

# Selectarea modelului de calcul și proiectarea rețelei DVBT-2 în Republica Moldova

Mihail IACOB<sup>1</sup>, Iurie DEMCIUC<sup>1</sup>, Ion AVRAM<sup>2</sup>

1 – "Radiocomunicații" State Enterprise

2 - Technical University of Moldova

[ion.avram@rc.utm.md](mailto:ion.avram@rc.utm.md)

**Abstract** — Sunt prezentate rezultatele calculului zonelor de acoperire cu semnal de televiziune digitală terestră DVBT-2 efectuate la utilizarea diferitor modele de calcul și luând în considerație particularitățile reliefului Republicii Moldova. Au fost selectate recomandările internaționale ITU-R P.370, ITU-R P.1546, ITU-R P.1812. În baza lor au fost calculate și construite zonele de acoperire cu semnal DVBT-2 pentru canalul de televiziune 58 în raza mun. Chișinău și pentru canalul de televiziune 22 al unei rețele SFN (Single Frequency Network) formate din stațiile de emisie amplasate în localitățile Mîndreștii Noi și Cetireni.

**Key words** — televiziune digitală terestră DVBT-2, puterea aparent radiată, pragul intensității câmpului electromagnetic, zona de acoperire, Recomandările ITU-R P.370, ITU-R P.1546, ITU-R P.1812.

## I. INTRODUCERE

Zona de acoperire este o suprafață asigurată cu semnal de emisie terestră, la hotarele căreia este garantată o recepție cu calitatea normată. Calitatea recepției depinde de mai mulți factori: caracteristicile tehnice ale semnalului de emisie, caracteristicile tehnice ale instalației de recepție, relieful, landsaftul, condițiile în care sunt amplasate construcțiile în locul de recepție, timpul zilei și a anului, condițiile meteorologice, etc. Calculul zonei de acoperire este o operațiune dificilă și consumatoare de timp, care se realizează mai eficient, cu un software special care efectuează calculele cu o precizie înaltă, ca de exemplu peste fiecare 1 grad pe direcție de la antena de emisie și totodată se iau în considerație profilurile direcțiilor în scopul depistării zonelor de umbră. Suplimentar acest software specializat permite calcularea automatizată a procentului de populație care nimereste în zona de acoperire. În cazul efectuării calculului în regim manual, se stabilește un pas de 10 grade pe direcție.

Pentru calcularea zonelor de acoperire cu semnalul radio sunt utilizate mai multe modele. Republica Moldova timp îndelungat utilizează pentru calcule modelul după Recomandarea ITU-R P.1546-5, care a demonstrat o precizie relativ bună. În lucrare se va analiza oportunitatea utilizării Recomandărilor ITU-R P.370 și ITU-R P.1812-3 pentru calcularea zonelor de acoperire în RM.

În scopul realizării obiectivului propus au fost calculate zonele de acoperire cu semnal DVBT-2 pentru stația de emisie canalul 58 amplasată în mun. Chișinău pe str. Lech Kacyznschi 3 și pentru o rețea sincronă SFN canalul 22 formată din stațiile de emisie amplasate în localitățile Cetireni (raionul Ungheni) și Mîndreștii Noi (raionul Sîngerei).

## II. DETERMINAREA ÎNĂLȚIMILOR EFECTIVE A ANTENEI DE EMISIE PENTRU CANALUL 58

Amplasamentul geografic al stației de emisie este prezentat în figura 1. Pentru calcularea înălțimilor efective  $H_{ef}$  ale antenei de emisie este necesar de a construi

profilurile reliefului. În figura 2 este dat exemplul al unui profil construit cu ajutorul software specializat.

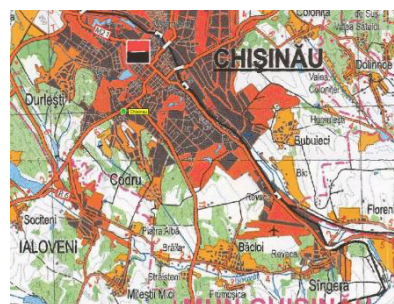


Figura 1 Amplasamentul geografic al stației de emisie

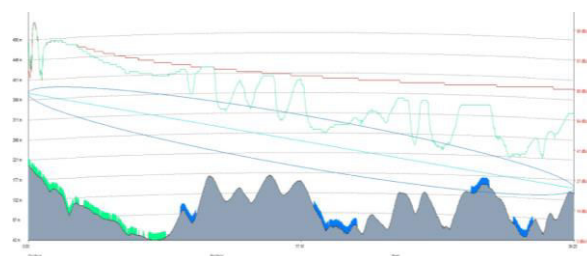


Figura 2. Profilul construit din punctul de emisie.

Înălțimile efective se calculează în raport cu linia mediană al reliefului  $H_{med}$ , construită pentru o distanță de 3-15km de la punctul de amplasare al antenei de emisie. Pentru determinarea zonei de acoperire se va calcula  $H_{ef}$  începînd cu  $0^\circ$  peste fiecare  $10^\circ$ . La calcularea  $H_{ef}$  se i-au în considerație coordonatele geografice ale punctului de emisie, altitudinea bazei pylonului față de nivelul mării și înălțimea suspendării antenei de emisie față de nivelul pămîntului  $H_a$ . Formula de calcul este următoarea

$$H_{ef} = H_a + H_{med} \quad (2.1).$$

Se determinăm înălțimile efective al antenei de emisie cu ajutorul programului Glob View sau alt sowlt accesibil. Rezultatele calculării  $H_{ef}$  sunt prezentate în figura 3.

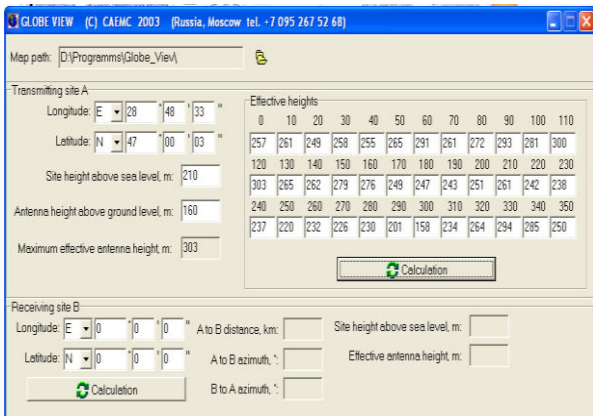


Figura 3 Coordonatele geografice, înălțimea de suspendare și înălțimile efective ale antenei de emisie

### III. CALCULAREA PUTERII APARENT RADIATE (PAR) LA IEȘIREA ANTENEI DE EMISIE CAN. 58

Aspectul exterior al sistemului radiant și diagramele de directivitate ale acestuia sunt prezentate în figurele 4 și 5. Se observă că neuniformitatea câștigului antenei de emisie în plan orizontal se încadrează în valoarea de minus 3 dB.



Figura 4 Aspectul exterior antenei și feederului

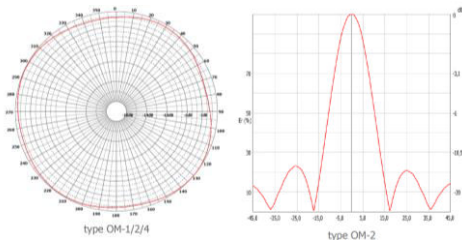


Figura 5 Diagramele de directivitate ale antenei de emisie in plan H si V

Parametrii tehnici al sistemului radiant sunt prezentate în tabele 1 și 2. Din tabelul 2 se alege atenuarea feederului la frecvența de lucru al emițătorului, can.58.

Tabelul 1 Parametrii tehnici ai sistemului radiant

Tip Antena	Directivitatea antenei	Câștigul antenei, dBd	Pol.	Tipul Feeder.
Elti OM-2	Circulară	8	H	1 5/8"

Tabelul 2 Parametrii cablului coaxial 1 5/8

Frecvența MHz	Atenuarea		Puterea kW
	dB/100m	dB/100ft	
700	1.84	0.561	6.09
750	1.91	0.583	5.87
800	1.98	0.604	5.66

Pentru determinarea PAR-ului se vor lua în considerație următorii parametri: Puterea de emisie a emițătorului  $P_{tx} = 150W$ ; câștigul maximal al antenei de emisie  $G_a = 8$  dBd; lungimea totală a feederului (partea verticală și partea orizontală) constituie 210 m, avînd pierderile de 1,95 dB/100m la frecvența 770 MHz, din ce reiese că atenuarea totală în feeder va constitui 4,1 dB.

Puterea aparent radiată se calculează în conformitate cu formula (3.1), rezultatele calculelor sunt date în tabelul 3.

$$P.A.R. (dBW) = P_{tx} (dBW) + G_a (dBd) - A_f (dB) \quad (3.1).$$

Tabelul 3 Valori PAR la ieșirea antenei de emisie

Parametru	Valoarea
PAR, dBW	25,66
$P_{out Tx}$ , dBW	21,56
Type feeder	LCF-158-50
$L_{feeder}$ , m	210,00
$A_{feeder}$ , dB/100m	1,95
$A_{feeder}$ , dB	4,1
$H_{ant}$ , m	160,00
$G_{ant}$ , dBd	8,00

Este de menționat că la calcularea zonei de acoperire trebuie de luat în considerație că diagrama de directivitate a antenei omnidirecționale de emisie are admisă neuniformitatea diagramei în planul orizontal pînă la 3 dB. Aceasta neuniformitate este echivalentă cu dublarea puterii radiate.

### IV. CALCULAREA INTENSITĂȚII MINIMALE A CÎMPULUI PENTRU ZONA DE ACOPERIRE

Pentru determinarea pragului intensității cîmpului electromagnetic se folosesc valorile minime mediane ale intensității cîmpului, care asigură recepția semnalului în 50% din locuri și 50% ale momentelor de timp. Pentru asigurarea funcționării stabile a unei rețele terestre de televiziune este necesar de asigurat o probabilitate mică a trecerii foarte rapide de la o recepție aproape perfectă la lipsa completă de recepție. Aceste valori sunt stabilite între 95% pentru recepție „bună” și 70% pentru recepție „admisibilă”. Pentru calcule vor fi folosite probabilități de recepție cu valoare de 95%.

Calcularea pragului intensității cîmpului electromagnetic sunt efectuate pentru configurațiile sistemului de emisie DVB-T2 prezentate în figura 9, și anume: lărgimea benzii de frecvențe a canalului de emisie este 8 MHz; frecvența purtătoare a canalului este de 770 MHz; constelația PLP QAM-256; setările frecvențelor purtătoare 32K extended; setările frecvențelor pilot PP6; viteza codului de protecție 2/3. Calcule sunt efectuate pentru recepția staționară, la o antena fixă amplasată la înălțimea 10 m de la suprafața solului. Totodată este utilizat modelul canalului radio Rician (recepționarea semnalului direct și a semnalului reflectat).

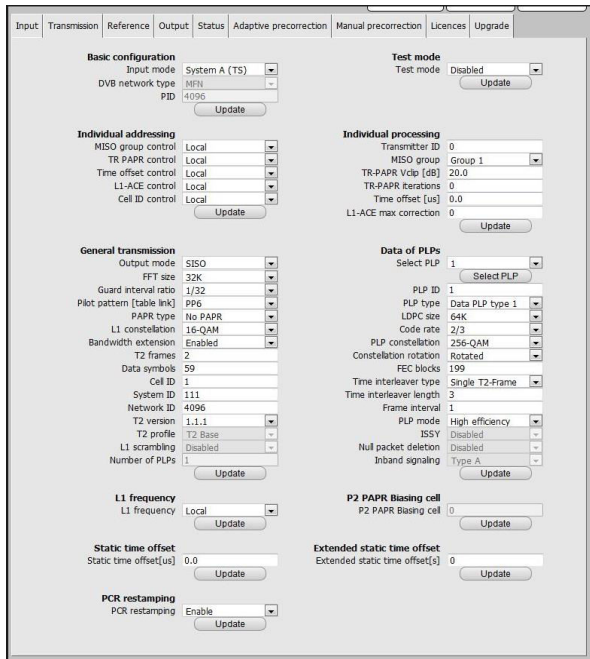


Figura 9 Setările sistemului de emisie DVB-T2

La baza calculului valorilor pragului de intensitate a câmpului electromagnetic sunt luate rapoartele de protecție semnal/zgomot. Aceste valori depind de modul de operare al sistemului, parametrii de modulație și tipul de recepție. Valorile specifice pentru standardul DVB-T2 sunt prezentate în documentul ETSI TS 102831. Aceste valori de protecție pentru setările emițătorului sunt prezentate în tabelele 4 și 5 și constituie în total 18,58 dB.

Tabelul 4 Rapoartele de protecție ale emițătorului

Necesar (C/N) <sub>o</sub> (dB) pentru BER = 1 x 10 <sup>-7</sup> după LDPC decodare		
Constelația	Viteza codului	Ricean channel
256-QAM	2/3	18,1

Tabelul 5 Factorul de corecție ΔBP pentru semnalele pilot

ΔBP	PP6
32K Ext.	0,48

Calculul pragului de intensitate a câmpului are la bază recomandările din anexa 3.4 al Acordului Regional de la Geneva-06. La baza acestor calcule sunt puși mai mulți parametri tehnici ai sistemului de recepție cum ar fi: nivelul de zgomot al receptorului; valoarea minimală a puterii semnalului la intrarea receptorului; apertura efectivă a antenei de recepție; pierderile în feeder; coeficientul de credibilitate, etc. În urma calculelor efectuate a fost stabilită valoarea E<sub>med</sub> = 55,1 dB(μV/m).

## V. CALCULAREA ARIILOR DE ACOPERIRE CU SEMNAL DBT-2 PENTRU MUN. CHIȘINĂU

Recomandările ITU-R P.370, ITU-R P.1546, ITU-R P.1812 sunt metode „punct-la suprafață” pentru servicii terestre în gama de frecvențe de la 30 MHz la 3000 MHz date în Recomandările Uniunii Internaționale a Telecomunicații. În modelele conform ITU-R P.370 și ITU-R P.1546 forma așa-numitelor curbe de propagare generalizează rezultatele multiplelor măsurări pe teren efectuate în Europa și America de Nord. Aceste curbe de propagare sunt construite pentru diferite probabilități de recepție, diferite benzi de frecvențe, diferite regiuni ale Pământului și pentru diferite altitudini de suspendare a antenei de emisie. Aceste două recomandări prevăd utilizarea simplificată a reliefului în procesul de calculare a ariilor de acoperire, ce dă posibilitate de a folosi hărțile geografice cu o precizie joasă. În figura 10 sunt prezentate curbele de propagare pentru regiunea europeană: frecvența 600 MHz; probabilitatea de recepție 50% locuri, 50% timp.

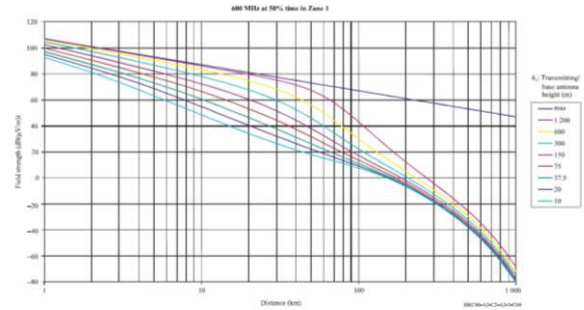


Figura 10. Curbele de propagare pentru Zona 1: frecvența 600MHz; Probabilitatea de recepție 50% locuri, 50% timp.

Modelul conform ITU-R P.1812 prevede analiza detaliată a reliefului pentru calcularea intensității câmpului electromagnetic. Pentru utilizarea acestui model sunt necesare hărți geografice digitalizate de precizie înaltă.

Calcularea ariilor de acoperire cu semnal DVB-T2, transmis în mun. Chișinău pe canalul 58, în baza modelelor Recomandărilor ITU-R P.370, ITU-R P.1546, ITU-R P.1812 s-a efectuat prin utilizarea unui software specializat. La baza calculelor au stat: PAR-ul la iesirea antenei de emisie; Înălțimile efectiveale antenei de emisie calculate peste 10 grade; Caracteristicile de directivitate ale antenei de emisie; Coordonatele geografice ale antenei de emisie. Rezultatele calculelor sunt prezentate în tabelul 6, în care este calculată distanța de la antena de emisie până la punctul unde nivelul câmpului electromagnetic atinge pragul 56 dB(μV/m). Din rezultatele prezentate se observă că modelele conform ITU-R P.370 și ITU-R P.1812 demonstrează mărirea ariei de acoperire respectiv de până la 2 și 4 ori în raport cu rezultatele calculelor efectuate prin modelele conform ITU-R P.1546. Din aceste considerente se face concluzia că modelul conform ITU-R P.1546 asigură o probabilitate de recepție mai înaltă la prognozarea zonelor de acoperire. În figurele 11, 12 și 13 sunt prezentate zonele de acoperire proiectate.

Tabelul 6 Distanța de la antena de emisie pînă la hotarele zonei de acoperire

Azimut (grade)	P.370 Distanța (m), L <sub>1</sub>	P.1546 Distanța (m), L <sub>2</sub>	P.1812 Distanța (m), L <sub>2</sub>
0	29640	21840	36630
10	31408.22	22510.42	31496.86
20	33396.84	21960.41	48267.79
30	25738.71	22337.59	25738.71
40	27106.87	21932.85	27106.87
50	23380.95	17888.1	52446.8
60	21961.8	20953.36	22002.79
70	23270.14	14937.59	60757.65
80	27600.59	20986.32	33780.4
90	32940	22170	33240
100	33750.85	22786.73	36557.48
110	28063.09	23687.92	49454.5
120	32351.03	25697.73	33009.67
130	32303.87	23146.65	33006.79
140	33049.05	22827.81	45505.85
150	28990.9	21020.33	28990.9
160	37610.54	20299.54	46350.61
170	33020.95	21262.64	33050.5
180	30540	20910	30570
190	26683.01	20803.85	26683.01
200	24105.71	21552.89	23716.12
210	32392.01	21303.17	34676.74
220	27809.79	21103.14	27875.04
230	28428.18	20400.22	28385.91
240	27889.51	20402.67	20443.65
250	25159.13	20499.46	25159.13
260	21992.54	20991.53	21992.54
270	24750	17790	24720
280	29395.79	20621.37	29395.79
290	33007.25	17044.44	30682.55
300	29690.51	15699.29	15792.23
310	23338.69	21272.2	23338.69
320	32346.14	22274.67	32346.14
330	24663.3	23413	24663.3
340	27940.07	18838.59	18838.59
350	16513.09	16478.33	16478.33

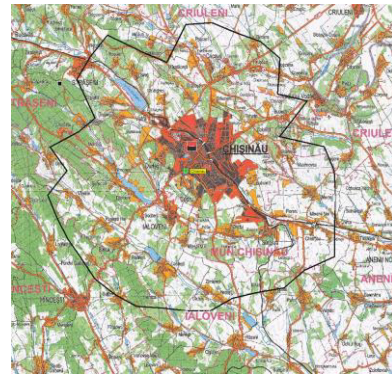


Figura 11 Aria de acoperire conform ITU-R P.1546



Figura 12 Aria de acoperire conform ITU-R P.370-7

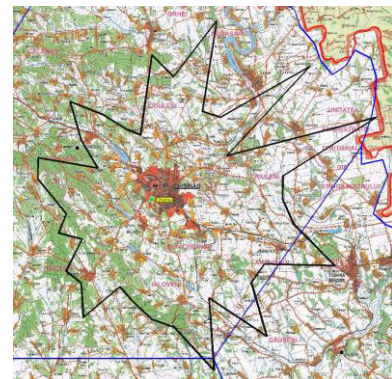


Figura 13 Aria de acoperire conform ITU-R P.1812

## VI. PROIECTAREA REȚELEI DVB-T2 SFN

Conform sarcinilor propuse a fost efectuată proiectarea și testarea unui cluster DVB-T2 format din 2 emițătoare DVB-T2 amplasate la stațiile Mîndreștii Noi (raionul Sîngerei) și Cetireni (raionul Ungheni). Parametrii tehnici ai stațiilor de emisie sunt prezentate în tabelul 7.

Tabelul 7 Parametrii tehnici ai stațiilor de emisie

Amplasare	Coordonatele geografice	H, m	F, MHz	H <sub>a</sub> , m	PAR, dBW
Cetireni	27E53'11.2'' 47N12'7.8''	262	482	170	31.65
Mîndreștii Noi	28E01'54.8'' 47N43'46.3''	263	482	310	32.94

Proiectarea ariilor de acoperire ale clusterului pentru canalul 22 a fost efectuată în baza recomandărilor ITU-R

P.370-7, ITU-R P.1546-5 și ITU-R P.1812-3. Rezultatele ariilor de acoperire fiind prezentate în figurele 14,15 și 16.

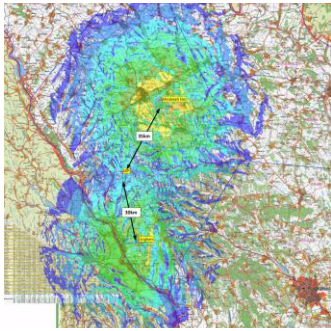


Figura 14 Aria de acoperire a clusterului DVB-T2 conform ITU-R P.1546.

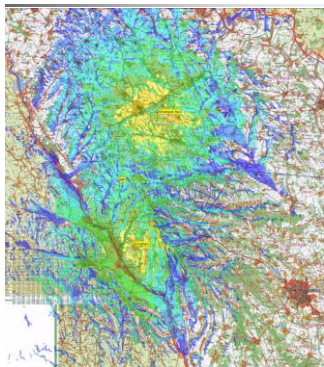


Figura 15 Aria de acoperire clusterului DVB-T2 conform ITU-R P.370-7

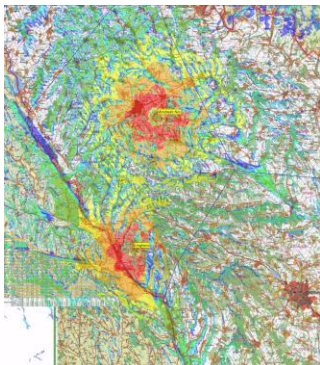


Figura 16 Aria de acoperire clusterului DVB-T2 conform ITU-R P.1812

Din figurele 14, 15 și 16 se observă că cea mai mică arie de acoperire a fost obținută prin modelul conform ITU-R P.1546, dar cea mai mare - prin modelul ITU-R P.370-7.

Pentru verificarea rezultatelor calculului efectuate, au fost efectuate măsurările intensității câmpului electromagnetic în centrul clusterului, în zona de interferență a semnalului DVB-T2, în localitatea Sarata Galbenă (figurele 14 și 17). Punctul de control a avut vizibilitatea directă cu antenele de emisie (figura 18).

Caracteristicile punctului de recepție sunt prezentate în tabelul 8. Rezultatele măsurătorilor efectuate sunt prezentate în tabelul 9. Măsurătorile s-au efectuat cu antena Warzbeck RSH 4786 cu diagrama de directivitate circulară, polarizare H, la înălțimea de 10 m deasupra solului. Măsurătorii au fost efectuate cu aparatul de măsură ETL.



Figura 17 Amplasarea punctului de control în localitatea Sarata Galbenă

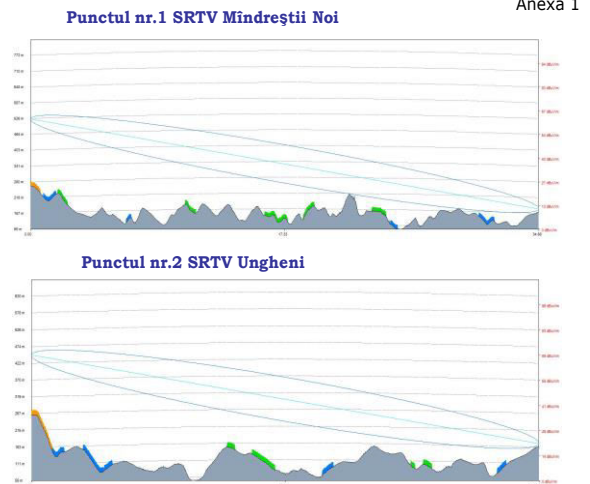


Figura 18 Profilurile construite între antenele de emisie și punctul de control

Tabelul 8 Caracteristica punctului de recepție

Localitatea	Coordonatele geografice	H, m	H <sub>r</sub> , m
Sarata Galbenă	27E48'01.2'' 47N27'34.7''	163	10

Tabelul 9 Rezultatele măsurătorilor în zona de interferență

Recepția Site-ului	R, km	Măsurările dB(μV/m).	Proiectările dB(μV/m).		
			P.370	P.1546	P1812
Cetireni	29,33	73,8	74,1	62,3	80,2
M-N	34,68	66,4	65,4	58,8	79,2

Analizând rezultatele măsurătorilor în punctul de control, se observă că:

1. Rezultatele măsurătorilor practic coincid cu rezultatele calculului efectuate prin Recomandarea ITU-R P.370.

2. Rezultatele calculului efectuate prin Recomandarea ITU-R 1546-5 nu ating nivelul semnalului la ieșirea antenei de recepție, respectiv cu 11,5 și 7,6 dB(μV/m).

3. Rezultatele calculului efectuate prin Recomandarea ITU-R 1812-3 depășesc nivelul semnalului la ieșirea antenei de recepție, respectiv cu 6,4 și 12,8 dB(μV/m).

Măsurările parametrilor semnalului digital DVB-T2, SFN în punctul de control Sarata Galbenă (27E48'01.2''; 47N27'34.7'') au fost efectuate cu echipamentele prezentate în figurele 19, 20 și 21. Echipamentele de măsură sunt profesionale, testate și calibrate.

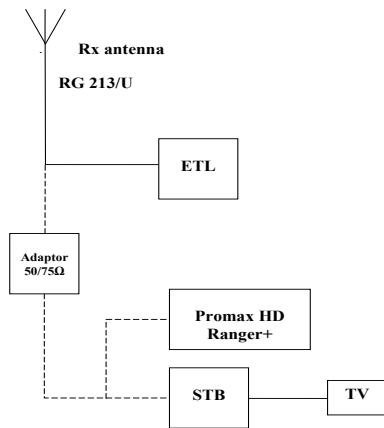


Figura 19 Schema măsurătorilor semnalului DVB-T2

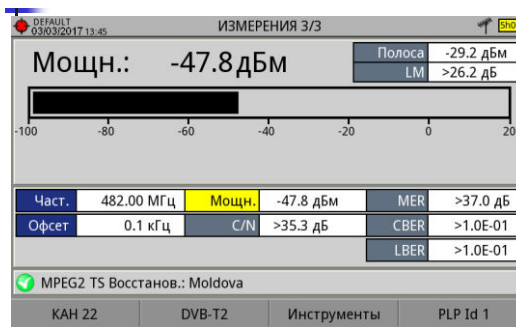


Figura 20 Măsurarea nivelului semnalului DVB-T2

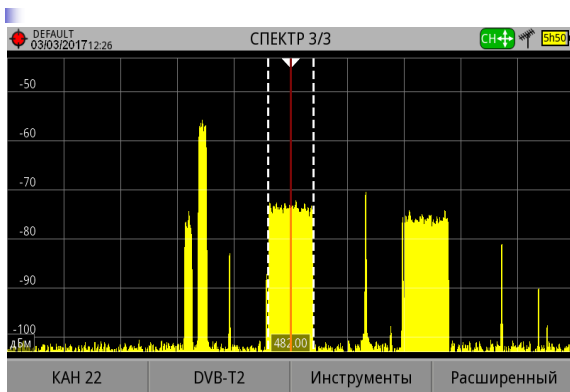


Figura 21 Spectrul semnalului DVB-T2 canalul 22

Este necesar de menționat că punctul de control în care s-au efectuat măsurările nivelului câmpului electromagnetic (figura 14) este amplasat aproape la marginea zonelor de acoperire Cetireni și Mîndreștii-Noi și totodată este parte componentă a ambelor zone. Pentru recepționarea semnalului în aceste zone de interferență, în rețele DVB-T2 sincrone, este prevăzută divizarea emițătoarelor rețelei în două grupe, în care prima grupă transmite semnalul inițial, a doua grupă transmite semnalul prelucrat conform așa numitului algoritm Alamouti, care totodată este parte componentă și a receptoarelor DVB-T2. Ca rezultat nivelele semnalelor recepționate din ambele direcții sunt sumate matematic în receptorul DVB-T2. La intrarea receptorului poate avea loc și atenuarea semnalelor. Totodată pentru diminuarea interferențelor, la suprapunerea zonelor este recomandată recepționarea semnalului la o antenă direcțională.

## VII. CONCLUZII

În rezultat se pot face următoarele concluzii:

1. Valoarea pragului minim de intensitate a câmpului electromagnetic emis pe frecvența 770 MHz în formatul DVB-T2 este cu cca. 17 dB( $\mu$ V/m) mai mic, față de semnalul de televiziune analogic (72 dB( $\mu$ V/m) pentru banda V), ceea ce în rezultat duce la majorarea ariei de acoperire pentru același PAR.

2. Valoarea raportului minimal semnal/zgomot pe frecvența de 770 MHz în formatul DVB-T2 necesar la intrarea receptorului, este cu cca. 20 dB mai mic în raport cu semnalul de televiziune analogică (cca. 40 dB);

3. Rezultatele utilizării modelelor de calcul conform Recomandărilor ITU-R P.370-7 și ITU-R 1546-5 pentru calcularea și prognozarea zonelor de acoperire cu semnal de radiodifuziune terestră, se încadrează în condițiile reliefului Republicii Moldova. Diferența în intensitatea câmpului electromagnetic prognozat poate fi explicată prin faptul că în calcul este luată  $H_{ef}$ , care prezintă o linie mediana a reliefului.

4. Analizând calculele efectuate se observă că modelul conform Recomandării ITU-R P.370 prognozează o arie de acoperire mai mare în raport cu modelul conform Recomandării ITU-R 1546-5. Luând în considerație că PAR-ul antenei de emisie în ambele cazuri este același, se poate face concluzie că modelul conform Recomandării ITU-R 1546-5 asigură o probabilitate mai înaltă la recepția calitativă în zona de acoperire prognozată, dar acest fapt necesită utilizarea mai multor resurse energetice pentru exploatarea rețelei proiectate și puse în exploatare.

5. Concluziile despre oportunitatea utilizării modelului de calcul conform Recomandării ITU-R 1812-3 pentru prognozarea ariilor de acoperire cu semnal de radiodifuziune terestră în condițiile geografice ale Republicii Moldova pot fi făcute în urma cercetărilor suplimentare, în baza măsurărilor reale în diferite condiții de propagare ale undelor electromagnetice, și corespunzător în diferite condiții de recepție (cu reflectii, refracții etc.).

## BIBLIOGRAFIE

- [1] ETSI TS 102 831. Technical Specification Digital Video Broadcasting; Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2).
- [2] ITU-R P.1546 Method for point-to area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3000 MHz.
- [3] ITU-R P.370-7 VHF and UHF propagation curves for the frequency.
- [4] Рекомендация МСЭ-R P.1812 Метод прогнозирования распространения сигнала на конкретной трассе наземных служб «из пункта в зону» в диапазонах УВЧ и ОВЧ.
- [5] Final acts of the regional radiocommunication conference for planning of the digital terrestrial broadcasting service in parts of regions 1 and 3, in the frequency bands 174-230 and 470-862 MHz (RRC-06).