

მობილური კომუნიკაციების ხარისხის კონტროლი 2020



კომუნიკაციების კომისია
თბილისი, 2020

სარჩევი

1. შესავალი.....	3
2. სამეგრელო.....	4
2.1. სამეგრელო - 300 კმ.	4
2.2. Voice Calls - ხმოვანი ზარები (GSM, UMTS).....	4
2.3. მონაცემთა გადაცემის მომსახურება (LTE).....	5
2.4. GSM ტექნოლოგიაზე მომუშავე ქსელები.....	8
2.5. UMTS ტექნოლოგიაზე მომუშავე ქსელები.....	12
2.6. LTE ტექნოლოგიაზე მომუშავე ქსელები.....	17
3. „დრაივ-ტესტის“ მეთოდოლოგია.....	28
3.1. გამოყენებული აპარატურა.....	28
3.2. მარშრუტი.....	29
3.3. მონაცემების ანალიზი.....	29
4. შეფასების კრიტერიუმები.....	30
4.1. ხმოვანი გამოძახების მომსახურება.....	30
4.2. მონაცემთა გადაცემის მომსახურება.....	31
4.3. GSM ქსელის დაფარვის მახასიათებლები.....	31
4.4. UMTS ქსელის დაფარვის მახასიათებლები.....	32
4.5. LTE ქსელის დაფარვის მახასიათებლები.....	32

1. შესავალი

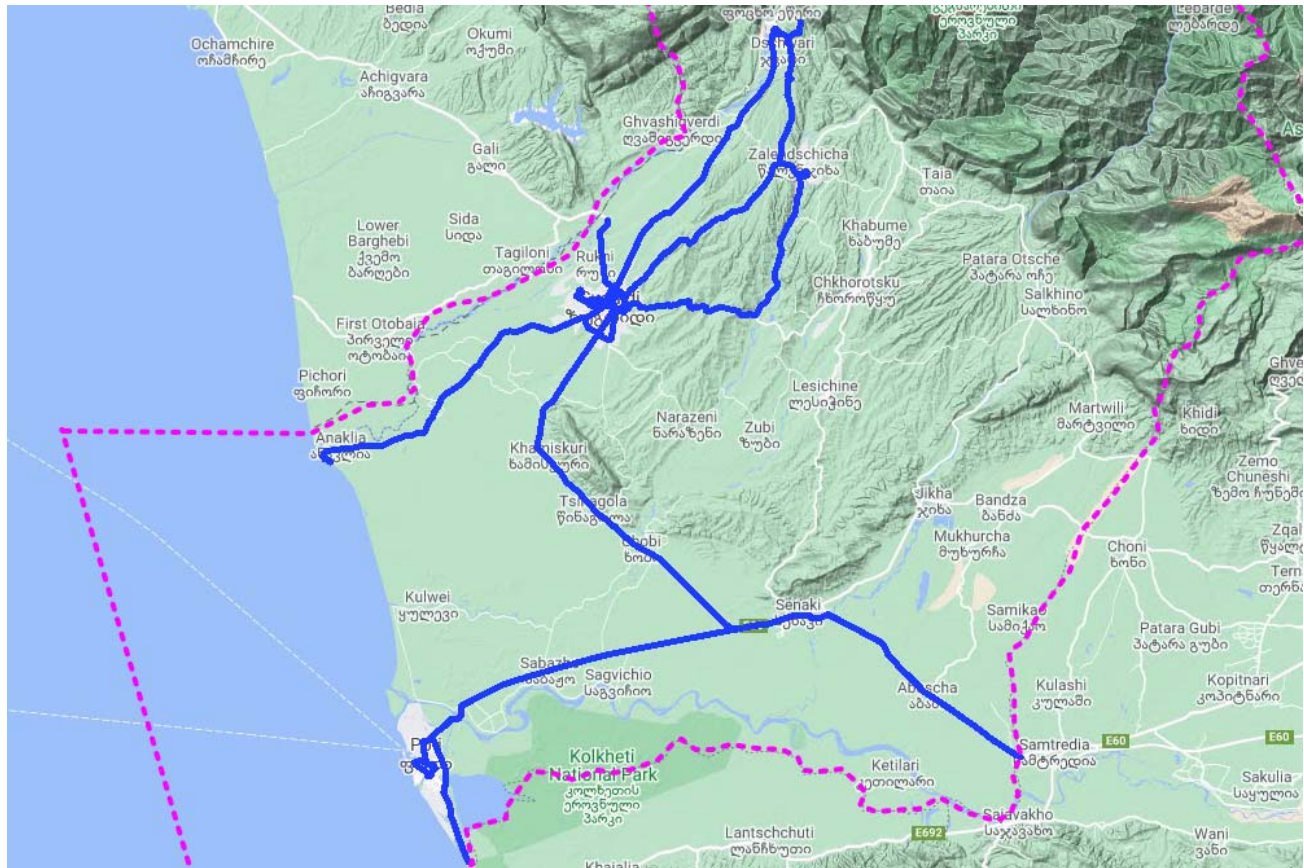
ანგარიში მომზადებულია კომუნიკაციების კომისიის აპარატის სპექტრისა და ტექნოლოგიის დეპარტამენტის მიერ, ანგარიში მოიცავს „დრაივ ტესტის“ ინფორმაციას და მისი მიზანია მთელი საქართველოს მასშტაბით მობილური მომსახურებების ხარისხის კვლევა და მონიტორინგი.

მსგავსი კვლევები ევროპის უმეტეს ქვეყნებში ტარდება და მისი მიზანია მობილური მომსახურების ბაზარზე ჯანსაღი კონკურენციის გაძლიერება, მომსახურებების ხარისხის გაზრდას და კავშირის მდგრადობის უზრუნველყოფა.

ანგარიში ასახავს მობილური ქსელების შეფასების ისეთ მახასიათებელს, როგორებიცაა ქსელის დაფარვის გეოგრაფიული არეალი, ინტერფერენციის დონე, ფიჭიდან ფიჭაზე გადასვლის კორექტულობა, განხორციელებული ზარების სტატისტიკა და სხვა. საერთაშორისო პრაქტიკის და რეკომენდაციების მიხედვით, თითოეულისათვის განსაზღვრულია შესაბამისი KPIs (Key Performance Indicators), რომლებიც განაპირობებენ წარმადობის ძირითად მახასიათებლებს. ასევე, განსაზღვრულია ქსელის ფუნქციონირების სხვა მნიშვნელოვანი პარამეტრები (ცხრილებში აღნიშნულია, როგორც ინფორმაციული), რომლებიც ზეგავლენას ახდენენ გაწეული მომსახურებების ხარისხზე.

2. სამეგრელო

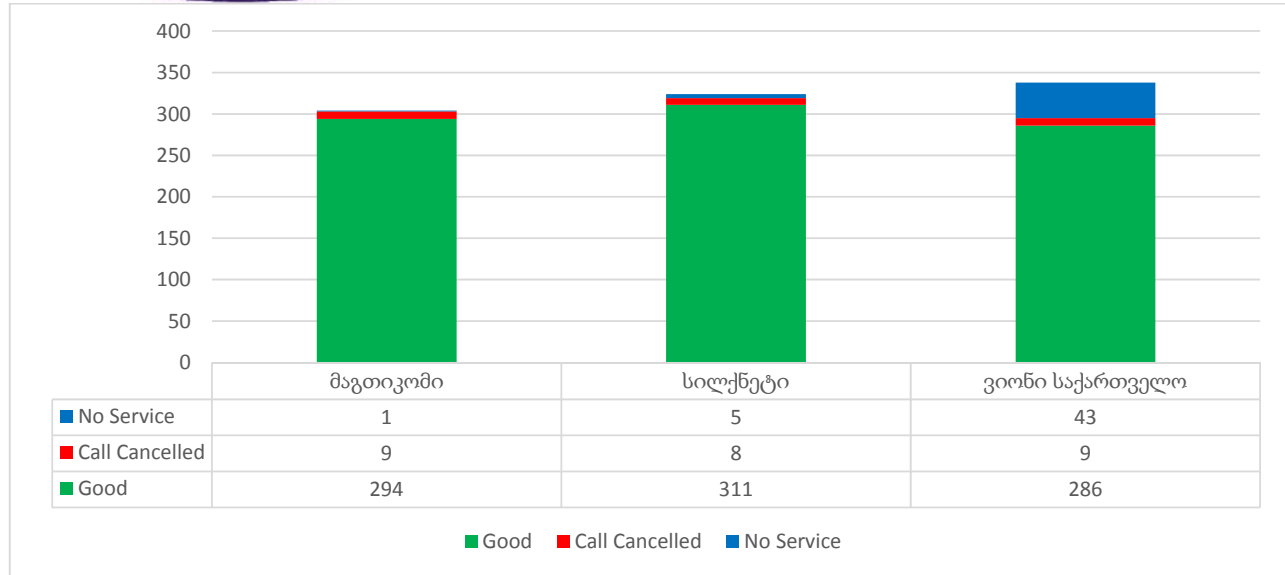
2.1. სამეგრელო - 300 კმ.



2.2. Voice Calls - ხმოვანი ზარები (GSM, UMTS)

Good Calls		ზღვრული მნიშვნელობა:	96.00%
მაგთიკომი	სილქნეტი	ვიონი საქართველო	
96.7%	96.0%	84.6%	

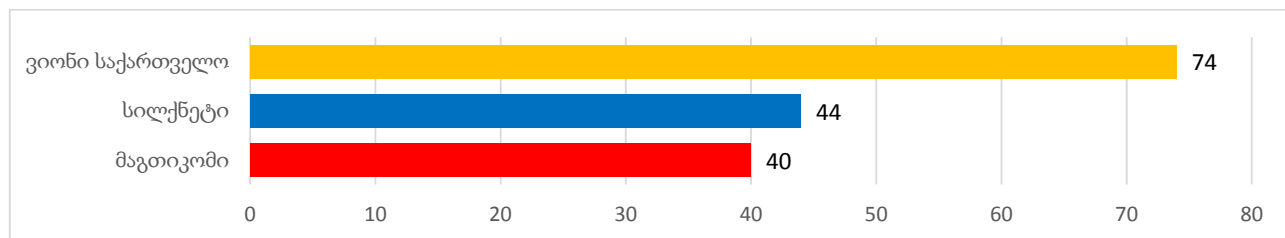
Failed Calls		ზღვრული მნიშვნელობა:	4.0%
მაგთიკომი	სილქნეტი	ვიონი საქართველო	
3.3%	4.0%	15.4%	



Call Setup Time (s)		ზღვრული მნიშვნელობა: 10s		
	მაგთიკომი	სილქნეტი	ვიონი საქართველო	
< 10	89.46%	35.05%	9.09%	
10-15	10.20%	63.67%	87.06%	
>15	0.34%	1.29%	3.85%	

2.3. მონაცემთა გადაცემის მომსახურება (LTE)

ICMP Ping average (ms)		ზღვრული მნიშვნელობა (<= მილიწამი): 90		
	მაგთიკომი	სილქნეტი	ვიონი საქართველო	
	40	44	74	



Ping-ის წარმატებული ცდების პროცენტული მაჩვენებელი



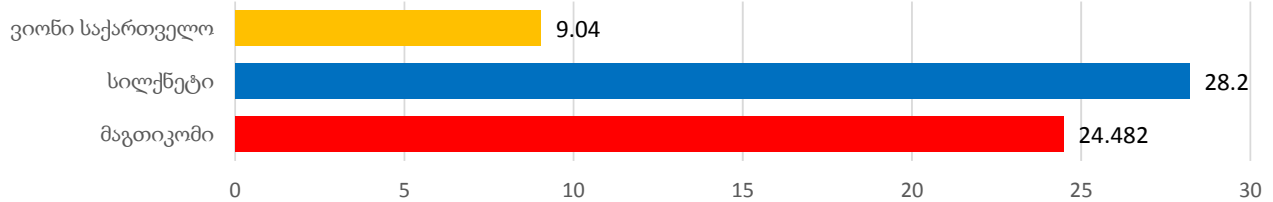
HTTP Average Data Rate (მბიტ/წმ)

ზღვრული მნიშვნელობა:

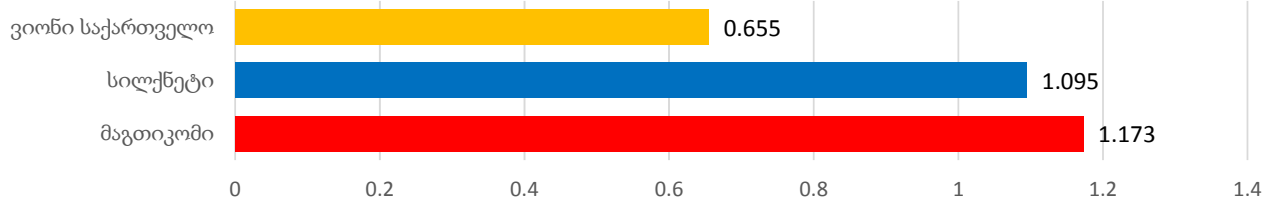
5.5

მაგთიკომი	სილქნეტი	ვიონი საქართველო
24.482	28.2	9.04

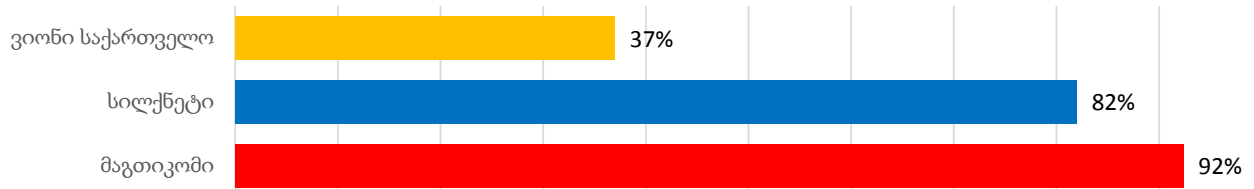
HTTP პროტოკოლით ფაილის გადმოწერისას დაფიქსირებული საშუალო სიჩქარე (მბიტ/წმ)



Kepler-ის გვერდის ჩამოტვირთვის დროს დაფიქსირებული საშუალო სიჩქარე (მბიტ/წმ)



HTTP პროტოკოლით მიმართვისას წარმატებული ცდების პროცენტული მაჩვენებელი

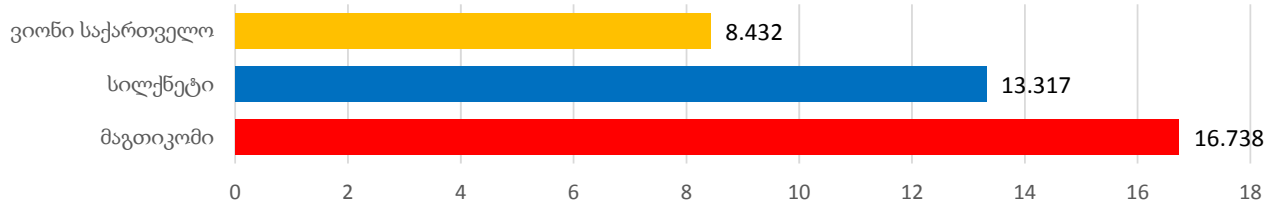


FTP Average Data Rate (მბიტ/წმ)

ზღვრული მნიშვნელობა: 5.5

მაგთიკომი	სილქნეტი	ვიონი საქართველო
16.738	13.317	8.432

FTP პროტოკოლით ფაილის ატვირთვისას დაფიქსირებული საშუალო სიჩქარე (მბიტ/წმ)

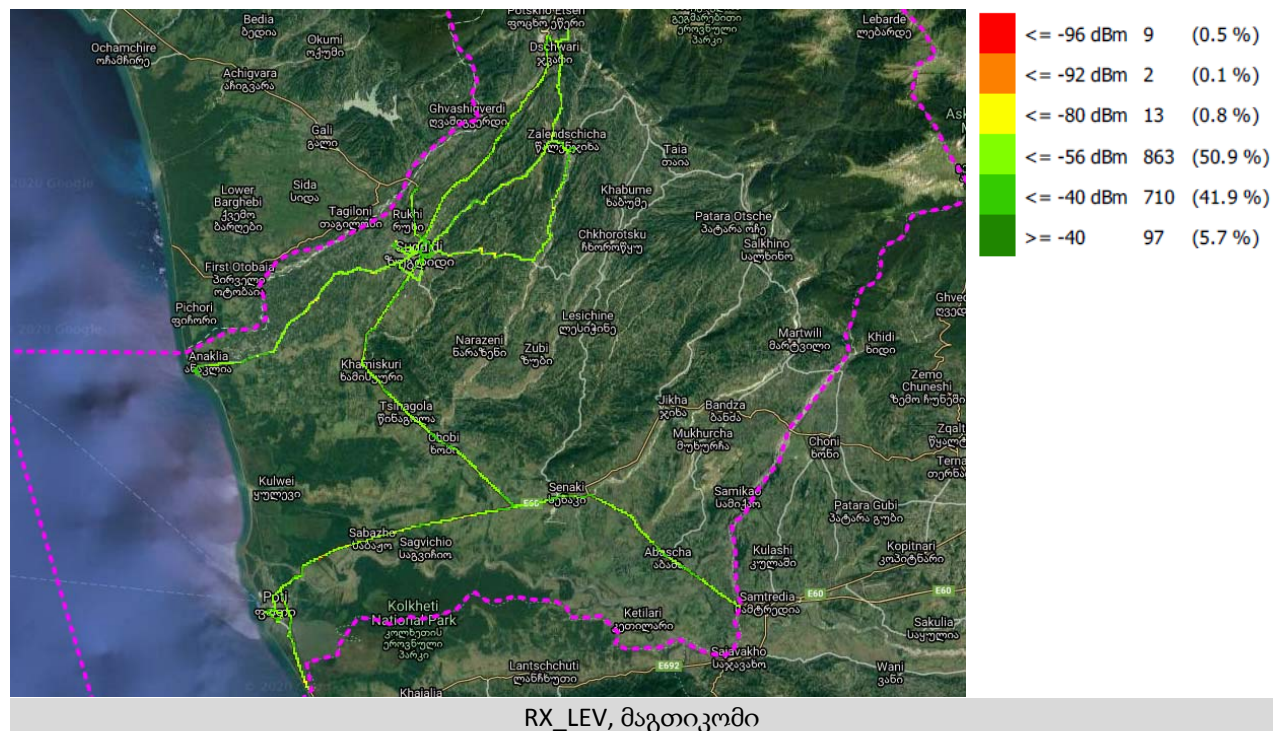
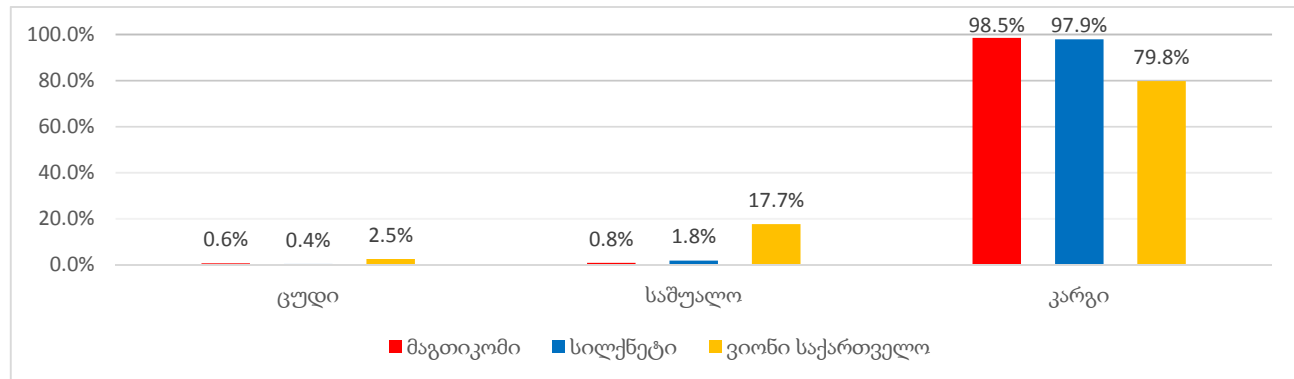


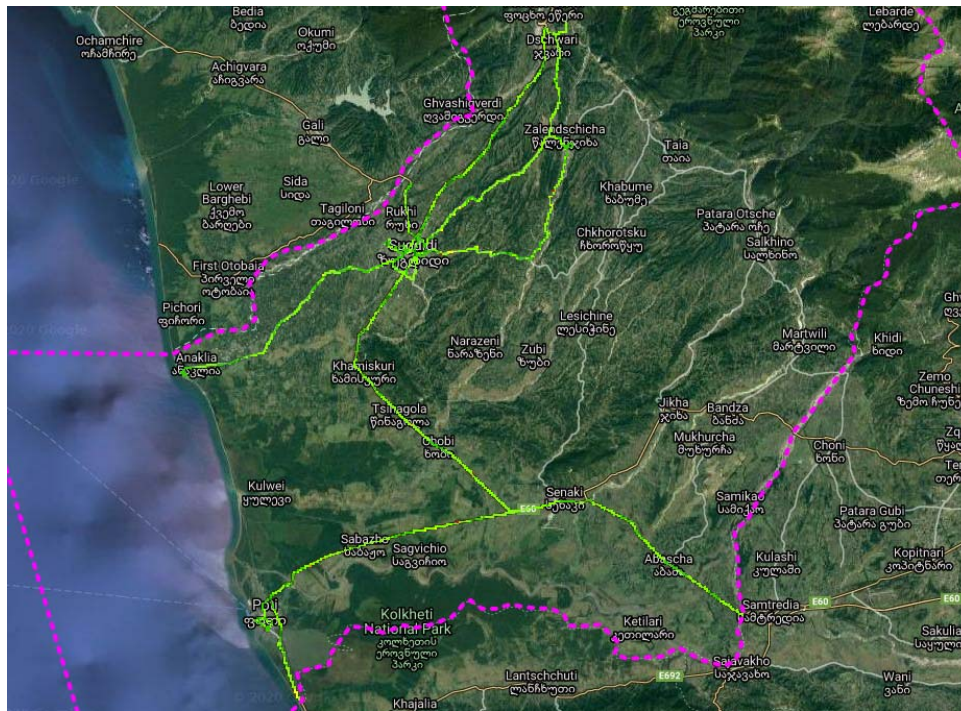
FTP პროტოკოლით მიმართვისას წარმატებული ცდების პროცენტული მაჩვენებელი



2.4. GSM ტექნოლოგიაზე მომუშავე ქსელები

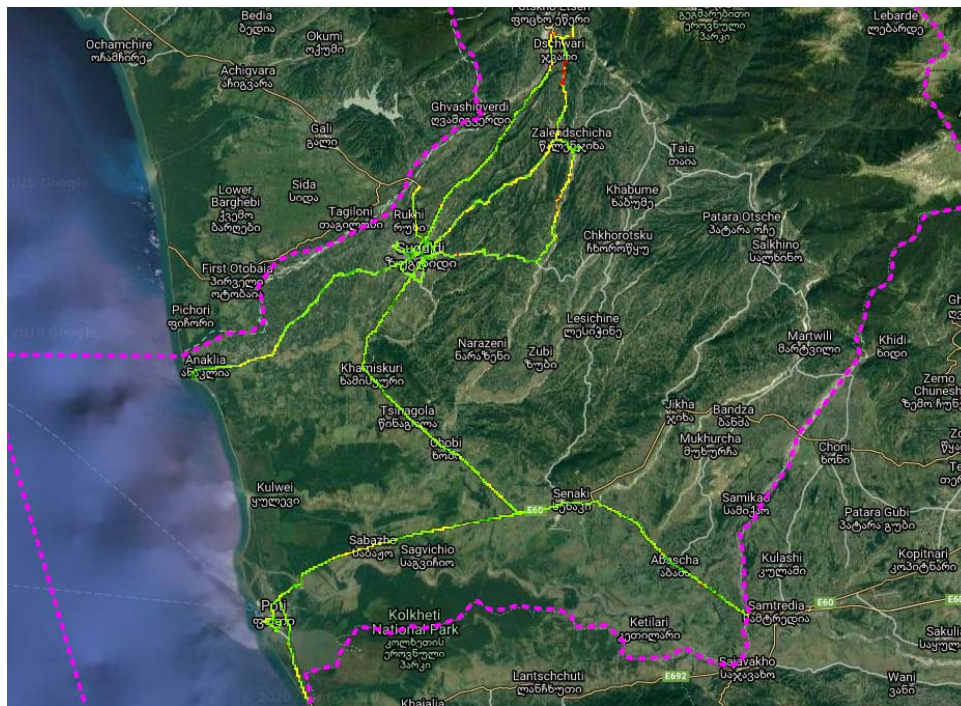
RX_LEV (dbm)	კარგი: -80dbm	ცუდი: -92dbm	
	მაგთიკომი	სილქნეტი	ვიონი საქართველო
<= -96dbm	0.5%	0.3%	1.5%
<= -92dbm	0.1%	0.1%	1.0%
<= -80dbm	0.8%	1.8%	17.7%
<= -56dbm	50.9%	61.8%	64.7%
<= -40dbm	41.9%	32.2%	13.6%
> -40dbm	5.7%	3.9%	1.5%





<= -96 dBm	5	(0.3 %)
<= -92 dBm	1	(0.1 %)
<= -80 dBm	30	(1.8 %)
<= -56 dBm	1039	(61.8 %)
<= -40 dBm	542	(32.2 %)
>= -40	65	(3.9 %)

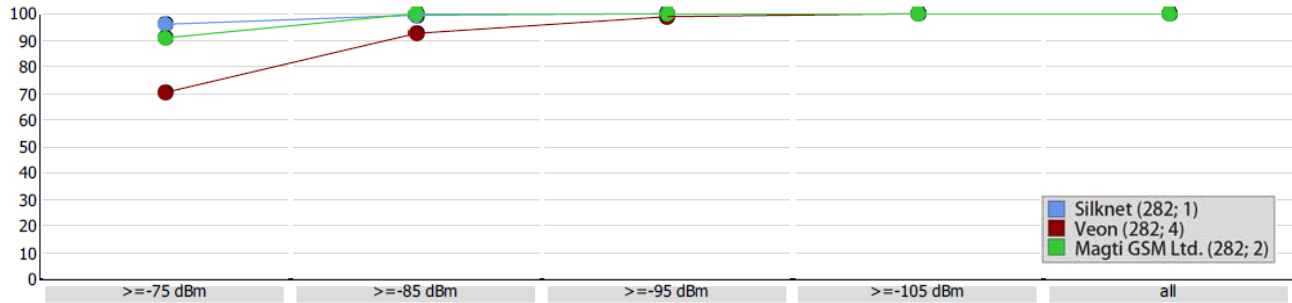
RX_LEV, სილქნეტი



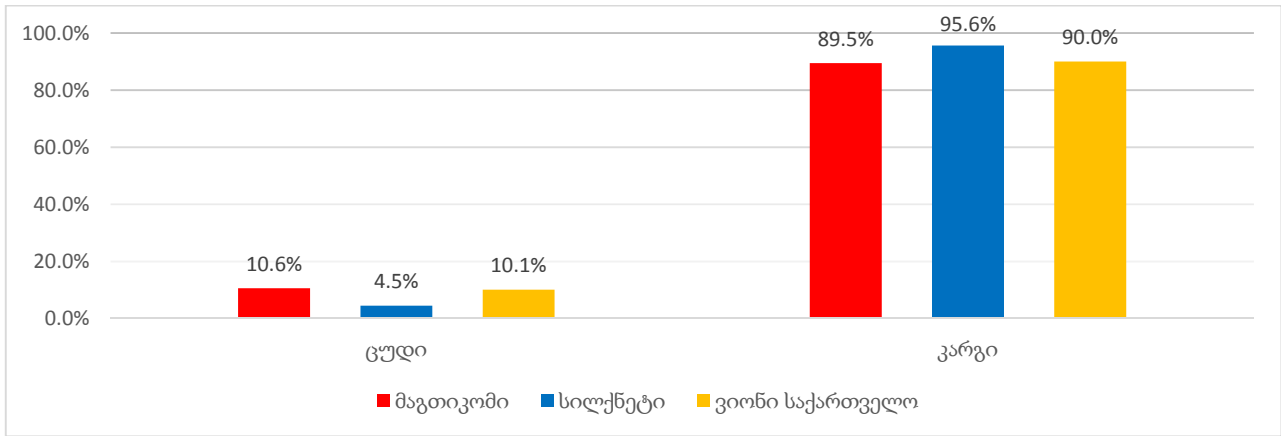
<= -96 dBm	25	(1.5 %)
<= -92 dBm	16	(1.0 %)
<= -80 dBm	295	(17.7 %)
<= -56 dBm	1076	(64.7 %)
<= -40 dBm	226	(13.6 %)
>= -40	25	(1.5 %)

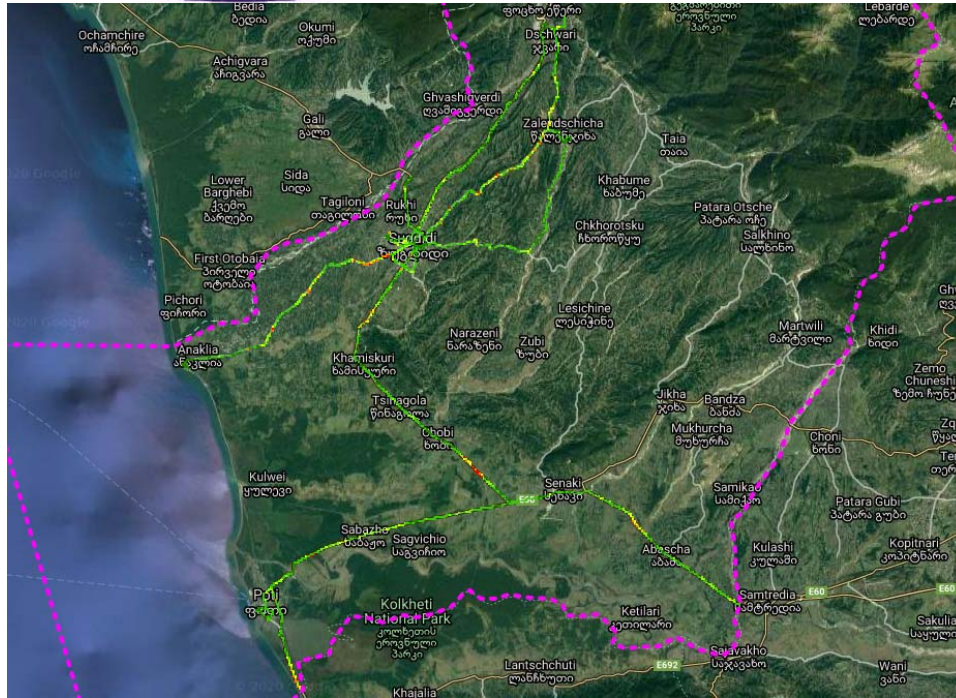
RX_LEV, ვიონი საქართველო

The chart below shows the cumulative distribution of the Top1 Coverage samples of different operators



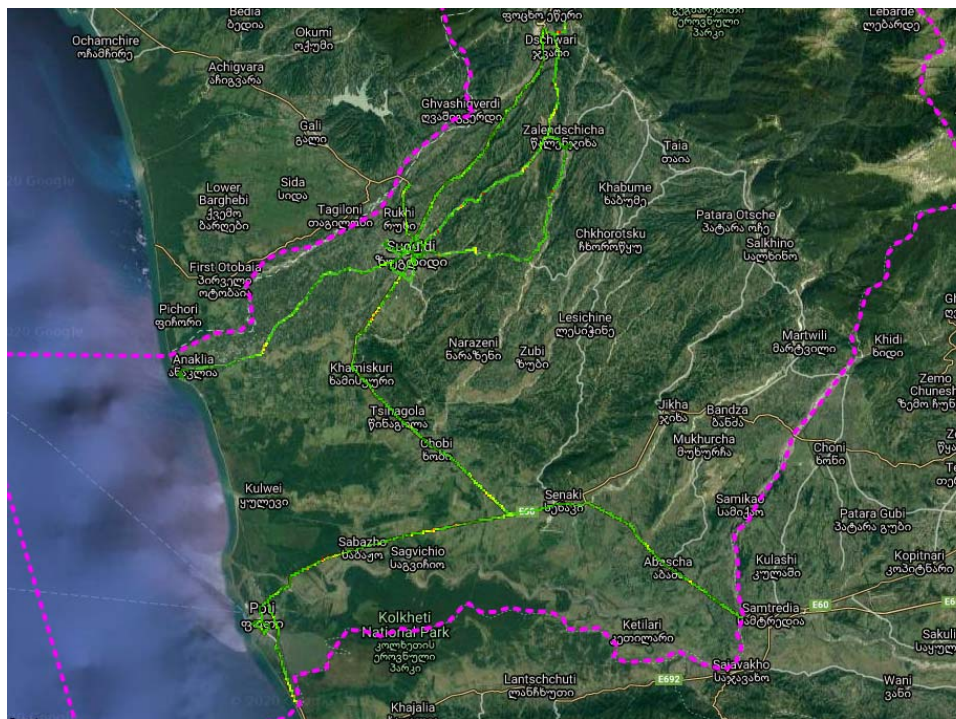
C/I (db)	ზღვრული მნიშვნელობა: 18db		
	მაგთიკომი	სილქნეტი	ვიონი საქართველო
<= 8 db	1.6%	0.4%	1.2%
<= 14 db	3.5%	1.1%	3.7%
<= 18 db	5.5%	3.0%	5.2%
<= 24 db	18.7%	11.4%	16.6%
<= 32 db	52.4%	58.7%	60.4%
> 32 db	18.4%	25.5%	13.0%





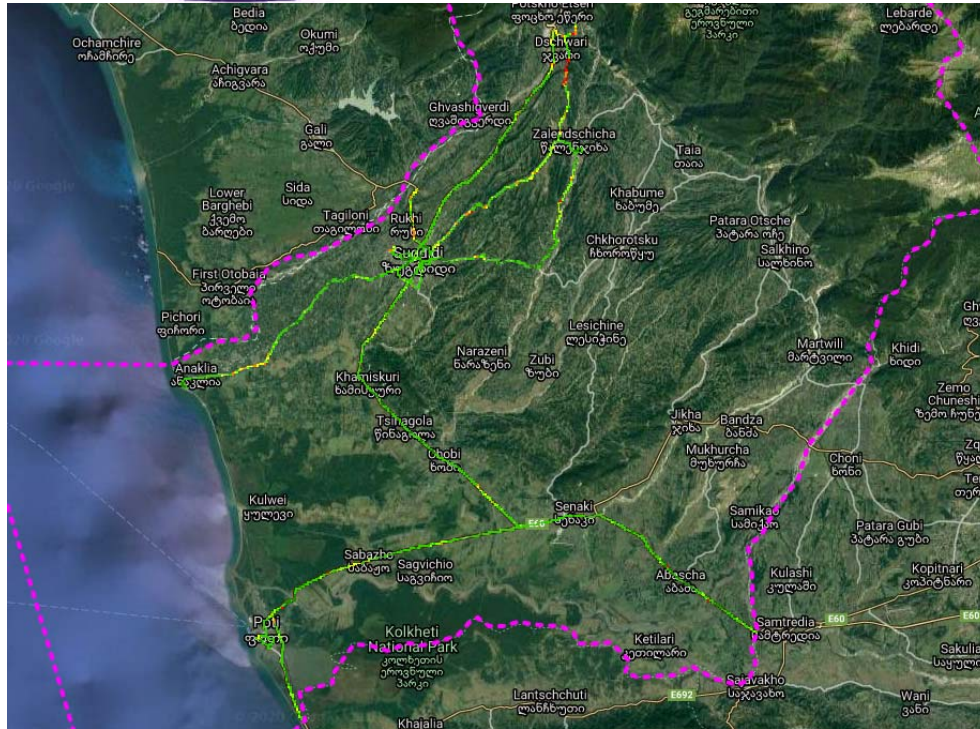
Red	<= 8 dB	26	(1.6 %)
Orange	<= 14 dB	57	(3.5 %)
Yellow	<= 18 dB	91	(5.5 %)
Light Green	<= 24 dB	307	(18.7 %)
Green	<= 32 dB	862	(52.4 %)
Dark Green	better	302	(18.4 %)

C/I, მგეოტკომი



Red	<= 8 dB	6	(0.4 %)
Orange	<= 14 dB	18	(1.1 %)
Yellow	<= 18 dB	50	(3.0 %)
Light Green	<= 24 dB	192	(11.4 %)
Green	<= 32 dB	986	(58.7 %)
Dark Green	better	429	(25.5 %)

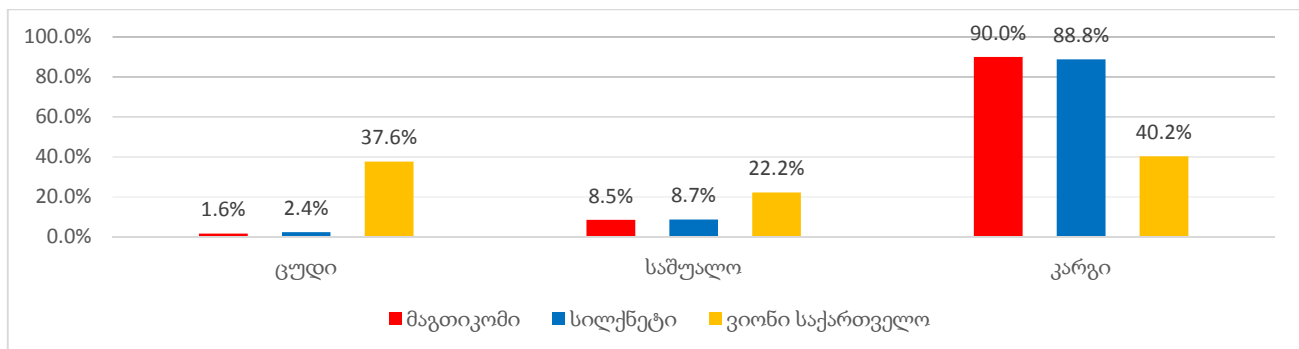
C/I, სილქნეტი

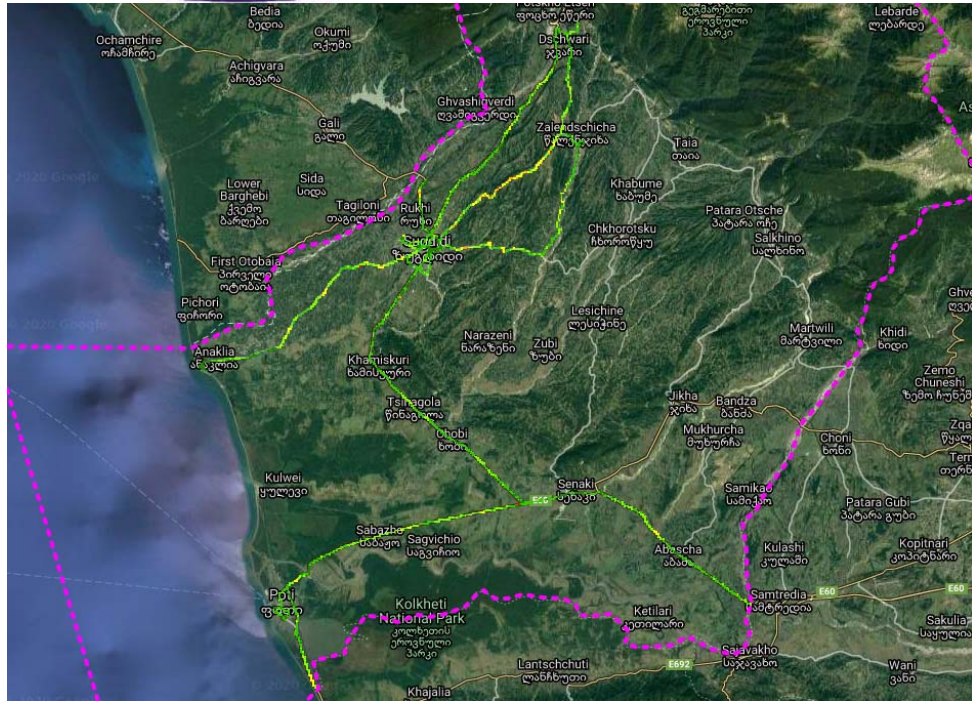


C/I, ვიონი საქართველო

2.5. UMTS ტექნოლოგიაზე მომუშავე ქსელები

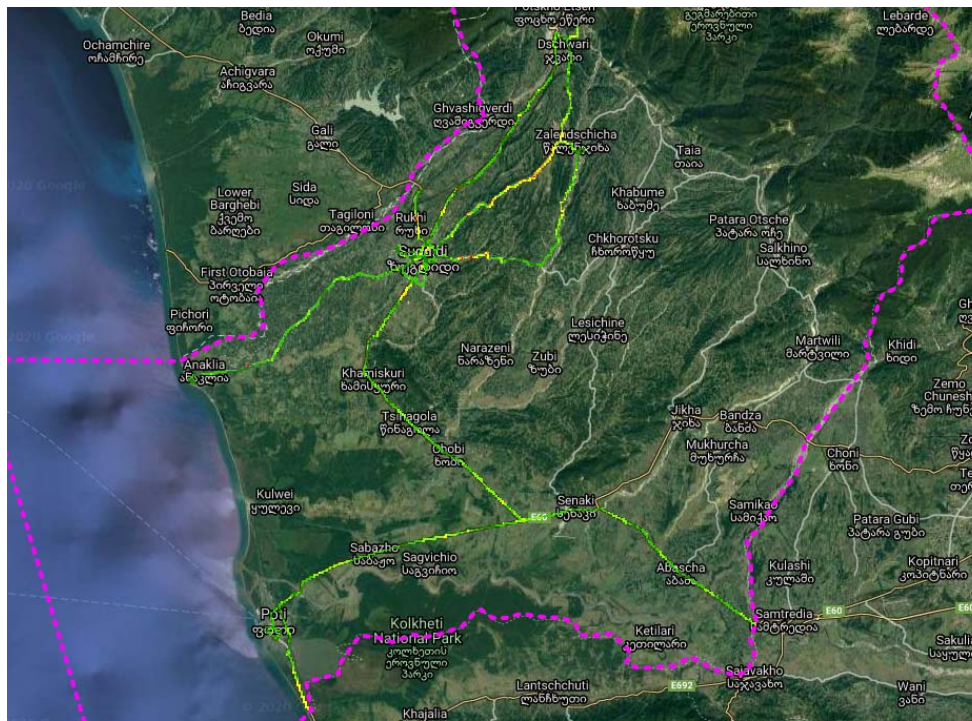
RSCP (dbm)	კარგი: -85dbm		ცუდი: -95dbm
	მაგთიკომი	სილქნეტი	ვიონი საქართველო
<= -100dbm	0.5%	0.5%	27.3%
<= -95dbm	1.1%	1.9%	10.3%
<= -85dbm	8.5%	8.7%	22.2%
<= -75dbm	29.5%	22.8%	20.2%
<= -60dbm	48.0%	47.2%	16.7%
> -60dbm	12.5%	18.8%	3.3%





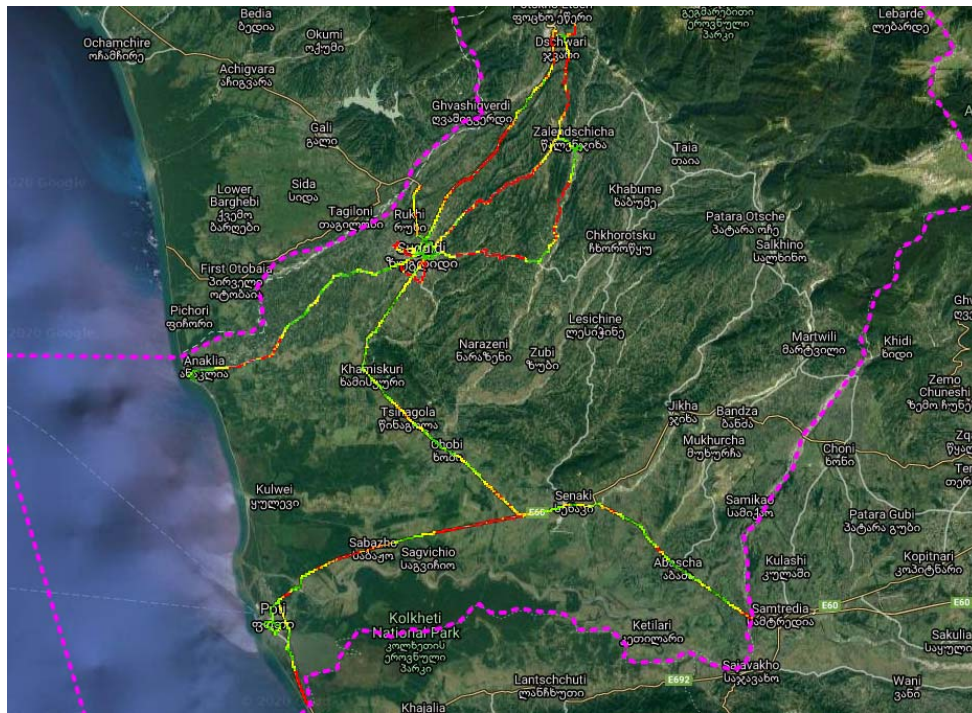
Red	<= -100 dBm	9	(0.5 %)
Orange	<= -95 dBm	18	(1.1 %)
Yellow	<= -85 dBm	141	(8.5 %)
Light Green	<= -75 dBm	491	(29.5 %)
Green	<= -60 dBm	799	(48.0 %)
Dark Green	better	208	(12.5 %)

RSCP, მაგთიკომი



Red	<= -100 dBm	9	(0.5 %)
Orange	<= -95 dBm	32	(1.9 %)
Yellow	<= -85 dBm	144	(8.7 %)
Light Green	<= -75 dBm	379	(22.8 %)
Green	<= -60 dBm	784	(47.2 %)
Dark Green	better	313	(18.8 %)

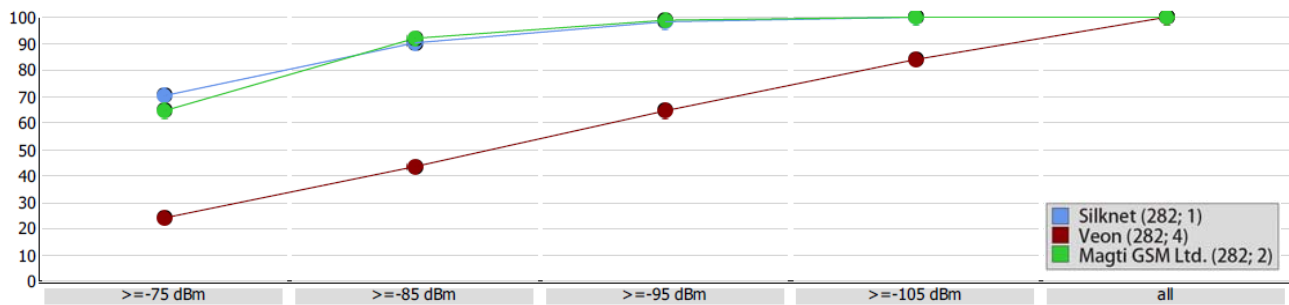
RSCP, სილქნეტი



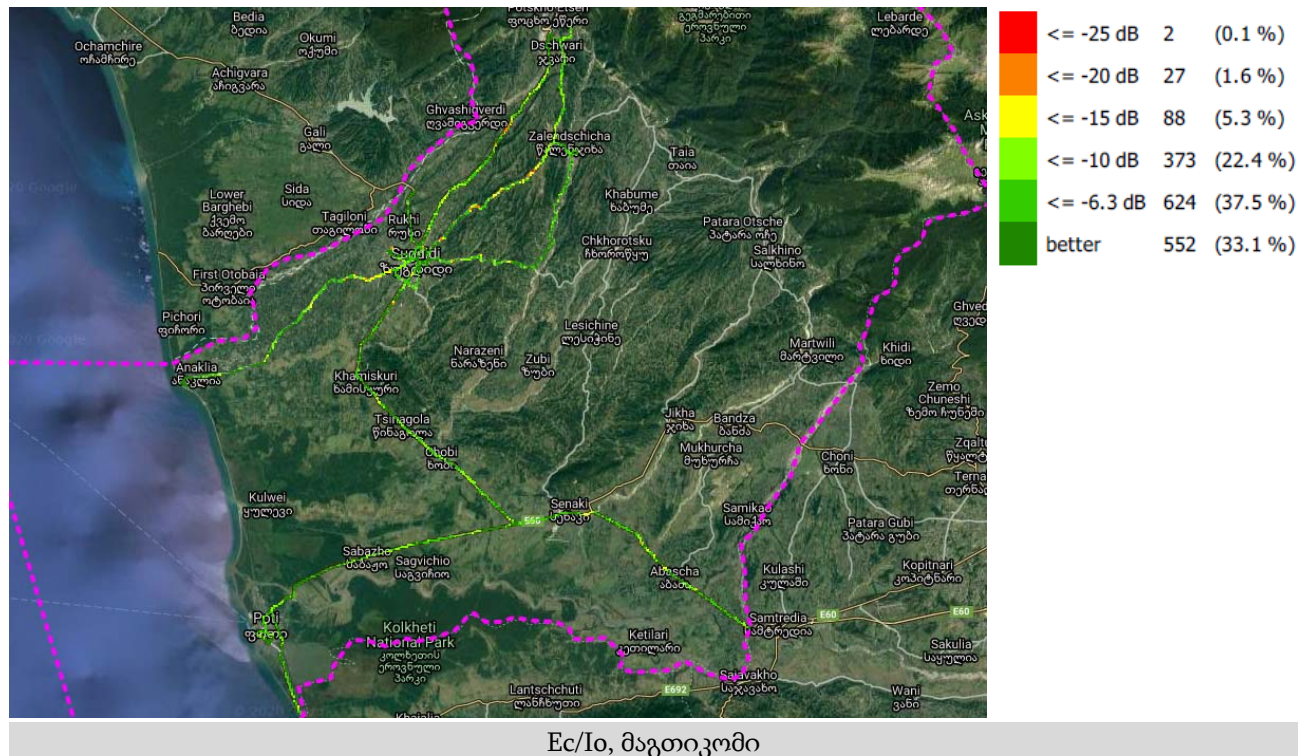
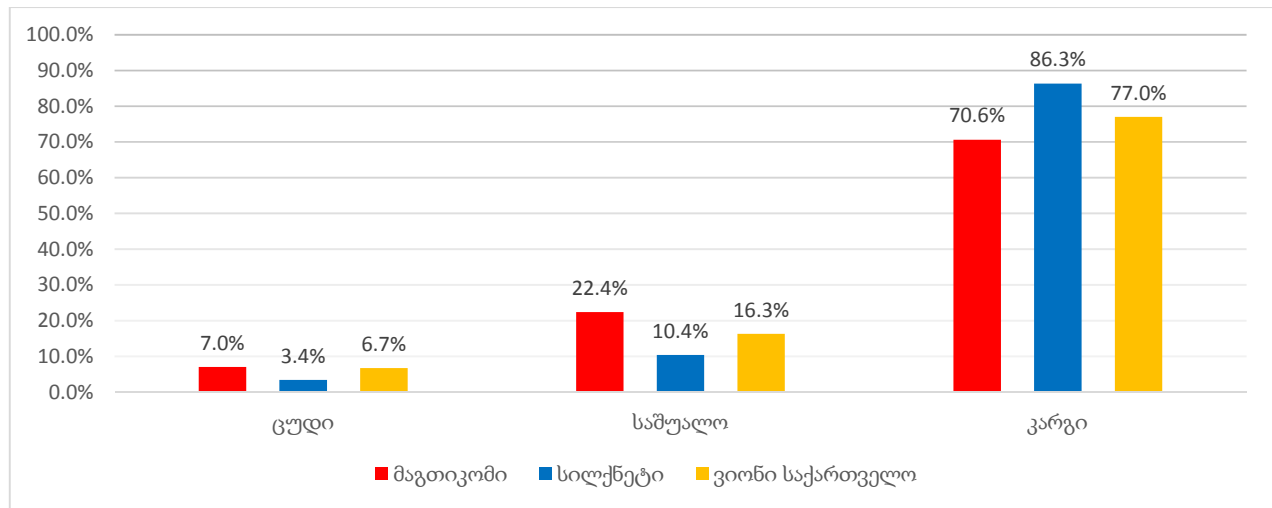
Red	<= -100 dBm	443 (27.3 %)
Orange	<= -95 dBm	168 (10.3 %)
Yellow	<= -85 dBm	360 (22.2 %)
Light Green	<= -75 dBm	329 (20.2 %)
Green	<= -60 dBm	271 (16.7 %)
Dark Green	better	54 (3.3 %)

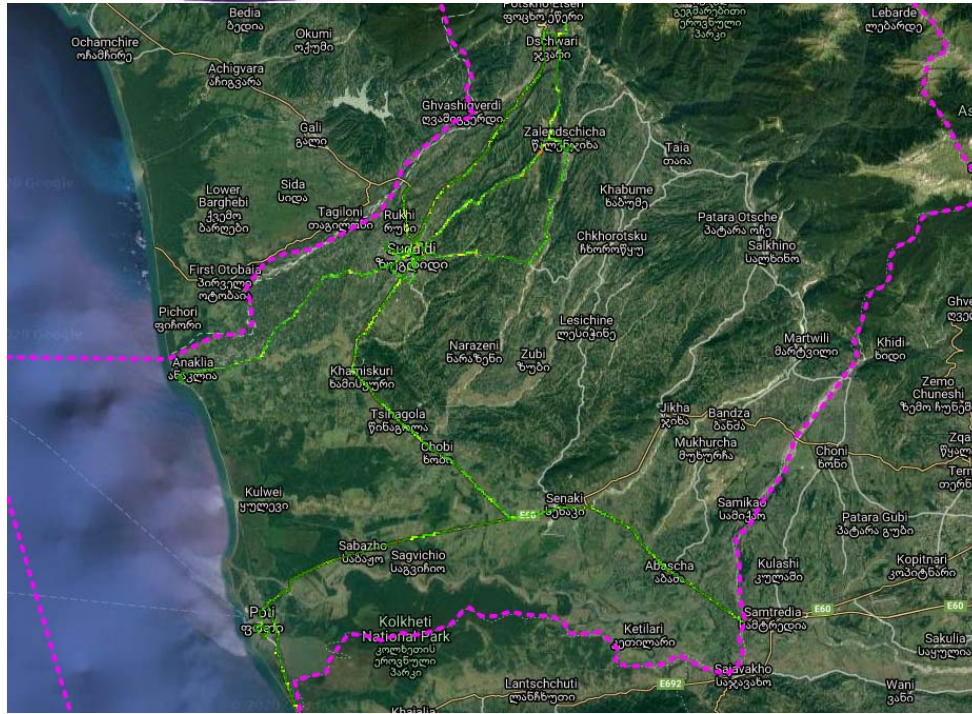
RSCP, ვიონი საქართველო

The chart below shows the cumulative distribution of the Top1 Coverage samples of different operators

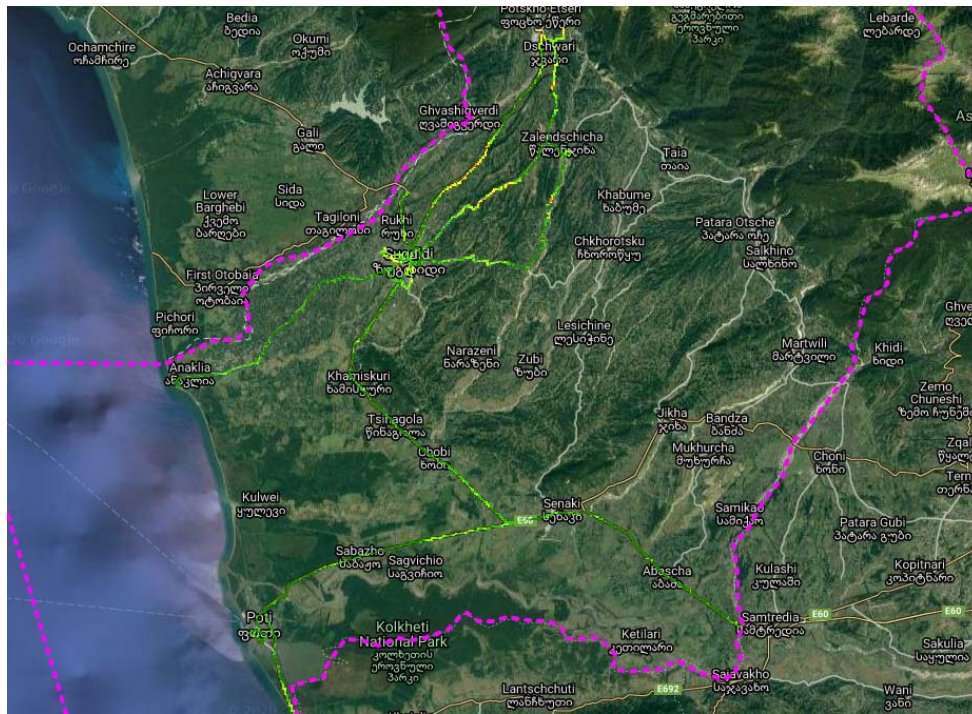


Ec/Io (db)	კარგი: -10db	ცუდი: -15db
	მაგთიკომი	სილქნეტი
<= -25 db	0.1%	0.1%
<= -20 db	1.6%	0.7%
<= -15 db	5.3%	2.6%
<= -10 db	22.4%	10.4%
<= -6.3 db	37.5%	33.1%
> -6.3 db	33.1%	53.2%
	ვიონი საქართველო	
<= -25 db	0.0%	1.3%
<= -20 db	1.3%	5.4%
<= -15 db	5.4%	16.3%
<= -10 db	16.3%	27.6%
<= -6.3 db	27.6%	49.4%
> -6.3 db	49.4%	





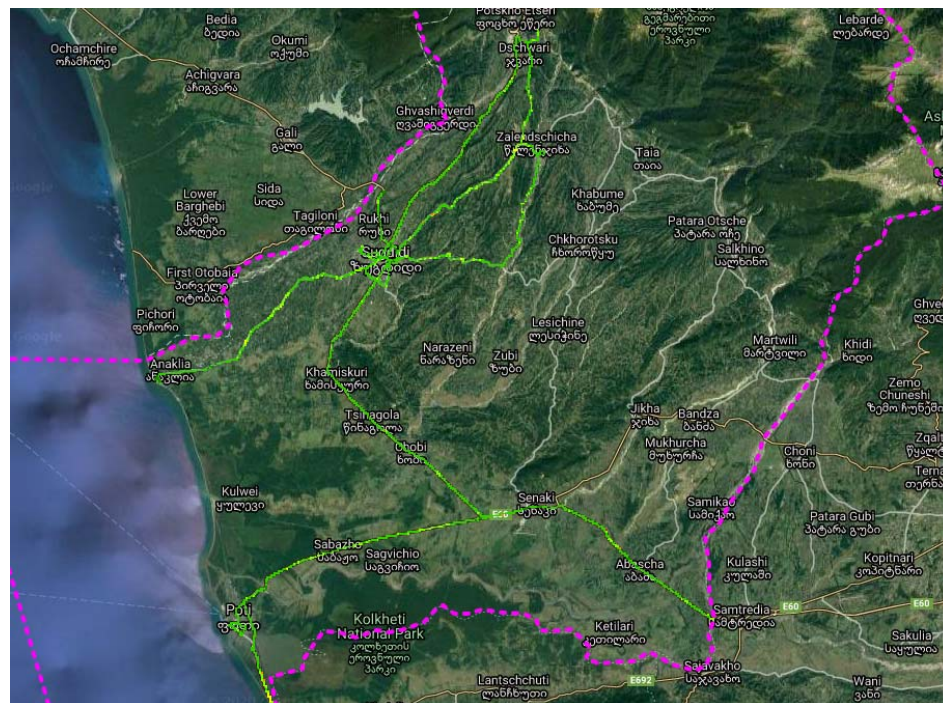
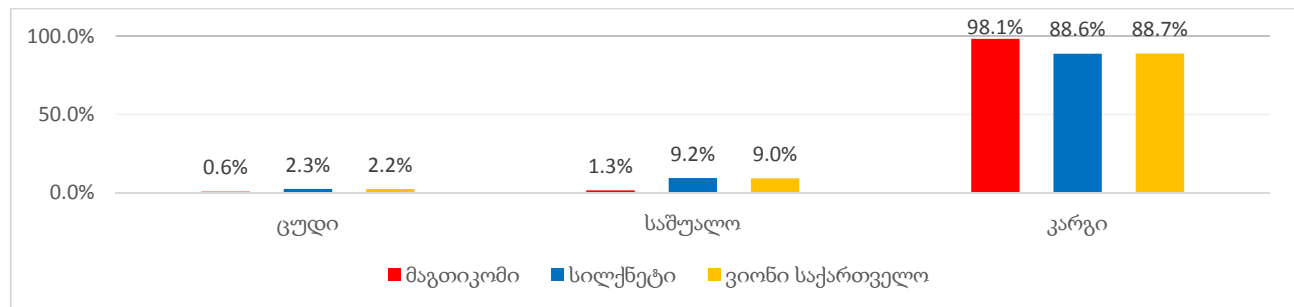
Ec/Io, სილქნეტი



Ec/Io, ვიონი საქართველო

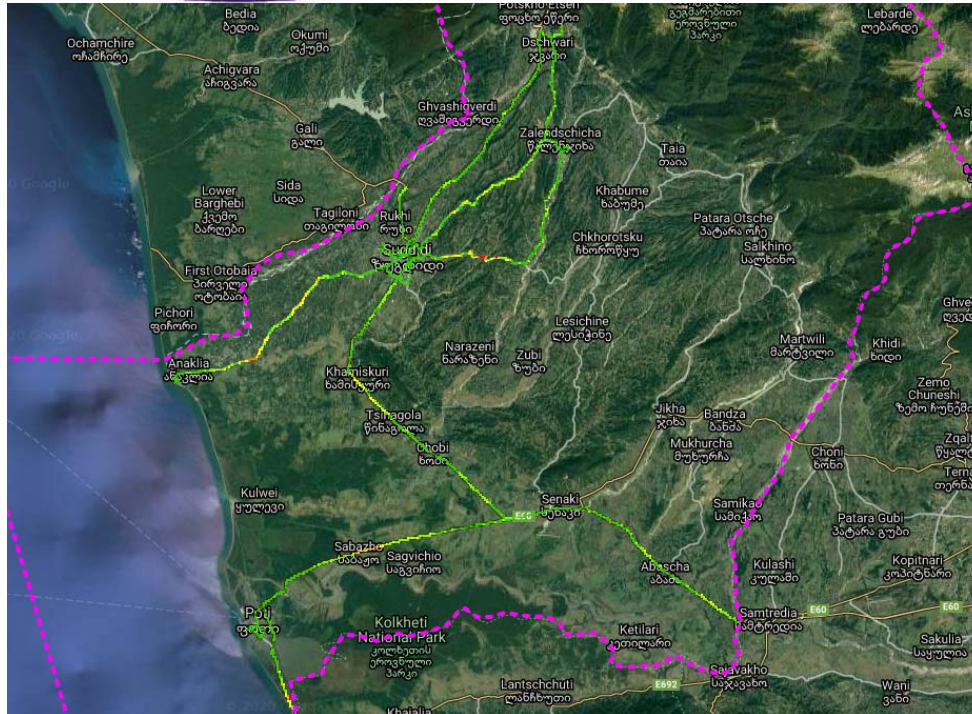
2.6. LTE ტექნოლოგიაზე მომუშავე ქსელები

RSRP (db)	კარგი: -100dbm		ცუდი: -108dbm
	მაგთიკომი	სილქნეტი	ვიონი საქართველო
<= -115 dbm	0.1%	0.6%	0.1%
<= -108 dbm	0.5%	1.7%	2.1%
<= -100 dbm	1.3%	9.2%	9.0%
<= -90 dbm	15.6%	23.6%	22.2%
<= -60 dbm	79.1%	60.4%	62.7%
> 60 dbm	3.4%	4.6%	3.8%

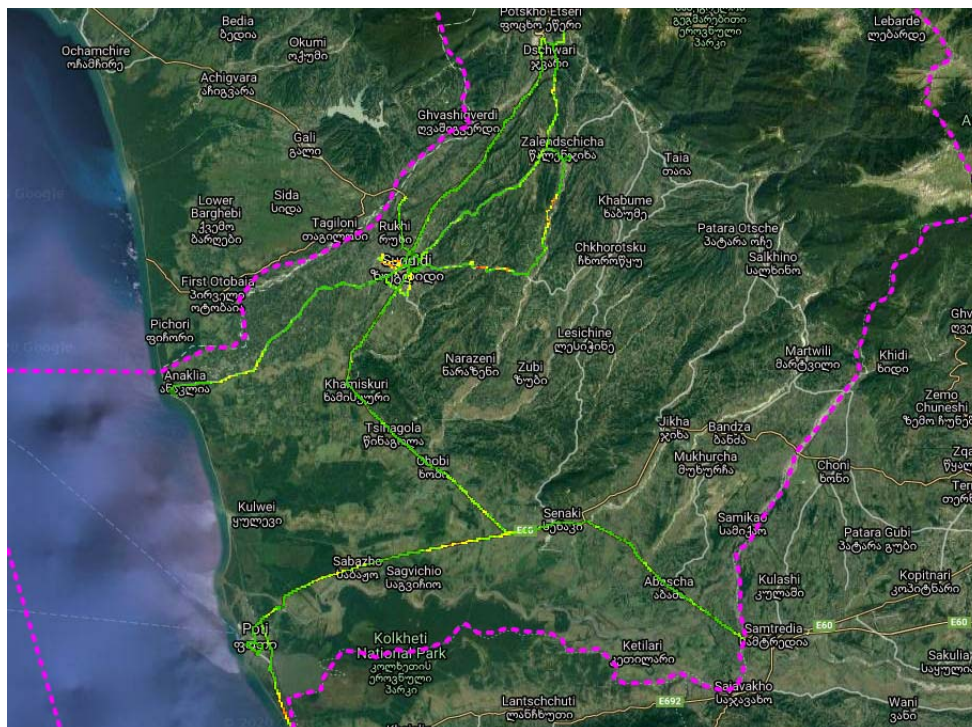


<= -115 dBm	1	(0.1 %)
<= -108 dBm	8	(0.5 %)
<= -100 dBm	21	(1.3 %)
<= -90 dBm	261	(15.6 %)
<= -60 dBm	1320	(79.1 %)
better	57	(3.4 %)

RSRP, მაგთიკომი

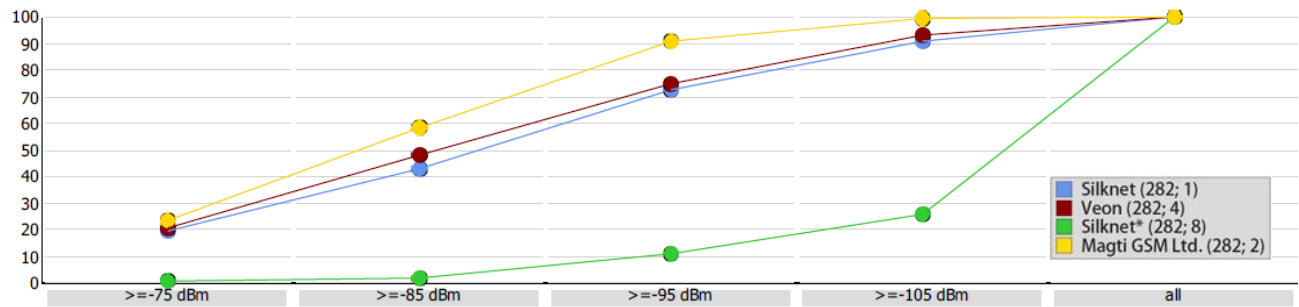


RSRP, სილქნეტი

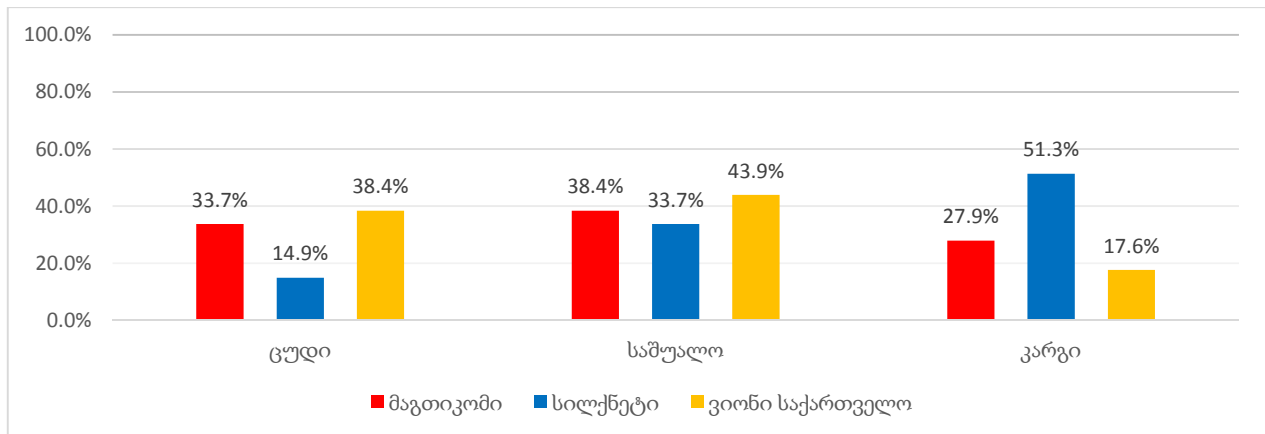


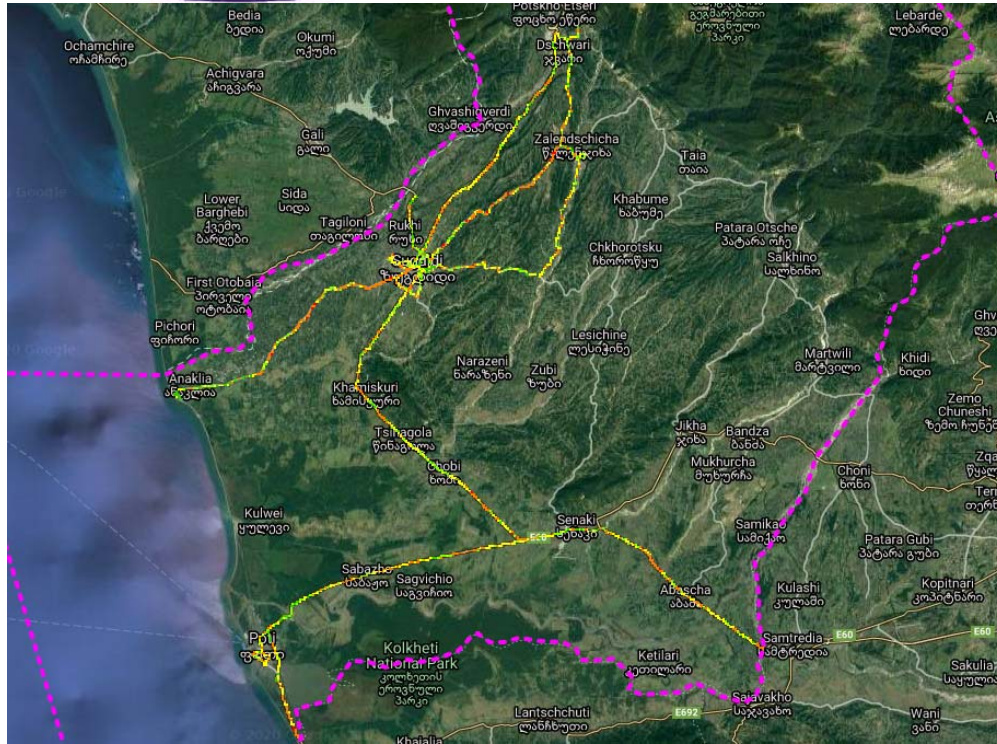
RSRP, ვიონ საქართველო

The chart below shows the cumulative distribution of the Top1 Coverage samples (RSRP) of different operators based on narrowband values

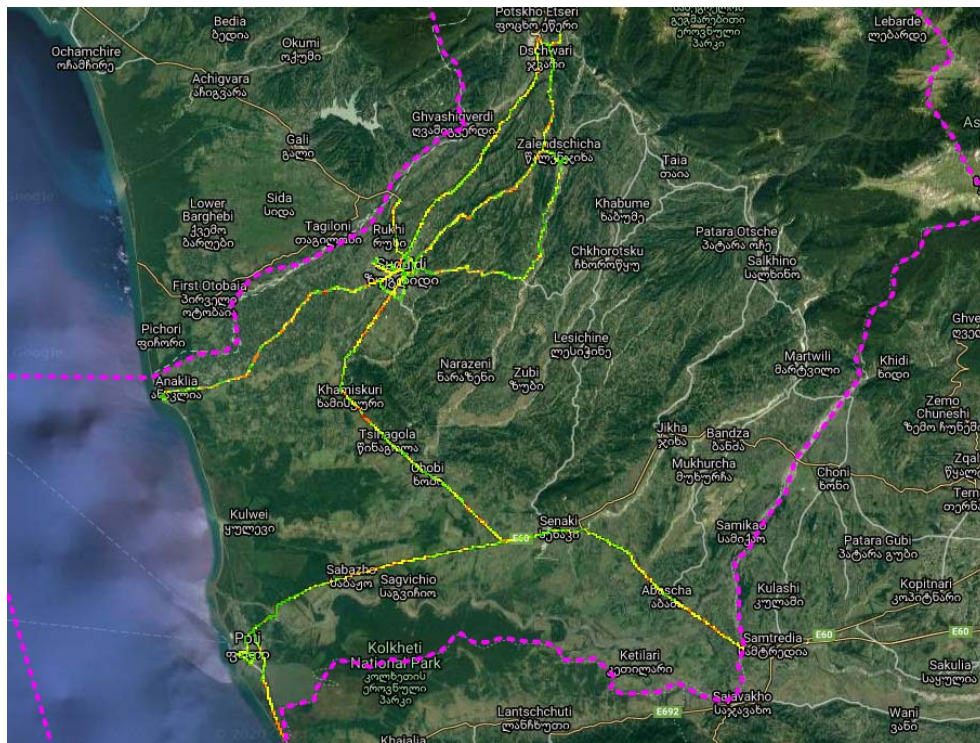


RSRQ (db)	კარგი: -12db		ცუდი: -15db
	მაგთიკომი	სილქნეტი	ვიონი საქართველო
<= -20 db	1.6%	0.7%	1.6%
<= -15 db	32.1%	14.2%	36.8%
<= -12 db	38.4%	33.7%	43.9%
<= -9 db	18.5%	29.5%	12.6%
<= -5 db	9.2%	21.5%	4.9%
> -5 db	0.2%	0.3%	0.1%

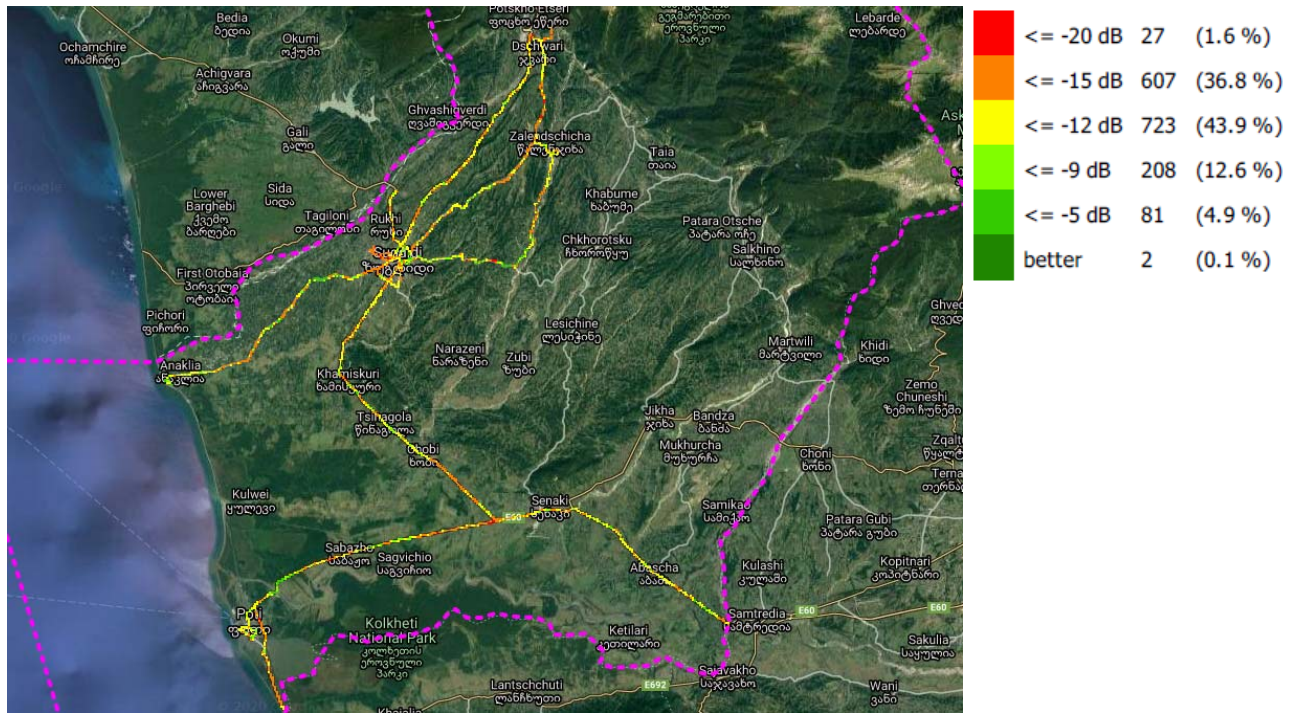




RSRQ მატეიკობი

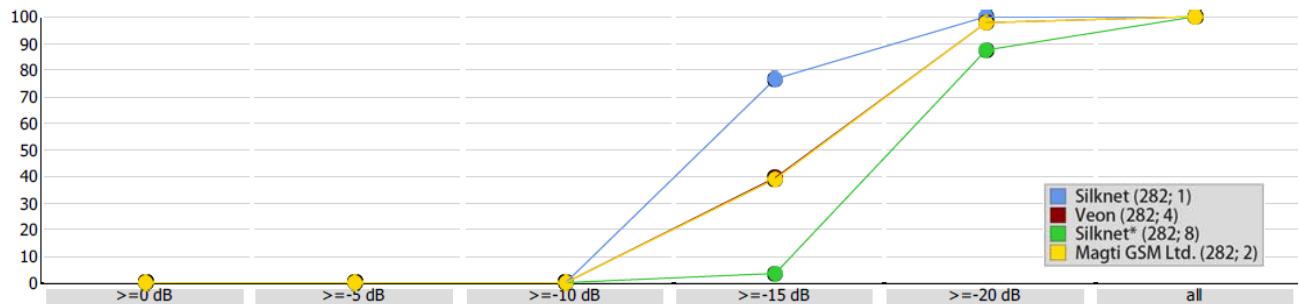


RSRQ სილქნეტი

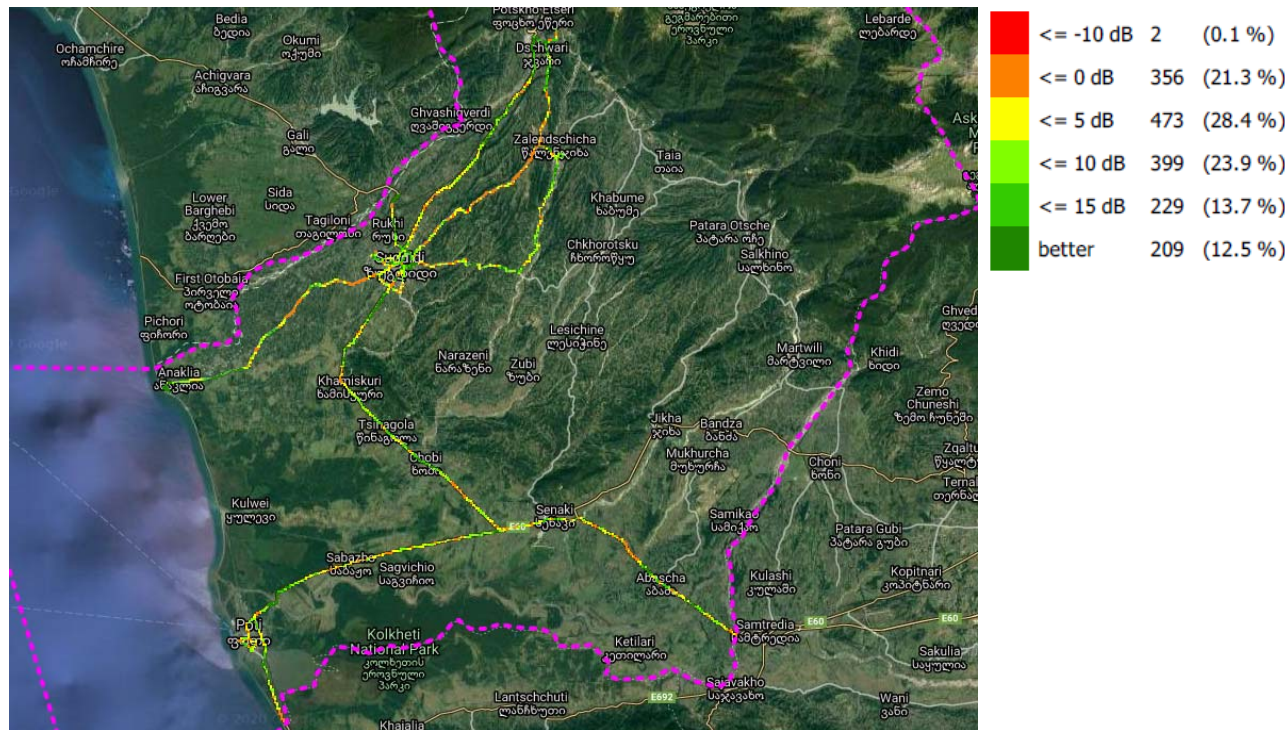
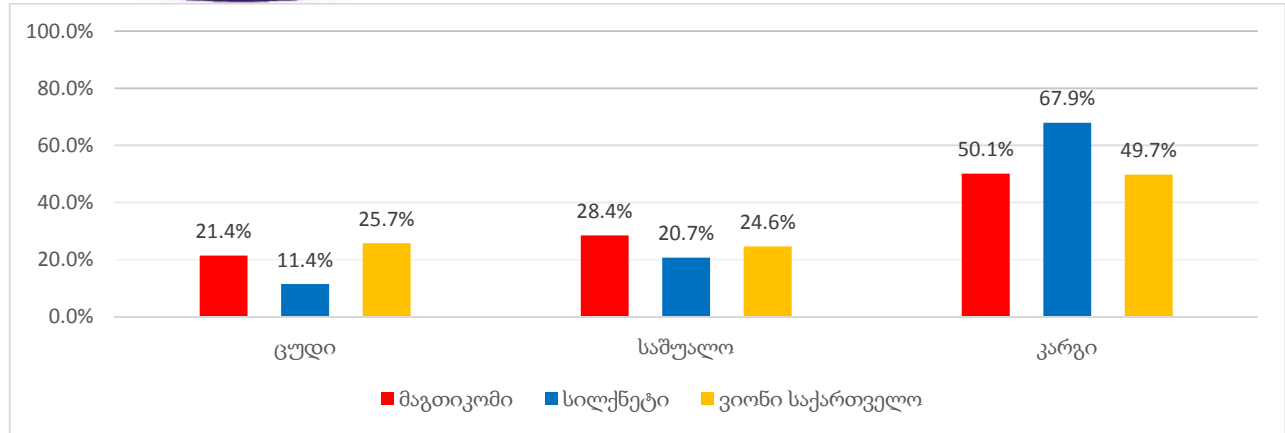


RSRQ, ვიონი საქართველო

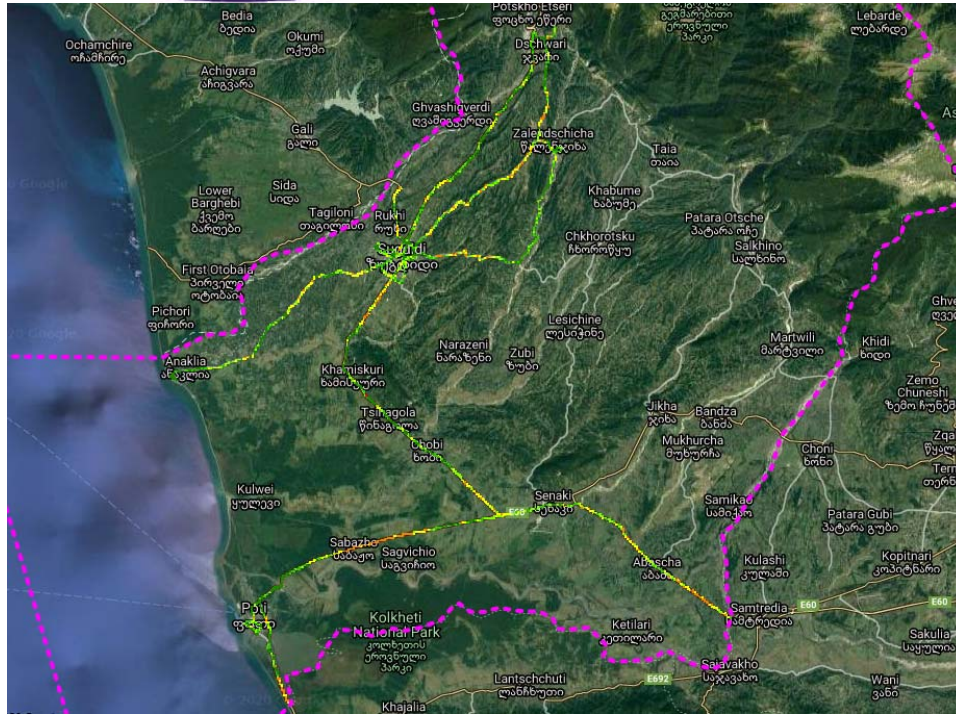
The chart below shows the cumulative distribution of the Top1 Interference samples (RSRQ) of different operators based on narrowband values



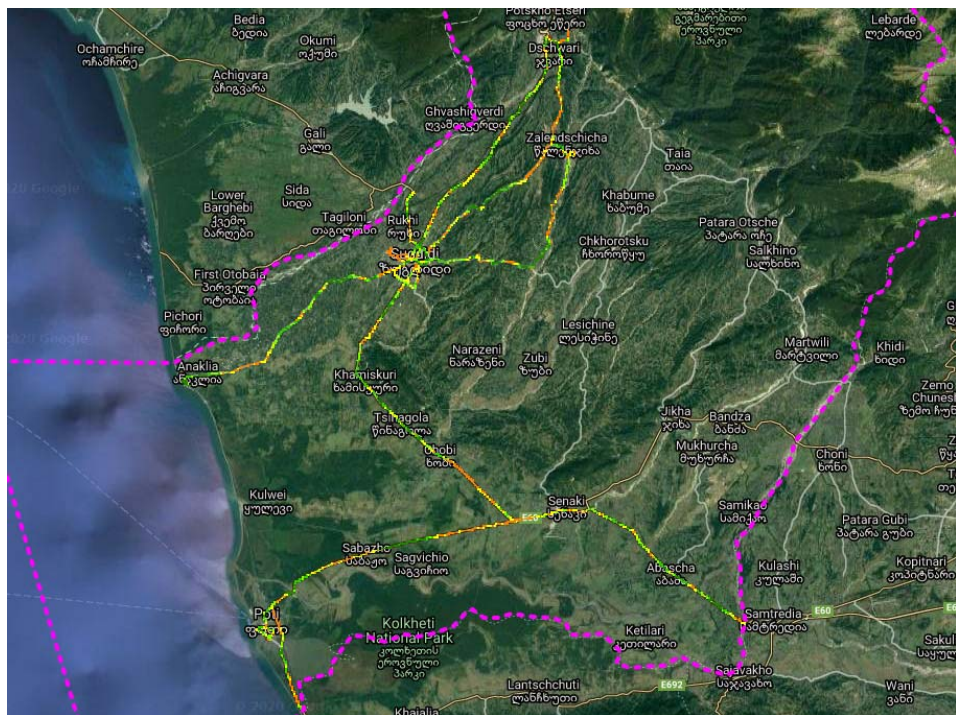
SINR (db)	კარგი: 5db	ცუდი: 0db	
	მაგთიკომი	სილქნეტი	ვიონი საქართველო
<= -10 db	0.1%	0.1%	0.1%
<= 0 db	21.3%	11.3%	25.6%
<= 5 db	28.4%	20.7%	24.6%
<= 10 db	23.9%	22.6%	19.7%
<= 15 db	13.7%	20.2%	14.6%
> 15 db	12.5%	25.1%	15.4%



SINR, მაგთიკომი

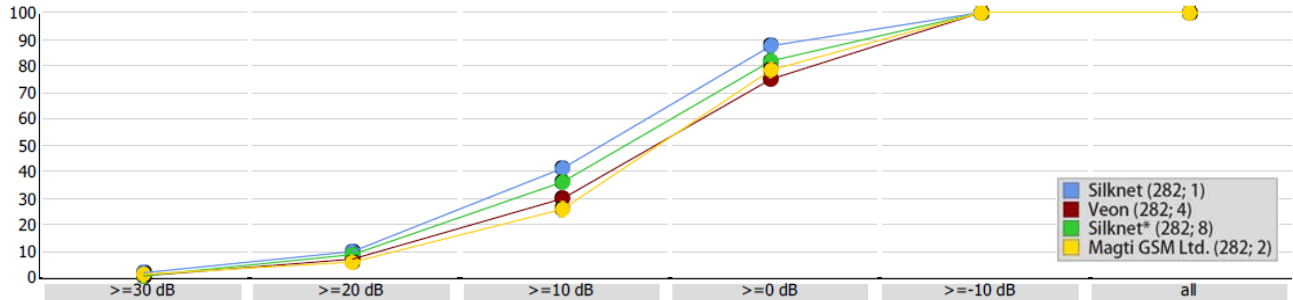


SINR, სილქნეტი



SINR, ვიონი საქართველო

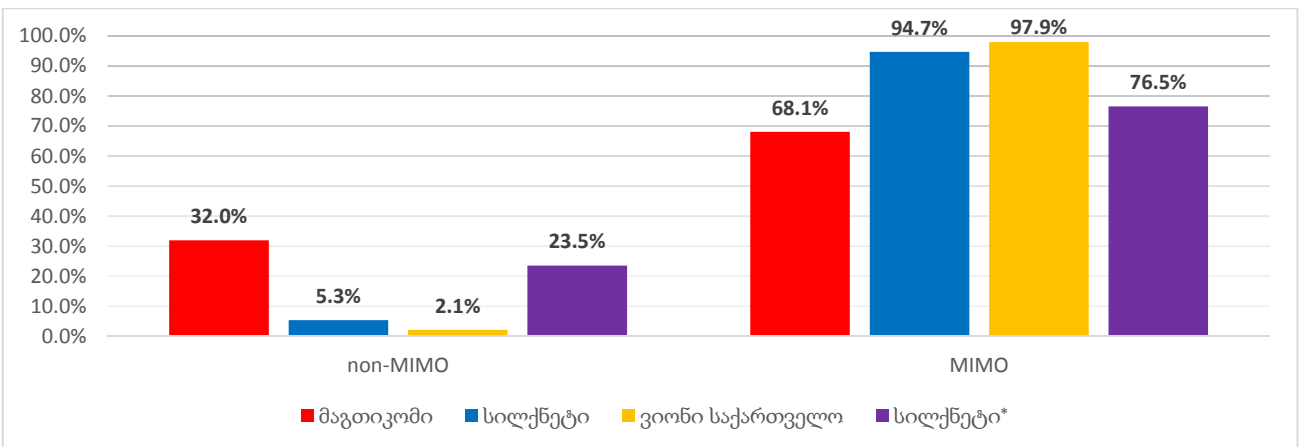
The chart below shows the cumulative distribution of the Top1 Interference samples (SINR) of different operators based on narrowband values



MIMO usage

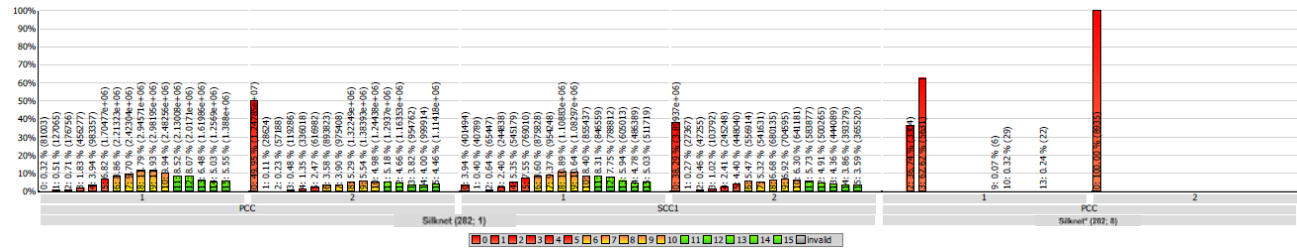
MIMO	მაგთიკომი	სილქნეტი	ვიონი საქართველო	სილქნეტი*
SISO	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
SIMO	32.0%	5.3%	2.1%	23.5%
MISO	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
MIMO	68.1%	94.7%	97.9%	76.5%

კარგი: 95% ცუდი: 90%

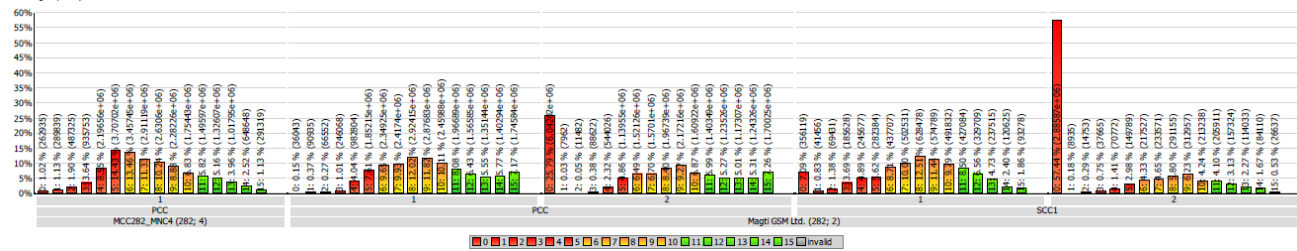


CQI

Charts grouped by Antenna Index



Charts grouped by Antenna Index

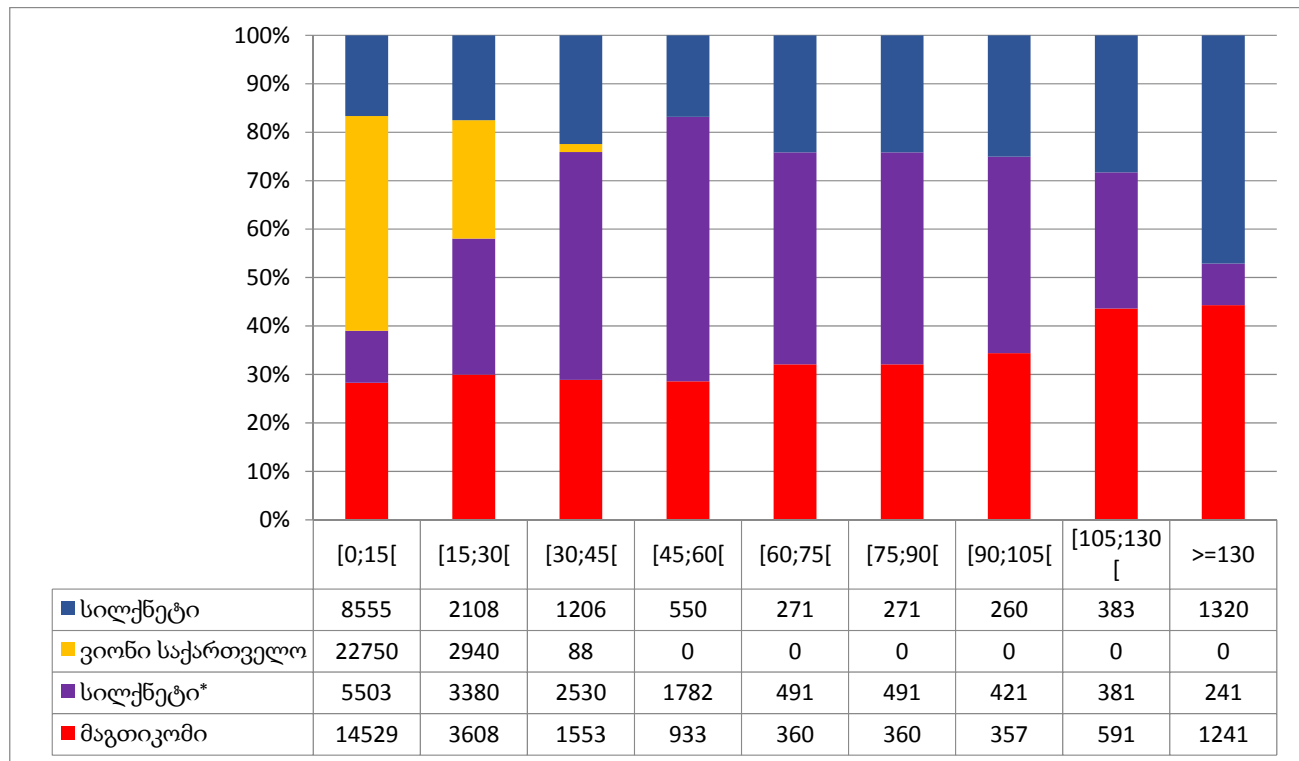


Scanner Condition Number (CN)

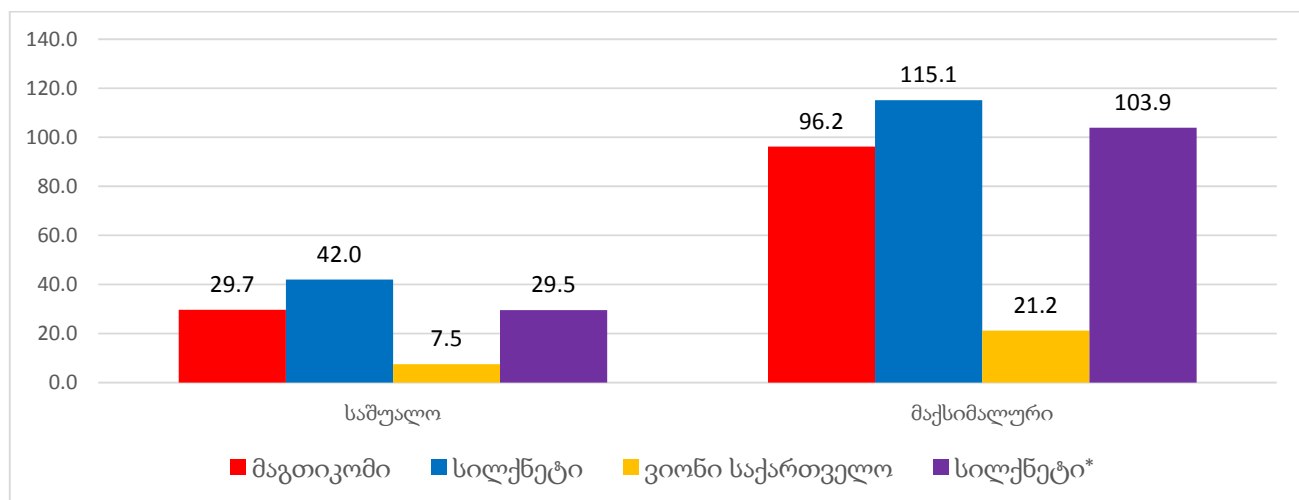
The chart below shows the cumulative distribution of Scanner Condition Number of different operators



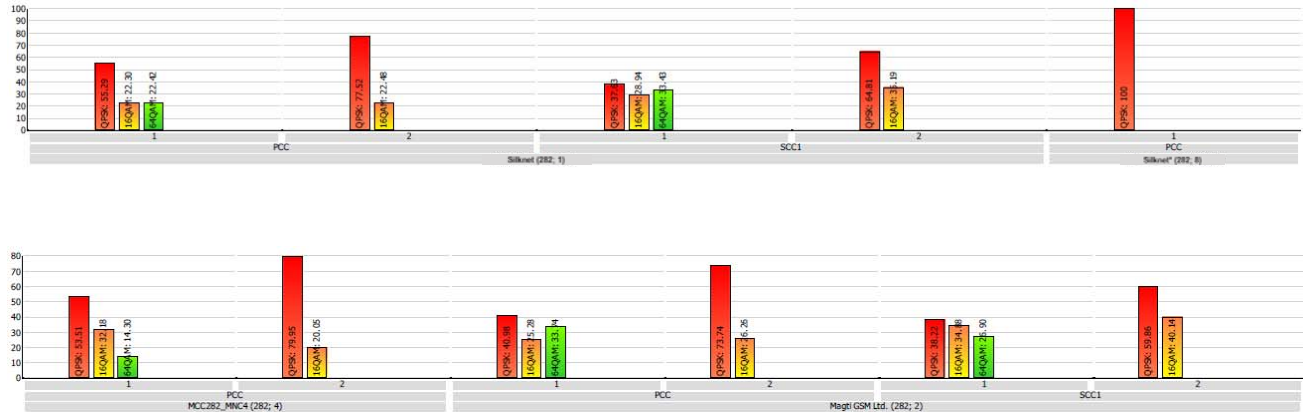
Cell Throughput per TTI (MBit/s)



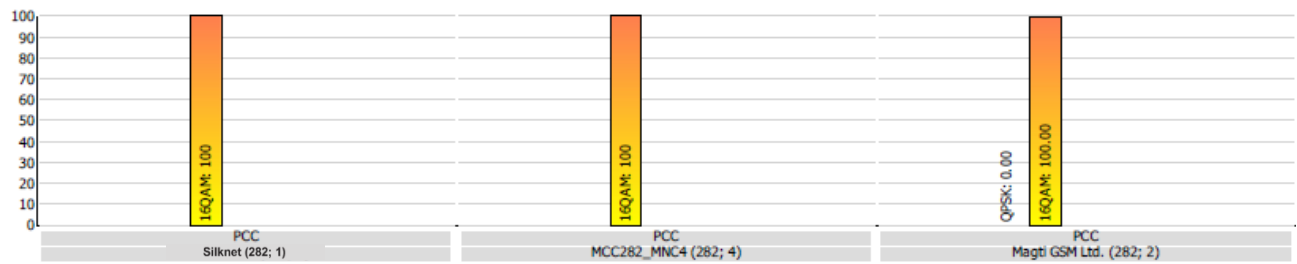
Maximum and Average Cell Throughput (Mbit/s)



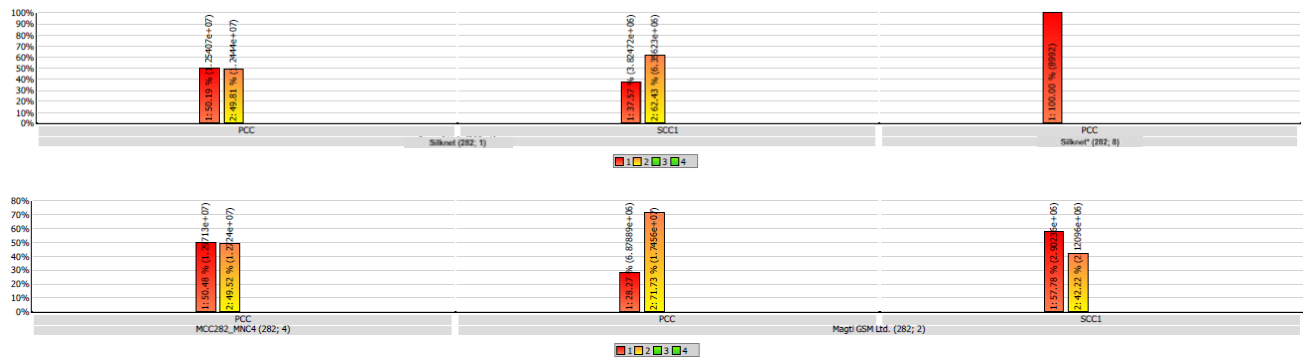
Modulation DL



Modulation UL



Rank Indicator



3. „დრაივ-ტესტის“ მეთოდოლოგია

ანგარიში ეფუძნება მეთოდს, რომელიც აპრობირებულია ევროპის ქვეყნებში (დიდი ბრიტანეთი¹, ირლანდია², პოლონეთი³ და სხვა) და ითვალისწინებს ტესტის ჩატარებას როგორც მსხვილ ქალაქებში და რაიონულ ცენტრებში, ასევე შედარებით მცირედ დასახლებულ პუნქტებში და სოფლებში, საავტომობილო მაგისტრალების გასწვრივ და სხვა.



3.1. გამოყენებული აპარატურა

სურათი 2 ასახავს „დრაივ-ტესტის“ დროს გამოყენებული აპარატურის ჩართვის სქემას:

- ავტომობილი აღჭურვილია: კომპიუტერით, რომლითაც იმართება გაზომვები, მობილური ტერმინალები და სკანერი; 3 ერთეული მობილური ტერმინალით Samsung Galaxy S4, ახორციელებენ ზარის წამოწყებას თითოეული ოპერატორის მობილურ ქსელში; სკანერი Rohde&Schwarz TSMW-ით ხორციელდება GSM/UMTS/LTE ტექნოლოგიების სკანირება. სკანერს გააჩნია 2 დამოუკიდებელი ანტენა, რომლებიც განთავსებულია ავტომობილის სახურავზე.

¹ UK, OfCom - მარეგულირებელი, რომელიც ატარებს ყოველწლიურ „დრაივ-ტესტის“ კამპანიას ოპერატორების ფუნქციონირების ხარისხობრივი მაჩვენებლების დადგენის მიზნით.

² Ireland, ComReg - მარეგულირებელი, ტესტის მიზანს წარმოადგენს ხარისხობრივი მაჩვენებლების დადგენა.

³ Poland, UKE - მარეგულირებელი, პერმანენტული ტესტირება. ტესტის მიზანს წარმოადგენს ხარისხობრივი და ტექნიკური მაჩვენებლების დადგენა, ხოლო შედეგების გამოქვეყნება ხელს უწყობს მომსახურებების გაუმჯობესებას და ჯანსაღი კონკურენციის არსებობას კავშირგაბმულობის ბაზარზე.

სკანერი აღჭურვილია GPS⁴ მიმღები მოწყობილობით, მისი ანტენა განთავსებულია ავტომობილის სახურავზე.

- კომუნიკაციების კომისიის შენობაში განთავსებულია 3 მობილური ტერმინალი Samsung Galaxy S4. აღნიშნული ტერმინალები ფუნქციონირებენ მხოლოდ ზარის ტერმინაციის რეჟიმში. განთავსების ადგილი შერჩეულია სიგნალის მაქსიმალურად სტაბილური მიღების დონის და მინიმალური BPL⁵-ის გათვალისწინებით.



ტესტის დროს უზრუნველყოფილია iCPL⁶ გაზომვები და უნდა იყოს გათვალისწინებული დამატებითი მილევადობის დონე 5–15dB⁷, რათა კომპენსირდეს სიგნალის მილევა ავტომობილის სალონში.

3.2. მარშრუტი

კვლევის ფარგლებში შემუშავებულია ოპტიმალური „დრაივ-ტესტის“ მარშრუტი, რომელიც ფარავს თითოეული ოპერატორის ქსელის >70%. მარშრუტი მოიცავს საქართველოს მსხვილ ქალაქებს და მუნიციპალიტეტების უმეტეს ნაწილს, ასევე რიგ სოფლებსა და სხვა მცირედ დასახლებულ პუნქტებს.

კვლევა მზადდება მხარეების, ქალაქების და ქვეყნის ჭრილში.

3.3. მონაცემების ანალიზი

კვლევაში მოყვანილი გაზომვების დამუშავება უზრუნველყოფილია Rohde&Schwarz Network Problems Analyzer პროგრამული უზრუნველყოფით. გრაფიკების და დიაგრამების ნაწილი აგებულია MapInfo, Microsoft Excel და MathLab პროგრამული უზრუნველყოფით.

⁴ GPS (Global Positioning System) - გლობალური პოზიციონირების სისტემა.

⁵ BPL (Building Penetration Loss, dB) – მილევადობა, რომელსაც განიცდის რადიო სიგნალი შენობაში შეღწევისას.

⁶ iCPL, CPL (in-Car Penetration Loss, dB) – მილევადობა, რომელსაც განიცდის რადიო სიგნალი ავტომობილის სალონში შეღწევისას.

⁷ Radio Interference System Planning for GSM/GPRS/UMTS, Jukka Lempiainen, Matti Manninen

4. შეფასების კრიტერიუმები

4.1. ხმოვანი გამოძახების მომსახურება

გაზომვები წარმოებს ეგრეთ წოდებული „ფანჯრის“ პრინციპით, სადაც განსაზღვრულია ზარის დრო, პაუზის დრო და რეგენერაციის პერიოდი (ან მათი კომბინაცია). იხილეთ სცენარი:

- ზარი ხორციელდება იმავე ოპერატორის ქსელში ჩართულ მობილურ ტერმინალზე;
- ზარის ფანჯარა - 100 წამი, რომელიც შედგება:
 - ზარის წამოწყება - 15 წამი;
 - ხმოვანი ზარი - 100 წამს გამოკლებული ზარის წამოწყების ხანგრძლივობა;
 - პაუზა ზარებს შორის - 10 წამი.
 - ციკლის განმეორება.

გამოყენებულია თავისუფალი რეჟიმი GSM, WCDMA ან LTE ტექნოლოგიებს შორის.



ხმოვანი გამოძახების შეფასებისას იზომება და ფასდება შემდეგი ძირითადი პარამეტრი:

- Failed Calls – ზღვრული მნიშვნელობა: < 4%⁸;
- Good Call - ზღვრული მნიშვნელობა: >= 96%;
- Call Setup Time - ზღვრული მნიშვნელობა: <= 5წმ.

Failed Calls: წარმატებლად განხორციელებული ზარების (Failed Calls) პროცენტული მაჩვენებელი: შედგება შეწყვეტილი ზარებისა ან მომსახურების არ არსებობისაგან. (Call Canceled) - როდესაც ტერმინალის მიერ ინიცირებული ხმოვანი გამოძახება ვერ ხორციელდება. მომსახურების არ არსებობა (No Service) - როდესაც დამყარება ვერ ხერხდება სატელეფონო მომსახურების არ არსებობის გამო.

Good Call: წარმატებულად განხორციელებული ზარების (Good Call) პროცენტული მაჩვენებელი - როდესაც მობილური ტერმინალი აგზავნის შესაბამის მოთხოვნას ქსელში, რის შემდეგაც ხორციელდება ქსელის მიერ რესურსების გამოყოფა, საბოლოო აბონენტის ტერმინალთან კავშირის დამყარება და, განსაზღვრული დროის შემდეგ, კავშირის კორექტული შეწყვეტა.

Call Setup Time: კავშირის დამყარების დრო (Call Setup Time, წამებში), დრო რომელიც გადის აბონენტის ნომრის აკრეფიდან უშუალოდ ხმოვანი კავშირის დამყარებამდე.

⁸ Nochiri.Ifeoma.U, C.C Osuagwu, K.C. Okafor, Empirical Analysis on the GSM Network KPIs Using Real- Time Methodology for a Novel Network Integration, Progress In Science and Engineering Research Journal, გვერდი 98

4.2. მონაცემთა გადაცემის მომსახურება

მონაცემთა გადაცემის მომსახურების შეფასების მიზნით, თითოეული სესია შედგება სხვადასხვა სახის დავალებებისგან. მონაცემთა ჩატვირთვის სიჩქარის შესაფასებლად საჭიროა, მოხდეს ფიქსირებული ზომის ფაილის სერვერზე ატვირთვა/ჩამოტვირთვა (ETSI TR 102 678-ს რეკომენდაცია):

- მიმაგრება ოპერატორის ქსელთან, სესიის გახსნა და კონტენტის აქტივაცია (Attach);
- ICMP Ping – 10 წამი სესიისათვის, თითოეული პინგის ტაიმ-აუტი 3 წმ, 1000 მწ. Ping-ს შორის
- YouTube (30 წამი, მაქსიმალური ხარისხით, დაკავშირების ტაიმ-აუტი 10წმ)
- HTTP ჩატვირთვა (Kepler reference WEB გვერდი ETSI TR 102 505 V1.2.1, მოცდის დრო 30 წამი)
- HTTP DL (HTTP ჩამოტვირთვა, 10 წამის განმავლობაში, მოცდის დრო 10 წამი)
- FTP UL (FTP პროტოკოლით 10 წამის განმავლობაში სერვერზე ატვირთვა, მოცდის დრო 10 წამი)
- სესიის დახურვა.



მონაცემთა გადაცემის შეფასებისას იზომება შემდეგი პარამეტრები:

- ICMP (Ping) - კარგია, როდესაც ≤ 90 მწ.
- HTTP (Downlink Speed) - მინიმალური: ≥ 0.2 მბიტ/წმ; კარგი: ≥ 5.5 მბიტ/წმ.
- FTP (Uplink Speed) - მინიმალური: ≥ 0.2 მბიტ/წმ; კარგი: ≥ 5.5 მბიტ/წმ.

4.3. GSM ქსელის დაფარვის მახასიათებლები

როგორც ცნობილია, GSM მობილური ტერმინალის სტაბილური მუშაობისათვის საკმარისია -92 dBm⁹ მიღების დონე (RxLev), მაგრამ მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული ადამიანის სხეულით და შენობაში/ავტომობილში შეღწევისას¹⁰ გამოწვეული სიგნალის დანაკარგები, და ეს მაჩვენებლები აღწევს -80 dBm¹¹ (RxLev).

GSM ქსელში იზომება და ფასდება ორი ძირითადი პარამეტრი, რომელიც განსაზღვრავს დაფარვის ზონასა და ხარისხს RxLev და C/I.

RxLev: სკანერის მიერ გაზომილი GSM სიგნალის ფიქური სადგურიდან მიღებული სიგნალის დონე RxLev, რომელიც ფიქსირდება გაზომვის კონკრეტულ წერტილში და წარმოადგენს საუკეთესო სიგნალს მოცემული ლოკაციისათვის. კარგი: > -80 ; ცუდი ≤ -92 დბმ.

C/I: გადამტანისა და ინტერფერენციის ფარდობა C/I¹². ზღვრული მნიშვნელობა: ≥ 18 ¹³ დბ.

⁹ CEPT-ის რეკომენდაცია, ECC REPORT 118, p. 6: RxLev ≥ -92 dBm [RxLev ≥ 18 (ბიჯების მიხედვით)].

¹⁰ ETSI GSM recommendation 03.30: BPL ტოლია 15-18 dB-ის მსხვილ დასახლებულ პუნქტში და 10 dB-ის რაიონებში. წინამდებარე კვლევაში, Rohde&Schwartz-ის რეკომენდაციაზე დაყრდნობით, გამოყენებულია BPL=12 dB.

¹¹ -92 dBm+12dB = -80 dBm.

¹² Carrier to Interference ratio

¹³ Jörg Eberspächer, Hans-Jörg Vögel, Christian Bettstetter, Christian Hartmann, GSM – Architecture, Protocols and Services, 2009, გვერდი 26.

4.4. UMTS ქსელის დაფარვის მახასიათებლები

როგორც ცნობილია, UMTS (CAT 3)¹⁴ მობილური ტერმინალის სტაბილური მუშაობისათვის საკმარისია -95 dBm¹⁵ მიღების დონე (RSCP), მაგრამ მხედველობაში უნდა იქნას აღებული ადამიანის სხეულით და შენობაში/ავტომობილში გამოწვეული სიგნალის მიღევადობა (დაახლოებით 8-12dBm), ეს მაჩვენებლები აღწევს -85 dBm. ზოგადად, განსაზღვრულია შემდეგი დონეები ველის დაძაბულობისათვის: კარგი (RSCP > -80 dBm), საშუალო (-80 dBm >= RSCP > -95 dBm) და სუსტი (RSCP <=-95 dBm)¹⁶.

UMTS ქსელში იზომება და ფასდება ორი ძირითადი პარამეტრი, რომელიც განსაზღვრავს დაფარვის ზონასა და ხარისხს RSCP და Ec/Io.

RSCP: მიღებული სიგნალის დონე RSCP (Received Signal Code Power), ანუ მიღებული სიგნალის კოდის სიმძლავრე. განსაზღვრულია UMTS ტექნოლოგიის ქსელში. კარგი: > -85; ცუდი < -95 დბმ.

Ec/Io: სიგნალ/ინტერფერენციის ფარდობა Ec/Io. კარგი: > -6.3¹⁷ დბ; ცუდი < -15 დბ.

4.5. LTE ქსელის დაფარვის მახასიათებლები

LTE ქსელში იზომება და ფასდება როგორც ძირითადი, ასევე სხვა დამატებითი:

- RSRP - კარგი: > -100დბმ¹⁸; ცუდი < -108დბმ.
- RSRQ - კარგი: > -9დბ; ცუდი < -12დბ.
- SINR - კარგი: > = 10დბ; ცუდი < 5დბ.
- MIMO usage - კარგი: > = 95%; ცუდი < 90%.
- CQI - კარგი: > = 10 (64 QAM¹⁹); ცუდი < 7 (QPSK²⁰) (ინფორმაციული, შედარებითი)
- CN - კარგი: < = 10; ცუდი > 10 (ინფორმაციული, შედარებითი)
- Cell Throughput per TTI (ინფორმაციული, შედარებითი)
- Maximum and Average Cell Throughput (ინფორმაციული, შედარებითი)
- Downlink Modulation (ინფორმაციული, შედარებითი)
- Uplink Modulation (ინფორმაციული, შედარებითი)
- RI (ინფორმაციული, შედარებითი)
- DL Efficiency (ინფორმაციული, შედარებითი)
- UL Efficiency (ინფორმაციული, შედარებითი)

¹⁴ Category 3 - მე-3 კატეგორიის ტერმინალი. თითოეული კატეგორია განსაზღვრავს მობილური ტერმინალის მგრძობიარობის დონეს, გადაცემის მაქსიმალურ სიმძლავრეს, ამა თუ იმ მომსახურებისათვის აუცილებელ პირობებს და სხვა.

¹⁵ ADVANCEDCELLULAR NETWORK PLANNING AND OPTIMISATION, Ajay R Mishra

¹⁶ HSPA Performance and Evolution, A Practical Perspective. Pablo Tapia, Jun Liu, Yasmin Karimli, Martin J. Feuerstein

¹⁷ D. Fox, Testing UMTS, 2008, გვერდი 117

¹⁸ Ralf Kreher, Karsten Gaenger, LTE SIGNALING, TROUBLESHOOTING, AND OPTIMIZATION, გვერდი 230, 517

¹⁹ 64 QAM - Quadrature Amplitude Modulation, კვადრატორული ამპლიტუდური მოდულაცია

²⁰ QPSK - Quadrature Phase Shift Keying, კვადრატორული მოდულაცია ფაზური წანაცვლებით

RSRP: რეფერენტული სიგნალის მიღებული სიმძლავრე. (RSRP - Reference Signal Received Power). პარამეტრი, რომელიც გამოიყენება სიგნალის დონის გასაზომად

RSRQ: რეფერენტული სიგნალის მიღების ხარისხი (RSRQ - Reference Signal Received Quality). პარამეტრი, რომელიც წარმოადგენს სიგნალ/ინტერფერენციის ფარდობის საზომ ერთეულს და განსაზღვრავს სიგნალის ხარისხს

SINR: სიგნალის ფარდობა ინტერფერენციასა და ხმაურთან (SINR - Signal to Interference and Noise Ratio). პარამეტრი, რომელიც წარმოადგენს მოცემული სიგნალის სიმძლავრის ფარდობას ინტერფერენციის სიმძლავრის (წარმოიქმნება სხვა სიგნალებისაგან) და არხში არსებული ხმაურის სიმძლავრის ჯამთან.

MIMO usage: MIMO-ს ტექნოლოგიის გამოყენება მობილური ოპერატორის ქსელში (პროცენტულად).

CQI: არხის ხარისხის ინდიკატორი CQI (Channel Quality Indicator), არხის ხარისხობრივი მაჩვენებელი, რომლითაც განისაზღვრება კავშირის ხარისხი.

CN: პირობითი რიცხვი CN (Condition Number), რომელიც იძლევა მოკლევადიან ინდიკაციას სიგნალ/ხელშეშლის ფარდობის შესახებ რაც აუცილებელია ინფორმაციის აღდგენისათვის MIMO გადაცემისას მოცემულ უსადენო არხში, ანუ განსაზღვრავს თუ რამდენად შეუძლია MIMO სისტემას განახორციელოს სივრცითი მულტიპლექსირება მოცემული სიგნალ/ხელშეშლის ფარდობისათვის.

Cell Throughput per TTI: ფიჭების გამტარუნარიანობა გადაცემის დროის ინტერვალში (Cell Throughput per Transmission Time Interval (TTI)). ატარებს საინფორმაციო ხასიათს.

Maximum and Average Cell Throughput: ფიჭების მაქსიმალური და საშუალო გამტარუნარიანობა (Maximum and Average Cell Throughput). ატარებს საინფორმაციო ხასიათს.

Downlink Modulation: გამოყენებული მოდულაციის განაწილება, downlink-ში. ატარებს საინფორმაციო ხასიათს.

Uplink Modulation: გამოყენებული მოდულაციის განაწილება uplink-ში. ატარებს საინფორმაციო ხასიათს.

RI: რანკირების მაჩვენებელი RI (Rank Indicator) განსაზღვრავს MIMO-სისტემებში განსხვავებული (დამოუკიდებელი) მონაცემთა ნაკადების რაოდენობას, რომლებიც გადაიცემა Downlink-ში. ატარებს საინფორმაციო ხასიათს.

DL Efficiency: რესურს ბლოკზე ეფექტურობის (მეგაბიტი/წმ/რესურს ბლოკი) დამოკიდებულება სპექტრალურ ეფექტურობაზე (ბიტი/წამი/ჰერცი) downlink-თვის (Mobile DL Efficiency), რომელიც განისაზღვრება მნიშვნელობებით (Class E1-E8). ატარებს საინფორმაციო ხასიათს.

UL Efficiency: რესურს ბლოკზე ეფექტურობის (მეგაბიტი/წმ/რესურს ბლოკი) დამოკიდებულება სპექტრალურ ეფექტურობაზე (ბიტი/წამი/ჰერცი) uplink-თვის (Mobile UL Efficiency), რომელიც განისაზღვრება მნიშვნელობებით (Class E1-E8). ატარებს საინფორმაციო ხასიათს.