}$ :

$$P_{vajadzīgs} = P_{min} + IF_{fedings} + FF_{fedings} + BF \quad (1.1)$$

$P_{vaj}$  - vajadzīgā saņemtā signāla līmenis [dBm];

$P_{min}$  - Mobilā galiekārta (mobilā stacija) uztvērēja jutīgums, [dBm];

$IF_{fedings}$  – jaudas rezerve uz signāla interferences fedingu, [dB];

$FF_{fedings}$  – jaudas rezerve uz ātru signāla fedingu, [dB];

$BL$  - jaudas zudums cilvēka ķermeņa ietekmē, [dB];

Piemēram, tabulā 1.5. tiek sniegtas mobilo sakaru tīkla radiopārklājuma pamatnormas, MST būvēšanas pabeigšanas posma laikā. Šīs prasības pamatojas uz saņemtā signāla līmeņa (DL - downlink) robežvērtībām dažādiem radioviļņu izplatīšanās apstākļiem (RVI-radio viļņu izplatīšana).

Prasības saņemtā signāla līmeņa vērtībām dažādiem RVI apstākļiem

Kritēriji	Pārklājuma prasības
Saņemtā signāla līmenis (DL). RVI nosacījums: pilsētu apbūve, ārpus telpām	Signāla līmenis ārā RXLEV(RXLevel) = [- 95 dBm] vai augstāk 95% visu mērījumu
Saņemtā signāla līmenis (DL). RVI nosacījums: pilsētu apbūve, telpās	Signāla līmenis ārā RXLEV = [- 71 dBm] vai augstāks 95% no visiem mērījumiem pilsētu teritorijās

- 2) *To zvanu procentuālā izteiksmē, kas beidzās ar izveidotā savienojuma atvienošanu, pēc abonenta iniciatīvas (CDR = [Call Drop Rate])*

Lai noteiktu to zvanu procentuālo daļu, kas beidzās ar izveidotā savienojuma atvienošanu, pēc abonenta iniciatīvas (CDR), mēs izmantojam izteiksmi:

$$CDR = \frac{R}{N} \cdot 100\% \quad (1.2)$$

kur R –kopejais priekšlaicīgi atslēgto zvanu skaits, visām testa sesijām, N – kopejais testa zvānu skaits.

Jāatzīmē, ka galvenie zvana krituma iemesli (Call Drop) ir šādi:

- zems signāla līmenis UL līnijā "augšupieladē" vai DL līnijā "lejupieladē";
- Slikta signāla kvalitāte līnijā " augšupieladē " vai " lejupieladē ";
- radio signāla izplatīšanās laika aizkave no mobilās stacijas uz MST bāzes staciju sliekšņu pārsniegšana (timings advance);
- MST bāzes stacijas zemā jauda;

- ziņojuma, kas apraksta blakus esošās bāzes stacijas, zudumu (vai neesamību)

- Neveiksmīgs handover (pārslēgšanās starp tīkla bāzes stacijām zvana laikā).

3) *Neveiksmīgu zvanu procentuālās daļas novērtējums (CunSR = Call un Successful Rate)*

Neveiksmīgu zvanu (CunSR) procentuālo daudzumu nosaka pēc formulas:

$$CunSR = \frac{Q}{N} \cdot 100\% \quad (1.3)$$

kur Q – kopējais neveiksmīgu zvanu skaits, N – kopējais zvanu skaits. Zvans tiek uzskatīts par neveiksmīgu, ja 40 sekunžu laikā pēc numura sastādīšanas netiek saņemts izsaukto abonenta stacijas zvana signāls, ieskaitot neatsaucamo atbildi vai aizņemšanu, vai tīkla ziņojumi, ka telefons ir izslēgts vai abonents atrodas ārpus apkalpošanas zonas. Neveiksmīgi zvani ietver zvanus, kuri beidzas ar ziņojumu "tīkls ir aizņemts".

4) *Signāla kvalitātes novērtēšana*

Par pārraidītās sarunas kvalitāti GSM standartā atbild parametrs RXQUAL, kas ir saistīts ar nepareizi dekodēto freimu procentuālo daļu (Frame Erasure Rate -FER) un kļūdu bitu procentuālo daļu (Bit Error Rate - BER), un tas ir izteikts sekojošās vienībās, kas uzrādītas 1.6. Tabulā:

Tabula 1.6

RXQUAL parametru vērtības attiecība ar BER un FER.

RXQUAL vērtība	BER (%)	FER (%)
0	$x < 0.2$	$x < 4.5$
1	$0.2 \leq x < 0.4$	$4.5 \leq x < 8.5$
2	$0.4 \leq x < 0.8$	$8.5 \leq x < 12.5$
3	$0.8 \leq x < 1.6$	$12.5 \leq x < 16.5$

4	$1.6 \leq x < 3.2$	$16.5 \leq x < 20.5$
5	$3.2 \leq x < 6.4$	$20.5 \leq x < 24.5$
6	$6.4 \leq x < 12.8$	$24.5 \leq x$
7	$12.8 \leq x$	$24.5 \leq x$

Zemāk 1.7. Tabulā ir norādītas parametra RXQUAL vērtību atbilstības un pārraidītās runas kvalitātes atbilstošie apraksti.

Tabula 1.7

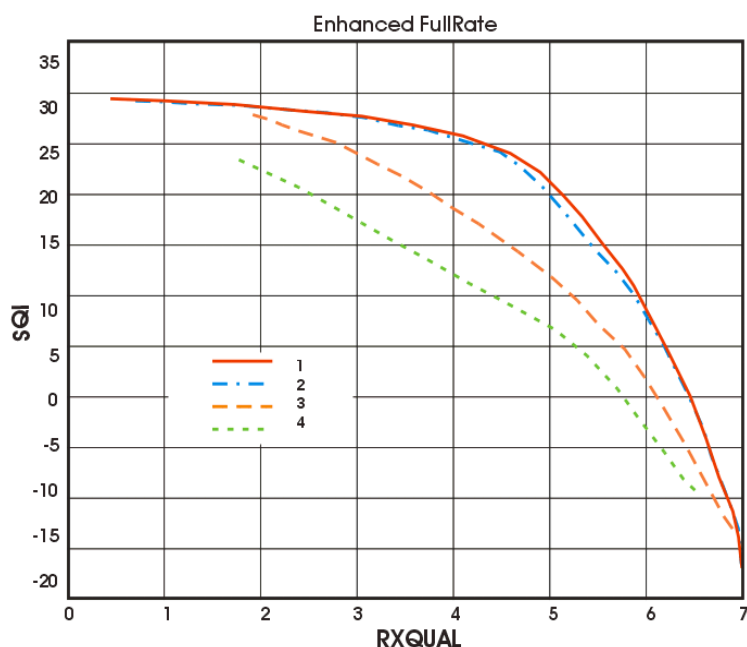
Prasības MST signāla kvalitātei bez frekvences leciena opcijas (FH – frequency hopping) un ar to.

RXQUAL vērtība		Paredzētā pārraidītās runas kvalitāte
Bez frekvences lēcieniem	Ar frekvences lēcieniem	
0 - 3	0 - 3	Lieliska kvalitāte: runa tiek pārraidīta bez traucējumiem vai gandrīz bez izkropļojumiem
4	4 - 5	Laba kvalitāte: runas kvalitāte ir apmierinoša, ja ir neliela apjoma izkropļojumu klātbūtne
5		Pieņemama kvalitāte: runa ir atpazīstama, bet dažreiz ir vajadzīgs atkārtojums.
6 - 7	6 - 7	Slikta kvalitāte: runas kvalitāte ir ļoti slikta, ir grūti atšķirt runu no traucējumi.

### 5) runas kvalitātes novērtējums

Papildus signāla kvalitātei ir jānovērtē runas kvalitātes novērtējuma papildu parametrs - SQI (Speech Quality Index). Aprēķinot šo parametru ~~Šī parametra aprēķinā~~ tiek ņemts vērā: kļūdaino bitu procentuālais daudzums (BER – bit error rate), nepareizi dekodētu freimu procentuālais daudzums (FER – frame error rate), izmantotais runas kodekss, pārtrauktās pārraides (DTX – Discontinuous Transmission) opcijas aktivizēšana un handoveri. Veicot handoveru, runas kvalitāte kļūst sliktāka, jo daži runas kadri tiek zaudēti. Runas kadru zudums, handovera gadījumā, neietekmē RXQUAL rādījumus, jo handovera laikā BER mērījums netiek veikts.

Attēlā 1.1, kā piemērs, tiek parādīta attiecība starp kvalitātes rādītājiem SQI un RXQUAL kodekām EFR (Enhanced Full Rate), atkarība no frekvences pārslēgšanas opcijas iekļaušanas dažādiem abonenta ātrumiem un RVI nosacījumiem.



1.1 att. Attiecība starp SQI un RXQUAL

1.1 Attēlā redzams, ka SQI parametrā tiek ņemti vērā vairāk faktoru nekā RXQUAL, kas labāk raksturo runas pārraides kvalitāti, ko uztver MST abonents.

1 - tipiska pilsētu attīstība, transportlīdzekļa ātrums 0 km/h, ar frekvenču pārslēgšanu (lēcienu);

2 - tipiska pilsētu attīstība, transportlīdzekļa ātrums 48 km/h, bez frekvenču pārslēgšanas;

3 - signāla amplitūdas fedings, transportlīdzekļa ātrums 12 km/h, bez frekvenču pārslēgšanas;

4 - tipiska pilsētu attīstība, transportlīdzekļa ātrums 3 km/h, bez frekvenču pārslēgšanas;

SQI vietā ir iespējams izmantot MOS (Mean Opinion Score), izmantojot PESQ algoritmu. 1.8. Tabulā parādīta atbilstība starp parametriem SQI, MOS un atbilstošajiem pārraidītās runas kvalitātes aprakstiem.

Tabula 1.8

#### SQI un MOS parametru vērtību atšifrēšana

Kvalitāte	SQI diapazons	MOS diapazons
Teicama	20 – 30	4.0-5.0
Laba	15 - 19	3.0-3.9
Pieņemama	10 - 14	2.0-2.9
Slikta	5 -9	1.0-1.9
Ļoti slikta	<5	<1

#### 6) Savienojuma izveides laika novērtējums.

Savienojuma izveides laiks — tas ir laika intervāls, starp radiokanāla piešķiršanas pieprasījumu "Channel Request" (pec kanāla RACH (Random Access Channel)), ko sūta mobilais termināls, un paziņojumu "Alerting", pēc kura abonents uzklausa atbildes signālu no izsauktā abonenta (automātiskais atbildētājs) vai operatora ziņojuma par to ka abonents ir izslēgts vai atrodas ārpus uztveršanas zonas. *Savienojuma izveides laiks tiek aprēķināts tikai veiksmīgiem zvaniem, ja atbildes signāls netiek saņemts 40 sekunžu laikā pēc numura sastādīšanas, tad šāds zvans tiek uzskatīts par neveiksmīgu.*

#### 7) Datu pārraides kvalitātes novērtēšana MS tīklā.

Lai novērtētu datu pārraides kvalitāti MS tīklā, tiek piedāvāts izmantot pakalpojumu kvalitātes rādītājus, kas parādīti 1.9. Tabulā. Lai aprēķinātu šos rādītājus, tiek izmantoti testēšanas kompleksu mērījumu rezultātā iegūtie rezultāti.

Tabula 1.9

#### Datu pārraides pakalpojumu kvalitātes rādītāji.

Parametrs	Definīcija
Neveiksmīgu savienojuma mēģinājumu daļa	$PDPunSR = \frac{G}{P} \cdot 100\% , \quad (1.4)$ <p>kur <math>PDPunSR=Packet Data Protocol un Successful Rate</math>, G – kopējais neveiksmīgu datu pārraides savienojuma iekārtošanas mēģinājumu skaits visām testa sesijām, P – kopējais datu pārraides savienojuma iekārtošanas mēģinājumu skaits</p>
Datu pārraides savienojuma iekārtošanas laiks	Laika intervāls starp šādiem notikumiem: Pieprasījuma Activate PDP (Packet Data Protocol) Context Request un Īsziņas Activate PDP Context Accept
Datu pārraides ātrums lejupejošā saitē (Downlink)	Vidējais datu pārraides ātrums lejupejošā saitē no tīkla līdz abonenta terminālam kbit /s
Datu pārraides ātrums augšupielādē (Uplink)	Vidējais datu pārraides ātrums augšupielādē no abonenta termināla līdz tīklam kbit /s

Tādējādi tiks noteikts neveiksmīgu savienojuma iekārtošanas mēģinājumu skaita daļas novērtējums:

$$PDP_{unSR} = \frac{G}{P} \cdot 100\% \quad (1.4)$$

Savienojums datu pārraidei MS tīklā tiek uzskatīts par neveiksmīgu, ja nevar aktivizēt PDP (Packet Data Protocol – datu pārraides protokolu). PDP aktivizēšana sākas no momenta, kad termināls nosūta ziņojumu par savienojuma pieprasījumu datu pārraidei ("Activate PDP context Request"). PDP tiek uzskatīts par aktivētu, ja 150 sekunžu laikā pēc tam, kad pieprasījums tiek nosūtīts no tīkla, tiek parādīts PDP aktivizācijas apstiprinājums ("Activate PDP context Accept"). Pretējā gadījumā zvans attiecas uz neveiksmīgiem mēģinājumiem aktivizēt datu pārraides sesiju. Ja datu savienojums ir veiksmīgs, testa tālruņa displejā tiek parādāta atbilstoša ikona.

#### 8) Savienojuma izveides laika novērtējums.

Savienojuma izveides laiks — tas ir intervāls sekundēs, starp datumu pārsūtīšanas sesijas sākšanu no lietotāja, t.i. brīdi, kad testa tālrunis nosūta ziņojumu "Activate PDP context Request" un brīdi, kad no tīkla tiek saņemts ziņojums "Activate PDP context Accept". Savienojuma izveides laiks tiek aprēķināts tikai ~~par~~ veiksmīgiem savienojumiem datu pārraidei, ja atbildes signāls netiek saņemts 150 sekunžu laikā pēc sesijas sākšanas, tad šāds savienojums tiek uzskatīts par neveiksmīgu.

#### 9) Vidējas datu pārraides ātruma novērtējums.

Lai aprēķinātu vidējo datu pārraides ātrumu (atsevišķi lejupejošajā un atsevišķi augšuplīnijā), vajag izmantot failu pārraides režimu (FTP – File Transmission Protocol) starp testa kompleksu un attālo testa serveri. Datu pārsūtīšanas ātrums tiek mērīts, kad tiek pārsūtīts iepriekš atlasīts fails. Faila lielumam jābūt no 1 līdz 1,5 MB nesaspiežamiem datiem (piemēram, nejaušo skaitļu secība). FTP servera kanāla ietilpībai nevajadzētu ierobežot lejupielādes ātrumu. Attālinātā testa serveris jāizvēlas tā, lai tas būtu savienots pēc iespējas tuvāk pārbaudītajiem MS tīklu vertējumiem, tādējādi samazinot tranzīta datu tīklu kvalitātes ietekmi uz mērījumu rezultātiem.

#### 10) MST efektivitātes novērtējums.

Mobilo sakaru tīklu (MST) abonentu skaita pieaugums, pakalpojumu un mobilo abonentu trafika (datplūsmas) apjoma pieaugums pasaulē ir vidēji 12% gadā, tāpēc ir nepieciešams nepārtraukti ieviest jaunas tehnoloģijas, kas saistītas ar ciparu signālu pārraides ātruma un izmantoto radiofrekvenču joslas platumu palielināšanu, kas ir vissvarīgākie faktori, kuri ietekmē MST attīstību turpmākajos gados.

Kā zināms, MST efektivitāti saprot kā funkciju, kas ir atkarīga no MST galvenajiem tehniskajiem un ekonomiskajiem parametriem, kas nosaka MST optimālos enerģijas, spektra un lietotāja resursus. MST efektivitātes palielināšana ļauj:

- Samazināt izmaksas par īpašfrekvences diapazona izmantošanu,
- Samazināt bāzes staciju iegādes, uzstādīšanas, enerģijas un uzturēšanas izmaksas,
- Palielināt tīkla jaudu, paplašinot tīkla šūnu, kas savukārt palielina visas sistēmas jaudu kopumā un tieši ietekmē gala lietotāju pakalpojumu kvalitāti, it īpaši pilsētās apstākļos.

#### **1.4 Datu pārraides kvalitātes rādītāji**

Noslēgumā jāatzīmē, ka papildus iepriekš minētajam KPI, datu pārraides monitoringam var izmantot tādus svarīgus parametrus, kā:

- Received Signal Strength Indicator (RSSI) – norāde par saņemta signāla stiprumu (dBm);
- EC / IO – signāla līmeņa attieksme pret traucējumu līmeni (dB);
- Reference Signal Received Power (RSRP) – atbalsts signāla saņemtā jauda (dBm);
- Reference Signal Received Quality (RSRQ) – atbalsts signāla saņemtā kvalitāte (dBm);
- Signal to Interference-plus-Noise Ratio (SINR) - signāla-trokšņa attiecība (dB) .

RSSI - vērtība attiecas uz signāla stiprumu no BTS ( Base Transceiver Station ) uz MS (Mobile Station ). Jo lielāks ir RSSI , jo labāks ir signāls. Precīzie skaitļi atšķiras no mobilo sakaru operatoriem. Tomēr (-40) dBm līdz (-70) dBm parasti ir vienāds ar MS, kas atrodas lieliskā radio pārklājuma zonā (1.10. Tabula).

Tabula 1.10.

RSSI vērtības attiecībā pret kvalitāti

3G Signal Strength	3G Signal Quality
>-70 dBm	Excellent!
-70 dBm to -85 dBm	Good
-86 dBm to -100 dBm	Fair
<-100 dBm	Poor
4G LTE Signal Strength	4G LTE Signal Quality
>-90 dBm	Excellent!
-90 dBm to -105 dBm	Good
-106 dBm to -120 dBm	Fair
<-120 dBm	Poor

EC / IO - ir signāla kvalitātes rādītājs, kas izplatās no BTS uz MS, un norāda saņemtā signāla attiecību pret traucējumu signālu. To mēra decibelos (dB). Ideāli, ja trokšņa līmenis ir vienāds ar trokšņa līmeni: EC / IO = 0 dB. Ja EC / IO pārsniedz (-5.0) dB, savienojums no BTS uz MS strauji pasliktinās. Daudzi faktori, kas palielina EC / IO vērtību, ir: fluorescējošais apgaismojums, elektromotoru darbība, dažādas iekārtas (strāvas padeve, sliktas kabeļu līnijas), saīsināti savienotāji, nepareiza antenas izlīdzināšana, neatbilstoša EMV polarizācija, koki, kalni, ēkas, sienas un tā tālāk. 1.11. Tabulā uzskaitītas EK / IO vērtības, kas nepieciešamas, lai novērtētu signāla kvalitāti. Jo tuvāk EK / IO ir (-0) dBm, jo augstāks ir signāla līmenis.

Tabulā 1.11

EC / IO vērtības attiecībā pret kvalitāti

EC/IO (dB)	Ranking
0 to -1.5	Excellent
-1.5 to -5.9	Good
-6.0 to -9.0	Marginal
-9.0 +	Poor/Unacceptable

RSRP - tas ir vidējais saņemtā signāla stiprums (Reference Signal). Atsauces signāls (reference signal) ir īpašs signāls, kas pazīstams saņēmēja pusē un atrodas noteiktā resursu bloka atrašanās vietā. RSRP vērtība tiek mērīta dBm . Kad bāzes stacijai tiek nosūtīts RSRP ziņojums, tiek parraidīta nevis tā vērtība, bet indekss no nākamās tabulas.

Tabulā 1.12

Indekss	RSRP vērtība, dBm
0	$RSRP < -140$
1	$-140 \leq RSRP < -139$
2	$-139 \leq RSRP < -138$
3	$-138 \leq RSRP < -137$
4	$-137 \leq RSRP < -136$
...	...
n	$n-139 \leq RSRP < n-140$
...	...
96	$-45 \leq RSRP < -44$
97	$-44 \leq RSRP$

Tabulā 1.13

## RSRP vērtības attiecība pret kvalitāti

RSRP	Signal Strength
> -90 dBm	Excellent
-90 dBm to -105 dBm	Good
-106 dBm to -120 dBm	Fair
< -120 dBm	Poor

RSRQ izmanto lai iegūtu plašāku informāciju par kanāla kvalitāti un visu joslas platumu. Labāks metriskais mērījums ir atsauces signāla saņemtā kvalitāte. RSRQ ir C / I mērījumu veids, un tas norāda saņemtā atsauces signāla kvalitāti. RSRQ mērījums sniedz papildu informāciju, ja RSRP nav pietiekams, lai veiktu uzticamu nodošanas vai šūnu atkārtotas izvēles lēmumu.

Tabulā 1.14

## RSRQ vērtības attiecība pret kvalitāti

RSRQ	Signal Quality
> -9 dB	Excellent
-9 dB to -12 dB	Good
< -13 dB	Fair to Poor

RSRQ tiek apreķināts pēc sekojošas formulas:

$$RSRP = RSSI - 10 \text{ Log} (12 * N)$$

$$RSRQ = N * (RSRP / RSSI)$$

vai

$$RSRQ = 10 \text{ Log} (N) + RSRP(\text{dBm}) - RSSI (\text{dBm})$$


Kur, N = Number of RBs (Resource Blocks) as per Channel Bandwith

=6 (for 1.4 Mhz), 15 (for 3Mhz), 25 (for 5 Mhz),

50 (for 10 Mhz), 75 (for 15 Mhz), 100 (for 20Mhz)

Tabulā 1.15

Aktuālais kanāla joslas platums (Channel Bandwith) Latvijā

 Latvia	Bite		20 MHz, UMTS	20 MHz May 2015 5 MHz, GSM	20 MHz May 2015	10 MHz, GSM	10 MHz Jul 2015
	LMT		20 MHz, UMTS	10 MHz May 2011 14,8 MHz, GSM	10 MHz Nov 2014 +10 MHz	13,2 MHz, GSM	10 MHz Jul 2015
	Tele2		20 MHz, UMTS	20 MHz Dec 2013 4,6 MHz, GSM	20 MHz Jan 2014	11,7 MHz, GSM	10 MHz Jul 2015

SINR – tas ir noderīgā signāla līmeņa attiecība pret trokšņa līmeni (vai vienkārši signāla / trokšņa attiecība). SINR vērtība tiek mērīta dB. Pozitīva SINR vērtība nozīmē, ka noderīgais signāls ir lielāks par troksni. Minimālā vērtība, kas pieņemama, lai nodrošinātu stabilu darbību tīklā: SINR = 10 dB. Jo augstāka ir šī vērtība, jo labāka ir signāla kvalitāte. Negatīvā SINR vērtība nozīmē, ka signālā ir vairāk trokšņu nekā noderīgs signāls. Ja vērtības ir negatīvas vai tuvu nullei, LTE savienojumu nevar izveidot vai tam būs ļoti zems ātrums un kvalitāte.

Tabulā 1.16

SINR vērtības attiecība pret kvalitāti

SINR Value	Throughput
> 10	Excellent
6 to 10	Good
0 to 5	Fair
< 0	Poor

## 1.5 Nodaļas secinājumi

Šajā nodaļā tika apskatīti un aprakstīti visi svarīgie mobilo sakaru šūnu parametri, kuri ietekmē to darbaspēju un kvalitāti. Tiek aprakstīts, ko nozīmē termins **KPI – Key Performance Indicator**. Tika apskatīts, kādi pakalpojumu rādītāji ir vissvarīgākie mobilo sakaru tīklu operātoriem lai īstenotu labu QoS – Quality of Service (pakalpojumu kvalitāte). Izvērtēti parametri, kuri atbild par runas kvalitāti un to rādītāju normas, kā arī tika paskaidrots ko tie parametri nozīmē. Parametru ir ļoti daudz, tomēr tos vajadzēja apskatīt, jo pēc tiem tika sastādīti pasaules mobila sakaru tīkla standarti, kurus ievēro projektējot jaunu sakaru tīklu. Darbā tika apskatīti vissvarīgākie datu pārraides parametri, kurus var izmantot lai aprakstītu un definētu 4. Paaudzes LTE datu pārraides protokola signāla kvalitāti. Tie ir: RSRP, RSSI, EC/IO, RSRQ, SINR. Pēc šiem parametriem tiek veikts LTE monitorings. Aplūkotas tabulas (Att.1.10, 1.11, 1.13, 1.14), kuras norāda uz kvalitāti attiecībā pret parametru vērtībām.

## 2. MST mērīšanas un monitoringa kompleksi

Lai nodrošinātu labu operatora sniegto mobilo sakaru pakalpojumu kvalitāti, ir nepieciešams pastāvīgi mērīt (diagnosticēt) un uzraudzīt dažādus MST parametrus, saskaņā ar ETSI TS 102250-2. [1]. Mobilā tīkla statusa monitorings ļauj laikus identificēt problēmu vietas, kā arī atrisināt iespējamās problēmas, pirms tās rodas. Neņemot vērā MST uzraudzību, dažreiz tas rada katastrofiskas sekas, pat mobilo sakaru tīkla posma atslēgšanu. Ir skaidrs, ka jebkurš tīkla bojājums ne tikai radīs lielas ekonomiskās izmaksas, bet arī samazinās mobilā operatora reputāciju, kas radīs abonētu pāriešanu pie cita operatora.

MST mērīšanai un monitoringam, iekārtu mērīšanas un uzraudzības ražotāji (uzņēmumi), pašlaik piedāvā virkni mērīšanas sistēmas. Daži no tādiem uzņēmumiem ir: Rohde & Schwartz, Vācija - TS 9951, Ericsson - TEMS Investigation, Agilent Technologies (agrāk HP) - E7475A, Zviedrijas kompānija Ascom - QVoice uc.

Ar piedāvātām mērīšanas sistēmām iespējams veikt mērījumus gan 2G tīklos, gan 3G un 4G tīklos, vienlaicīgi nodrošinot objektīvu tīkla uzturēšanas kvalitātes novērtējumu. Bet katram mērīšanas kompleksam, ir savas īpašības. Piemēram, šo kompleksu īpatnība ir kvalificētu operatoru obligāta klātbūtne ~~ariz~~. Izņēmums ir TEMS Automatic komplekss, kas no lietotāja abonēšanas termināļa iegūst datus bez lietotāja, taču ir ierobežojumi, piemēram, testējot aktīvo savienojumu, līdzekļi tiks iztērēti no abonenta konta. Tāpat, lai pārbaudītu konkrētu sektoru, abonentam ir jābūt šajā sektorā.

### 1.1 Monitoringa kompleksu prasības un īpašības

Apskatīsim MST mērīšanas un uzraudzības kompleksu testēšanas prasības. Testa kompleksam jānodrošina šādu MST parametru mērīšana un uzraudzība:

- kompānijai (operatoram) atļauto frekvenču saraksts;
- mobilā tīkla parametri (mobilā stacija un bāzes stacijas statuss);
- radio signāla parametri;
- runas pārraides kvalitātes līmeņa parametri sakaru kanālā;
- kompleksa atrašanās vietas saistīšanas parametri ar digitālo karti;
- pieslēguma statistika;
- parametri kanāla maiņai (handover);
- kaimiņu MST šūnu parametri;

- GPRS datu pārraides parametri utt.

Testa beigās mērīšanas kompleksam jāsniedz MST parametru izmaiņu laika diagrammas un tikai pēc to analīzes var izdarīt secinājumu par mobilo sakaru tīklu apkalpošanas līmeni konkrētajā teritorijā.

Turklāt, lai īstenotu monitoringu, ir jāuzrauga šādi MST parametri:

- 1) bāzes stacijas raidītāja jaudas līmenis;
- 2) mobilās stacijas raidītāja jaudas līmenis;
- 3) signāla līmeņi mobilās stacijas uztvērēja ieejā un bāzes stacijas uztvērēja ieejā (ko parasti salīdzina ar attiecīgo ierīču jutīgumu);
- 4) attiecības līmenis - signāls / traucējumi (C / I - Carrier to Interference);
- 5) freimu (frame) pārraides kvalitātes līmenis;
- 6) attālums no bāzes stacijas līdz mobilajai stacijai;
- 7) blakus esošo bāzes staciju signālu jaudas līmenis, ņemot vērā atļautās radio frekvences (Color Code);
- 8) sinhronizācijas korekcijas mehānisma efektivitāte.

2.1. Tabulā sniegti mūsdienu mērīšanas sistēmu piemēri un to salīdzinošās īpašības.

Tabulā 2.1

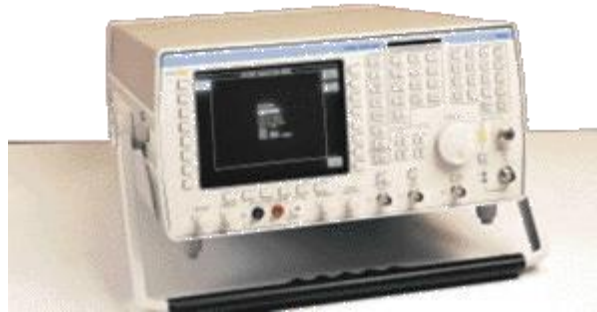
Mērīšanas sistēmu salīdzinošās īpašības

Nosaukums	Tips	Dinamiskais diapazons pārraide, dBm	Dinamiskais diapazons uztveršana, dBm	Frekvenču josla pārraide/uztveršana, MHz	Radio tīkla parametru mērīšana
TEMS Investigation	STK/MT	5 ÷ 33	-102 ÷ -47	915 - 980/870 – 925	Ļauj
TEMS Pocket	K			1785-1920/1690-	
TEMS Automatic				1805	

Adgilent Tecnology	STK/ MTK	+5 ÷ +33	-104 ÷ -47	890 - 915/935 – 960 1710-1785/1805- 1885	Ļauj
Marconi	STK	-115 ÷ +13	-135 ÷ +50	0.1 – 3000/0.1 – 3000	Neļauj
Stabilock	STK	-122 ÷ +13	-120 ÷ +50	0.4 –1000/ 0.4 - 1000	Neļauj
Net Monitor	MTK	+5 ÷ +33	-104 ÷ -47	890 - 915/ 935 – 960 1710-1785/1805- 1885	Ļauj
QVoice (Quality Voice)	-	-	-	-	Ļauj
radiotīkla analizators R&S®TSMW	WiMAX  IEEE 802.16e		LTE (K29 opcija) - 123 dBm WiMAX (K28 opcija) -97 dBm GSM (K21 opcija)-118 dBm WCDMA(K2 1 opcija) - 112 dBm	No 30 MHz līdz 6 Ghz	Ļauj

Dažādiem mērīšanas kompleksiem ir dažāda jutība, un mērījumu precizitāte. Tādi kompleksi kā Marconi, Stobilock ir augstas precizitātes izmērītāji, bet stacionāri, kas nav piemērots mobilo mērījumu veikšanai.

Attēlā 2.1-2.5. Attēlā ir redzami 2.1. Tabulas mērīšanas kompleksi.



2.1 att. Marconi Instruments stacionārais testu komplekss



2.2 att. Stabilock stacionārais testu komplekss

Šie kompleksi ļauj ne tikai izmērīt saņemtā signāla līmeni, bet arī mērīt un modulāciju, analizēt frekvenču spektru un imitēt bāzes staciju.

No otras puses, *TEMS investigation*, *Adgilent Technology* kompleksi ir mērīšanas sistēmas, kas īpaši izstrādātas, lai analizētu mobilo sakaru tīklu radiofrekvences ceļa efektivitāti. Par saņemtā signāla līmeņa mērītāju šajās sistēmās, tiek ņemtas parastās mobilās stacijas, kas atbilst ETSI ieteikumiem.



2.3 att. Mobilais testa komplekss TEMS Investigation



2.4 att. Mobilais testa komplekss Agilent Technology



2.5 att. Mobilais testa komplekss TEMS Pocket

Izvērtējot vairāku ražotāju mērīšanas kompleksus [1], kompānija Ascom komplekss QVoice (Quality Voice - runas kvalitāte), kura ir metroloģiski sertificēta un to veiksmīgi izmanto mobilo sakaru operatori, ir labākā izvēle tehniskā aprīkojuma un izmaksu ziņā. Bet TEMS Pocket komplekss ir labs universitāšu studentu mācīšanai.

## 2.1 Mērīšanas kompleksa QVoice īpašības

Šis monitoringa komplekss apvieno trīs kompleksu darbību: QVM (QVoice-Mobile), QVS (QVoice-Stationary) un QVP (QVoice-Presentation), kas veic visas nepieciešamās vienotās uzraudzības sistēmas "QVoice" funkcijas.

Attēlā 2.6 ir redzami QVoice kompleksi, kurus izmanto mūsdienu MS tīklos.



2.6 att. Kompānijas Ascom kompleksi QVoice

Kompleksi QVM (QVM Vehicle, QVM Portable, QVM Companion kompleksu saime) veic testa zvanus no mobilā monitoringa objekta, bāzes stacijās un MST komutācijas centra, un tos parasti izmanto, lai veiktu pakalpojumu zonas radio pārklājuma aktīvo un pasīvo monitoringu.

Kompleksu QVS izmanto, lai uzraudzītu fiksētos savienojumus un datu parrades tīkla protokolus.

Kompleksa sistēma QVP (QVoice-Presentation) nodrošina diezgan jaudīgu statistikas datu aprēķinu sistēmu kas nāk no QVM un QVS. QVP arī nodrošina protokola CCS7 – Common Channel Signaling № 7 (kopīgs signālu kanāls № 7) analīzes rezultātus lietotājam draudzīgā

veidā. QVP komplekss palīdz diagnosticēt mobilo tīklu, pamatojoties uz pieejamajiem un/vai saņemtajiem no operatora un tehniskās kontroles nodaļas speciālistiem statistikas datiem.

QVoice Companion kompleksu izskats ir parādīts attēlā. 2.7.



2.7 att. Kompleksa QVoice Companion izskats

Šī kompleksa iekšējā programmatūra nodrošina mijiedarbību un efektivitāti mērījumu veikšanā un monitoringā. Ar kompleksu "QVoice" ir iespējams izmantot jebkuru datoru/ piezīmjdatoru. Lai mērītu sakaru tīkla parametrus ēkās, tiek izmantots viens un tas pats mērīšanas un komutācijas bloks (2.8. Att), tāpat kā mērījumiem transportā.



2.8 att. QVoice kompleksa mērīšanas un komutācijas bloks kopā ar vadības paneli.

Lai ērti strādāt arā, nepieciešamības gadījumā, QVoice tiek komplektēts ar papildu somu un atbilstošu programmatūru (2.9. Attēls).



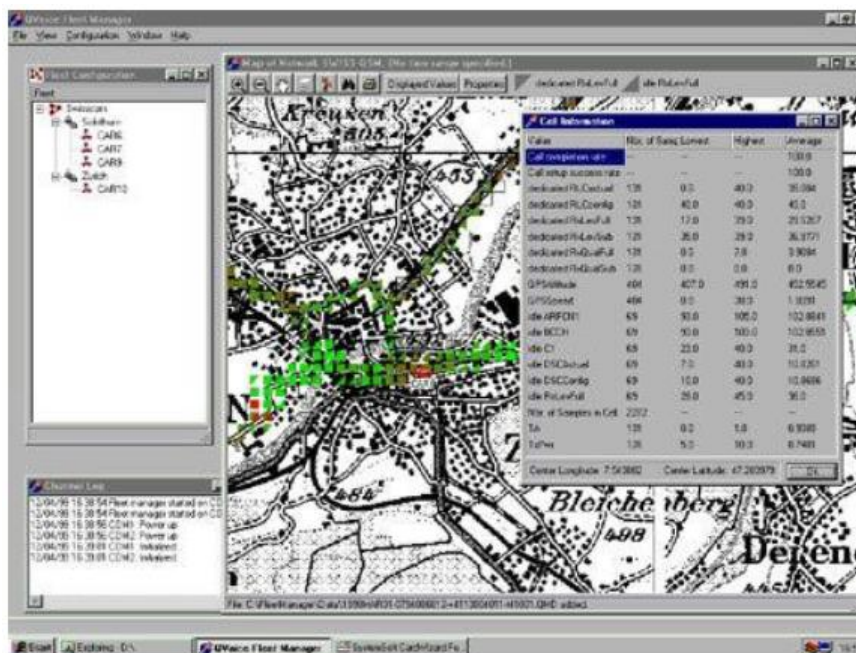
2.9 att. Ascom QVoice papildu kompleksu opcijas.

QVoice komplekss izmanto testēšanas abonenta radiostaciju GSM / UMTS no Nokia 6630 modeli (2.10. Attēls), ko izmanto MST monitoringam.



2.10 att. Testa abonenta tālrunis Nokia 6630

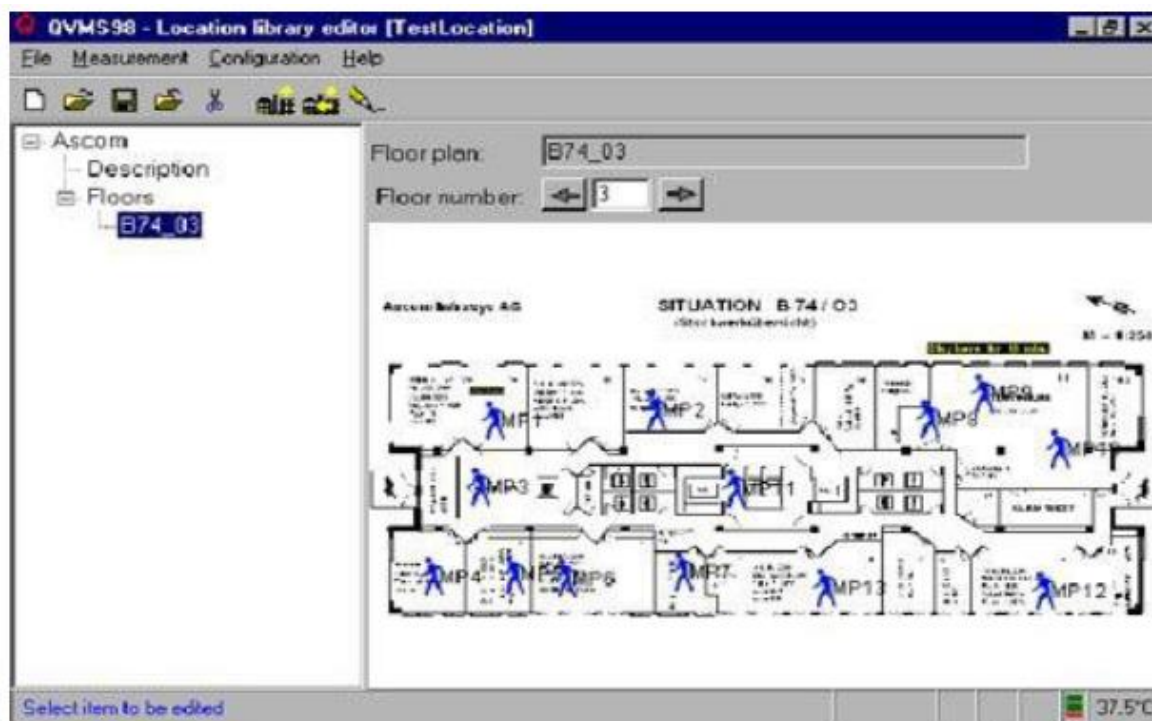
Kā parādā prakse, QVoice kompleksa izvēlnes izmantošanas ērtība padara iepazīšanos ar tās funkcijām un lietotāja instrukcijām par vienkāršu procesu. Ja operatoram ir pieredze darbā ar datoru, tad kompleksa sākotnējai apguvei nepieciešams mazāk nekā stundu. Piemēram, attēlā. 2.11. ir parādīts ekrāns darbā ar QVoice kompleksu, ieskaitot mobilo sakaru ar GPS uztvērēju bāzes staciju koordinātu reālo reljefa attēlojumu. Ar zaļu krāsu ir norādītas zonas ar apmierinošu radio pārklājumu un tīkla uzturēšanu. Ar sarkanu krāsu zonas ar nenoteiktu, sliktu uztveršanu un uzturēšanu tīklā. Labajā pusē atrodas papildu logs ar sakaru šūnu signālu nenoteiktas uztveršanas zonu koordinātēm. Mērījumu protokola datums un numurs tiek reģistrēti veidlapas apakšējā kreisajā stūrī. Izmantojot vadības komandas, jūs varat viegli pārbaudīt visus nepieciešamos sakaru tīkla parametrus un noteikt vajadzīgos tīkla kvalitātes indikatorus. Digitālā karte palīdz skaidri orientēties sarežģītas apbūves apstākļos un ātri noteikt komunikācijas sesijas nepieciešamo korespondentu. Arī Windows loga izmantošanas ērtība ievērojami atvieglo specializētas programmatūras lietošanu.



2.11 att. QVoice darba ekrāns ar digitālo karti.

Papildus parastajam MST monitoringam uz ielas, šajā kompleksā ir indikatori iekštelpu ēku un gājēju zonu novērošanai vienā MST bāzes stacijas teritorijā vai pārklājuma zonā. Šī kompleksa īpašība tiek izmantota, lai optimizētu MST, kurā pakešu trafiks pārsniedz 20% no kopējās slodzes.

Tādās valstīs kā Japāna, Amerika, Apvienotā Karaliste un citas, kurās mikrošūnas un pikošūnas mobilie tīkli ir plaši izplatīti, QVoice sistēma ļauj pārbaudīt pakešdatu pārraides veikspēju birojā vai citā ierobežotā zonā. Pikošūnas monitoringa piemērs un to izvēde uz parādīts klēpj datorā vai datora monitorā. parādīts attēls. 2.12.

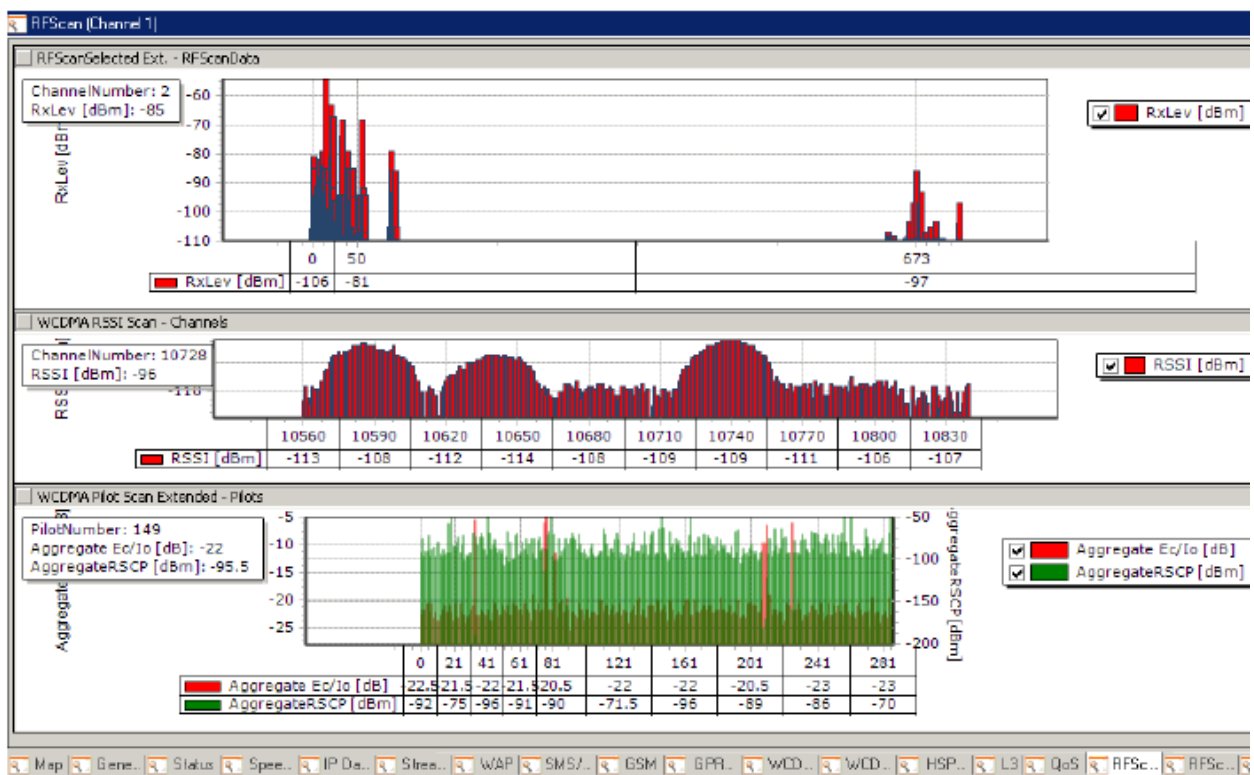


2.12 att. Iekšējā biroja pico tīkla uzraudzība, izmantojot Qvoice

Kā redzams 2.12. Attēlā, QVoice komplekss ļauj noteikt elektromagnētiskās savietojamības problēmas, radio pārklājuma zonas, pakalpojumu pieejamību utt. Situācija ir skaidri redzama displejā ar paskaidrojumiem pie "cilveciņu" figūram, kuri tur testa telefonu. Ir iespējams pārbaudīt līdz vienam metram visas ēkas, noliktavas, birojus, garāžas un citus objektus. No iegūtajiem mērījumu rezultātiem ir iespējams sastādīt objekta pasi, pētījumu zonā, atbilstoši pakalpojuma kvalitātei tīklā. Jaunākā QVoice kompleksa modifikācija ļauj vienlaikus pārbaudīt GSM mobilo tīklu un UMTS standarta mobilo tīklu ar WCDMA radioceļu. Mobilo tīklu runas pārraides kvalitātes analīzes uzdevumu risināšanai ir vairākas atšķirīgas pieejas. TEMS Automatic kompleksos tiek izmantota metode, kas automātiski analizē pārraidītās runas kvalitāti, kā aprakstīts starptautiskajā ieteikumā ITU-T R.861. Šis monitoringa mehānisms ir paredzēts netiešai runas vērtēšanai (pastarpināta vērtēšana), pamatojoties uz mobilā tīkla digitālā radio tīkla stāvokļa analīzi. Tas neļauj novērtēt tādus parametrus kā kanāla dinamiskā diapazona, atpazīšana, atbalss kanālā un vairāki citi svarīgi parametri. *Automatizētā QVoice runas kvalitātes novērtēšanas sistēma ir balstīta uz citu metodi. Tas ir, gatavo standarta runas ziņojumu nodošana ar sekojošu sadalīšanos pārraidītās valodas fonēs un standarta salīdzināšana ar saņemto ziņu kompānijas "Ascom" kompleksā patentētā algoritmā.* QVoice

kompleksa “Symphony” modeļa papildu programmatūras funkcijas ļauj reproducēt rezultātus līdzīgos mērījumu apstākļos.

Izmantojot TEMS Automatic un QVoice kompleksu iespējas, var atzīmēt, ka QVoice komplekss ir vislabākais no esošajiem mērīšanas un uzraudzības kompleksiem, kas ievieš runas kvalitātes līmeņa mērīšanas funkciju, kurā tiek izmantota ballistisko reitingu sistēma. Ērta runas grafiskā attēlošanas sistēma ļauj iegūt pilnīgu priekšstatu par runas pārraides kvalitāti mobilajā sakaru tīklā. Monitoringa komplekss QVoice ļauj novērtēt datu pārraides kvalitāti pa mobilo sakaru kanāliem. Attēlā 2.13. ir parādītas datu pārraides un runas kvalitātes parametru diagrammas mobilo tīklu radio kanālos, izmantojot WCDMA viļņu kodēšanu.



2.13 att. Datu pārraides un runas kvalitātes parametru diagrammas pa mobilo tīklu radio kanāliem

(kur: RXLEV- Uztvērēja līmeņi (Receiver Levels) , RSSI - Saņemtais signāla stipruma indikators (Received Signal Strength Indicator), RSCP- Saņemtais signāla koda līmenis (Received Signal Code Power))

Tādējādi, kā izriet no iepriekš uzrakstītā, automatizēti testēšanas kompleksi ir nepieciešami, lai risinātu uzdevumus, kas saistīti ar MST kvalitātes rādītāju diennakts monitoringu. Ja MST operatoram ir firmas Ericsson infrastruktūras aparātūra, tad monitoringam optimālākais ir izmantot firmas Ericsson TEMS komplektus.

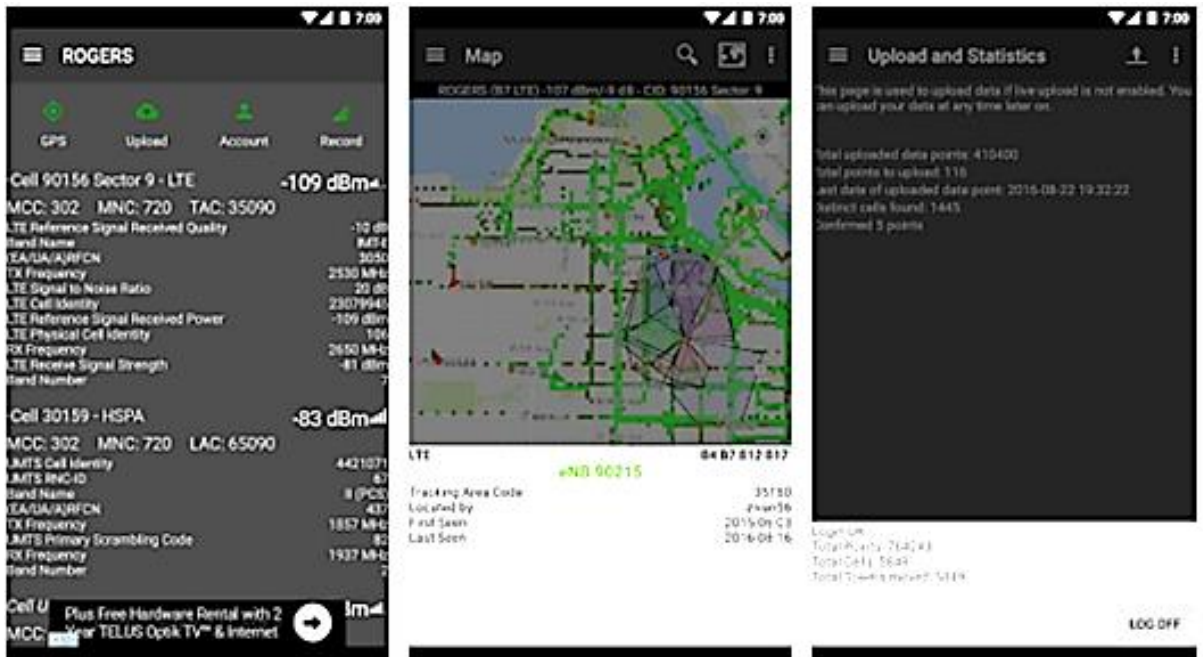
Lai noteiktu LTE tīkla pakalpojumu kvalitāti, firma Rohde & Schwarz izstrādāja R&S®TSMW radio tīkla analizatoru un R&S®ROMES radio pārklājuma mērīšanas programmatūru, kas atbalsta signāla analīzi tīklā, izmantojot Samsung LTE USB modemu. Tajā pašā laikā laukizmēģinājumos, īstenošanas fāzē, kā arī laikā, kad darbojas MST ar pilnu slodzi, ir jāveic virkne testu, lai optimizētu un analizētu radio tīklu. Papildus laika nobīdes mērīšanai, izmaiņām abonenta vienības statusā, joslas platumam, jaudai un slodzei tīklā, svarīga loma tīkla operatoriem ir sasniedzamai ekspluatācijas kvalitātei. Tas ir īpaši svarīgi LTE tīkliem. Lielākajai daļai šo mērījumu ir nepieciešama savienojuma iestatīšanas izveide / simulācija. Tāpēc firma Rohde & Schwarz integrēja Samsung LTE USB modemu savā radio pārklājuma analīzes sistēmā, lai tīkla operatori un infrastruktūras ražotāji varētu droši pārbaudīt kavējuma laiku U-plane un C-plane protokola slāņos, caurlaidspējas, iekšējās mobilitātes funkcionalitātē LTE un pakalpojumu parametru kvalitātē.

Jāatzīmē, ka R&S®TSMW radio tīkla analizators un programmatūra atbalsta visus pamata mobilo sakaru standartus, piemēram, LTE, HSPA, GSM / EDGE, WiMAX™, 1xEV-DO un nodrošina maksimālu elastību.

Vienkāršākai un pieejamākai mērīšanai mācību procesā ir diezgan piemērots mobilais programmatūras testēšanas komplekss TEMS Pocket (Att. 2.5.) , kas izmanto viedtālruņus ar instalētām mērīšanas programmām.

### **PK - CellMapper**

Apskatīsim CellMapper programmatūras kompleksa funkcijas [1]. CellMapper PK var izmantot planšetdatoriem un tālruņiem, kuros darbojas operētājsistēma Android 2.3 vai jaunāka versija. Att. 2.14.a, b, c parāda CellMapper darbības režīma datus.



#### CellMapper darbības režīmi:

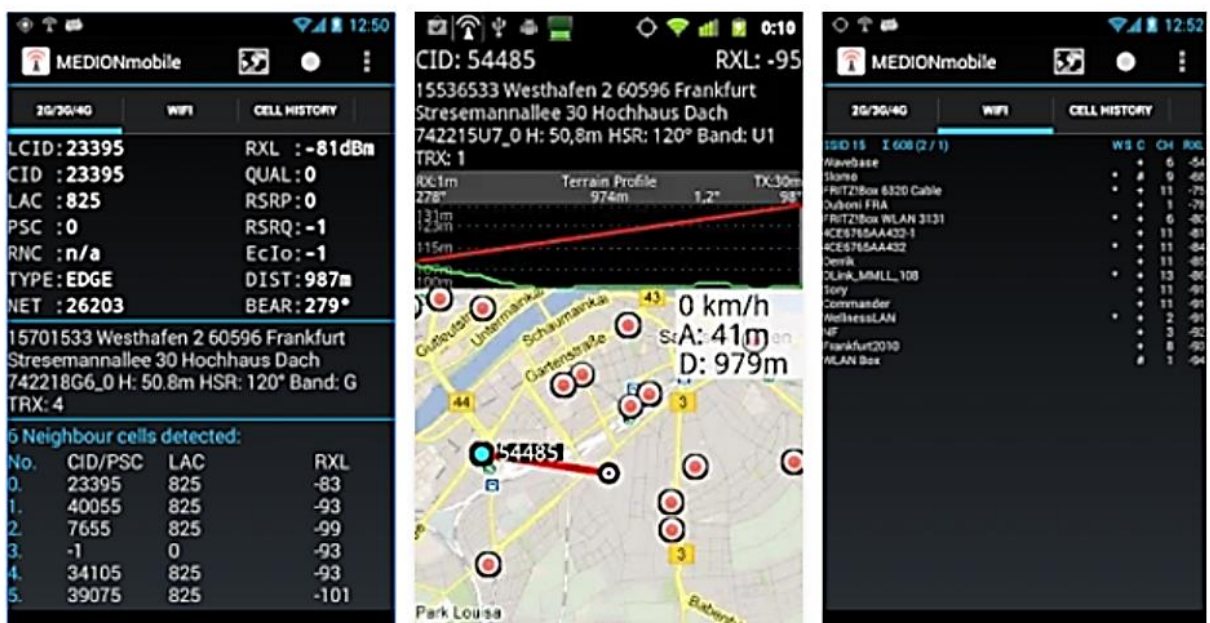
[Rogers: līmeņi DL –Cell 90156 Sectors 9 –LTE - (-109 dBm), Cell 30159 –HSPA – (-83 dBm)]  
Att. 2.14 a,b,c

2.14. Attēlā, CellMapper režīmā ir:

- mobilā datu tīkla zema līmeņa informācijas parādīšana kopā ar frekvenču diapazona aprēķiniem (dažiem pakalpojumu sniedzējiem) (piemēram, 2.14a. Att. - Cell 90156 9-LTE sektors - (-109 dBm), TX frekvence 2530 MHz), utt.);
- nolasa šūnu frekvences noteiktās Android 7.0+, Qualcomm (root), Sony (root) un Samsung ierīcēs (root);
- Parāda zonas radio pārklājuma un atsevišķa BTS sektora radio pārklājuma karti (2.14.b attēlā);
- ievieš Dual SIM atbalstu Android One, Mediatek, Qualcomm un Samsung Duos ierīcēs.

## PK - G-MoN

G-MoN - APK ievieš Wardriving skenera funkcijas MST GSM / CDMA / EVDO / UMTS un LTE Netmonitor. Tas var kalpot arī kā tīkla monitors (NetMonitor) un lauka testa brauciena rīks inženieriem, kuri izstrādā 2G / 3G MST. PK G-MoN skenē visus diapazonā esošos bezvadu tīklus un datus ar GPS koordinātēm saglabā failā SD kartē. Tas kartē parāda visus piekļuves punktus reāllaikā (2.15. Attēls a, b, c).



Att..2.15.a,b,c

## PK G - NetTrack Lite .

PK G-NetTrack (2.16a,b Att.) - īsteno monitora un testa programmas funkcijas MST UMTS / GSM / LTE / CDMA / EVDO. Tas ļauj ~~just~~ kontrolēt MST parametrus, neizmantojot īpašu aprīkojumu, un to var izmantot gan profesionāli, lai iegūtu pilnīgāku priekšstatu par tīklu, gan studenti un radioamatieri. PC G-NetTrack ļauj ~~izmērīt~~ pakalpojumu līmeni un kvalitāti, kā arī kaimiņu šūnu ietekmi. RXLEVEL un RXQUAL un BSIC (binārā simetriskā neatkarīgā kanāla) līmeņa vadība ir atkarīga no MST tehnoloģijas: - 2G - RXLEVEL, RXQUAL un BSIC; -3G - RSCP, ECNO un PSC; - 4G - RSRP, RSRQ un PCI. Tikai 4G gadījumā tiek kontrolēts SNR, CQI un laika avanss.



Att.2.16 a,b

## PK G – NetTrack Pro

PC G-NetTrack Pro ir versija ar lielu skaitu papildu iespēju MST - 2G / 3G / 4G un

mērījumiem, apkalpojot kaimiņu šūnas (2.17a.,b,c Att.), Kamēr tā īsteno:

- žurnālu ierakstu mērījumi (teksta un KML formātā);
- šūnu failu (Cellfile) imports / eksports un apkalpošanas vizualizācija un kaimiņu šūnu ietekme uz karti;
- ĀRĒJIE un TELPĀS mērījumi;
- AUTO INDOOR mērīšanas režīms tuneļiem un vietām r sliktu GPS signāla uztveršanu;
- plānu slodze;
- Iepriekš noteikti kravas ceļi;
- 3D karte - dažāda veida kartes, 3D ēkas, automātiskās kešatmiņas kartes;
- Balss / datu (lejupielāde, augšupielāde, ping) / SMS testa secība;

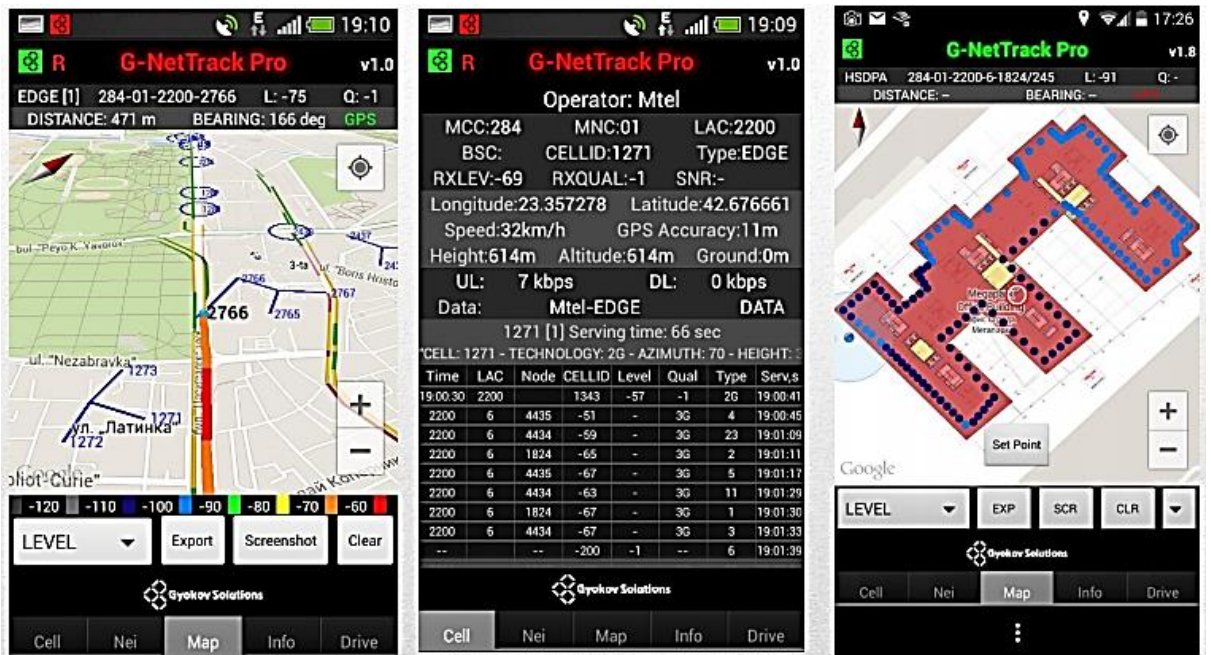
- lejupielāde un augšupielāde ar vairāku vītņu palīdzību;
- diagramma ar apkalpošanas un kaimiņu šūnu līmeņiem;
- neierobežots šūnveida slāņu skaits un to krāsu attēls;
- mērījumu pārsūtīšana tiešsaistē G-NetWorld datu bāzē;
- Mainīt ekrāna orientāciju.

Lietojumprogramma identificē tīkla problēmas:

- slikta radio pārklājuma kvalitāte - zema RXLEVEL vērtība;
  - zems datu pārraides ātrums DL / UL;
  - Dominējoša servera neesamība, parasti izraisa šūnu novirzīšanu un biežus pakalpojumu pārtraukumus (kad femto vai pico šūnu apkalpošanas laiks ir pietiekami īss);
- slikts MST paaudzes 3G radio pārklājums, ja starp 3G un 2G tīklu šūnām notiek vairākas atkārtotas atlases;
- bloķēti zvani;
  - Neatbildētie zvani.

G-NetTrack Pro galvenās iezīmes ir:

- bezvadu tīkla parametru mērīšana;
- izmērīto vērtību reģistrēšana tekstos un KML failos;
- izmērīto vērtību parādīšana kartes ekrānā;
- Bāzes staciju un šūnu apkalpojošo līniju parādīšana digitālajā kartē.



Att.2.17 a,b,c

### 10 programmas GSM / 3G / 4G mērišanai un monitoringam Android ierīcēm.

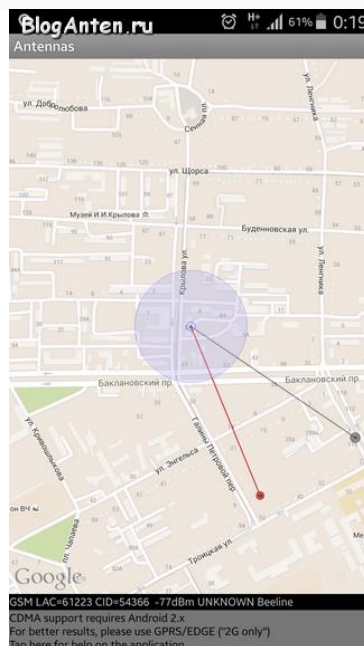
MST lietotājiem (kā arī studentiem, kuri pēta MST mērišanas un novērošanas problēmu), iespējams, būs jāizseko MST parametri, ar kuriem savienots viņa viedtālrunis, vai arī lietotājs vēlas izveidot savienojumu ar tīklu. Izmantojot īpašas desmit vienkāršas mobilo tīklu uzraudzības programmas, varat noteikt signāla stiprumu, tīkla veidu, 3G vai 4G klātbūtni, kā arī apkārtējo bāzes staciju skaitu vai attālumu līdz tām. Sakarā ar pieaugošo mobilo ierīču popularitāti, kuru pamatā ir Android operētājsistēma (OS), šai OS ir parādījušās daudzas programmas GSM / 3G / 4G tīklu uzraudzībai. Piemēram, programma Android, novērojot GSM tīklu, var ne tikai palīdzēt sasniegt maksimālās signāla vērtības, bet arī norādīt virzienu un attālumu līdz tuvākajai bāzes stacijai, kā arī norādīt, vai tajā ir instalēta 4G paaudze. . Daudz ērtāk, nevis Windows labi zināmās MDMA (Mobile Data Monitoring Application), kas darbojas tikai ar USB modemiem, vietā izmantot viedtālruni vai planšetdatoru. Apsvērsim 10 GSM / 3G / 4G uzraudzības programmas, kuru pamatā ir Android.



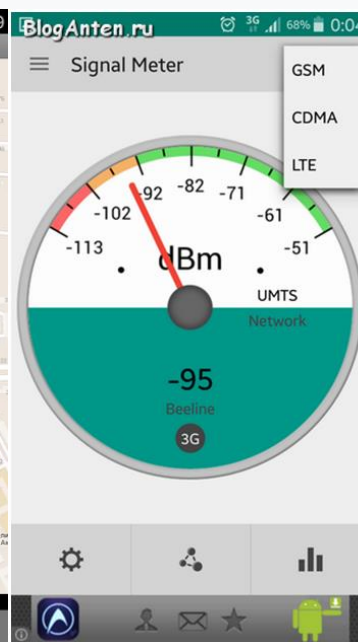
## PK «Antennas».

PK antenu izmanto GSM un CDMA tīkla uzraudzībai. Tas ļauj kartē parādīt visas tuvākās BTS bāzes stacijas. Turklāt, izmantojot šo programmu, jūs varat izmērīt aktīvā BTS signāla līmeni RXLEV (dBm) un uzzināt tā koordinātes: by LAC (Location Area Code) - vietējais apgabala kods (kas norāda vairāku bāzes staciju savienojumu, kuras apkalpo viens bāzes stacijas kontrolieris (BSC). Šo parametru var uzrādīt gan decimāldaļās, gan heksadecimālās formās; by CellID (CID) - "šūnas identifikators" - bāzes stacijas sektors. Šo parametru var uzrādīt arī decimālā un heksadecimālā formā).

2.18a attēlā parādīta: šūnu atrašanās vietas karte, virzieni uz izvēlēto BTS, GSM LAC = 61223 un CID = 54336, RXLEV = -73 dBm, un 2.18b attēlā parādīts 3G (UMTS) signāla līmenis (-95 dBm).



Att.2.18a

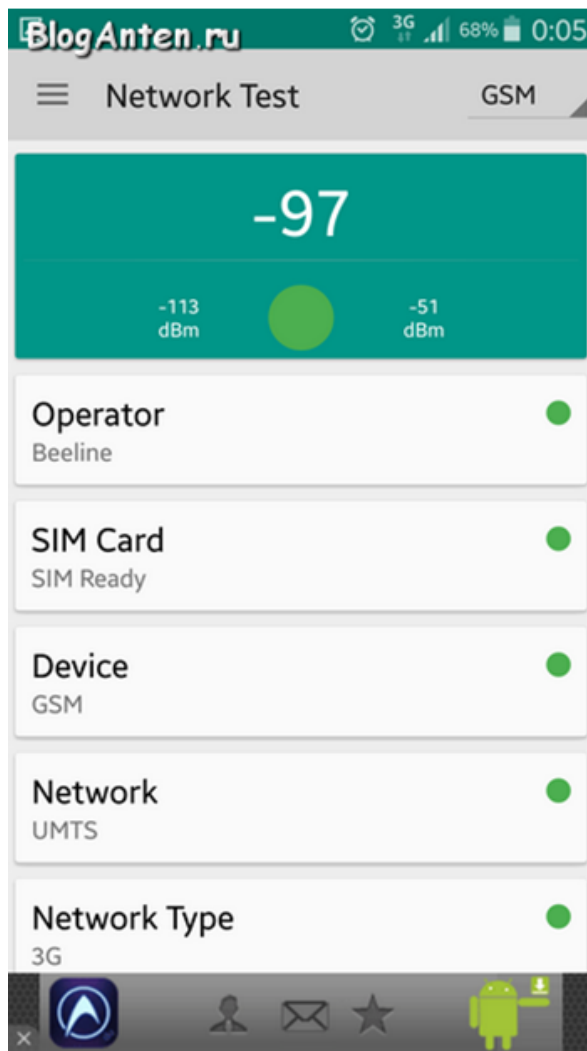


Att.2.18b



### **PK Network Signal Strength.**

**PK Network Signal Strength** galvenais mērķis ir parādīt signāla līmeni uztveršanas punktā (-97 dBm) (Att.2.19). PK tiek izmantots GSM / CDMA / LTE tīklos. Parāda tīkla veidu (GSM), mobilā operatora nosaukumu (Beeline), kā arī GPRS, 3G vai 4G klātbūtni. Varat arī uzzināt zvana Call ID (*Caller ID number*) zvanītāja ID numurs ļauj iegūt tālruņa numuru, un zvanītāja *Caller ID name* nosaukums ļauj redzēt abonenta vārdu un / vai uzvārdu vai organizācijas nosaukumu, kur ierīces tālruņa numurs piešķirts BTS, ir reģistrēts.



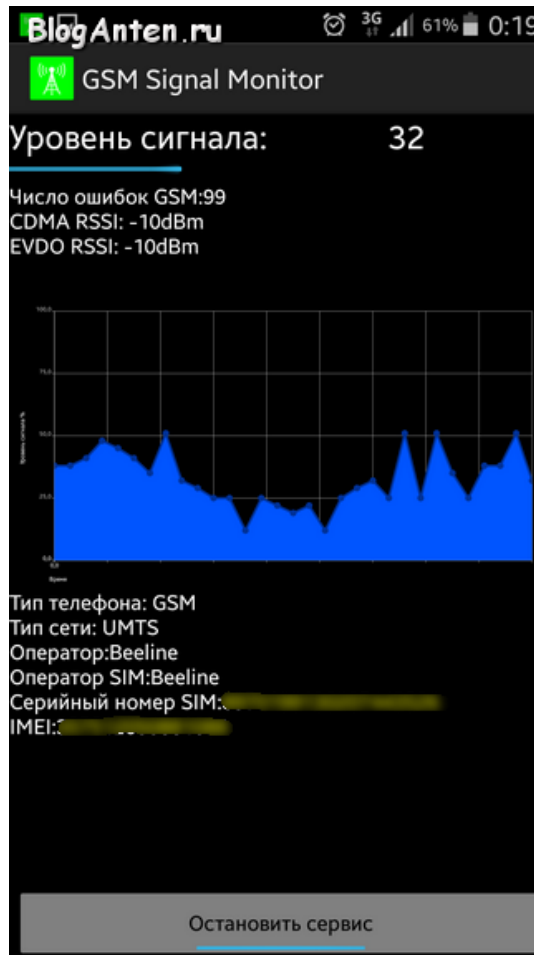
Att. 2.19



**PK GSM Monitor.**

**PK GSM Monitor** ir vienkārša programma GSM signāla stipruma mērīšanai. Signāla līmeņa izmaiņas laika gaitā grafikā tiek attēlotas grafiski (Att.2.20). Izmantojot GSM Monitor, jūs varat uzzināt tīkla veidu (UMTS), operatora nosaukumu (piemēram, Beeline), IMEI (International Mobile Equipment Identity) - mobilo iekārtu starptautisko identifikācijas kodu, CDMA RSSI:( -

10 dBm), EVDO RSSI:( -10 dBm), SIM sērijas numuru kartes numuru . Jāatzīmē, ka šī programma darbosies sistēmas fonā, līdz tā tiks apturēta (Att.2.20).



Attēlā: signāla līmenis (- 32 dBm), kļūdu skaits - GSM: 99, CDMA RSSI (Received Signal Strength Indicator) līmenis - (-10 dBm), EVDO (Tikai Evolution Data / Evolution Data Optimized), EVDO RSSI līmenis - (-10dBm), tīkla tips - UMTS, SIM operators: Beeline

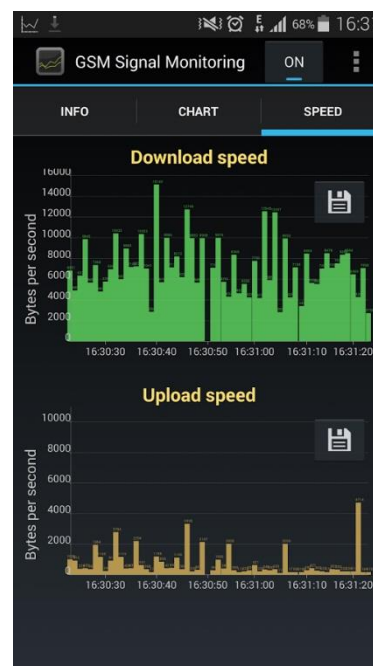
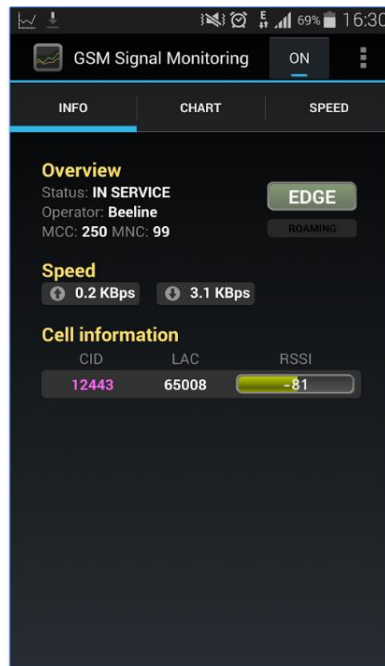
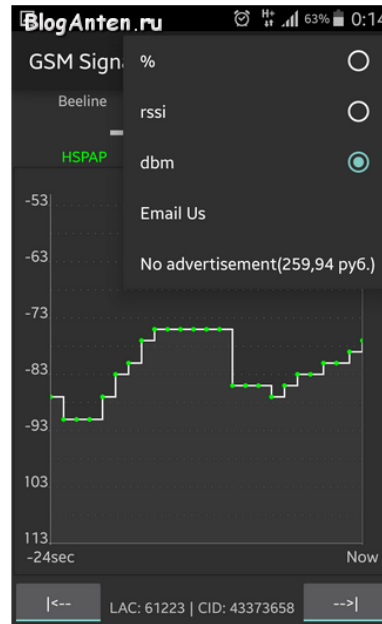
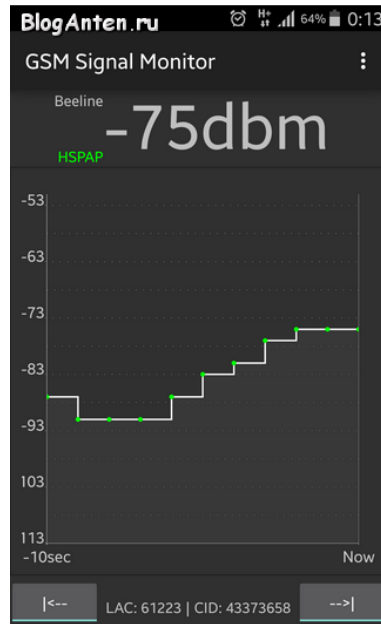
Att.2.20



### **PK GSM Signal Monitor.**

**PK GSM Signal Monitor** ir vienkārša GSM signāla uzraudzības programma. Tā parāda (Att.2.21): 1) signāla līmenis - (-75 dBm), 2) HSPA (ātrgaitas pakešpiekļuve), 3) signāla līmeņa izmaiņas laika gaitā, 4) EDGE pakalpojums, 5) pārraides ātrums: 0, 2 Kbps 3,1 Kbps, 6) RSSI - (-81dBm), 7) Balss informācijas pārraides ātruma grafīki laika gaitā DL un UL režīmos, 8) SIM operators: Beeline. No programmas funkcijām jāatzīmē, ka signāla līmeņa attēlojumu var izvēlēties: standarta - dBm, pēc RSSI līmeņa vai procentos. Turklāt BTS koordinātes tiek parādītas parametros LAC (Local Area Coverage) (LAC: 61223) un CID (Cell IDentification number): 43373658), pārraides ātruma izmaiņas dienas laikā (download speed, upload speed).





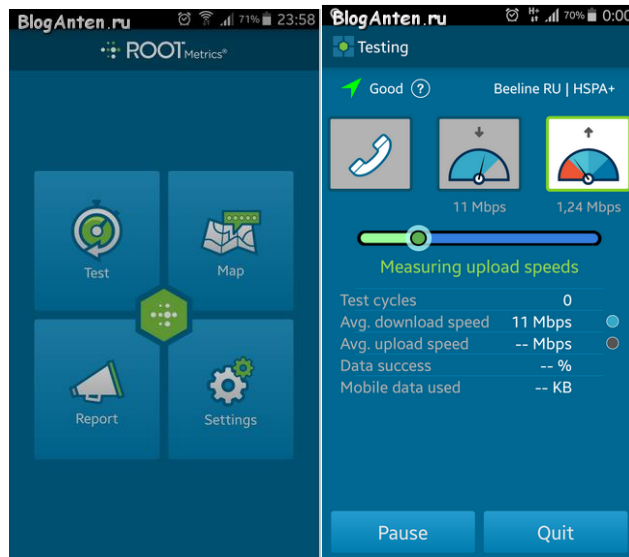
Attēlos: 1) signāla līmenis - (-75 dBm), HSPA (ātrgaitas pakešpiekļuve), 2) signāla līmeņa maiņa laika gaitā, 3) EDGE serviss, ātrums: 0,2 Kbps 3,1 Kbps, RSSI - (-81dBm ), 4) Balss informācijas pārraides ātruma grafiki laika gaitā DL un UL režīmos, SIM operators: Beeline

Att.2.21a,b,c,d



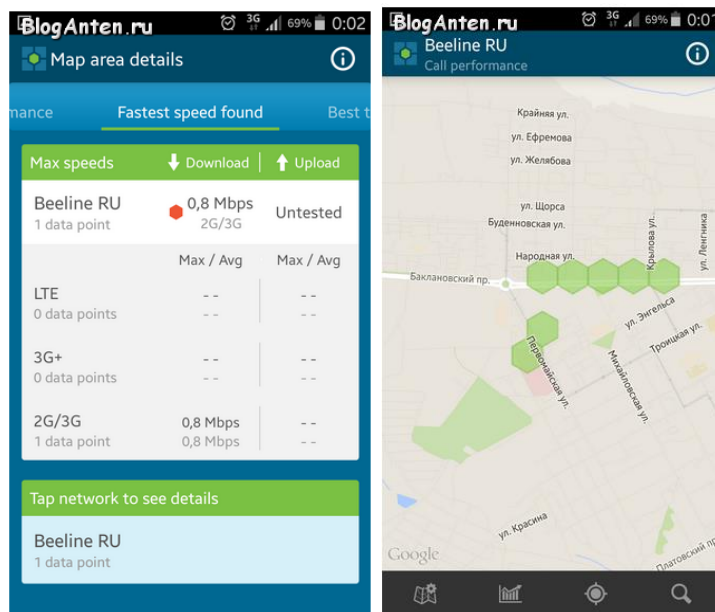
## PK Cell Phone Coverage Map.

**Cell Phone Coverage Map** programma ļauj veikt tīkla pārbaudi, ar kuru ierīce ir savienota. Darbojas ar jebkura veida interneta savienojumu, ieskaitot Wi-Fi. Parāda signāla stiprumu un tīkla protokolu. Tests parāda ienākošo un izejošo kanālu ātrumu. Kartē var apskatīt ierīci šūnu blīvumu un aktivitāti (2.22.a., b., c, d. Att.).



Att..2.22a

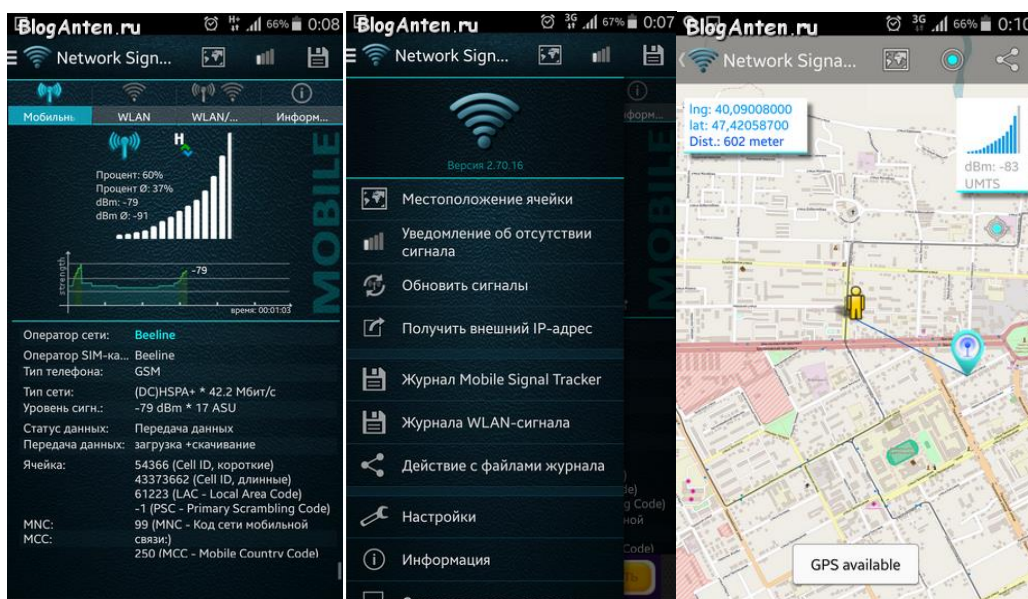
Att..2.22b





### “Тікла signālu informācijas” programma.

Programmu sauc par «**Информация сигнала сети**» - “Тікла signāla informāciju”, jo tā tiek pilnībā ieviesta krievu valodā un to izveidojuši krievu programmētāji. Skaidrs interfeiss, ar kuru jūs varat uzzināt detalizētu informāciju par savienojumu (2.23a., B, c. Att.). Darbojas ar Wi-Fi tīklu. Programma ļauj noteikt signāla līmeni un izsekot tā izmaiņām grafikā (2.23.a att.). Pietiekami detalizēta informācija par BTS no atrašanās vietas koordinātām, tīkla veida. Kartē ir iespējams uzzināt tuvākā BTS atrašanās vietu, kā arī attālumu līdz pieslēgtajam BTS (2.23b. Att.). GSM un Wi-Fi monitoringu var realizēt vienlaikus. No papildu funkcijām varat uzzināt informāciju par ierīci, kurā programma ir instalēta.

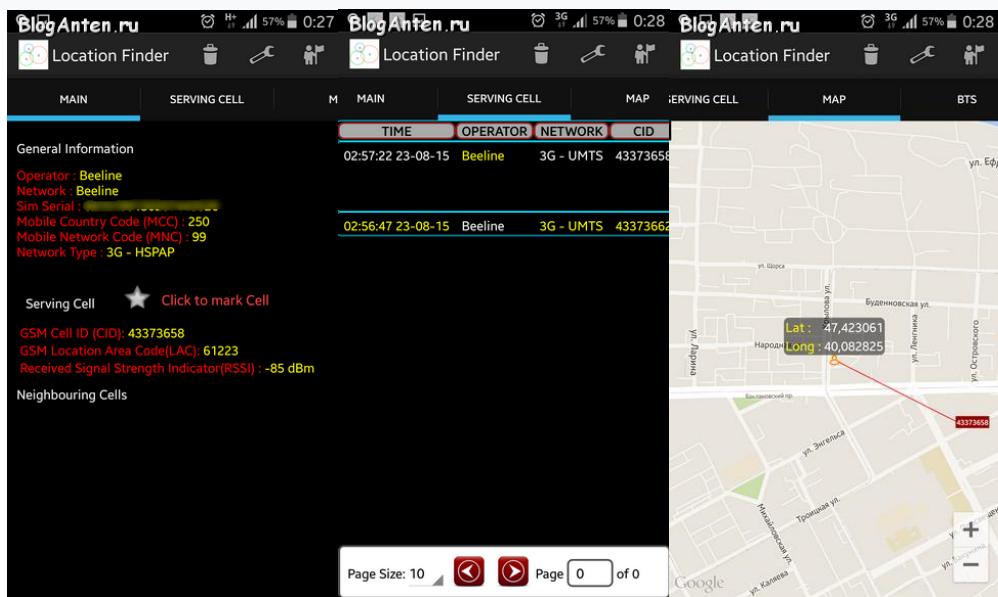


Att.2.23a,b,c



## PK Location Finder and GSM mapper.

**Location Finder un GSM mapper** ir paredzēta, lai uzraudzītu MST. Tās galvenā priekšrocība ir pietiekami detalizētas informācijas par savienojumu novērtēšanā. Parāda šādus pamatdatus: signāla līmenis un mobilie kodi MCC un MNC (2.24a. att. - (-85 dBm), MCC: 250, MNS: 99), tīkla tips (2.24b att. - 3G-UMTS), koordinē LAC un CID (2.24b att. - LAC: 43373658, Lat: 47,423061, Long: 40.082825). Google kartē parāda savienoto BTS ar atrašanās vietas koordinātām (2.24c - LAC: 43373658).

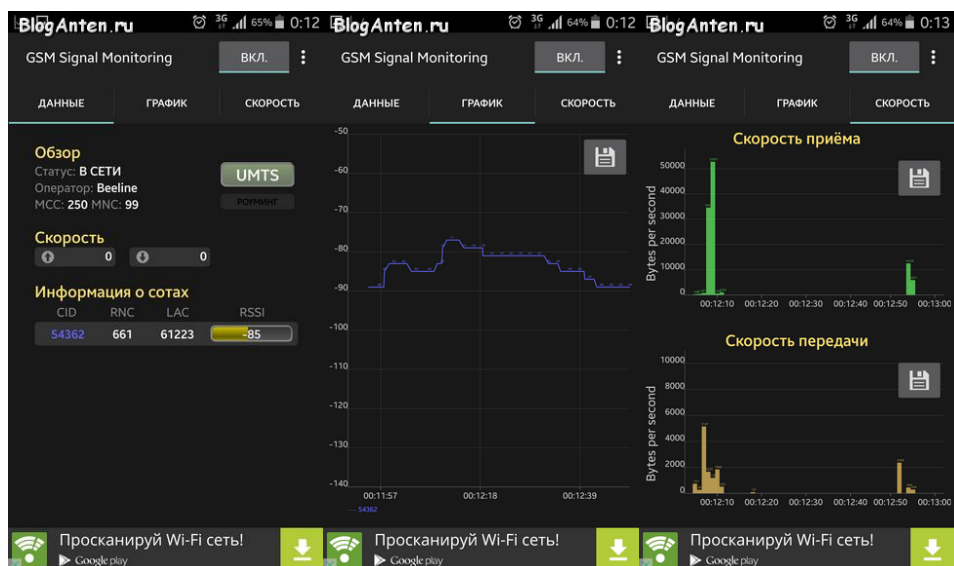


Att.2.24a,b,c



## PK GSM Signal Monitoring.

**PK GSM Signal Monitoring** īsteno trīs tīklu paaudžu uzraudzību: GSM, UMTS un LTE. Uzrauga tādus šūnu parametrus kā: CID, LAC, MNC, MCC. Grafikā parāda signāla līmeni un tā izmaiņas laika gaitā (Att.2.25a, b, c). Rāda kaimiņu šūnas, tikai GSM tīklā. Uzrauga datu pārraides ātrumu (Att.2.25c).

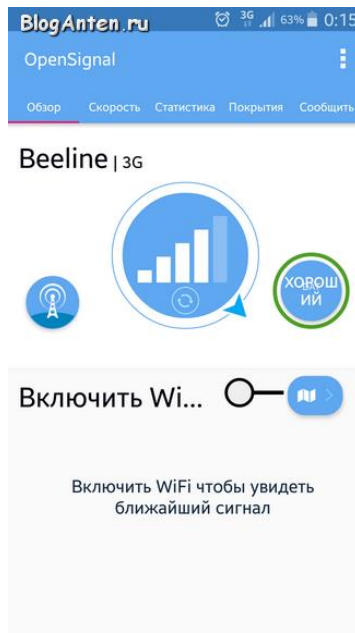


tt.2.25a,b,c



### PK OpenSignal.

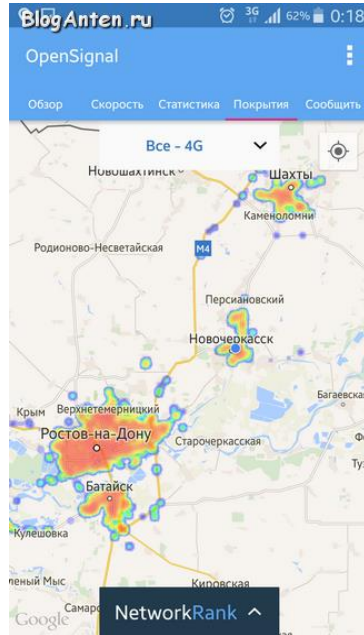
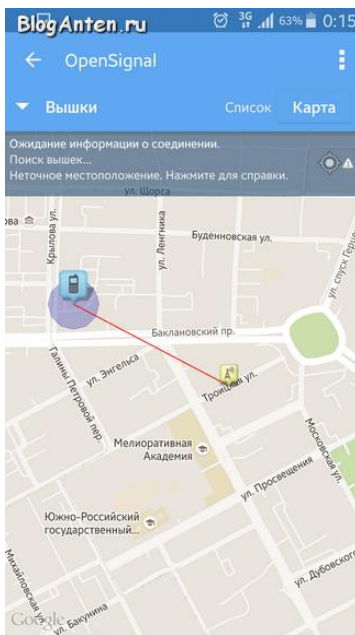
PK OpenSignal ir plaša funkcionalitāte. Parāda CID / LAC līmeņus (Att.2.26a, b, c, d - CID / LAC = 54362/61223 - (-87 dBm)). Kad GPS ir ieslēgts, programma bultiņas veidā ekrānā parādīs virzienu uz tuvāko bāzes staciju BTS, kurā ir vērts pārvietoties, lai sasniegtu labāko signāla līmeni. Ar šīs programmas palīdzību jūs varat noteikt ne tikai signāla līmeni, bet arī izmērīt datu pārraides ātrumu internetā, ieslēdzot 3G vai 4G tīklu. Kartē var atrast arī tuvāko pieejamo BTS un ierīci, kurai ir pievienots viedtālrunis vai planšetdators. Programmas OpenSignal iezīme ir iespēja kartē apskatīt GSM, 3G vai 4G tīkla radio pārklājumu (Att.2.26d). Šī noderīgā funkcija var palīdzēt, instalējot, piemēram, 3G vai 4G antenas.



BlogAnten.ru OpenSignal

Вышки Список Карта

CID / LAC	дБм
54362 / 61223	-87
55096 / 61223	-115
50117 / 61223	-115
50097 / 61223	-115
26875 / 61223	-115
24032 / 61223	-115
24037 / 61223	-115
55291 / 61223	-115

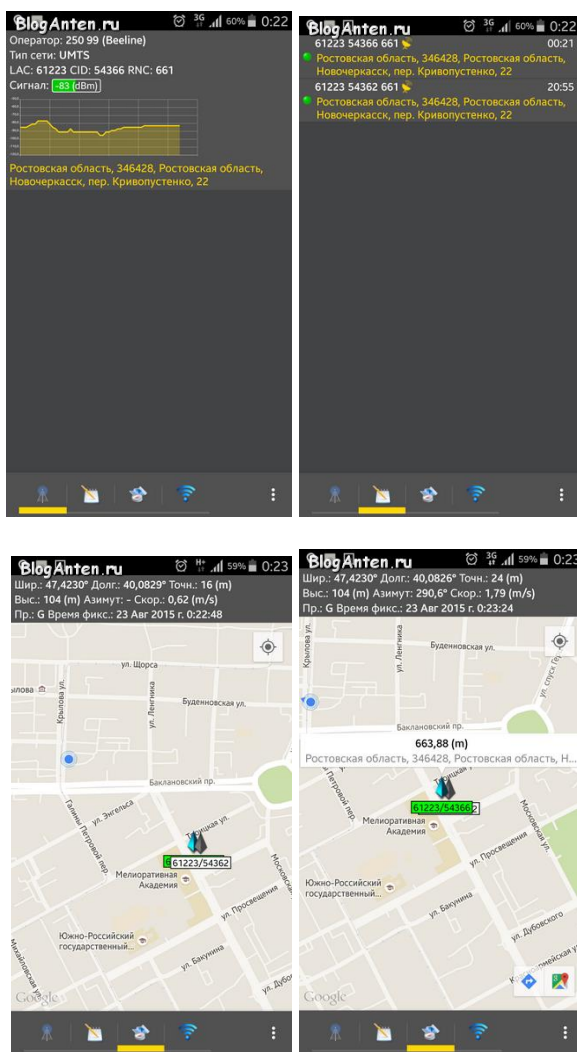


Att.2.26a,b,c,d



## PK Netmonitor.

**PK Netmonitor** ir paredzēts GSM / CDMA tīklu uzraudzībai. Ļoti lietotājam draudzīgs interfeiss, parāda pievienoto BTS un blakus esošo BTS. Turklāt šūnu sarakstā tiek parādītas BTS fiziskās adreses. Ir iespējams ierakstīt žurnālu failā. Signāla līmenis tiek parādīts kā grafiks, kas laika gaitā mainās (Att.2.27a, b, c, d).



Att.2.27a,b,c,d

*Tādējādi 2. nodaļā ir aplūkoti noderīgi PK no “Google Play”, lai uzraudzītu trīs paaudžu MST. Visiem tiem vienā vai otrā pakāpē ir atšķirīgas un līdzīgas funkcijas, un vislabāk ir izmantot vairākus vienlaikus. Atkarībā no pastāvošajiem uzdevumiem, neatkarīgi no tā, vai tas uzstāda antenu un noregulē to uz tuvāko bāzes staciju, meklējot labāko signāla līmeni, novērtējot radio pārklājuma vienmērīgumu, šie PK var būt diezgan noderīgi.*

### **3. Eksperimentālie pētījumi KPI Mobilā sakaru tīklos PK izmantojot**

Eksperimentālas daļas uzdevums bija MST [2G, 3G (UMTS) un 4G (LTE)] LMT, BITE un Tele2 parametru mērīšanas un monitorings: Rīga un testa maršrutam, tuvu kādam eksistējošam vilciena maršrutam. Tika izvēlēts maršruts Rīga - Jelgava – Rīga , Rīga – Tukums kā viens no visizmantotākajiem maršrutiem.

Piemēram, parametri, kas nosaka MST 2G, 3G un 4G (LTE) apkalpošanas zonas radio pārklājuma viendabīguma pakāpi, kā nākas ietver:

- RSSI , signāla stiprums (Tabula 1.10.)
- RSRP , signāla jauda (Tabula 1.13.)
- RSRQ , signāla kvalitāte (Tabula 1.14.)

#### **3.1. Izmantotā aparatūra**

Kā monitoringa mobilais testa komplekss tika izmantots planšētdators Lenovo Yoga Tab 3.



Att.3.1 att Lenovo Yoga Tab 3 (10.1”)

Vispār monitoringam var izmantot jebkuru mūsdienīgu planšetdatoru, jeb mobilo tālruni. Galvenais lai tie atbalstītu 2G, 3G un 4G datu parrades protokolu un tiem būtu *Android* operētājsistēma, jo monitoringa programmas ir pieejamas tikai *Google Play* vietnē. Arī šādiem monitoringa kompleksiem ir priekšrocība, ka tie ir mobilie, kas ir ļoti ērti un ļauj veikt mērījumus kustībā.

## 3.2. 2G, 3G un 4G LMT operatora mērīšanas un monitorings Rīgām.

### 3.2.1. PK G-MoN.

Kā atzīmēts 2. nodaļā, PK G-MoN - ievieš MST GSM / CDMA / EVDO / UMTS un LTE Netmonitor skenera Wardriving funkcijas, kā arī var veikt tīkla monitora (NetMonitor) un lauka testa diska rīka funkcijas. inženieriem, kuri izstrādā MST 2G / 3G / 4G. APK G-MoN skenē visus diapazonā esošos bezvadu tīklus un datus ar GPS koordinātām saglabāšanu SD kartes failā. savukārt Raksturīgie MST parametri ir: LAC (Location Area Code) - vietējais apgabala kods - tā ir vairāku vietņu kombinācija. bāzes stacijas, kuras apkalpo viens bāzes stacijas kontrolieris (BSC).

Šo parametru var uzrādīt gan decimālā, gan heksadecimālā formā; CellID (CID) = CLID (Calling Line ID) - "šūnas identifikators" - bāzes stacijas sektors. Šo parametru var uzrādīt arī decimālā un heksadecimālā formā]. TAC (Type Allocation Code) - koda piešķiršanas veids, kas ir IMEI koda sākotnējie astoņi cipari.

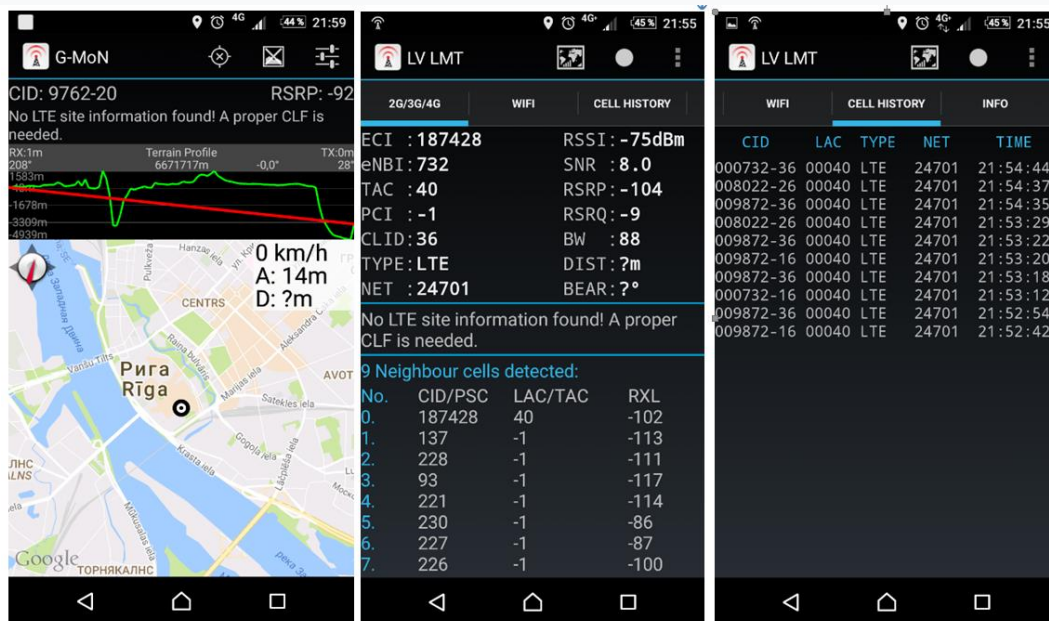
Parādīti LV LMT operatora Att.3.2.1.a, b, c.:

- Att.3.2.1a - карта центральной части города Риги, при этом для LTE CID:9762-20, RSRP (Reference Signal Received Power): -92dBm, CLF (Common Log Format);

- Att.3.21a. - Rīgas pilsētas centrālās daļas karte, savukārt LTE CID: 9762-20, RSRP (saņemta atsaucēs signāla jauda): -92dBm, CLF (kopējais žurnāla formāts);

- Att.3.2.1.b attēls - LV LMT operators; 2G / 3G / 4G; WiFi (iespējams); ECI:187428; узел eNB:732; TAC (Type Allocation Code):40; PCI (Physical Cell ID):-1; CLID (Calling Line ID): 36; TYPE:LTE; NET:24701; RSSI (**Received Signal Strength Indicator**):-75 dBm; SNR:8,0; RSRP:-104; RSRQ (**Reference Signal Received Quality**):-9dB; BW(BandWidth):88; Neighbour cells detected: CID/PSC...; LAC/TAC...; RXL ...

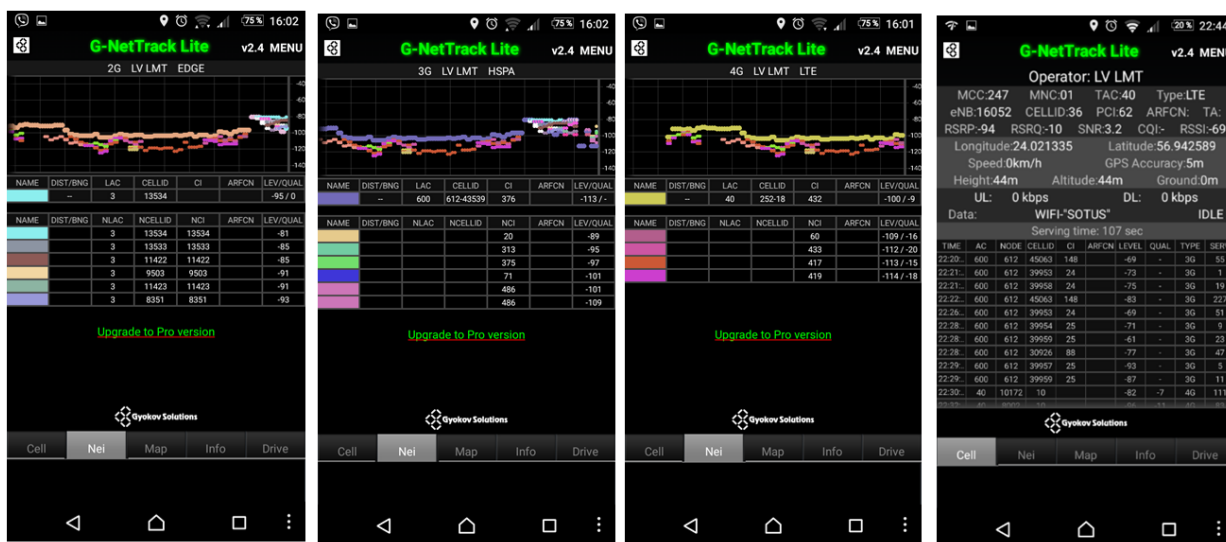
- Att.3.2.1.c. Attēls - LV LMT operators; eNB kaimiņu saraksts un to parametri: CID; LAC...; TYPE:LTE; NET:24701; TIME...



Att.3.2.1 a,b,c

### 3.2.2. PK G - NetTrack Lite.

PK G-NetTrack Lite (3.2.2a., B, c, d. Att.) - ievieš MST – GSM/ UMTS / LTE / CDMA / EVDO monitora un testa funkcijas. Tas ļauj uzraudzīt MST parametrus, neizmantojot īpašu aprīkojumu, un to var izmantot gan profesionāļi, lai iegūtu pilnīgāku priekšstatu par tīklu, gan universitātes studenti.



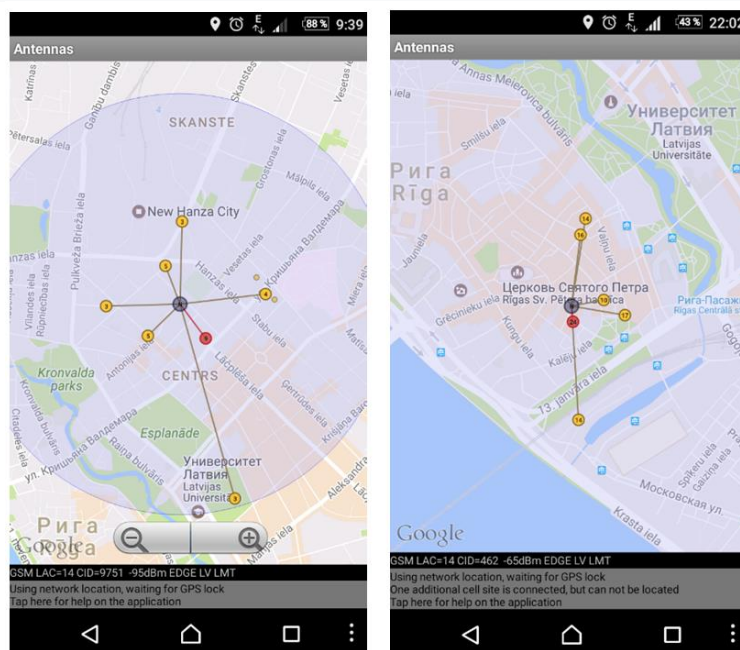
Att.3.2.2a,b,c,d

PK G-NetTrack ļāva veikt eksperimentus, kas parādīja:

- Att.3.2.2a.: grafīks un leģenda, kas atspoguļo kaimiņu šūnu signāla līmeni LV LMT operatora 2G EDGE tīklā;
- Att. 3.2.2b: diagramma un leģenda, kas parāda kaimiņu šūnu signāla stiprumu LV LMT operatora 3G HSPA tīklā;
- Att. 3.2.2c: diagramma un leģenda, kas parāda kaimiņu šūnu signāla līmeņus LV LMT operatora 4G LTE tīklā;
- Att. 3.2.2d: darba šūnas apkalpošanas līmenis un kvalitāte, kaimiņu šūnu signāla stiprums un kaimiņu šūnu ietekme uz MS.

### 3.2.3. PK “Antennas”

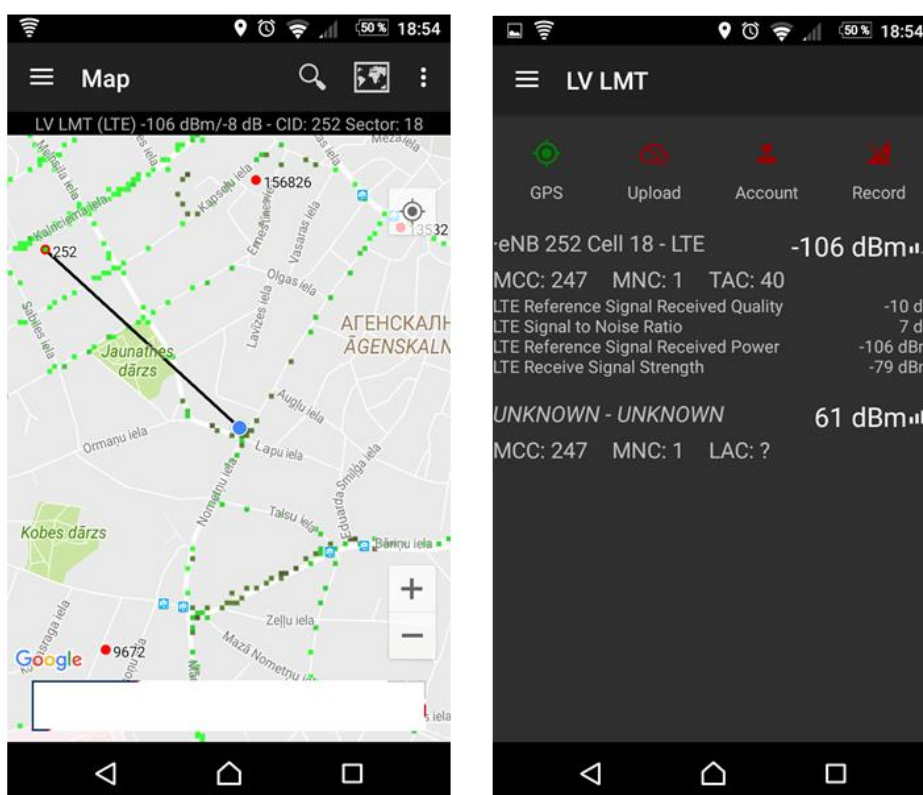
Kā atzīmēts 2. nodaļā, MST lietotājiem (kā arī studentiem, kuri pēta šo problēmu), iespējams, būs jāizseko tā mobilā tīkla parametri, ar kuru savienots viņu viedtālrunis, vai arī lietotājs vēlas izveidot savienojumu ar tīklu. Antenu programmatūru izmanto, lai uzraudzītu GSM un CDMA tīklus. 3.2.3a attēlā parādīti apstākļi, kādos abonenta MS (pelēkais punkts) atrodas atklātā telpā ar blīvu pilsētu attīstību 2,5G EDGE tīkla zonā un var sazināties gan ar tuvāko galveno BTS (sarkans punkts), gan ar kaimiņu BTS ( dzeltenie punkti), jo signālu līmenis no visiem BTS pārsniedz MS jutību. Galvenie parametri, kas parādīti zem kartes, ir: LAC = 14 un CID = 462, RXLEV = -65 dBm, un 3.3.3b. attēlā - šūnas atrašanās vietas karte, virzieni uz izvēlēto BTS, GSM LAC = 14 un CID = 9751, RXLEV = -95 dBm (EDGE tīkls, mērīts telpās).



Att.3.2.3a,b

### 3.2.4. PK CellMapper

**CellMapper** ir programma, kas parāda zema līmeņa datus no GSM / CDMA / UMTS / LTE tīkliem un var arī ierakstīt šos datus, lai varētu izveidot radiofrekvenču karti. Šīs programmas galvenās iezīmes: CellMapper parāda paplašinātus CellID datus (LTE: **RSRP, RSRQ, SNR; LTE TDD-CDMA: ECIO, EVDO ECIO, SNR; UMTS: PSC**), savukārt BTS karte ir pieejama apskatei no datora. Ir iespējams rediģēt BTS atrašanās vietas, attēlot katras stacijas un katra sektora radio pārklājumu, ir CarMode režīms - kas ļauj veikt mērījumus automašīnā un attēlot signāla līmeņus kartē atbilstoši nobrauktajam maršrutam.



Att.3.2.4a,b

3.2.4a. Attēlā parādīta: LV LMT Rīgā - treknā līnija - MS savienojums ar galveno eNB (BTS), sarkanie punkti - blakus esošie eNB un zaļie punkti - signāla stiprums abonenta maršrutā.

3.2.4b. Attēlā parādīti galvenie eNB parametri: eNB: eNB 252, Cell 18 -LTE, -106dBm, MCC:247, MNC:1, TAC:40, LTE Reference Signal Received Quality = -10dB, LTE Signal to Noise Ratio= 7dB, LTE Reference Signal Received Power: -106dBm, LTE Receive Signal Strength = -79dBm.

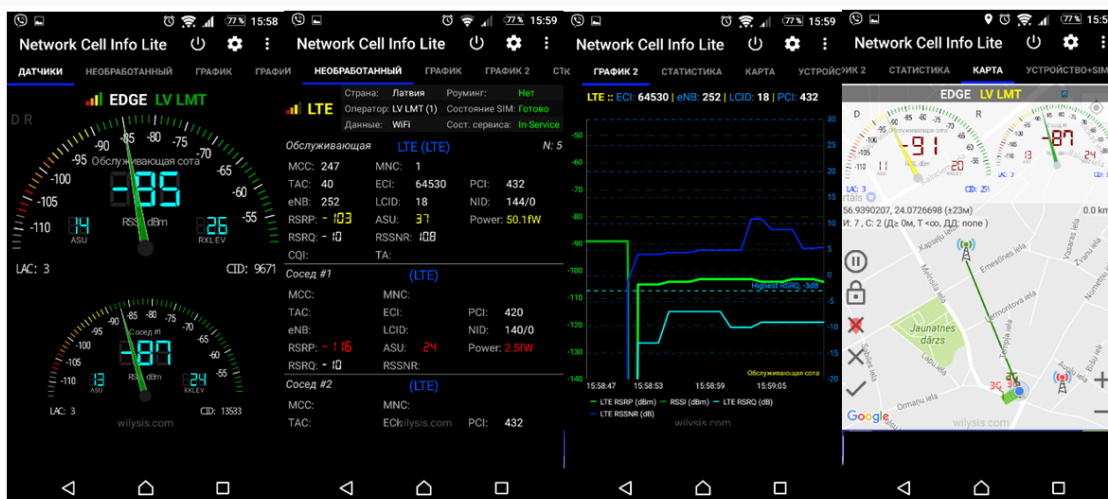


### 3.2.6. PK Network Cell Info Lite

Network Cell Info Lite parāda šūnu atrašanās vietu kartē un mēra signāla stiprumu no apkalpojošās šūnas eNB un blakus esošajām šūnām. Programma atbalsta visus mobilo tīklu standartus, ieskaitot LTE, HSPA +, HSPA, WCDMA, EDGE, GSM, CDMA, EVDO.

Galvenās tīkla Cell Info Lite funkcijas ietver:

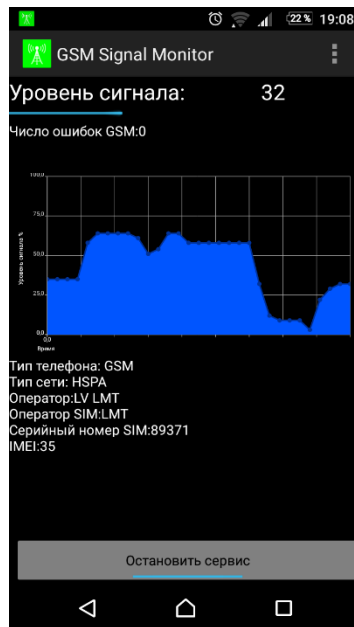
- 1) Kad programma ir ieslēgta, fails Fig. - galvenās apkalpojošās šūnas eNB un kaimiņu šūnu eNB signāla stipruma sensori, kā arī SSMS galvenie parametri.
- 2) 4.8.b attēlā parādīti neapstrādāti signāla stipruma dati no galvenās apkalpojošās šūnas eNB un blakus esošo šūnu eNB, kā arī galvenie SSMS parametri.
- 3) Att. 4.8.c - tiek parādītas signālu līmeņa izmaiņas no galvenās apkalpojošās šūnas eNB, kā arī izmaiņas SSMS galvenajos parametros mērījumu laikā
- 4) 4.8.d attēlā parādīts kartes un datu vienlaicīgas skatīšanās režīms signāla līmenī reāllaikā ar apkalpojošā eNB atrašanās vietas displeju.



Att.3.2.6a,b,c,d

### 3.2.7. PK GSM Monitor.

**GSM Monitor** ir programma GSM / 3G / 4G signāla stipruma mērīšanai. Signāla līmeņa izmaiņas laika gaitā grafikā tiek attēlotas grafiski (4.5. Attēls). Izmantojot GSM Monitor, jūs varat uzzināt tīkla veidu (mūsu gadījumā HSPA), operatora nosaukumu (LV LMT), IMEI (International Mobile Equipment Identity) - mobilā aprīkojuma starptautisko identifikācijas kodu: 35 un SIM kartes sērijas numuru: 89371 .

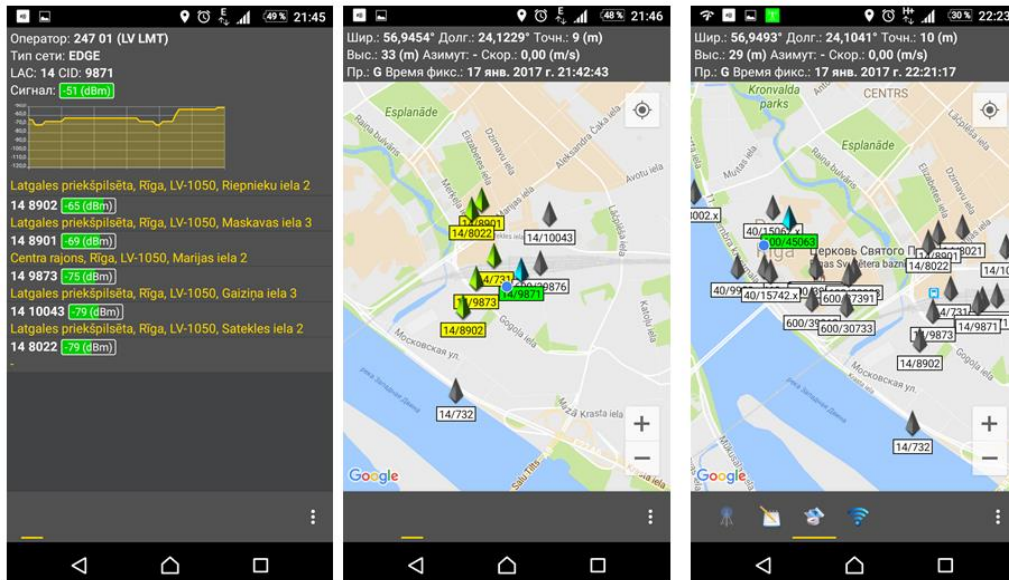


Vidējais signāla līmenis - 32 dBm, kļūdu skaits - GSM: 0,  
tīkla tips - HSPA, SIM operators: LV LMT

Att.3.2.7

### 3.2.8. PK Netmonitor

Šī aplikācija ir paredzēta GSM, CDMA, EDGE, LTE mobilo tīklu bāzes staciju monitoringam. Aplikācijai ir ērts interfeiss, tajā tiek atspoguļotas pieslēgtas un blakus esošās bāzes stacijas, uztverto signālu līmeņu izmaiņas tiek attēlotas grafika veidā (Att. 3.2.8.1).



Att.3.2.8.1. PK Netmonitor

Programmas darbības laikā tiek izveidota datu bāze ar fiksēto bāzes staciju identifikatoriem un to atrašanās vietām, sasaistot tos ar faktiskajām adresēm. Izmantojot Net Monitor programmu, tika veikti mērījumi trim MST paudzēm: GSM, WCDMA, LTE, un Att.3.2.8.2a,b,c tiek parādīti šo tīklu izmērītie pamatparametri. 3.2.8.2,d,f,e attēlā parādīta kopsavilkuma statistika par Att.3.2.8.2a,b,c parametru izmaiņām. mērījumu laika periodam. Šī programma ir ārkārtīgi noderīga mobilo sakaru inženieriem, un studenti to var izmantot SSMS laboratorijas darbnīcās.



a

b

c



d

f

e

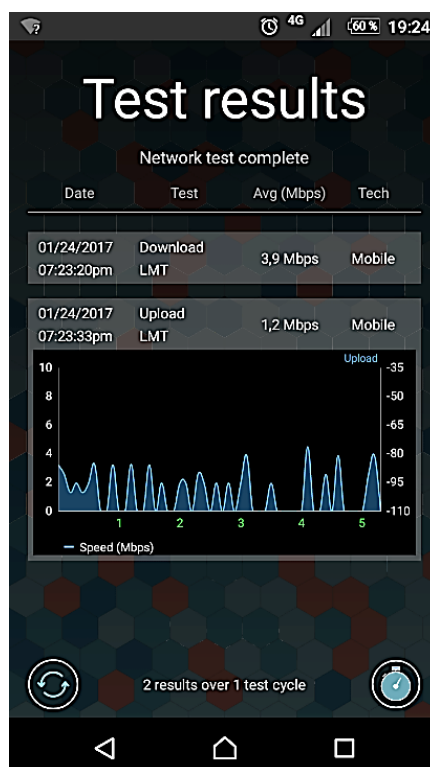
Att. 3.2.8.2a,b,c,d,f,e

Atzīmēsim programmas pašreizējās iespējas:

- GSM / WCDMA / LTE mobilā tīkla signāla un pakalpojumu tiešsaistes uzraudzība;
- Logrīki (vidgeti) 2x1 un 4x2, saglabājot mērījumus datu bāzē un skatot tos bezsaistē;
- datu vākšana fonā; tīkla tehnoloģijas un signāla stipruma parādīšana kartē;
- sesijas eksportēšana uz CSV un KML failiem;
- vienkārša iegūto datu pārsūtīšana analīzei datorā sqlite datu bāzē un, interesanti, reklāmas neesamība.

### 3.2.8.3. PK Cell Phone Coverage Map.

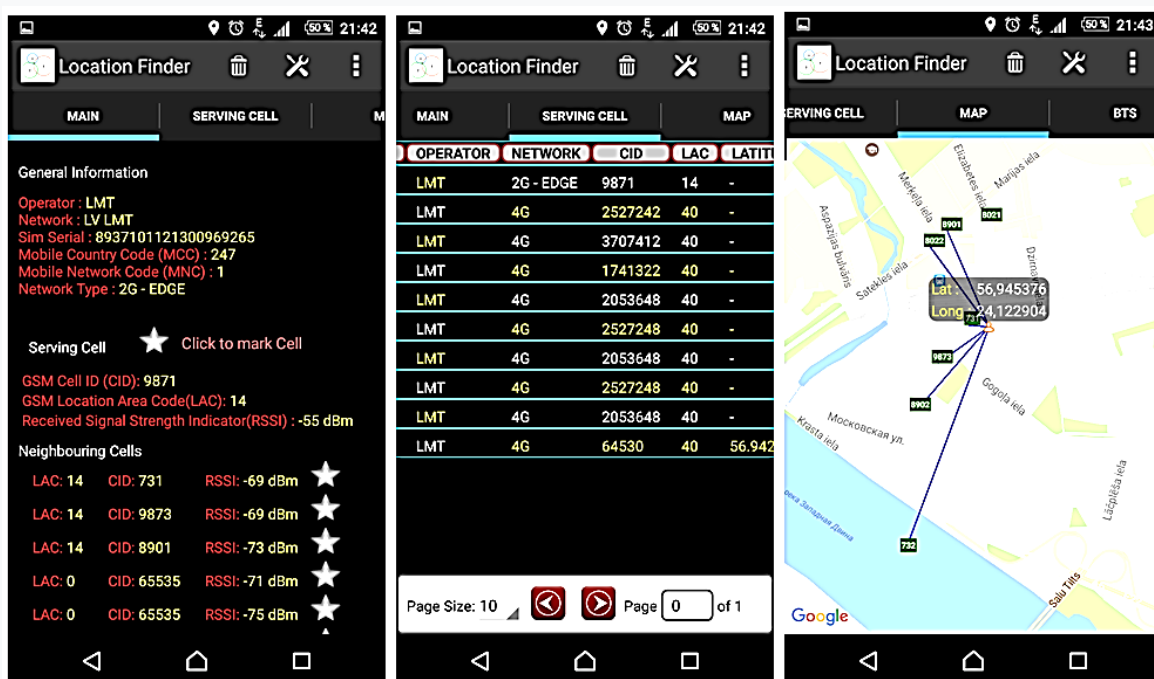
PK **Cell Phone Coverage Map** (mobilā tālruņa pārklājuma karte) darbojas ar jebkura veida interneta savienojumu, ieskaitot Wi-Fi, vienlaikus ļaujot pārbaudīt ienākošo un izejošo kanālu ātrumu MST, ar kuru ir savienota MS abonenta ierīce. Turklāt programma var parādīt signāla līmeni uztveršanas punktā noteiktā laikā un tīkla protokolu (Att.3.2.8.3).



Att.3.2.8.3

### 3.2.8.4. PK Location Finder and GSM mapper.

Šī PK ir paredzēta, lai uzraudzītu SSMS. Tās galvenā priekšrocība ir informācijas novērtēšana par DV savienojumu ar eNB. Programma parāda šādus pamatdatus: signāla stiprums (RSSI) no kaimiņu šūnu galvenā eNB un eNB (Att.3.2.8.4a, b, c). Turklāt jūs varat iegūt informāciju par MCC un MNC kodiem (4.9.a attēls - RSSI = -55 dBm, MCC: 247, MNS: 1). 3.2.8.4b. Attēlā parādīts kaimiņu eNB parametru saraksts, tostarp: tīkla tips, LAC koordinātas un CID (4G, Lat: 56, Long: 24). 3.2.8.4c. Attēlā redzamas galveno un kaimiņu eNB koordinātas Google kartē (LAC: 40, Lat: 56.945376, Long: 24.122904).



Att.3.2.8.4a,b,c

### 3.2.8.5. PK GSM Signal Monitoring.

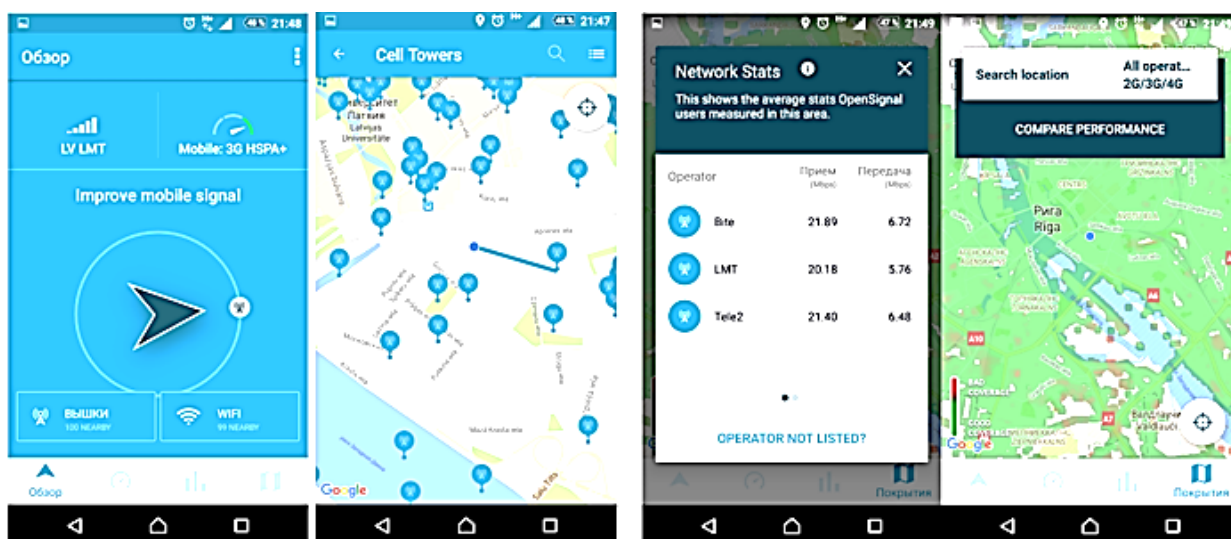
Šis PK īsteno trīs paaudžu tīklu uzraudzību: GSM, UMTS un LTE (Att. 3.2.8.5a,b,c,d). Uzrauga tādus šūnu parametrus kā: **cell Id (CID)**, **LAC**, **MNC**, **MCC**, **TAC**, **RSSI**. Grafikā parāda signāla līmeni un tā izmaiņas laika gaitā (Att.3.2.8.5c). Rāda kaimiņu šūnas, tikai GSM tīklā. Uzrauga datu saņemšanas / pārraides ātrumu (Att.3.2.8.5d.).



Att.3.2.8.5a,b,c,d

### 3.2.8.6. PK Open Signal.

Šim PK ir plašs funkciju klāsts. Ieslēdzot GPS, programma ekrānā bultiņas veidā parādīs **virzienu** uz tuvāko bāzes staciju BTS, kurā ir vērts pārvietoties, lai sasniegtu labāko signāla līmeni (Att.3.2.8.6a.). Ar šīs programmas palīdzību jūs varat noteikt ne tikai signāla līmeni, bet arī izmērīt datu pārraides ātrumu internetā, ieslēdzot 3G vai 4G tīklu. Kartē var atrast arī pieejamo BTS un ierīci, kurai ir pievienots viedtālrunis vai planšetdators. Šī PK ļauj novērtēt konkurējošo operatoru SSMS datu pārraides ātrumu (Att.3.2.8.6c). **PK Open Signal** ir iespēja kartē apskatīt GSM, 3G vai 4G tīkla radio pārklājumu (Att.3.2.8.6d.). Šī noderīgā funkcija var palīdzēt, instalējot, piemēram, 3G vai 4G antenas.



Att.3.2.8.6a,b,c,d

### **3.3. Mobilā sakaru tīkla pārklājuma zonas testēšana dzelzceļa līnijās Rīga-Torņakalna-Tukums Rīga-Jelgava-Rīga posmos.**

#### **3.3.1. Mobilā sakaru tīkla pārklājuma zonas testēšana dzelzceļa līnijas Rīga-Torņakalna-Tukums posmā.**

Apskatīto mobilo sakaru tīkla mērīšanas un monitoringa programmu kompleksu iespēju demonstrēšanai, kā arī pašas metodikas pieejamības pierādīšanai tika izmantoti:

- viedtālrunis HTC 530 uz Android 6.0.1 operētājsistēmas (OS) bāzes,
- planšetdators Lenovo Yoga Tab 3 ar Android 6.0.1 OS,
- OS Android programmatūra: Network Cell Info, G-NetTrack.

Programmu izvēle tiek pamatota ar iespēju ierakstīt mērāmos parametrus veidā (log file), kopā ar mērāmās ierīces atrašanās koordinātēm ar iebūvētā tajā GPS uztvērēja starpniecību. Izmantojot (log file) iespējams izstrādāt interaktīvo radiopārklājuma zonas karti ar ērtu fiksēto parametru atspoguļošanu.

Par izpētes objektu tika izvēlēta Torņakalna – Tukuma II dzelzceļa līnija ar turpmākas radioviļņu izplatīšanas analīzes mērķi tās noteiktajos posmos.

Eksperiments tika veikts mobilā operatora Bite tīklā divos etapos:

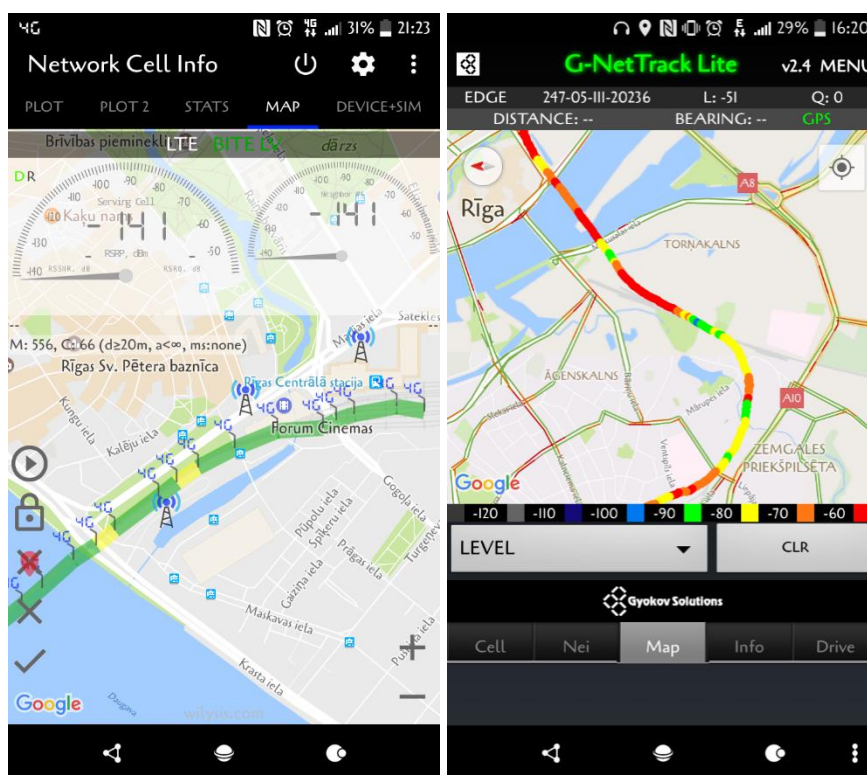
1. Pārvietošanās ar vilcienu no Rīga – Pasažieru stacijas Tukums II stacijai mērot tīkla LTE (4G) parametrus;
2. Pārvietošanās ar vilcienu no Tukums II stacijas līdz Torņakalna stacijas mērot tīkla GSM (2G) parametrus;

Mobilā tīkla testēšanas procesā, palaistās Network Cell Info un G-NetTrack (skat. 6.15.att) programmas viedtālrunā un planšetdatora ekrānos atspoguļoja un protokolēja sekojošus pamat parametrus:

- GPS mērīšanas punktu koordinātes,
- valsts kods MCC, operatora kods MNC,
- GSM (2G):
  - LAC — lokālās zonas kods,
  - CID — šūnu identifikators,
  - RSSI — saņemtā signāla līmeņa raidījums,
  - ASU — signāla līmeņis nosacītās vienībās,
- LTE (4G):
  - TAC — izsekošanas zona,
  - ECI — šūnu identifikators,

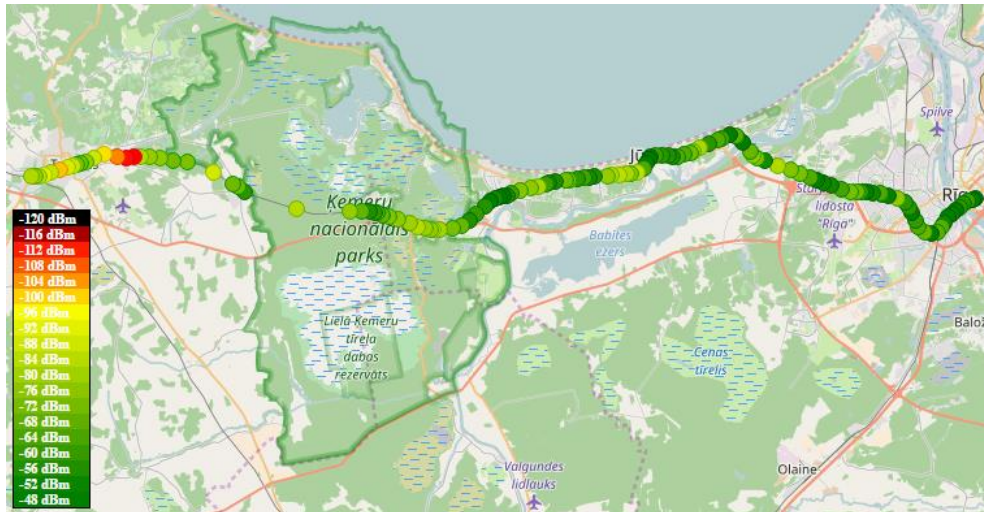
- PCI — fiziskās šūnas identifikators,
- LCID — šūnas identifikators
- eNodeB — 4G bāzes stacijas identifikators,
- RSRP — pieņemtā pilota signāla jaudas līmenis,
- ASU — signāla līmeņis nosacītās vienībās,
- RSRQ — pilota signālu pieņemšanas kvalitāte,
- RSSNR — signāla/trokšņa attiecība.

Iegūtie mērījumu laikā dati tika izmantoti kartes veidošanā ar attēlotu mērāmās ierīces (viedtālruni) no BITE operatora bāzu staciju torņu uztvertā signāla (RSSI, RSRP) jaudas līmeni norādītos punktos. Karšu veidošana tika veikta speciāli šim mērķim izstrādātajā web-aplikācijā, kas uzrakstīta ar HTML, CSS, JavaScript tehnoloģiju palīdzību.



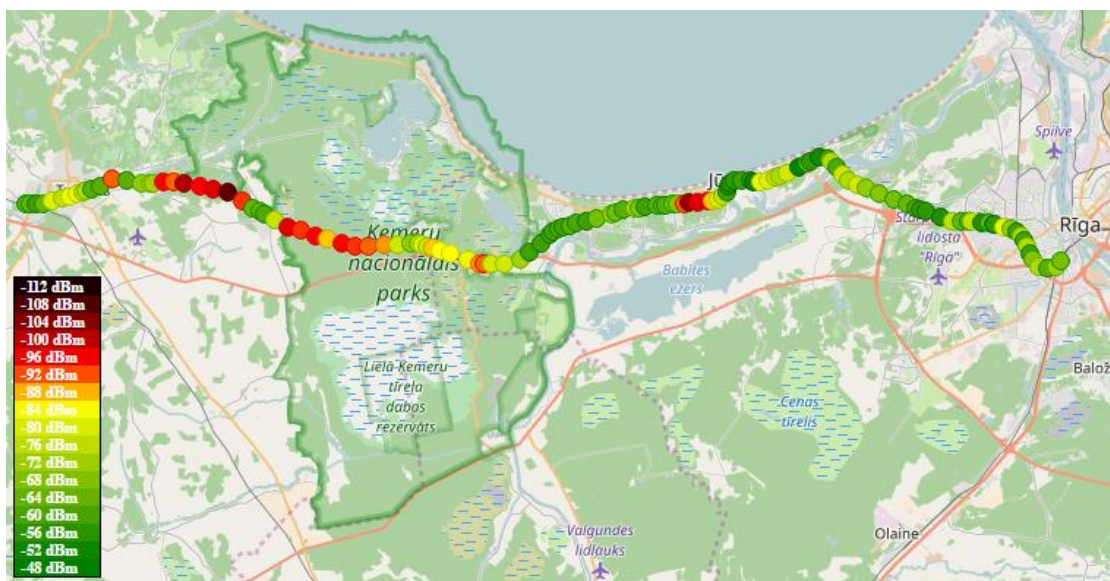
Att.3.3.1.1. Kartes atspoguļošana ar mērījumiem  
PK Network Cell Info un G-NetTrack

Piedāvātā LTE (skat. 3.3.1.2. att.) tīkla pārklājuma kvalitātes kartē ir redzams, ka tas ir nevienmērīgs Milzkalne stacijas tuvumā, signāla jaudas līmenis ir neapmierinošs, bet dažos no posmiem starp Ķemeriem un Milzkalni pārklājums netiek fiksēts vispār.



Att.3.3.1.2. BITE operatora LTE tīkla pārklājuma kvalitātes karte gar Torņakalns–Tukums II līniju

Kartē ar tīkla GSM (skat. 3.3.1.3. att.) parametru mērījumiem salīdzinot ar LTE tīklu, pārklājums ir pieejams visa ceļa garumā, bet signāla līmenis sasniedza pieļaujamās robežas Milzkalnes, Smārdes, Ķemeru, Mellužu, Pumpuru staciju tuvumā.



Att.3.3.1.3. BITE operatora GSM tīkla pārklājuma kvalitātes karte gar Torņakalns–Tukums II līniju

Kartēs (skat. 3.2.1.2., 3.3.1.3. att.) var redzēt, ka jaudas līmeņa skala GSM un LTE tīkliem atšķiras. Tas ir saistīts ar to, ka dažādu paaudžu mobilie sakari ~~un atšķiras, kā arī~~ kritēriji atšķiras, pēc kuriem tiek vērtēti pieļaujamie parametri. Ceturtās paaudzes tīklos (LTE) par labu tiek uzskatīts signāls augstāks -80 dBm, tajā pašā laikā GSM šis parametrs atrodas -60 dBm ietvaros.

Izveidotā signāla (RSSI, RSRP) jaudas līmeņa karšu analīze uzrāda, ka radioviļņu izplatīšanās ir apgrūtināta Ķemeru nacionālā parka posmā. Šāda rezultāta iemesls ir acīmredzams – bieza meža masīva esamība, kas apgrūtina radio viļņu izplatīšanos caur to. Tomēr veidojot GSM-R tīklu ~~veidošanā~~ dotajā posmā, mežs netiks uzskatīts par šķērslī signālieam, ja bāzes stacijas un to antenas tiks izvietotas ceļa tuvumā. Tādā gadījumā gar dzelzceļu radioviļņu izplatīšanai nebūs acīmredzamu šķēršļu un signāla pavājināšanās kļūs par minimālu.

### 3.4. Mobilā sakaru tīkla pārklājuma zonas testēšana dzelzceļa līnijas Rīga-Jelgava-Rīga.

#### 3.4.1. Izmanto PK.

Darbā tika izmantotas četras izvēlētas monitoringa programmas, jo tām ir [priekšrocības](#) :

- Mobilo un WiFi signālu monitorings gandrīz reāllaikā (ar mazu intervālu) ;
- GSM, CDMA, UMTS (WCDMA), IWLAN, LTE atbalsts ;
- Programmas var bez maksas lejupielādēt un lietot ;

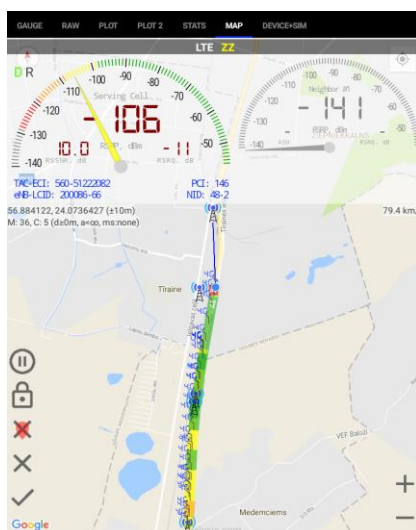
#### *Network Cell Info Lite*

Galvenās iezīmes:

- Karte ar tīkla šūnu informācijas un signāla skaitītāja mērierīcēm , kas ļauj mērīt signāla jaudu kustībā pa vajadzīgo maršrutu transportā ;
- Maršruta krāsošana (kartē) atkarībā no signāla RSRP un kartes marķieri ar atrašanās vietu un signāla informāciju. Tas ļauj vizuāli novērtēt signāla jaudu testa maršrutā ;



Att.3.4.1.1 Net Cell Info Lite RSRP monitorings



Att. 3.4.1.2 att. PK *Net Cell Info Lite*

RSRP vērtības un testa maršruta iekrāsošana, attiecībā no signāla jaudas

### *Cell Signal Monitor*

Galvenās iezīmes: RSSI monitorings un to vērtību saglabāšana atmiņā ( measurement log ).

- Pašreizējās šūnu identitātes numurs (CID – Cell ID). Tas ļauj atpazīt un atrast bāzes stacijas , kuras sniedz sliktu signālu un radio pārklājumu.

Time	RSRP	Cell ID	RSSI
11:03	561	200129-33	-110
11:04	561	200129-33	-112
11:05	561	200129-33	-112
11:06	561	200129-33	-117
11:07	561	200129-33	-116
11:08	561	200129-33	-115
11:08	561	200129-33	-119
11:08	561	200129-33	-119
11:08	561	49441	
11:11	Measuring service started		
11:11	561	200129-33	-116
11:11	Measuring service stopped		
11:11	Measuring service started		
11:11	561	200129-33	-117
11:12	561	200129-33	-117
11:13	561	200129-33	-117
11:14	561	200129-33	-115
11:15	561	200129-33	-115
11:15	561	200129-32	-110
11:16	561	200129-32	-109
11:17	561	200129-32	-113
11:17	561	200129-0	-120
11:17	561	200536-1	-118
11:18	561	200536-1	-119
11:18	561	200536-33	-118
11:19	561	200536-33	-117
11:19	561	200536-32	-117
11:20	561	200536-32	-116
11:21	561	200536-32	-123
11:21	561	200536-0	-123
11:21	561	200813-2	-124
11:22	561	200813-2	-120
11:22	561	200813-1	-118
11:22	561	200813-2	-115
11:22	561	200813-1	-115
11:23	561	200813-1	-109
11:23	561	200813-0	-109

Att.3.4.1.3. PK *Cell Signal Monitor* saglabātās atmiņā RSSI vērtības

Var arī redzēt kad sākas un beidzas realtime monitorings.

### G-NetTrack Lite

Galvenās iezīmes:

- RSRP un RSRQ monitorings un to vērtību saglabašana atmiņā ( measurement log ).
- Pašreizējās šūnu identitātes numurs (CID – Cell ID). Tas ļauj atpazīt un atrast bāzes stacijas , kuras sniedz sliktu signālu un radio pārklājumu.

**G-NetTrack Lite v4.8 MENU**

Operator: ZZ

MCC:247 MNC:02 TAC:551 Type:LTE  
 eNB:200078 CELLID:32 PCI:354 ARFCN: TA:  
 RSRP:-93 RSRQ:-10 SNR:2.4 CQI:- RSSI:-68

Longitude:24.169726 Latitude:56.923290  
 Speed:46km/h GPS Accuracy:10m  
 Height:31m Altitude:31m Ground:0m

UL: 85 kbps DL: 245 kbps

Data: ZZ-LTE DATA

Serving time: 9s

TIME	EVENT	AC	CELLID	CI	ARFCN	LEVEL	QUAL	TYPE	SERV
11:12:34		561	200129:33	427		-91	-7	4G	141
11:15:42	HD4G4G	561	200129:32	423		-86	-11	4G	79
11:17:29	HD4G4G	561	200129:40	423		-103	-10	4G	1
11:17:30	CR4G4G	561	200256:1	160		-104	-13	4G	29
11:18:08	CR4G4G	561	200256:33	160		-103	-10	4G	78
11:19:45	CR4G4G	561	200256:32	156		-96	-8	4G	75
11:21:16	HD4G4G	561	200256:0	156		-104	-8	4G	25
11:21:48	HD4G4G	561	200813:2	188		-113	-14	4G	28
11:22:22	CR4G4G	561	200813:1	184		-101	-13	4G	12
11:22:37	CR4G4G	561	200813:2	188		-96	-12	4G	6
11:22:44	CR4G4G	561	200813:1	184		-92	-9	4G	38
11:22:30	CR4G4G	561	200813:0	180		-80	-10	4G	229
11:28:22	CR4G4G	561	200259:2	26		-107	-10	4G	20
11:28:47	CR4G4G	561	200259:34	26		-101	-7	4G	41
11:29:39	CR4G4G	561	200840:34	422		-88	-6	4G	2
11:29:41	HD4G4G	561	200259:34	26		-97	-8	4G	7
11:29:50	CR4G4G	561	200840:34	422		-92	-8	4G	28
11:30:25	CR4G4G	561	200259:34	26		-93	-7	4G	6
11:30:32	CR4G4G	561	200840:34	422		-86	-9	4G	2
11:30:35	CR4G4G	561	200259:34	26		-90	-10	4G	4
11:30:40	CR4G4G	561	200840:34	422		-92	-7	4G	2
11:30:42	CR4G4G	561	200259:34	26		-93	-6	4G	3
11:30:46	CR4G4G	561	200840:34	422		-91	-8	4G	1
11:30:47	CR4G4G	561	200259:34	26		-93	-7	4G	9
11:30:59	CR4G4G	561	200840:33	418		-88	-10	4G	2
11:31:01	CR4G4G	561	200259:34	26		-86	-13	4G	1
11:31:03	CR4G4G	561	200840:33	418		-92	-10	4G	1
11:31:04	CR4G4G	561	200259:34	26		-84	-9	4G	1
11:31:05	HD4G4G	561	200840:33	418		-84	-8	4G	1
11:31:07	HD4G4G	561	200259:34	26		-90	-8	4G	3
11:31:10	CR4G4G	561	200840:33	418		-88	-8	4G	3
11:31:14	CR4G4G	561	200259:34	26		-94	-13	4G	1
11:31:15	CR4G4G	561	200840:33	418		-95	-12	4G	16
11:31:35	CR4G4G	561	200840:65	418		-97	-9	4G	52
11:32:39	CR4G4G	561	200259:1	22		-87	-8	4G	14

Gyokov Solutions

3.4.1.4 att. Programmas *G-NetTrack Lite* saglābātas atmiņā RSRP un RSRQ vērtības , kā arī Cell ID. Var redzēt kādās tīkla šūnās kāds bija signāls.

**G-NetTrack Lite** v4.8 MENU

**Operator: ZZ**

MCC:247 MNC:02 TAC:551 Type:LTE  
eNB:200078 CELLID:32 PCI:354 ARFCN: TA:  
RSRP:-93 RSRQ:-10 SNR:2.4 CQI:- RSSI:-68

Longitude:24.169726 Latitude:56.923290  
Speed:46km/h GPS Accuracy:10m  
Height:31m Altitude:31m Ground:0m

UL: 85 kbps DL: 245 kbps

Data: ZZ-LTE DATA

Serving time: 9s

TIME	EVENT	AC	CELLID	CI	ARFCN	LEVEL	QUAL	TYPE	SERV
11:12:34		561	200129:33	427		-91	-7	4G	141
11:15:42	HD4G4G	561	200129:32	423		-86	-11	4G	79
11:17:29	HD4G4G	561	200129:0	423		-103	-10	4G	1
11:17:30	CR4G4G	561	200536:1	160		-104	-13	4G	29
11:18:08	CR4G4G	561	200536:33	160		-103	-10	4G	78
11:19:45	CR4G4G	561	200536:32	156		-96	-8	4G	75
11:21:16	HD4G4G	561	200536:0	156		-104	-8	4G	25
11:21:48	HD4G4G	561	200813:2	188		-113	-14	4G	28
11:22:22	CR4G4G	561	200813:1	184		-101	-13	4G	12
11:22:37	CR4G4G	561	200813:2	188		-96	-12	4G	6
11:22:44	CR4G4G	561	200813:1	184		-92	-8	4G	38
11:23:30	CR4G4G	561	200813:0	180		-80	-10	4G	239
11:28:22	CR4G4G	561	200529:2	26		-107	-10	4G	20
11:28:47	CR4G4G	561	200529:34	26		-101	-7	4G	41
11:29:29	CR4G4G	561	200840:34	422		-88	-6	4G	2
11:29:41	HD4G4G	561	200529:34	26		-97	-8	4G	7
11:29:50	CR4G4G	561	200840:34	422		-92	-8	4G	28
11:30:25	CR4G4G	561	200529:34	26		-93	-7	4G	6
11:30:32	CR4G4G	561	200840:34	422		-86	-8	4G	2
11:30:35	CR4G4G	561	200529:34	26		-90	-10	4G	4
11:30:40	CR4G4G	561	200840:34	422		-92	-7	4G	2
11:30:42	CR4G4G	561	200529:34	26		-93	-6	4G	3
11:30:46	CR4G4G	561	200840:34	422		-91	-8	4G	1
11:30:47	CR4G4G	561	200529:34	26		-93	-7	4G	9
11:30:59	CR4G4G	561	200840:33	418		-88	-10	4G	2
11:31:01	CR4G4G	561	200529:34	26		-86	-13	4G	1
11:31:03	CR4G4G	561	200840:33	418		-92	-10	4G	1
11:31:04	CR4G4G	561	200529:34	26		-84	-9	4G	1
11:31:05	HD4G4G	561	200840:33	418		-84	-8	4G	1
11:31:07	HD4G4G	561	200529:34	26		-90	-8	4G	3
11:31:10	CR4G4G	561	200840:33	418		-88	-8	4G	3
11:31:14	CR4G4G	561	200529:34	26		-94	-13	4G	1
11:31:15	CR4G4G	561	200840:33	418		-95	-12	4G	16
11:31:35	CR4G4G	561	200840:65	418		-97	-9	4G	52
11:32:39	CR4G4G	561	200529:1	22		-87	-8	4G	14
11:33:26	CR4G4G	561	200529:34	26		-90	-13	4G	14

Gyokov Solutions

Cell Nei Map Info Drive

Att.3.4.1.5. G-NetTrack Lite inverted color

Programmai *G-NetTrack Lite* ir problēma ka teksts ir balts bet fons ir melns , kas padara datus par grūtāk lasāmiem, bet to var viegli izlabot, mainot krāsas ar komandu *invert color* programm *Paint*.

### Netmonitor

Galvenās iezīmes: Pašreizējās šūnu identitātes numurs (CID – Cell ID) un to bāzes staciju atrašanās vietas.

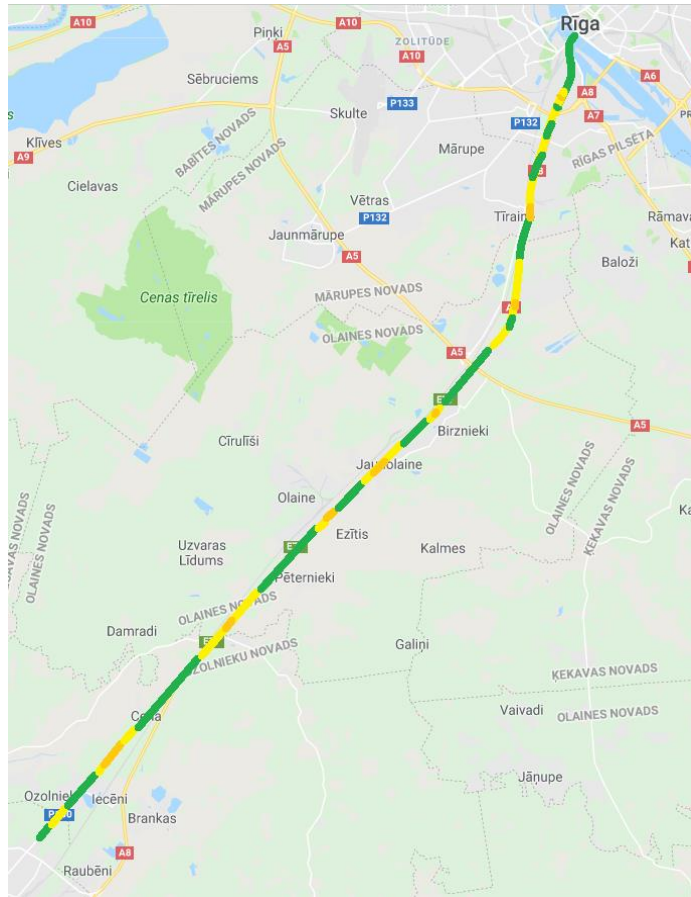
Cell ID	Frequency (m)	Name	Location	Time
+1693	(m)	E77, Jaunolaine, Olaine parish, LV-2127, Latvia		
561 200529 1 22	1143			11:43
+1982	(m)	E77, Jaunolaine, Olaine parish, LV-2127, Latvia		
561 200529 33 22	1143			11:43
+2016	(m)	E77, Jaunolaine, Olaine parish, LV-2127, Latvia		
561 201076 33 37	1142			11:42
+1988	(m)	E77, Jaunolaine, Olaine parish, LV-2127, Latvia		
561 200840 33 418	1141			11:41
+2266	(m)	E77, Olaine parish, LV-2127, Latvia		
561 200840 65 418	1132			11:32
+1667	(m)	Stacijas iela 2, Olaine, Olaines pilsēta, LV-2114, Latvia		
561 200529 34 26	1131			11:31
+2574	(m)	E77, Olaine parish, LV-2127, Latvia		
561 200840 34 422	1130			11:30
561 200529 2 26	1128			11:28
+2047	(m)	E77, Olaine parish, LV-2127, Latvia		
561 200813 0 180	1128			11:28
+2850	(m)	E77, Denu pagasts, LV-3018, Latvia		
561 200840 2 422	1128			11:28
561 200813 1 184	1123			11:23
+2695	(m)	LV-3018, Latvia		
561 200813 2 188	1122			11:22
+2494	(m)	LV-3013, Latvia		
561 200526 0 156	1121			11:21
+2278	(m)	LV-3018, Latvia		
561 200536 32 156	1121			11:21
+2180	(m)	Rīgas iela 54, Ozolnieki, Ozolnieku pagasts, LV-3018, Latvia		
561 200536 33 160	1119			11:19
+2182	(m)	Rīgas iela 20C, Ozolnieki, Ozolnieku pagasts, LV-3018, Latvia		
561 200536 1 160	1118			11:18
+2726	(m)	Nākotnes iela 1, Ozolnieki, Ozolnieku pagasts, LV-3018, Latvia		
561 200129 0 423	1117			11:17
+2010	(m)	Rīgas iela 67, Jelgava, LV-3004, Latvia		
561 200129 33 423	1117			11:17
+2017	(m)	Loka maģistrāle 1c, Jelgava, LV-3002, Latvia		
561 200129 33 427	1115			11:15
+2611	(m)	Loka maģistrāle, Jelgava, LV-3002, Latvia		
561 200129 1 427	1103			11:03

Att.3.4.1.6. Programmas *Netmonitor* saglabātas atmiņā Cell ID un to atrašanās vietas

Visu četru programmu kopums ļauj iegūt rezultātus, pēc kuriem ir iespējams secināt par LTE signāla kvalitāti testa maršrutā.

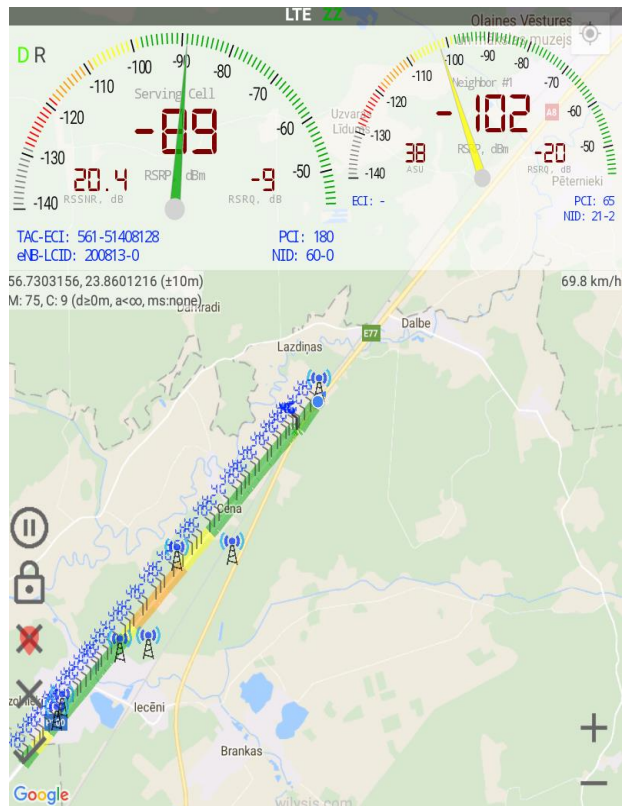
### 3.4.2. Eksperimenta monitoringa rezultāti

Pēc programmas *Net Info Cell Lite* tiek sastādīta testa maršruta mape 3.4.2.1 attēls, ar iekrāsotām RSRP vērtībām, kur ar zaļo krāsu norādīts RSRP <-95dBm, ar dzeltenu RSRP no -99 līdz -108 dBm un ar oranžo RSRP no >-108 dBm līdz -118 dBm.



Att.3.4.2.1. Testa maršrūta Jelgava – Rīga RSRP vērtības

Attelā 3.4.2.1 ir parādīts kopējais skats uz visu testa maršrutu un RSRP vērtībām. Tālāk tiek parādīts RSRP no programmas *Net Info Cell Lite* atsevišķiem posmiem.



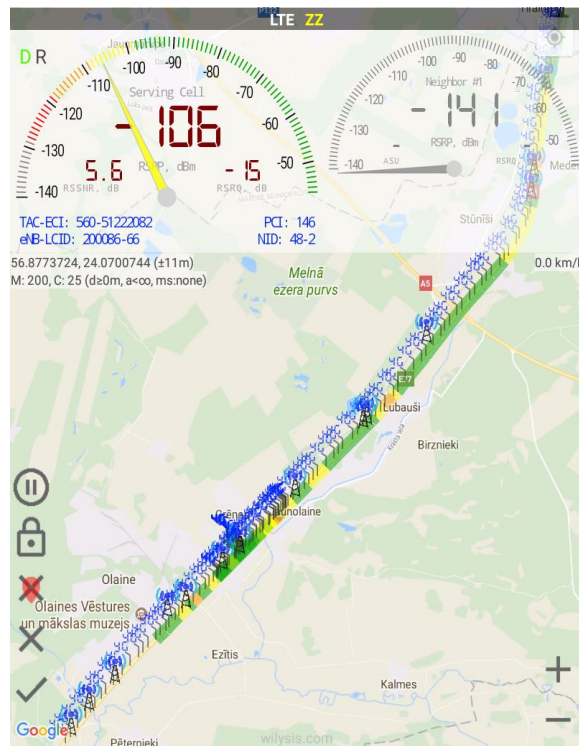
Att. 3.4.2.2. Iecēni – Cena RSRP vērtības

Visproblemātiskākais posms ir starp Iecēni un Cenu, kur RSRP ir mazāks par -108 dBm, kas no tabulas 1.13 atbilst vidēji – vājam signālam.



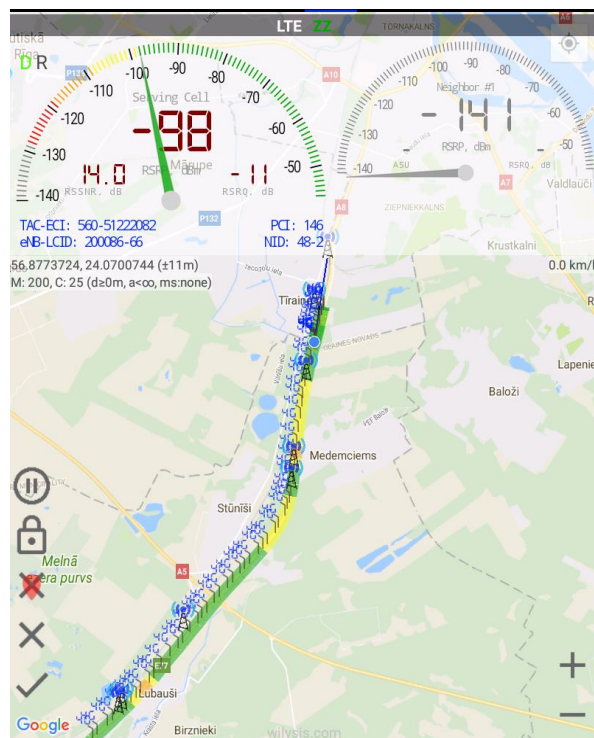
Att.3.4.2.3. Lazdiņas – Pēternieki RSRP vērtības

Ir mazs posms ar vāju signālu, bet kopumā signāls ir vidēji labs, no -99 dBm līdz -108 dBm.



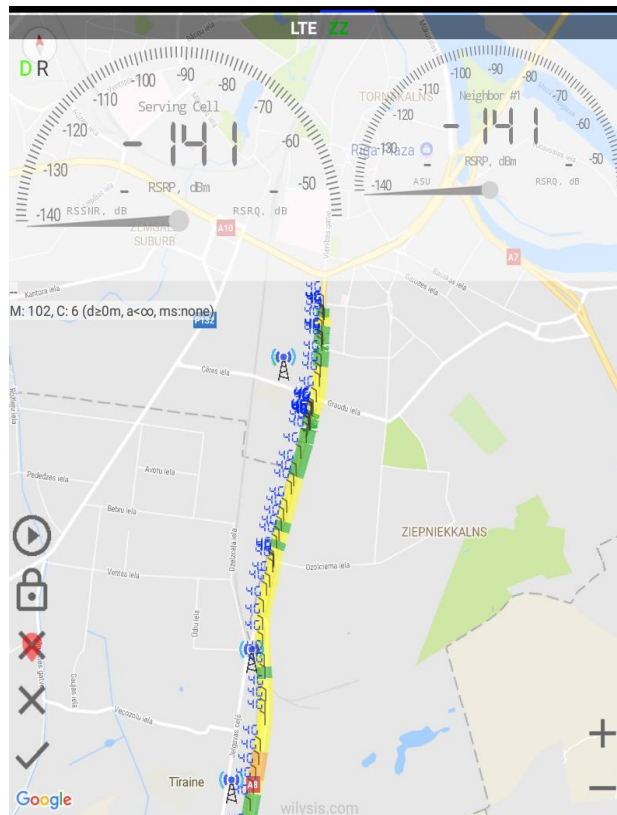
Att.3.4.2.4. Pēternieki – Lubauši RSRP vērtības

Ir vietas ar vidēji – vāju signālu, bet tie posmi ir ļoti mazi un gandrīz nenozīmīgi.



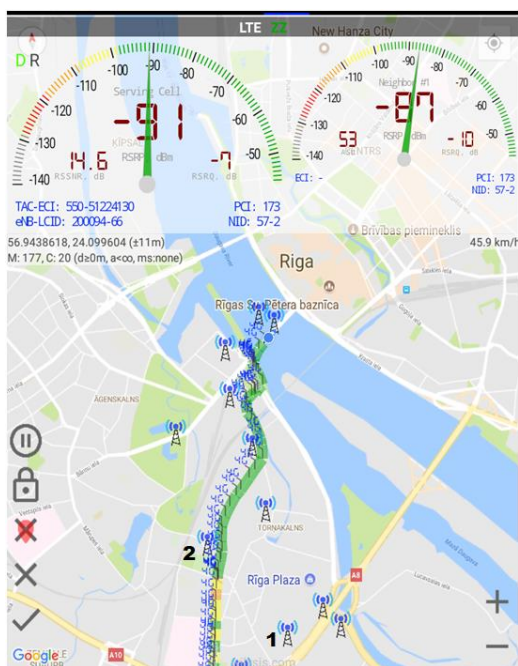
Att.3.4.2.5. Lubauši – Tīraine RSRP vērtības

Lielākā testa maršruta ceļā šajā posmā signāls bija labs, lielāks par -100 dBm.



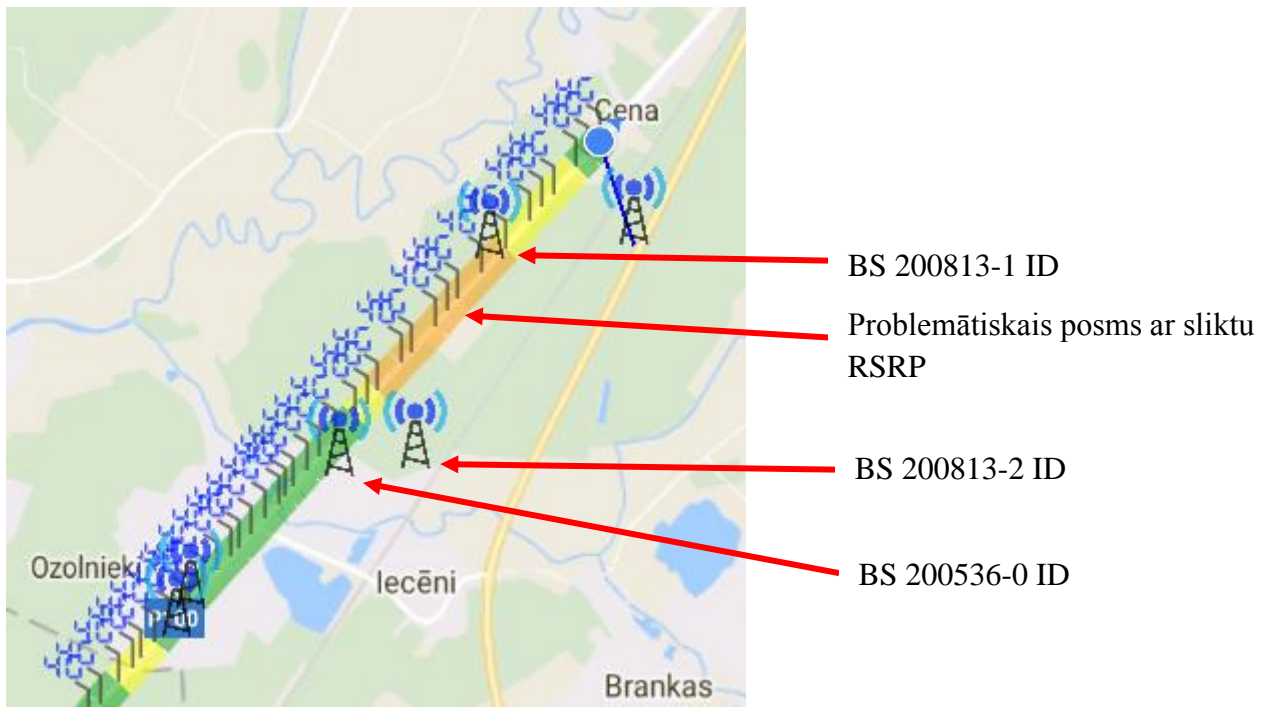
Att.3.4.2.6. Tīraine – Kārļa Ulmaņa gatve RSRP vērtības

Signāls ir vidēji labs, iebraucot apbūvētā pilsētas apvidū. Tas var būt saistīts ar signāla atstarošanu no mājām un ēkām, kā arī ar nepareizu bāzes staciju atrašanās vietām.



Att.3.4.2.7. Kārļa Ulmaņa gatve – Akmens tilts RSRP vērtības

Pēc Kārļa Ulmaņa gatves signāls bija nestabils, mainoties vērtībās no -110 dBm līdz -90 dBm. Tika pamanīts, ka testa komplekss līdz Torņakalna ielai darbojas ar bāzes stāciju **1**, kaut arī bāzes stacija **2** bija tuvāk, un tikai tieši bāzes stacijas **2** tuvumā notika handovers (pārslēgšana no vienas BS uz otru) un planšētdators sāka strādāt ar šo bāzes stāciju. No tā var secināt par savādo handoveru šajā posmā. No visa testa maršruta, posms ar vissliktāko RSRP bija no Iecēni līdz Cenai. No programmu kompleksiem tika uzzinātas RSRP vērtības šajā posmā un bāzes stacijas, kuras darbojas ar monitoringa kompleksu šajā posmā.



Att.3.4.2.8. Posms ar sliktu signālu

11:19:45	CR4G4G	561	200536-32	156		-96	-8	4G
11:21:16	HD4G4G	561	200536-0	156		-104	-8	4G
11:21:48	HD4G4G	561	200813-2	188		-113	-14	4G
11:22:22	CR4G4G	561	200813-1	184		-101	-13	4G
11:22:37	CR4G4G	561	200813-2	188		-96	-12	4G

} RSRP < -100 dBm

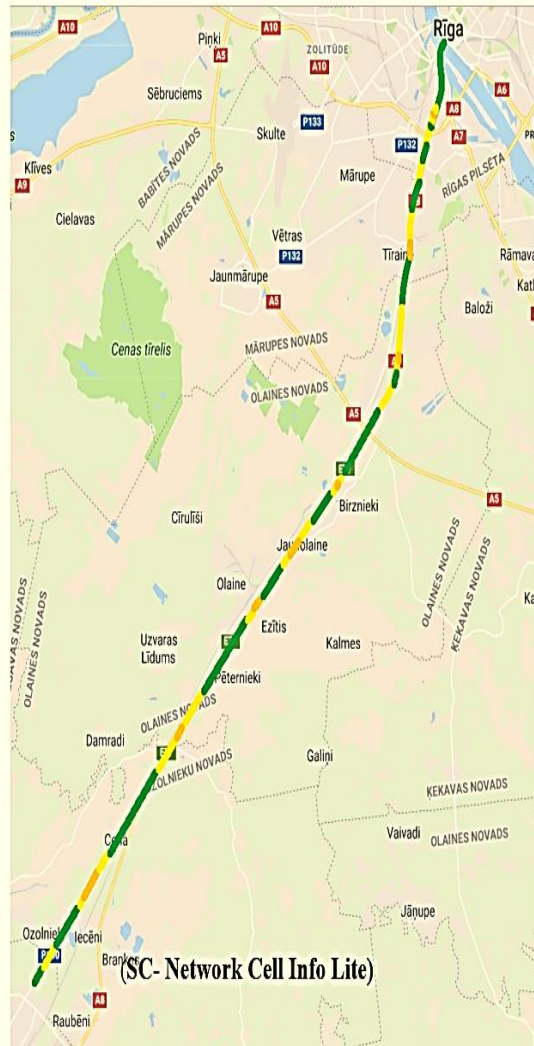
Att.3.4.2.9. Problemātiska posma RSRP vērtības

# Riga – Jelgava rail road SC -Network Info Cell Lite Experimental results

## RSRP

- █ > -98 dBm
- █ No -99 līdz -108 dBm
- █ >-108 dBm

RSRP	Signal Strength
> -90 dBm	Excellent
-90 dBm to -105 dBm	Good
-106 dBm to -120 dBm	Fair
< -120 dBm	Poor

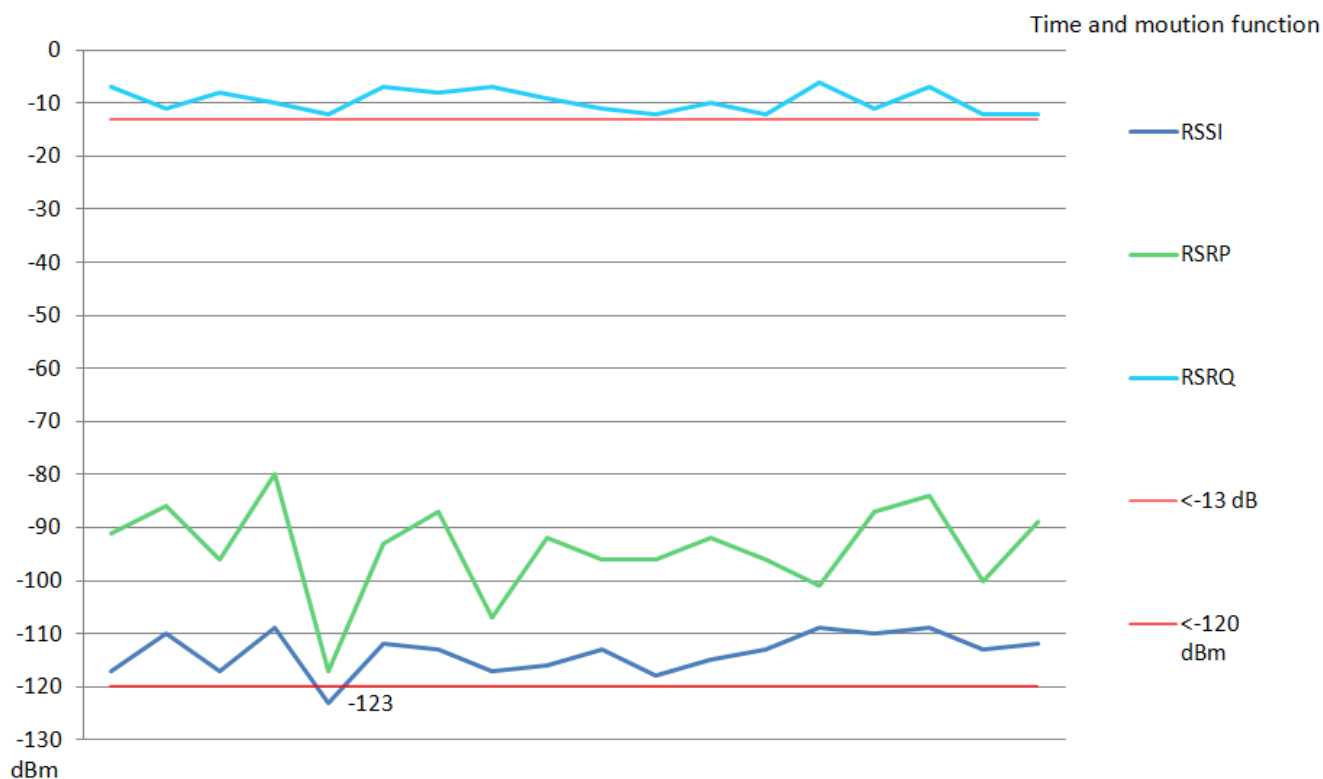


Att.3.4.2.10

561 200813 1 184	lte	11:23
±2695 (m), LV-3018, Latvia		
561 200813 2 188	lte	11:22
±2494 (m), LV-3018, Latvia		
561 200536 0 156	lte	11:21
±2378 (m), LV-3018, Latvia		
561 200536 32 156	lte	11:21
±2180 (m), Rīgas iela 54, Ozolnieki, Ozolnieku pagasts, LV-3018, Latvia		

Bāzes stācības ar sliktu signālu

Att.3.4.2.11. Problemātiska posma bāzes stacijas



Att.3.4.2.12 Eksperimentāla daļā iegūto parametru vērtību grafisks attēlojums

Pēc testa maršruta monitoringa veikšanas, darbā tika sastādīta tabula ar iegūtām parametru vērtībām (Att. 3.4.2.12) izmantojot programmas *GNetTrack Lite* un *Signal Monitor*. Ēs-datus var apskatīt 1. Un 2. Pielikūmā. No attēla 3.4.2.12 var redzēt , kā RSRP visā testa maršruta garumā nepārsniedza kritisko vērtību -120 dBm, kas ir vienāds ar moderno mobilo telefona vai planšetdatora uztvērēja jutību. Tomēr vienā brīdī RSSI līmenis pārsniedza to -120 dBm kritisko vērtību, tajā pašā laikā RSRP arī strauji samazinājās , tāpēc ka RSSI tas ir tā paša signāla jauda RSRP , tikai ar ietekmējošām traucsmēm (interference , signāla atstarošana). Tas arī ietekmēja

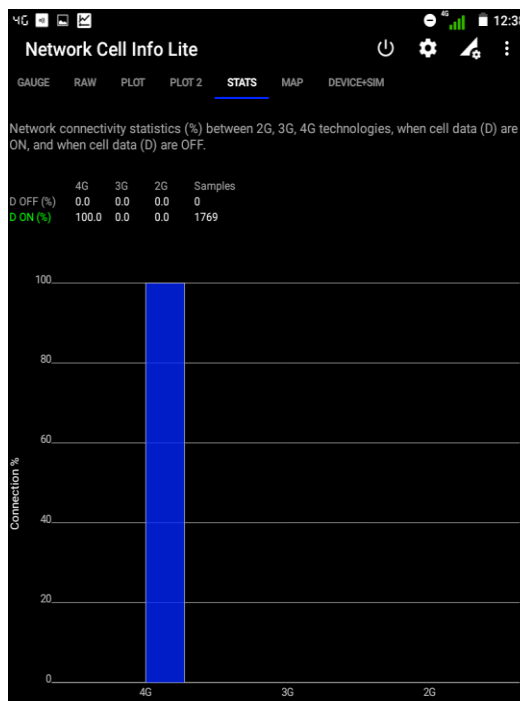
signāla kvalitāti RSRQ. Starp visiem parametriem (RSSI, RSRQ, RSRP) pastāv korelācija, kas ir attēlots bakalaura darbā minētāja formulā:

$$RSRP = RSSI - 10 \lg(12 \cdot N), \quad RSRQ = N \cdot (RSRP/RSSI)$$

$$\text{Vai } RSRQ = 10 \lg(N) + RSRP(\text{dBm}) - RSSI(\text{dBm})$$

Kur, N = Number of RBs (Resource Blocks) as per Channel Bandwith

Vispār pēc attēla 3.4.2.12 var pateikt to, ka signāla jauda RSRP visā testa maršrutā bija pietiekamā līmenī, ar RSSI bija problēmas tikai vienā vietā un signāla kvalitāte RSRQ nepārsniedza kritisko vērtību. RSSI ir mazāks pār RSRP visā testa maršrutā, kas nozīmē, ka visu laiku pastāvēja traucējumi, tādi kā signāla atstarošana, interference no citiem objektiem un citu mobilo operatoru signāla ietekme.



Att.3.4.2.13. Tīkla savienojumu statistika programmā *Network Cell Info Lite*

Pēc tīkla savienojuma statistikas attēlā 3.4.2.12 var redzēt ka signāla kvalitāte bija pieejami labā līmenī, lai uzturētu LTE savienojumu visā testa maršruta laikā.

## 5. Vadlīnijas laboratorijas praktikuma īstenošanai

Laboratorijas praktikums ietver dažādu operatoru MST 2G, 3G, 4G mērīšanu un monitoringu, izmantojot 8 PK (1.Cell Signal Monitor.2. CellMapper.3.G-NetTrack Lite. 4. Netmonitor.5. Network Cell Info Lite.6. Network Monitor.7. Network Signal Info.8. Open Signal), kas jāinstalē planšet datoros, piemēram, LENOVO YOGA Tab.3.

Saskaņā ar PK pakotņu sarakstu MST parametrus mēra un uzrauga šādi:

1. Atveriet failu - **Cell Signal Monitor**. Pierakstiet monitorā parādītos parametrus

Statuss: uz tīklu TELE 2.

Operators: TEJIE2 MCC:247; MNC: 01 ; [CID::4252](#); TAC: 30; RSRP: -79 dBm; RSSI: -110 dBm.

Paskaidrojiet rakstīto parametru vērtības un novērtējiet MST stāvokli.

2. Atveriet failu – G-NetTrack Lite, kurā ietilpst 5 faili: Cell, Nei, Map, Info, Drive.

Paskaidrojiet rakstīto parametru vērtības un novērtējiet MST stāvokli.

## 6. Secinājumi

Mobilu sakaru tīkla ~~monitorings~~ un tā galveno parametru ~~mērīšana~~ monitorings ir darbietilpīgs un sarežģīts process, kuru veic ~~vesela~~ speciāli apmacītu speciālistu komanda un kurš prasa gan zināšanas par mobilu tīklu kvalitātes parametriem, gan speciālu un dārgu aparatūru, kura var darboties reāllaikā, saglabāt datus par parametru vērtībām atmiņā un kura ir ļoti precīza. Taču veikt vispārējo LTE monitoringu, ne pārāk iedziļinātu, bet pēc kura datiem var secināt par tīkla vispārējo kvalitāti var ~~bez dārgas aparatūras, bet~~ izmantojot programmas kompleksus, kuri ir viegli pieejami un kuri var būt instalēti mobilajos terminālos (piemēram: planšet datoram).

Uz Laboratorijas praktikumā tika apskatīti vispārējie KPI parametri mobilo sakaru tīklos, kā arī vissvarīgākie datu pārraides parametri, kurus var izmantot lai aprakstītu un definētu 4. Paaudzes GSM, UMTS un LTE datu pārraides protokola signālu kvalitāti, radio pārklājumu zonas apkalpošanas.

Eksperimenti parādīja LMT, TELE 2 un BITE operatoru apkalpošanas zonu radio pārklājuma neviendabīgumu gar LDz ceļu (Rīga-Tukums, Rīga-Jelgava), kas saistīts ar vides ietekmi uz radio signālu: ēkas, meži utt.

## 7. Saīsinājumi

3GPP	Third Generation Partnership Project
ARFCN	Absolute Radio Frequency Channel Number
ASCI	Advanced Speech Call Items
ATC	Automatic Train Control
BER	Bit Error Rate
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station System
BTS	Base Transceiver Station
C/A	Carrier to Adjacent (ratio)
C/I	Carrier to Interference (ratio)
CENELEC	European Committee for Electro-technical Standardization
CEPT	Conference of European Postal and Telecoms administrations
DM	Direct Mode
DSS1	Digital Subscriber Signaling 1
E-FRS EIRENE	Functional Requirements Specification
EIRENE	European Integrated Railway Radio Enhanced Network
EIRP	Effective Isotropic Radiated Power
eLDA	enhanced Location Dependent Addressing
EMC	Electromagnetic Compatibility
eMLPP	Enhanced Multi-Level Precedence and Pre-emption
EPT	EIRENE Project Team
ERC	European Radio communications Committee
ERIG	European Radio Implementation Group
ERTMS	European Rail Traffic Management System
E-SRS	EIRENE System Requirements Specification
ETCS	European Train Control System
ETSI	European Telecommunications Standards Institute

EUG	EIRENE User Group
FC	Function Code
FFFIS	Form Fit Functional Interface Specification
FFFS	Form Fit Functional Specification
FIS	Functional Interface Specification
FN	Functional Number
FRS	Functional Requirements Specification
GCR	Group Call Register
GCR	Group Call Register
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GIS	Geographical Information System
GLN	Group Location Number
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile communications
GSM-R	GSM - Railway
HLR	Home Location Register
HMI	Human-Machine Interface
IEC	International Electrotechnical Commission
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
IN	Intelligent Node
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISO	International Standards Organization
ITU	International Telecommunications Union
ITU-T	International Telecommunications Union – Telecommunications
LOS	Line Of Sight
ME	Mobile Equipment
MMI	Man-Machine Interface
MORANE	Mobile radio for Railway Networks in Europe
MoU	Memorandum of Understanding

MPTY	Multi ParTY service
MS	Mobile Station
MSC	Mobile (services) Switching Centre
MSISDN	Mobile Station International ISDN Number
MT	Mobile Termination
MT/PP	Mobile Terminated/Point-to-Point (short message)
NLOS	Non Line Of Sight
NSS	Network Sub-System
OMC	Operation and Maintenance Centre
OSI	Open System Interface
PA	Public Address
PABX	Private Automatic Branch Exchange
PAMR	Public Access Mobile Radio
PDP	Packet Data Protocol
PLMN	Public Land Mobile Network
PMR	Private Mobile Radio
PSDN	Public Switched Data Network
PSTN	Public Switched Telephone Network
PTT	Push-To-Talk
QoS	Quality of Service
RAC	Railways Access Code
RAM	Reliability, Availability and Maintainability
RBC	Radio Block Centre
RxQual	Received Signal Quality
SIM	Subscriber Identity Module
SLA	Service Level Agreement
SMS	Short Message Service
SRS	System Requirements Specification
SSRS	Sub-System Requirements Specification
TCS	Train Control System

TMN	Telecommunications Managed Network
TRX	Transceiver
TSI	Technical Specification for Interoperability
UIC	Union Internationale des Chemins de Fer
UIN	User Identifier Number
UN	User Number
USSD	Unstructured Supplementary Service Data
UUS1	User-to-User Signaling type 1
VBS	Voice Broadcast Service
VGCS	Voice Group Call Service
WIM	Walfisch – Ikegami Model

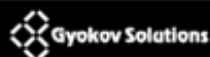
## LITERATŪRA

1. Popovs V. GSM standarta šūnu mobilo sakaru sistēma. Projektēšanas problēmas. Rīga: RTU Izdevniecība, 2003, 392. lpp.
2. Попов В.И. Основы сотовой связи стандарта GSM. М.: Эко-Трендз, 2005, 296 с.
3. **Попов В.И., Скуднов В.А. Основы проектирования сотовых сетей мобильной связи. М.: Горячая Линия – ТЕЛЕКОМ, 2017, 400 с.**
4. Мартяшин Е.В., Светлов А.В., Сорокин А.В., Ханин И.В. Система мониторинга параметров сетей сотовой связи на базе мобильного телефона с операционной системой ANDROID. [cyberleninka.ru/.../sistema-monitoringa-parametrov-setey-sotovoju-svya...](http://cyberleninka.ru/.../sistema-monitoringa-parametrov-setey-sotovoju-svya...) Труды Международного симпозиума «надежность и качество», 2013, т.2.
5. Автономный измерительный комплекс для непрерывного мониторинга сотовой сети / И. В. Ханин, Е. В. Мартяшин // Радиоэлектронная техника : межвуз. сб. науч. тр. – Ульяновск : УлГТУ, 2011. – С. 183–189.
6. <http://developer.android.com> Информация о программе профессионального уровня
7. TEMS Pocket:  
<http://www.tems.com/products-for-radio-and-core-networks/radio-network-engineering/portable-testing-for-wireless-networks>
8. <https://www.2test.ru/solutions/resheniya-dlya-benchmarkinga-i/ascom-tems-pocket/>
9. Lietošanas instrukcijas TEMS Pocket 12. versijai, lai novērtētu visas pašas programmas iespējas:  
[http://macphone.cz/manual/TEMS\\_Pocket\\_12\\_4\\_User\\_Manual.pdf](http://macphone.cz/manual/TEMS_Pocket_12_4_User_Manual.pdf)
10. CellMapper:<https://play.google.com/store/apps/details?id=cellmapper.net.cellmapper&hl=ru>
11. G-MoN: <https://play.google.com/store/apps/details?id=de.carknue.gmon2&hl=ru>
12. G-NetTrack Lite:  
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.gyokovsolutions.gnettracklite&hl=ru>
13. Network Cell Info Lite:  
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.wilysis.cellinfolite&hl=ru>
14. 10 программ мониторинга GSM/3G/4G для Android - BlogAnten.ru [bloganten.ru/10-programm](http://bloganten.ru/10-programm).
15. Vasiljevs A. Matemātiskie modeļi un algoritmi mobilo sakaru tīklu teritoriālā radiopārklāšana projektēšanā. Maģistra darbs. Rīga:RTU TI, 2016, 86 lpp.
16. Solodjankina A. GSM-R PROJEKTĒŠANAS, MĒRĪJUMU UN MONITORINGA PROBLĒMAS. Maģistra darbs (ar projekta daļu). Rīga: RTU TI, 2017, 98 lpp.
17. Činsnovičs Ņ. Mobilo sakaru tīklu mērījumi un monitorings. Bakalaura darbs. Rīga:RTU TI, 2018, 72 lpp.
18. Budrevičs P. NĀKOTNES DZELZEĻU MOBILO SAKARU SISTĒMA. LTE. Maģistra darbs. Rīga: RTU TI, 2018, 70 lpp.

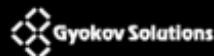
# **PIELIKUMI**

Programmā *G-Net Track Lite* RSRP un RSRQ vertības

Data:		ZZ-LTE						DATA	
TIME	EVENT	AC	CELLID	CI	ARFCN	LEVEL	QUAL	TYPE	SERV
MCC:247		MNC:02		TAC:551		Type:LTE			
eNB:200078		CELLID:32		PCI:354		ARFCN:		TA:	
RSRP:-93		RSRQ:-10		SNR:2.4		CQI:-		RSSI:-68	
Longitude:24.169726					Latitude:56.923290				
Speed:46km/h					GPS Accuracy:10m				
Height:31m			Altitude:31m			Ground:0m			
UL: 85 kbps					DL: 245 kbps				
Serving time: 9s									
11:12:34		561	200129-33	427		-91	-7	4G	141
11:15:42	HD4G4G	561	200129-32	423		-86	-11	4G	79
11:17:29	HD4G4G	561	200129-0	423		-103	-10	4G	1
11:17:30	CR4G4G	561	200536-1	160		-104	-13	4G	29
11:18:08	CR4G4G	561	200536-33	160		-103	-10	4G	78
11:19:45	CR4G4G	561	200536-32	156		-96	-8	4G	75
11:21:16	HD4G4G	561	200536-0	156		-104	-8	4G	25
11:21:48	HD4G4G	561	200813-2	188		-113	-14	4G	28
11:22:22	CR4G4G	561	200813-1	184		-101	-13	4G	12
11:22:37	CR4G4G	561	200813-2	188		-96	-12	4G	6
11:22:44	CR4G4G	561	200813-1	184		-92	-8	4G	38
11:23:30	CR4G4G	561	200813-0	180		-80	-10	4G	239
11:28:22	CR4G4G	561	200529-2	26		-107	-10	4G	20
11:28:47	CR4G4G	561	200529-34	26		-101	-7	4G	41
11:29:39	CR4G4G	561	200840-34	422		-88	-6	4G	2
11:29:41	HD4G4G	561	200529-34	26		-97	-8	4G	7
11:29:50	CR4G4G	561	200840-34	422		-92	-8	4G	28
11:30:25	CR4G4G	561	200529-34	26		-93	-7	4G	6
11:30:32	CR4G4G	561	200840-34	422		-86	-8	4G	2
11:30:35	CR4G4G	561	200529-34	26		-90	-10	4G	4
11:30:40	CR4G4G	561	200840-34	422		-92	-7	4G	2
11:30:42	CR4G4G	561	200529-34	26		-93	-6	4G	3
11:30:46	CR4G4G	561	200840-34	422		-91	-8	4G	1
11:30:47	CR4G4G	561	200529-34	26		-93	-7	4G	9
11:30:59	CR4G4G	561	200840-33	418		-88	-10	4G	2
11:31:01	CR4G4G	561	200529-34	26		-86	-13	4G	1
11:31:03	CR4G4G	561	200840-33	418		-92	-10	4G	1
11:31:04	CR4G4G	561	200529-34	26		-84	-9	4G	1
11:31:05	HD4G4G	561	200840-33	418		-84	-8	4G	1
11:31:07	HD4G4G	561	200529-34	26		-90	-8	4G	3
11:31:10	CR4G4G	561	200840-33	418		-88	-8	4G	3
11:31:14	CR4G4G	561	200529-34	26		-94	-13	4G	1
11:31:15	CR4G4G	561	200840-33	418		-95	-12	4G	16
11:31:35	CR4G4G	561	200840-65	418		-97	-9	4G	52
11:32:39	CR4G4G	561	200529-1	22		-87	-8	4G	14
11:32:56	CR4G4G	561	200529-33	22		-98	-12	4G	34



MCC:247		MNC:02		TAC:550		Type:LTE			
eNB:200080		CELLID:33		PCI:472		ARFCN:		TA:	
RSRP:-95		RSRQ:-9		SNR:-7.6		CQI:-		RSSI:-70	
Longitude:24.162679				Latitude:56.924581					
Speed:28km/h				GPS Accuracy:9m					
Height:24m			Altitude:24m			Ground:0m			
UL: 0 kbps				DL: 0 kbps					
Data:		ZZ-LTE						IDLE	
Serving time: 11s									
TIME	EVENT	AC	CELLID	CI	ARFCN	LEVEL	QUAL	TYPE	SERV
11:34:01	CR4G4G	561	200840-33	418		-102	-13	4G	2
11:34:04	CR4G4G	561	201076-33	37		-108	-12	4G	5
11:34:10	CR4G4G	561	200529-33	22		-100	-11	4G	10
11:34:22	CR4G4G	561	201076-1	37		-94	-12	4G	33
11:35:04	CR4G4G	561	200529-1	22		-96	-12	4G	1
11:35:05	CR4G4G	561	200529-33	22		-107	-7	4G	3
11:35:09	HD4G4G	561	200840-33	418		-101	-11	4G	1
11:35:10	CR4G4G	561	200529-33	22		-107	-11	4G	17
11:35:31	CR4G4G	561	200840-33	418		-98	-8	4G	1
11:35:32	CR4G4G	561	200529-33	22		-95	-9	4G	178
11:39:13	CR4G4G	561	200840-33	418		-96	-10	4G	1
11:39:14	CR4G4G	561	200529-33	22		-95	-8	4G	6
11:39:22	CR4G4G	561	200840-33	418		-95	-11	4G	5
11:39:28	CR4G4G	561	200529-33	22		-92	-12	4G	2
11:39:30	CR4G4G	561	200840-33	418		-103	-13	4G	2
11:39:33	CR4G4G	561	200529-33	22		-104	-13	4G	44
11:40:27	CR4G4G	561	200840-33	418		-90	-9	4G	2
11:40:29	CR4G4G	561	200529-33	22		-92	-9	4G	45
11:41:24	CR4G4G	561	200840-33	418		-100	-10	4G	1
11:41:25	CR4G4G	561	200529-33	22		-100	-9	4G	25
11:41:56	CR4G4G	561	200840-33	418		-101	-9	4G	2
11:41:59	CR4G4G	561	201076-33	37		-105	-7	4G	7
11:42:08	CR4G4G	561	200529-33	22		-103	-12	4G	55
11:43:16	HD4G4G	561	201076-1	37		-97	-13	4G	21
11:43:42	CR4G4G	561	200529-1	22		-98	-12	4G	3
11:43:46	CR4G4G	561	201076-1	37		-101	-9	4G	20
11:44:11	CR4G4G	561	201076-0	33		-96	-11	4G	14
11:44:29	CR4G4G	561	201076-32	33		-84	-3	4G	34
11:45:11	HD4G4G	560	200192-33	91		-108	-10	4G	118
11:47:37	CR4G4G	560	200192-32	87		-104	-10	4G	70
11:49:04	CR4G4G	560	200192-0	87		-104	-3	4G	20
11:49:29	CR4G4G	560	200086-2	146		-100	-11	4G	2
11:49:32	HD4G4G	560	200192-0	87		-99	-10	4G	2
11:49:34	CR4G4G	560	200086-2	146		-100	-12	4G	6
11:49:42	HD4G4G	560	200519-2	128		-96	-12	4G	2

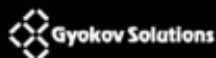


MCC:247		MNC:02		TAC:550		Type:LTE			
eNB:200246		CELLID:33		PCI:172		ARFCN:		TA:	
RSRP:-94		RSRQ:-13		SNR:-3.4		CQI:-		RSSI:-70	
Longitude:24.162302					Latitude:56.924737				
Speed:13km/h					GPS Accuracy:10m				
Height:22m			Altitude:22m			Ground:0m			
UL: 0 kbps					DL: 0 kbps				
Data:		ZZ-LTE						IDLE	
Serving time: 8s									
TIME	EVENT	AC	CELLID	CI	ARFCN	LEVEL	QUAL	TYPE	SERV
11:45:11	HD4G4G	560	200192-33	91		-108	-10	4G	118
11:47:37	CR4G4G	560	200192-32	87		-104	-10	4G	70
11:49:04	CR4G4G	560	200192-0	87		-104	-3	4G	20
11:49:29	CR4G4G	560	200086-2	146		-100	-11	4G	2
11:49:32	HD4G4G	560	200192-0	87		-99	-10	4G	2
11:49:34	CR4G4G	560	200086-2	146		-100	-12	4G	6
11:49:42	HD4G4G	560	200519-2	128		-96	-12	4G	2
11:49:44	CR4G4G	560	200192-0	87		-97	-12	4G	8
11:49:54	CR4G4G	560	200086-2	146		-93	-13	4G	3
11:49:58	CR4G4G	560	200519-2	128		-97	-11	4G	9
11:50:09	CR4G4G	560	200086-2	146		-94	-11	4G	19
11:50:33	CR4G4G	560	200086-66	146		-100	-10	4G	473
12:00:26	HD4G4G	560	200086-34	146		-96	-12	4G	13
12:00:40	CR4G4G	560	200086-66	146		-97	-18	4G	460
12:09:53	HD4G4G	560	200519-66	128		-92	-10	4G	7
12:10:01	CR4G4G	560	200086-66	146		-101	-14	4G	6
12:10:09	CR4G4G	560	200519-66	128		-105	-12	4G	2
12:10:11	HD4G4G	560	200086-66	146		-109	-12	4G	3
12:10:15	CR4G4G	560	200519-2	128		-97	-11	4G	9
12:10:26	CR4G4G	560	200086-2	146		-99	-11	4G	9
12:10:37	CR4G4G	560	200192-0	87		-101	-11	4G	14
12:10:55	CR4G4G	560	200086-2	146		-102	-11	4G	13
12:11:11	CR4G4G	560	200192-0	87		-105	-11	4G	27
12:11:45	CR4G4G	560	200192-32	87		-106	-7	4G	6
12:11:53	HD4G4G	560	200192-0	87		-106	-11	4G	25
12:12:23	HD4G4G	560	200086-2	146		-103	-11	4G	2
12:12:26	CR4G4G	560	200192-0	87		-101	-10	4G	1
12:12:27	CR4G4G	560	200086-2	146		-100	-11	4G	6
12:12:35	CR4G4G	560	200519-2	128		-95	-12	4G	2
12:12:37	HD4G4G	560	200192-0	87		-98	-11	4G	4
12:12:42	CR4G4G	560	200086-2	146		-95	-12	4G	6
12:12:50	CR4G4G	560	200519-2	128		-94	-10	4G	8
12:13:01	CR4G4G	560	200086-2	146		-92	-11	4G	25
12:13:31	CR4G4G	560	200086-66	146		-100	-13	4G	155
12:16:47	HD4G4G	560	200086-64	138		-94	-14	4G	252
12:22:01	CR4G4G	560	201201-2	236		-83	-9	4G	13

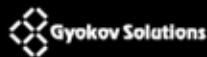


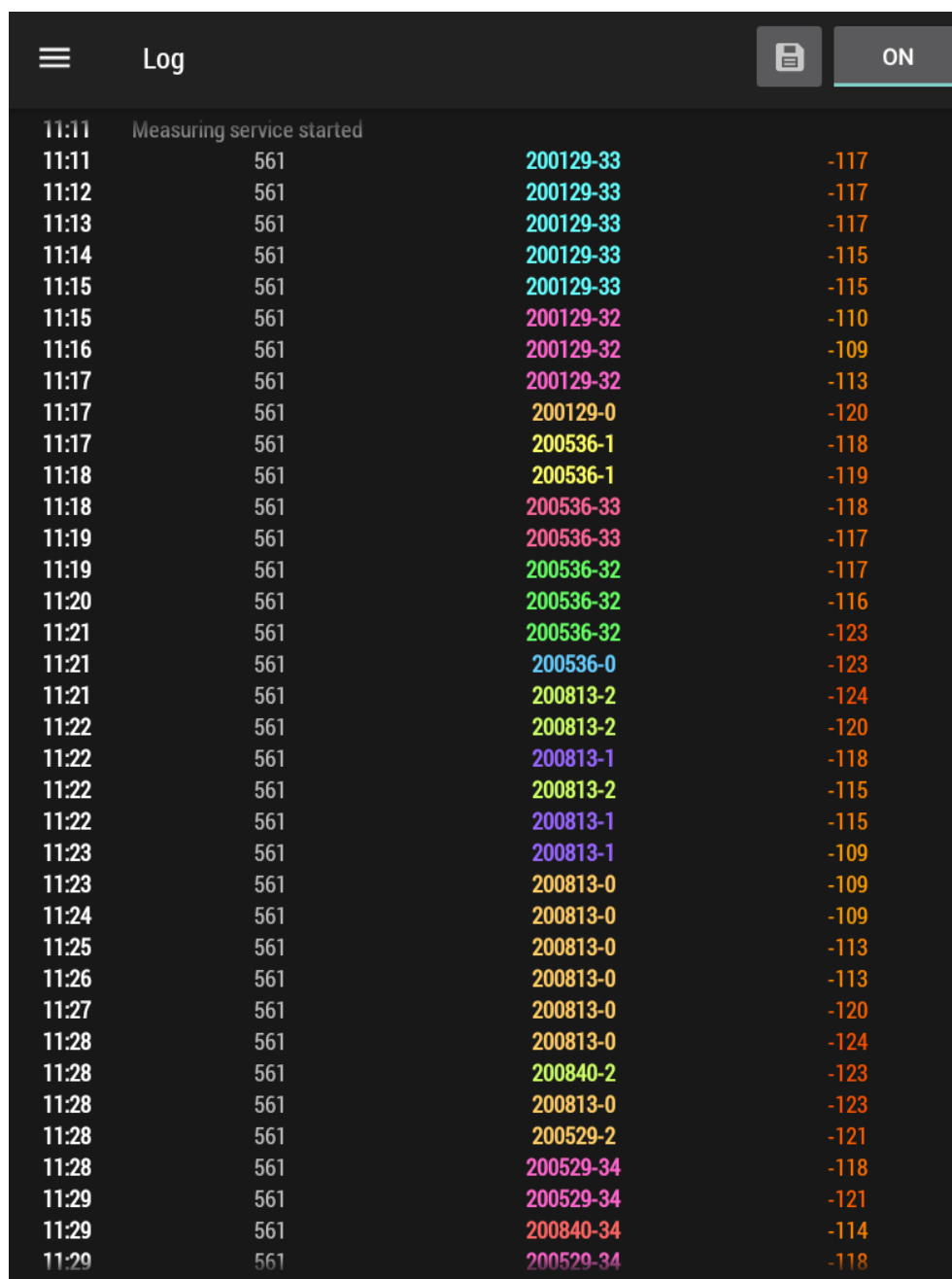
3.att

MCC:247		MNC:02		TAC:550		Type:LTE			
eNB:200080		CELLID:33		PCI:472		ARFCN:		TA:	
RSRP:-98		RSRQ:-14		SNR:2.6		CQI:-		RSSI:-70	
Longitude:24.163136				Latitude:56.924367					
Speed:35km/h				GPS Accuracy:9m					
Height:23m			Altitude:23m			Ground:0m			
UL: 0 kbps				DL: 0 kbps					
Data:	ZZ-LTE								IDLE
Serving time: 4s									
TIME	EVENT	AC	CELLID	CI	ARFCN	LEVEL	QUAL	TYPE	SERV
12:12:42	CR4G4G	560	200086-2	146		-95	-12	4G	6
12:12:50	CR4G4G	560	200519-2	128		-94	-10	4G	8
12:13:01	CR4G4G	560	200086-2	146		-92	-11	4G	25
12:13:31	CR4G4G	560	200086-66	146		-100	-13	4G	155
12:16:47	HD4G4G	560	200086-64	138		-94	-14	4G	252
12:22:01	CR4G4G	560	201201-2	236		-83	-9	4G	13
12:22:19	HD4G4G	560	200086-32	138		-95	-9	4G	30
12:22:56	CR4G4G	560	200284-34	116		-103	-10	4G	1
12:22:57	HD4G4G	560	200086-32	138		-107	-11	4G	1
12:22:59	CR4G4G	560	201201-2	236		-76	-9	4G	19
12:23:22	CR4G4G	560	200086-32	138		-101	-6	4G	25
12:23:53	CR4G4G	560	200284-34	116		-106	-12	4G	10
12:24:06	CR4G4G	560	200086-32	138		-104	-10	4G	3
12:24:09	CR4G4G	560	200284-34	116		-101	-13	4G	7
12:24:18	HD4G4G	560	200084-33	79		-102	-12	4G	16
12:24:38	CR4G4G	560	200084-65	79		-105	-12	4G	113
12:26:59	CR4G4G	560	200745-33	46		-88	-10	4G	3
12:27:02	CR4G4G	560	200745-34	50		-87	-11	4G	28
12:27:37	CR4G4G	550	200175-33	448		-86	-12	4G	2
12:27:39	CR4G4G	560	200745-34	50		-86	-11	4G	2
12:27:42	HD4G4G	560	200745-32	42		-94	-12	4G	7
12:27:51	CR4G4G	550	200175-33	448		-85	-10	4G	12
12:28:06	CR4G4G	560	200745-32	42		-82	-9	4G	3
12:28:10	HD4G4G	550	200175-33	448		-80	-8	4G	35
12:28:53	HD4G4G	550	201089-34	275		-83	-7	4G	9
12:29:05	CR4G4G	550	201089-32	267		-74	-8	4G	13
12:29:21	HD4G4G	550	200175-32	444		-91	-12	4G	10
12:29:34	CR4G4G	550	200094-34	173		-89	-11	4G	17
12:29:55	CR4G4G	550	200094-66	173		-89	-8	4G	16
12:30:15	CR4G4G	550	200094-34	173		-84	-7	4G	15
12:30:33	CR4G4G	550	200094-66	173		-91	-9	4G	16
12:30:53	CR4G4G	550	200094-34	173		-78	-6	4G	45
12:31:48	CR4G4G	550	200094-66	173		-96	-7	4G	73
12:33:18	CR4G4G	550	200087-66	185		-100	-12	4G	3
12:33:22	HD4G4G	550	200089-66	368		-101	-13	4G	11



MCC:247		MNC:02		TAC:560		Type:LTE			
eNB:200085		CELLID:32		PCI:180		ARFCN:		TA:	
RSRP:-104		RSRQ:-14		SNR:-1.2		CQI:-		RSSI:-74	
Longitude:24.168614				Latitude:56.922379					
Speed:51km/h				GPS Accuracy:14m					
Height:25m			Altitude:25m			Ground:0m			
UL: 0 kbps				DL: 0 kbps					
Data:		ZZ-LTE						DATA	
Serving time: 1s									
TIME	EVENT	AC	CELLID	CI	ARFCN	LEVEL	QUAL	TYPE	SERV
12:29:55	CR4G4G	550	200094-66	173		-89	-8	4G	16
12:30:15	CR4G4G	550	200094-34	173		-84	-7	4G	15
12:30:33	CR4G4G	550	200094-66	173		-91	-9	4G	16
12:30:53	CR4G4G	550	200094-34	173		-78	-6	4G	45
12:31:48	CR4G4G	550	200094-66	173		-96	-7	4G	73
12:33:18	CR4G4G	550	200087-66	185		-100	-12	4G	3
12:33:22	HD4G4G	550	200089-66	368		-101	-13	4G	11
12:33:36	HD4G4G	550	200955-2	485		-91	-13	4G	2
12:33:39	HD4G4G	550	200670-0	222		-80	-11	4G	3
12:33:42	HD4G4G	550	200955-2	485		-87	-13	4G	4
12:33:47	CR4G4G	550	200670-2	230		-83	-12	4G	5
12:33:53	CR4G4G	550	200293-1	322		-93	-16	4G	4
12:33:58	CR4G4G	560	200313-0	234		-96	-17	4G	2
12:34:01	CR4G4G	550	200252-2	251		-87	-11	4G	2
12:34:03	CR4G4G	550	200087-0	177		-89	-12	4G	5
12:34:09	HD4G4G	550	200081-2	131		-76	-9	4G	1
12:34:10	HD4G4G	550	200087-0	177		-87	-13	4G	5
12:34:17	HD4G4G	550	200081-1	127		-89	-12	4G	11
12:34:31	CR4G4G	550	200670-2	230		-100	-19	4G	1
12:34:32	CR4G4G	550	200668-2	350		-97	-16	4G	2
12:34:34	CR4G4G	550	200081-1	127		-95	-14	4G	15
12:34:53	CR4G4G	550	200246-32	168		-93	-17	4G	1
12:34:54	HD4G4G	550	200246-34	176		-88	-10	4G	24
12:35:23	HD4G4G	550	200246-32	168		-88	-11	4G	1
12:35:25	HD4G4G	550	200246-34	176		-87	-10	4G	5
12:35:31	HD4G4G	550	200246-33	172		-89	-14	4G	44
12:36:27	CR4G4G	65535	200246-33	254		-90	-10	4G	1
12:36:28	HD4G4G	551	200079-34	254		-91	-10	4G	1
12:36:29	CR4G4G	550	200668-33	346		-89	-9	4G	4
12:36:35	CR4G4G	550	200246-33	172		-100	-12	4G	3
12:36:40	HD4G4G	550	200080-33	472		-94	-10	4G	1
12:36:42	HD4G4G	550	200246-33	172		-101	-13	4G	4
12:36:47	HD4G4G	550	200668-33	346		-99	-14	4G	1
12:36:48	CR4G4G	550	200246-33	172		-98	-10	4G	5
12:36:55	CR4G4G	550	200668-33	346		-101	-15	4G	1




Programmā *Cell Signal Monitor* RSSI vērtības

The screenshot shows a log window titled "Log" with a menu icon on the left and a "Log" button on the right. The log content is as follows:

Time	Event	Cell ID	RSSI
11:11	Measuring service started		
11:11		200129-33	-117
11:12		200129-33	-117
11:13		200129-33	-117
11:14		200129-33	-115
11:15		200129-33	-115
11:15		200129-32	-110
11:16		200129-32	-109
11:17		200129-32	-113
11:17		200129-0	-120
11:17		200536-1	-118
11:18		200536-1	-119
11:18		200536-33	-118
11:19		200536-33	-117
11:19		200536-32	-117
11:20		200536-32	-116
11:21		200536-32	-123
11:21		200536-0	-123
11:21		200813-2	-124
11:22		200813-2	-120
11:22		200813-1	-118
11:22		200813-2	-115
11:22		200813-1	-115
11:23		200813-1	-109
11:23		200813-0	-109
11:24		200813-0	-109
11:25		200813-0	-113
11:26		200813-0	-113
11:27		200813-0	-120
11:28		200813-0	-124
11:28		200840-2	-123
11:28		200813-0	-123
11:28		200529-2	-121
11:28		200529-34	-118
11:29		200529-34	-121
11:29		200840-34	-114
11:29		200529-34	-118

1.att

Log			ON
11:30	561	200840-34	-114
11:30	561	200529-34	-115
11:30	561	200840-34	-113
11:30	561	200529-34	-116
11:30	561	200840-33	-113
11:31	561	200840-33	-113
11:31	561	200529-34	-110
11:31	561	200840-33	-113
11:31	561	200529-34	-111
11:31	561	200840-33	-110
11:31	561	200529-34	-111
11:31	561	200840-33	-114
11:31	561	200529-34	-114
11:31	561	200840-33	-116
11:31	561	200840-65	-116
11:32	561	200840-65	-118
11:32	561	200529-1	-113
11:32	561	200529-33	-115
11:33	561	200529-33	-116
11:33	561	200840-33	-117
11:33	561	200529-33	-120
11:34	561	200840-33	-118
11:34	561	201076-33	-123
11:34	561	200529-33	-117
11:34	561	201076-1	-115
11:35	561	201076-1	-118
11:35	561	200529-1	-116
11:35	561	200529-33	-123
11:35	561	200840-33	-118
11:35	561	200529-33	-121
11:35	561	200840-33	-117
11:35	561	200529-33	-114
11:36	561	200529-33	-117
11:37	561	200529-33	-118
11:38	561	200529-33	-115
11:39	561	200529-33	-110
11:39	561	200840-33	-115

2.att

Log		ON
11:39	561	200529-33 -110
11:39	561	200840-33 -115
11:39	561	200529-33 -116
11:39	561	200840-33 -112
11:39	561	200529-33 -113
11:39	561	200840-33 -117
11:39	561	200529-33 -118
11:40	561	200529-33 -116
11:40	561	200840-33 -112
11:40	561	200529-33 -112
11:41	561	200529-33 -112
11:41	561	200840-33 -119
11:41	561	200529-33 -118
11:41	561	200840-33 -119
11:41	561	201076-33 -122
11:42	561	201076-33 -121
11:42	561	200529-33 -119
11:43	561	200529-33 -122
11:43	561	201076-1 -117
11:43	561	200529-1 -117
11:43	561	201076-1 -118
11:44	561	201076-1 -118
11:44	561	201076-0 -116
11:44	561	201076-32 -113
11:45	561	201076-32 -121
11:45	560	200192-33 -124
11:46	560	200192-33 -112
11:47	560	200192-33 -110
11:47	560	200192-32 -118
11:48	560	200192-32 -122
11:49	560	200192-32 -124
11:49	560	200192-0 -121
11:49	560	200086-2 -119
11:49	560	200192-0 -117
11:49	560	200086-2 -120
11:49	560	200519-2 -116
11:49	560	200192-0 -117

3.att

Log			ON
11:49	560	200192-32	-124
11:49	560	200192-0	-121
11:49	560	200086-2	-119
11:49	560	200192-0	-117
11:49	560	200086-2	-120
11:49	560	200519-2	-116
11:49	560	200192-0	-117
11:49	560	200086-2	-114
11:49	560	200519-2	-116
11:50	560	200519-2	-113
11:50	560	200086-2	-116
11:50	560	200086-66	-118
11:51	560	200086-66	-114
11:52	560	200086-66	-113
11:53	560	200086-66	-117
11:54	560	200086-66	-119
11:55	560	200086-66	-118
11:56	560	200086-66	-117
11:57	560	200086-66	-114
11:58	560	200086-66	-117
11:59	560	200086-66	-116
12:00	560	200086-66	-116
12:00	560	200086-34	-114
12:00	560	200086-66	-112
12:01	560	200086-66	-117
12:02	560	200086-66	-117
12:03	560	200086-66	-113
12:04	560	200086-66	-115
12:05	560	200086-66	-117
12:06	560	200086-66	-119
12:07	560	200086-66	-122
12:08	560	200086-66	-118
12:09	560	200086-66	-117
12:09	560	200519-66	-115
12:10	560	200519-66	-115
12:10	560	200086-66	-115
12:10	560	200519-66	-123

4.att

Log		ON
12:02	560	200086-66 -117
12:03	560	200086-66 -113
12:04	560	200086-66 -115
12:05	560	200086-66 -117
12:06	560	200086-66 -119
12:07	560	200086-66 -122
12:08	560	200086-66 -118
12:09	560	200086-66 -117
12:09	560	200519-66 -115
12:10	560	200519-66 -115
12:10	560	200086-66 -115
12:10	560	200519-66 -123
12:10	560	200086-66 -121
12:10	560	200519-2 -117
12:10	560	200086-2 -118
12:10	560	200192-0 -121
12:10	560	200086-2 -121
12:11	560	200086-2 -121
12:11	560	200192-0 -119
12:11	560	200192-32 -123
12:11	560	200192-0 -123
12:12	560	200192-0 -120
12:12	560	200086-2 -119
12:12	560	200192-0 -120
12:12	560	200086-2 -119
12:12	560	200519-2 -116
12:12	560	200192-0 -118
12:12	560	200086-2 -115
12:12	560	200519-2 -117
12:13	560	200519-2 -114
12:13	560	200086-2 -114
12:13	560	200086-66 -114
12:14	560	200086-66 -117
12:15	560	200086-66 -119
12:16	560	200086-66 -117
12:16	560	200086-64 -113
12:17	560	200086-64 -113

5.att

Log		ON
12:12	560	200086-2 -115
12:12	560	200519-2 -117
12:13	560	200519-2 -114
12:13	560	200086-2 -114
12:13	560	200086-66 -114
12:14	560	200086-66 -117
12:15	560	200086-66 -119
12:16	560	200086-66 -117
12:16	560	200086-64 -113
12:17	560	200086-64 -113
12:18	560	200086-64 -116
12:19	560	200086-64 -113
12:20	560	200086-64 -119
12:21	560	200086-64 -116
12:22	560	200086-64 -122
12:22	560	201201-2 -112
12:22	560	200086-32 -115
12:22	560	200284-34 -119
12:22	560	200086-32 -124
12:22	560	201201-2 -109
12:23	560	201201-2 -109
12:23	560	200086-32 -120
12:23	560	200284-34 -120
12:24	560	200284-34 -121
12:24	560	200086-32 -120
12:24	560	200284-34 -119
12:24	560	200084-33 -118
12:24	560	200084-65 -120
12:25	560	200084-65 -116
12:26	560	200084-65 -122
12:26	560	200745-33 -112
12:27	560	200745-33 -110
12:27	560	200745-34 -110
12:27	550	200175-33 -110
12:27	560	200745-34 -112
12:27	560	200745-32 -114
12:27	550	200175-33 -109

6.att

Log			ON
12:25	560	200084-65	-116
12:26	560	200084-65	-122
12:26	560	200745-33	-112
12:27	560	200745-33	-110
12:27	560	200745-34	-110
12:27	550	200175-33	-110
12:27	560	200745-34	-112
12:27	560	200745-32	-114
12:27	550	200175-33	-109
12:28	550	200175-33	-111
12:28	560	200745-32	-109
12:28	550	200175-33	-109
12:28	550	201089-34	-110
12:29	550	201089-34	-109
12:29	550	201089-32	-109
12:29	550	200175-32	-113
12:29	550	200094-34	-113
12:29	550	200094-66	-114
12:30	550	200094-66	-112
12:30	550	200094-34	-111
12:30	550	200094-66	-114
12:30	550	200094-34	-109
12:31	550	200094-34	-110
12:31	550	200094-66	-117
12:32	550	200094-66	-109
12:33	550	200094-66	-112
12:33	550	200087-66	-117
12:33	550	200089-66	-117
12:33	550	200670-2	-114
12:33	550	200955-2	-114
12:33	550	200670-0	-110
12:33	550	200955-2	-113
12:33	550	200670-2	-109
12:33	550	200293-1	-113
12:33	560	200313-0	-114
12:34	550	200252-2	-112
12:34	550	200087-0	-112

7.att

# AUTORS



## Valentīns Popovs

RTU profesors, Habilitētais fizikas doctors (Dz.habil.phys.)

Web-sites: <http://sites.google.com/site/vipopovsen>

<http://www.russkije.lv/ru/lib/read/popov-valentin.html?source=persons>