

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI**

Cu titlu de manuscris

C.Z.U.: 621.397:654.172(478)(043)

**IACOB Mihail**

**ELABORAREA CONCEPTUALĂ ȘI IMPLEMENTAREA REȚELEI DE  
TELEVIZIUNE DIGITALĂ TERESTRĂ  
ÎN REPUBLICA MOLDOVA**

**Specialitatea: 231.02 – *Ingineria și tehnologia comunicațiilor electronice***

**Teză de doctor în științe inginerești**

**Conducător științific:**



**AVRAM Ion,  
dr., conf. univ.**

**Autor:**



**IACOB Mihail**

**CHIȘINĂU, 2025**

**© IACOB Mihail, 2025**

## CUPRINS

<b>ADNOTARE</b> .....	6
<b>ANNOTATION</b> .....	7
<b>АННОТАЦИЯ</b> .....	8
<b>LISTA TABELELOR</b> .....	9
<b>LISTA FIGURILOR</b> .....	12
<b>LISTA ABREVIERILOR</b> .....	18
<b>INTRODUCERE</b> .....	21
<b>1. PROBLEMELE ELABORĂRII ȘI IMPLEMENTĂRII TELEVIZIUNII</b>	
<b>DIGITALE TERESRE ÎN REPUBLICA MOLDOVA</b> .....	28
1.1. Alegerea standardului de emisie digitală terestră în Republica Moldova.....	28
1.2. Experiența de implementare a rețelelor DVB-T2 în alte țări.....	30
1.2.1. Tranziția la standardul DVB-T2 la nivel mondial.....	30
1.2.2. Televiziunea digitală terestră în România.....	30
1.2.3. Televiziunea digitală terestră în Australia.....	32
1.2.4. Televiziunea digitală terestră în Italia.....	33
1.3. Alocarea frecvențelor pentru implementarea televiziunii digitale terestre.....	34
1.4. Alegerea sistemului de codare a semnalelor de la intrarea „MUX-A”.....	36
1.5. Sistemul de emisie digitală terestră DVB-T2.....	38
1.5.1. Avantajele standardului DVB-T2.....	38
1.5.2. Aplicarea principiului COFDM și intervalului de gardă.....	39
1.5.3. Rețele DVB-T2 SFN.....	41
1.5.4. Regimurile de operare a sistemului DVB-T2.....	43
1.5.5. Stația „T2 Gateway”.....	45
1.5.6. Modulatorul DVB-T2.....	46
1.6. Sincronizarea semnalului în rețelele DVB-T2 SFN.....	48
1.7. Retransmiterea semnalului DVB-T2 în zonele de umbră.....	50
1.8. Problema de elaborare conceptuală a „MUX-A”.....	51
1.9. Concluzii la capitolul 1.....	52
<b>2. ELABORAREA TEHNOLOGIEI DE IMPLEMENTARE A „MUX-A”</b> .....	54
2.1. Selectarea modelului de prognozare a ariilor de acoperire din cadrul „MUX-A”.....	55
2.1.1. Metode de prognozare a ariilor de acoperire cu semnal de emisie terestră.....	55
2.1.2. Prognozarea ariei de acoperire pentru stația de emisie DVB-T2 canalul 58.....	57
2.1.3. Analiza rezultatelor prognozărilor.....	58

2.2. Prognozarea ariilor de acoperire a zonelor de servicii din cadrul „MUX-A” .....	59
2.2.1. Alegerea regimului de operare a „MUX-A” .....	59
2.2.2. Setarea parametrilor de configurare ai „MUX-A” .....	60
2.2.3. Elaborarea tehnologiei de prognozare a ariilor de acoperire cu semnal DVB-T2.....	66
2.2.4. Estimarea raportului purtătoare/zgomot (C/N) al zonei de servicii.....	67
2.2.5. Calcularea intensității câmpului electromagnetic minimal utilizabil $E_{med}$ .....	69
2.2.6. Calcularea ariilor de acoperire a zonelor de servicii.....	71
2.3. Estimarea indicilor de calitate ai semnalului DVB-T2 în rețea.....	81
2.3.1. Indicii de calitate ai semnalului DVB-T2.....	81
2.3.2. Măsurarea în teren a indicilor de calitate ai semnalului DVB-T2.....	83
2.4. Elaborarea tehnologiei de emisie a semnalului digital terestru în zonele de umbră.....	84
2.4.1. Cercetarea oportunității aplicării Gap Filler-ului.....	84
2.4.2. Infrastructura retranslatorului din localitatea Holercani .....	86
2.4.3. Măsurarea izolării semnalului pe frecvența 564 MHz.....	87
2.4.4. Estimarea nivelului semnalului de la intrarea rețelei.....	88
2.4.5. Testările Gap Filler-ului.....	90
2.4.5.1. Estimarea indicilor de calitate ai semnalului rețelei și al Gap Filler-ului conectat la antena artificială.....	90
2.4.5.2. Testarea Gap Filler-ului conectat la antena TVA 51/50, $\Delta\phi = 105^\circ$ .....	92
2.4.5.3. Testarea Gap Filler-ului conectat la antena TVA 31/50, $\Delta\phi = 110^\circ$ .....	94
2.4.5.4. Testarea Gap Filler-ului în condițiile orientării antenelor de recepție și emisie în aceeași direcție de radiație maxim.....	97
2.4.6. Concluzii la subcapitolul 2.4.....	99
2.5. Concluzii la capitolul 2.....	99
<b>3. CERCETĂRI, SIMULĂRI ȘI TESTĂRI EXPERIMENTALE ALE „MUX-A” .....</b>	<b>101</b>
3.1. Implementarea „MUX-A” .....	101
3.2. Implementarea regimului de operare multi-PLP în cadrul „MUX-A”.....	102
3.3. Testarea calității serviciului prestat în zona de servicii Strășeni.....	104
3.3.1. Estimarea parametrilor de calitate ai semnalului obținuți cu antena direcțională.....	106
3.3.2. Compararea parametrilor semnalului obținuți cu antene circulare și direcționale.....	110
3.4. Simularea funcționării clusterului DVB-T2 SFN SISO în condiții de laborator.....	113
3.5. Estimarea nivelului sumar al semnalului inducției la bornele antenei de recepție.....	123
3.5.1. Problemele practice rezolvate.....	123
3.5.1.1. Estimarea nivelului semnalului la bornele antenelor de recepție .....	124

3.5.1.2. Recepția semnalului prin intermediul antenei cu diagramă circulară.....	124
3.5.1.3. Recepția semnalului prin intermediul antenei cu diagramă direcțională.....	125
3.5.1.3.1. Antena de recepție este orientată în direcția undeii cu cea mai înalță intensitate.....	125
3.5.1.3.2. Antena de recepție nu este orientată în direcția undeii cu cea mai înalță intensitate.....	127
3.5.2. Concluzii la subcapitolul 3.5.....	128
3.6. Estimarea preciziei de prognozate a intensității câmpului.....	128
3.6.1. Cercetarea valorilor intensității câmpului recepționat de la stația de emisie Strășeni .....	128
3.6.2. Cercetarea valorilor intensității câmpului recepționat de la stația de emisie Hâncești.....	130
3.6.3. Cercetarea intensității câmpului recepționat de la stația de emisie Ivancea .....	130
3.6.4. Estimarea preciziei de prognozare a intensității câmpului.....	131
3.6.5 Concluzii la subcapitolul 3.6.....	132
3.7. Concluzii la capitolul 3.....	132
<b>CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI.....</b>	<b>135</b>
<b>BIBLIOGRAFIE.....</b>	<b>139</b>
<b>ANEXE.....</b>	<b>150</b>
Anexa 1. Prognozarea ariei de acoperire cu semnal DVB-T2 transmis în mun. Chișinău pe canalul 58.....	150
Anexa 2. Prognozarea ariilor de acoperire a zonelor de servicii din cadrul „MUX-A”.....	152
Anexa 3. Parametrii antenelor de referință R&S HL 040 și RSH 4786.....	155
Anexa 4. Materiale suplimentare ce se referă la testarea Gap Filler-ului pe infrastructura retranslatorului din localitatea Holercani.....	157
Anexa 5. Rețeaua DVB-T2 elaborată și implementată în Republica Moldova.....	164
Anexa 6. Parametrii tehnici ai punctelor de emisie și punctelor de recepție nr. 1-6 ale semnalului testat.....	165
Anexa 7. Date suplimentare ce țin de testarea semnalului în punctul de recepție nr. 7.....	169
Anexa 8. Act de implementare „MUX-A” din 23 decembrie 2019.....	171
<b>Declarația privind asumarea răspunderii .....</b>	<b>172</b>
<b>CURRICULUM VITAE.....</b>	<b>173</b>
<b>LISTA PUBLICAȚIILOR ȘTIINȚIFICE.....</b>	<b>176</b>

## ADNOTARE

la teza *Elaborarea conceptuală și implementarea rețelei de televiziune digitală terestră în Republica Moldova* prezentată de Iacob Mihail pentru conferirea gradului de doctor în științe inginerești la specialitatea 231.02 „Ingineria și tehnologia comunicațiilor electronice”

**Structura tezei:** introducere, 3 capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie (114 titluri), 8 anexe, 138 pagini text de bază, 56 tabele și 118 figuri. Rezultatele cercetării au fost publicate în 20 de publicații științifice.

**Cuvinte-cheie:** televiziune digitală terestră, DVB-T, DVB-T2, T2 Gateway, MFN, SFN, SISO, „System A”, „System B”, „PLP”, „multi-PLP”, „Single PLP”, T2-Frame, T2-MI, COFDM, zona de servicii, „zonă de umbră”, ITU-R P.1546, ITU-R P.1812, MER, BER, CBER, LBER, C/N, Gap Filler.

**Domeniul de studiu:** televiziunea digitală terestră.

**Scopul tezei:** elaborarea conceptuală și implementarea rețelei de televiziune digitală terestră în Republica Moldova.

**Obiectivele de cercetare.** Selectarea modelului de prognozare a intensității câmpului; elaborarea parametrilor de operare și configurare a sistemului; prognozarea intensității câmpului; sinteza tehnologiei de emisie a semnalului în „zonele de umbră”; implementarea multiplexului național; testarea parametrilor de calitate ai semnalului; elaborarea recomandărilor în vederea recepționării optime a semnalului și diminuării interferențelor în sistem; estimarea preciziei de prognozare a intensității câmpului.

**Noutatea și originalitatea științifică.** În premieră a fost propusă o metodă nouă de estimare indirectă a interferențelor inter-simbol în sistemul DVB-T2 SFN SISO și modul de diminuare a acestora la intrarea receptorului; a fost propusă și implementată o metodă alternativă de emisie a semnalului DVB-T2 în „zonele de umbră” ale rețelei proiectate; a fost estimată precizia de prognozare a intensității câmpului în condițiile reliefului și landşaftului Republicii Moldova.

**Problema științifică soluționată.** Au fost elaborate rețerele conceptuale ale rețelei de televiziune digitală terestră în Republica Moldova, aplicarea cărora a permis a implementa primul multiplex național pe baza infrastructurii rețelelor terestre existente ce aparțin Î.S. „Radiocomunicații”, operator național în domeniul radiodifuziunii terestre.

**Semnificația teoretică și aplicativă.** A fost demonstrată necesitatea aplicării în sistem a antenelor de recepție direcționale orientate în direcția unde de cădere cu cea mai înaltă intensitate; a fost propusă și implementată tehnologia de emisie a semnalului digital în zonele de umbră ale Republicii Moldova, adaptată la infrastructura rețelelor terestre existente (rețele fibro-optice, piloni H = 27 m); a fost demonstrată oportunitatea aplicării modelelor ITU-R P.1812 și ITU-R P.1546 pentru prognozarea intensității câmpului în condițiile Republicii Moldova.

## ANNOTATION

*for the thesis "Conceptual development and implementation of the terrestrial digital television network in the Republic of Moldova", presented by Iacob Mihail for the conferral of the degree of Doctor in engineering sciences in the specialty 231.02 "Electronic Communications Engineering and Technology".*

**The structure of the thesis:** introduction, 3 chapters, general conclusions and recommendations, bibliography of 114 of titles, 8 appendices, 138 text pages, 56 tables and 118 figures. The research results were published in 20 of scientific publications.

**Keywords:** digital terrestrial television, DVB-T, DVB-T2, T2 Gateway, MFN, SFN, SISO, „System A”, „System B”, „PLP”, „Multi PLP”, „Single PLP”, T2-Frame, T2-MI, COFDM, service area, shadow area, ITU-R P.1546, ITU-R P.1812, MER, BER, CBER, LBER, C/N, Gap Filler.

**Research field:** digital terrestrial television.

**The purpose of the thesis:** Conceptual development and implementation of the digital terrestrial television network in the Republic of Moldova.

**The objectives:** Field strength forecasting; elaboration of system configuration parameters; synthesis of signal emission technology in shadow areas; implementation of the multiplex; testing signal parameters; development of recommendations for optimal reception of the signal and reduction of interference in the system; evaluation of the accuracy of field prediction.

**Scientific novelty and originality:** For the first time, a method was proposed for indirect estimation of inter-symbol interferences in the DVB-T2 SFN SISO system and how to reduce them at the receiver input; an alternative broadcast to the DVB-T2 signal was proposed and implemented in the shadow area of the projected network; the forecasting accuracy of the field intensity was estimated for the relief and landscape conditions of the Republic of Moldova.

**The scientific problem solved:** The conceptual benchmarks of the terrestrial digital television network in the Republic of Moldova were developed, the application of which allowed to implement the first national multiplex based on the infrastructure of the existing terrestrial networks belonging to S.E. "Radiocommunications", national operator in the field of terrestrial broadcasting.

**Theoretical and practical importance:** The necessity of applying directional receiving antennas in the system, oriented in the direction of the incident wave with the highest intensity, was demonstrated; digital signal emission technology was proposed and implemented in the shadow areas of the Republic of Moldova, adapted to the infrastructure of existing terrestrial networks (fiber-optic networks, H = 27 m pylons); the feasibility of applying the ITU-R P.1812 and ITU-R P.1546 models for field intensity forecasting was demonstrated.

## АННОТАЦИЯ

*диссертации „Концептуальная разработка и внедрение сети наземного телевизионного вещания в Республике Молдова”, представленную Якобом Михаилом на соискание ученой степени доктора инженерных наук по специальности 231.02 „Инженерия и технология электронных коммуникаций”.*

**Структура диссертации:** введения, 3 глав, общих выводов и рекомендаций, библиографии 114 названий, 8 приложений, 138 текстовых страниц, 56 таблиц и 118 рисунков. Результаты исследования были опубликованы в 20 научных публикациях.

**Ключевые слова:** цифровое наземное телевидение, DVB-T, DVB-T2, T2 Gateway, MFN, SFN, SISO, „System A”, „System B”, „PLP”, „Multi PLP”, „Single PLP”, T2-Frame, T2-MI, COFDM, зона обслуживания, теньевая зона, ITU-R P.1546, ITU-R P.1812, MER, BER, CBER, LBER, C/N, Gap Filler.

**Область исследований:** цифровое наземное телевидение.

**Цель диссертации:** Концептуальная разработка и внедрение сети цифрового наземного телевидения в Республике Молдова.

**Задачи работы:** Выбор модели расчета напряженности поля; разработка режимов работы и конфигурации системы; прогнозирование интенсивности поля; выбор технологии трансляции сигналов в теньевых зонах; внедрение национального мультиплекса; тестирование параметров сигнала; разработка рекомендаций по оптимальному приему сигнала и снижению помех в системе; оценка точности прогноза напряженности поля.

**Научная новизна и оригинальность:** Впервые предложен метод косвенной оценки межсимвольных помех в сети DVB-T2 SFN SISO и способы их уменьшения на входе приемника; предложен и реализован альтернативный способ трансляции сигнала в теньевых зонах проектируемой сети; проведена оценка точности прогнозирования напряженности поля для рельефно-ландшафтных условий Республики Молдова.

**Решенная научная задача:** Выполнена концептуальная разработка сети наземного цифрового вещания в Республике Молдова, что позволило построить первый национальный мультиплекс на базе инфраструктуры существующих наземных сетей, принадлежащих Г.П. „Радиокommunikаций”.

**Теоретическая значимость и прикладная ценность работы:** Показана необходимость применения в сети направленных приемных антенн, ориентированных в направлении падающей волны с наибольшей интенсивностью; предложена и внедрена технология вещания в теньевых зонах, адаптированная к существующей наземной инфраструктуре (волоконно-оптические сети, опоры H=27 м); показана целесообразность применения моделей ITU-R P.1812 и ITU-R P.1546 для прогнозирования напряженности поля.



## LISTA TABELELOR

Tabelul 1.1	Amplasamentele din componența clusterului DVT-2 SFN 008 Reșița.....	31
Tabelul 1.2	Parametrii tehnici ai multiplexurilor transmise în Italia.....	33
Tabelul 2.1	Durata intervalului de gardă în sistemul DVB-T2 pentru canalul 8 MHz.....	63
Tabelul 2.2	Date ce țin de calcularea vitezei de transmisie a datelor în cadrul „MUX-A”.....	65
Tabelul 2.3	Necesarul brut $(C/N)_0$ pentru a obține $BER = 1 \times 10^{-7}$ după LDPC decodare pentru lungimea blocului LDPC: 64800 biți.....	68
Tabelul 2.4	Factori de corecție a raportului $(C/N)_0$ .....	69
Tabelul 2.5	Factorul de corecție D, degradarea raportului C/N (dB) pentru un nivel al zgomotului de oprire a receptorului de -33 dBc.....	69
Tabelul 2.6	Calcularea valorii $E_{med}$ pentru „MUX-A”.....	69
Tabelul 2.7	Calcularea valorii $E_{med}$ pentru zonele de servicii din cadrul „MUX-A” ( <i>“location probability”</i> 95%).....	71
Tabelul 2.8	Calcularea valorii $E_{med}$ pentru zonele de servicii din cadrul „MUX-A” ( <i>“location probability”</i> 70%).....	71
Tabelul 2.9	Parametrii tehnici ai stațiilor de emisie DVB-T2 de putere mare și medie amplasate în zona de servicii Căușeni.....	72
Tabelul 2.10	Parametrii tehnici ai stațiilor de emisie DVB-T2 de putere mare și medie amplasate în zona de servicii Mândreștii Noi.....	73
Tabelul 2.11	Parametrii tehnici ai stațiilor de emisie DVB-T2 de putere mare și medie amplasate în zona de servicii Trifești.....	73
Tabelul 2.12	Parametrii tehnici ai stației de emisie DVB-T2 de putere mare amplasată în zona de servicii Edineț.....	73
Tabelul 2.13.1	Parametrii tehnici ai stațiilor de emisie DVB-T2 de putere mare și medie amplasate în zona de servicii Strășeni.....	74
Tabelul 2.13.2	Parametrii tehnici ai stațiilor de emisie DVB-T2 de putere medie amplasate în zona de servicii Strășeni.....	74
Tabelul 2.14.1	Parametrii tehnici ai stației de emisie DVB-T2 de putere mare amplasată în zona de servicii Cahul.....	74
Tabelul 2.14.2	Parametrii tehnici ai stației de emisie DVB-T2 de putere medie amplasată în zona de servicii Cahul.....	75
Tabelul 2.15	Parametrii tehnici ai stațiilor DVB-T2 de putere mică care vor fi amplasate în zona de servicii Căușeni.....	75
Tabelul 2.16	Parametrii tehnici ai stațiilor DVB-T2 de putere mică care vor fi amplasate în zona de servicii Mândreștii Noi.....	75

Tabelul 2.17	Parametrii tehnici ai stațiilor DVB-T2 de putere mică care vor fi amplasate în zona de servicii Trifești.....	76
Tabelul 2.18	Parametrii tehnici ai stațiilor DVB-T2 de putere mică care vor fi amplasate în zona de servicii Edineț.....	77
Tabelul 2.19	Parametrii tehnici ai stațiilor DVB-T2 de putere mică care vor fi amplasate în zona de servicii Strășeni.....	77
Tabelul 2.20	Parametrii tehnici ai stațiilor DVB-T2 de putere mică care vor fi amplasate în zona de servicii Cahul.....	78
Tabelul 2.21	Parametrii tehnici ai antenei de recepție log-periodice LAP 4/5-50/16.....	87
Tabelul 2.22	Parametrii tehnici ai antenelor de emisie TVA 31/50 și TVA 51/50.....	87
Tabelul 2.23	Izolarea semnalului $A_{tx-rx}$ dintre antene TVA 51/50 și LAP 4/5-50/16.....	88
Tabelul 2.24	Izolarea semnalului $A_{tx-rx}$ dintre antene TVA 31/50 și LAP 4/5-50/16.....	88
Tabelul 2.25	Semnale DVB-T2 la intrarea Gap Filler-ului.....	89
Tabelul 2.26	Rezultatele finale ale testărilor Gap Filler-ului conectat la antena TVA 51/50.....	93
Tabelul 2.27	Rezultatele finale ale testărilor Gap Filler-ului conectat la antena TVA 31/50.....	96
Tabelul 2.28	Rezultatele finale ale testărilor Gap Filler-ului conectat la antena TVA 31/50.....	98
Tabelul 3.1	Necesarul brut $(C/N)_0$ pentru a obține $BER = 1 \times 10^{-7}$ după LDPC Decodare pentru lungimea blocului LDPC: 64800 biți; 16 QAM.....	103
Tabelul 3.2	Parametrii tehnici ai punctelor de emisie.....	105
Tabelul 3.3	Parametrii tehnici ai punctelor de recepție.....	105
Tabelul 3.4	Landșaftul în punctele de recepție.....	105
Tabelul 3.5	Azimutul și distanța dintre punctele de recepție și stația Strășeni.....	106
Tabelul 3.6	Azimutul și distanța dintre punctele de recepție și stația Hâncești.....	106
Tabelul 3.7	Azimutul și distanța dintre punctele de recepție și stația Ivancea.....	106
Tabelul 3.8	Indicii de calitate ai semnalului, antena orientată în direcția stației Strășeni.....	106
Tabelul 3.9	Indicii de calitate ai semnalului, antena orientată în direcția stației Hâncești.....	107
Tabelul 3.10	Indicii de calitate ai semnalului, antena orientată în direcția stației Ivancea.....	108
Tabelul 3.11	Rezultatele măsurătorilor semnalului DVB-T2 în cazul orientării antenei de recepție R&S HL 040 în direcția stației Hâncești.....	111
Tabelul 3.12	Rezultatele măsurătorilor semnalului DVB-T2 în cazul orientării antenei de recepție R&S HL 040 în direcția stației Strășeni (Stația 1).....	111
Tabelul 3.13	Rezultatele măsurătorilor semnalului DVB-T2 prin intermediul antenei circulare RSH 4786.....	112
Tabelul 3.14	Parametrii de calitate ai semnalului DVB-T2 recepționat <i>Time offset</i> circa 2μs.....	114

Tabelul 3.15	Parametrii de calitate ai semnalului DVB-T2 recepționat <i>Time offset</i> circa 100μs.....	116
Tabelul 3.16	Parametrii de calitate ai semnalului DVB-T2 recepționat Δ Level circa 23 dB.....	120
Tabelul 3.17	Parametrii semnalului la bornele antenei R&S HL 040 orientate spre stația Hâncești (Stația 1).....	127
Tabelul 3.18	Valorile prognozate și măsurate ale intensității câmpului stației Strășeni.....	129
Tabelul 3.19	Diferența dintre valorile prognozate și măsurate ale intensității câmpului stației Strășeni.....	129
Tabelul 3.20	Valorile prognozate și măsurate ale intensității câmpului stației Hâncești.....	130
Tabelul 3.21	Diferența dintre valorile prognozate și măsurate ale intensității câmpului stației Hâncești.....	130
Tabelul 3.22	Valorile prognozate și măsurate ale intensității câmpului stației Ivancea.....	131
Tabelul 3.23	Diferența dintre valorile prognozate și măsurate ale intensității câmpului stației Ivancea.....	131
Tabelul 3.24	Estimarea preciziei de prognozare a intensității câmpului în zona de acoperire cu semnalul DVB-T2.....	132
Tabelul A1.1	Distanța de la antena de emisie până la hotarele zonei de acoperire cu valoarea $E_{med} = 56 \text{ dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ .....	150
Tabelul A3.1	Factorul antenei R&S HL 040.....	156
Tabelul A3.2	Factorul antenei RSH 4786.....	156

## LISTA FIGURILOR

Fig. 1.1	Repartizarea standardelor de TDT în lume.....	29
Fig. 1.2	Amplasarea zonelor naționale de TDT pe teritoriul RM.....	35
Fig. 1.3	Amplasarea zonelor regionale de TDT pe teritoriul RM.....	35
Fig. 1.4	Schema funcțională a stației de codare și multiplexare a semnalelor digitale.....	37
Fig. 1.5	Capacitățile de compresie ale sistemelor H.264 și H.265.....	38
Fig. 1.6	Comparația capacităților sistemelor DVB-T și DVB-T2.....	38
Fig. 1.7	Demultiplexarea fluxului de viteză înaltă într-un număr mare de fluxuri de viteză mică în sistemul DVB-T2.....	39
Fig. 1.8	Spectrul radiosemnalului DVB-T2 .....	40
Fig. 1.9	Intervalul de gardă al simbolului COFDM în sistemul DVB-T2 .....	40
Fig. 1.10	Recepționarea semnalului din mai multe direcții în rețelele SFN.....	41
Fig. 1.11	Fading-ul semnalului recepționat într-o rețea DVB-T2 SFN SISO .....	42
Fig. 1.12	Semnale de la intrarea receptorului într-o rețea DVB-T2 SFN.....	42
Fig. 1.13	Mecanism de modulare multiplă în DVB-T2.....	43
Fig. 1.14	Structura clusterului DVB-T2 SFN.....	44
Fig. 1.15	Divizarea procesului de prelucrare a fluxurilor de date între stația „T2 Gateway” și modulatele DVB-T2.....	44
Fig. 1.16	Modelul arhitectural al sistemului DVB-T2 SFN.....	45
Fig. 1.17	Stația „T2 Gateway” - opțiunea Monitoring/Output/T2-MI Packets.....	46
Fig. 1.18	Forward Error Correction în sistemul DVB-T2.....	47
Fig. 1.19	Semnale de sincronizare în structura frame-ului DVB-T2.....	48
Fig. 1.20	Exemplul semnalelor-pilot în frame-ul DVB-T2: șablonul PP4 (SISO).....	49
Fig. 1.21	Schema funcțională a rețelei DVB-T2.....	51
Fig. 2.1	Prognozarea ariei de acoperire a emițătorului DVB-T2 amplasat în localitatea Mingir, conform ITU-R P.1546-5 (în stânga) și ITU-R P. 370-7(în dreapta).....	57
Fig. 2.2	Înălțimea de suspendare și înălțimile efective ale antenei de emisie.....	58
Fig. 2.3	Regimurile de funcționare a clusterului DVB-T2 SFN: SISO (în stânga) și MISO (în dreapta).....	59
Fig. 2.4	Dispozitivul „T2 Gateway”: opțiunea Input Settings.....	61
Fig. 2.5	Dispozitivul „T2 Gateway”: opțiunea Network Settings.....	61
Fig. 2.6	Dispozitivul „T2 Gateway”: opțiunea T2 Frames Settings.....	62
Fig. 2.7	Banda de frecvențe a canalului radio în regimul 32k și 32k extended.....	63

Fig. 2.8	Definiția parametrului PAPR.....	64
Fig. 2.9	Dispozitivul „T2 Gateway”: opțiunea Physical Layer Pipe Description/Transmission parameters.....	64
Fig. 2.10	Rotația constelației semnalului în cadrul PLP.....	65
Fig. 2.11	Dispozitivul „T2 Gateway”: opțiunea Physical Layer Pipe Description/T2 Frame structure.....	65
Fig. 2.12	Dispozitivul „T2 Gateway”: opțiunea Monitoring/Output/T2-Frames Statistics.....	66
Fig. 2.13	Diagramele de directivitate ale antenei de emisie UTV-11/LP în plan H și V....	78
Fig. 2.14	Diagramele de directivitate ale antenei de emisie OM-2 în plan H și V.....	79
Fig. 2.15	Diagramele de directivitate ale antenei de emisie ATP4 68 în plan H și V.....	79
Fig. 2.16	Diagramele de directivitate ale antenei de emisie Poligon - 720 în plan H și V.....	79
Fig. 2.17	Aria de acoperire a „MUX-A”, intensitatea câmpului $E \geq E_{med}$ , probabilitatea locației 95%.....	80
Fig. 2.18	Schema funcțională a tractului de emisie și recepție a semnalului DVB-T2.....	81
Fig. 2.19	Parametrul MER: estimarea tuturor interferențelor în tractul de emisie.....	82
Fig. 2.20	Punctele tractului de recepție în care au fost efectuate măsurările parametrilor semnalului DVB-T2 - C/N, MER, BER.....	83
Fig. 2.21	Schema măsurărilor parametrilor tehnici ai semnalului recepționat.....	83
Fig. 2.22	Gap-Filler într-o rețea de radiodifuziune digitală terestră.....	85
Fig. 2.23	Semnalul rețelei și ecoul acestuia la intrarea Gap Filler-ului.....	85
Fig. 2.24	Suprimarea propriului ecou la ieșirea Gap Filler-ului.....	85
Fig. 2.25	Aspectul exterior al retranslatorului amplasat în localitatea Holercani.....	86
Fig. 2.26	Aspectul exterior al antenelor: TVA 31/50 (în stânga), TVA 51/50 (în centru) și LAP 4/5-50/16 (în dreapta).....	87
Fig. 2.27	Măsurarea nivelurilor semnalelor de intrare și timpului de sosire ale acestora.....	89
Fig. 2.28	Constelația semnalului DVB-T2: la ieșirea feederului antenei de recepție (în stânga); la ieșirea Gap Filler-ului conectat la antena artificială (în dreapta).....	91
Fig. 2.29	Nivelurile și decalajele de timp ale semnalelor transmise de Gap Filler conectat la antena artificială.....	91
Fig. 2.30	Ecoul propriului semnal la intrarea Gap Filler-ului ( $P_{out} = 10\text{ W}$ ) conectat la antena de transmisie TVA 51/50 cu direcție azimutală $135^\circ$ .....	92

Fig. 2.31	Nivelurile și decalajele de timp ale semnalelor transmise de Gap Filler ( $P_{out} = 10$ W) conectat la antena de emisie TVA 51/50 cu direcție azimutală $135^{\circ}$ .....	93
Fig. 2.32	Ecoul propriului semnal la intrarea Gap Filler-ului ( $P_{out} = 20$ W) conectat la antena de transmisie TVA 31/50 cu direcție azimutală de $130^{\circ}$ .....	94
Fig. 2.33	Constelația semnalului DVB-T2 la ieșirea Gap Filler-ului ( $P_{out} = 50$ W) conectat la antena de transmisie TVA 31/50 cu direcție azimutală de $130^{\circ}$ .....	95
Fig. 2.34	Nivelurile și decalajele de timp ale semnalelor de la ieșirea Gap Filler-ului ( $P_{out} = 50$ W) amplasat în clusterul DVB-T2.....	96
Fig. 2.35	Ecoul propriului semnal la intrarea Gap Filler-ului ( $P_{out} = 75$ mW) conectat la antena de emisie TVA 31/50, $\Delta\phi = 55^{\circ}$ .....	97
Fig. 2.36	Ecoul propriului semnal la intrarea Gap Filler-ului ( $P_{out} = 75$ mW) conectat la antena de emisie TVA 31/50, $\Delta\phi = 0^{\circ}$ .....	98
Fig. 3.1	Parametrii de emisie ai stratului fizic PLP_0.....	102
Fig. 3.2	Parametrii de emisie ai stratului fizic PLP_1.....	103
Fig. 3.3	Amplasarea geografică a stațiilor de emisie DVB-T2 și punctelor de test.....	104
Fig. 3.4	Semnalul la ieșirea feeder-ului antenei R&S HL 040 orientate spre stația Hâncești (stația Hâncești – On, stația Strășeni – On).....	110
Fig. 3.5	Semnalul la ieșirea feeder-ului antenei R&S HL 040 orientate spre stația Strășeni (stația Strășeni – On, stația Hâncești – On).....	111
Fig. 3.6	Semnalul la ieșirea feeder-ului antenei circulare RSH 4786 (stația Strășeni – On, stația Hâncești – On).....	112
Fig. 3.7	Parametrii semnalului DVB-T2, regimul MFN: Level -49.7 dBm; amplitudă 0,57 dB; Phase 1.53 deg; Group Delay, MER(f); MER (PLP, rms) 41.7 dB.....	114
Fig. 3.8	Parametrii semnalului DVB-T2 SFN SISO: Time offset 2 $\mu$ s; Level (-37.1 dBm); $\Delta$ Level (3.8 dB), amplitudă 14.04 dB; Phase 85.29 deg; MER(f); MER (PLP, rms) 33.9 dB.....	115
Fig. 3.9	Parametrii semnalului DVB-T2 SFN SISO: Time offset 2 $\mu$ s; Level (-38.6 dBm); $\Delta$ Level (19.8 dB); amplitudă 2,15 dB; Phase 15.6 deg; MER(f); MER (PLP, rms) 40.1 dB.....	116
Fig. 3.10	Parametrii semnalului DVB-T2 SFN SISO: Time offset 100 $\mu$ s; Level -58.5 dBm; $\Delta$ Level 0 dB; amplitudă 64.86 dB; Phase 1450.54 deg; MER(f); MER (PLP, rms) 27.3 dB.....	118

Fig. 3.11	Parametrii semnalului DVB-T2 SFN SISO: Time offset 100 $\mu$ s; Level -48.8 dBm; $\Delta$ Level (4.0 dB); amplitudine 13.48 dB; Phase 27.17 deg; MER(f); MER (PLP, rms) 33.6 dB.....	119
Fig. 3.12	Parametrii semnalului DVB-T2 SFN SISO: Time offset 100 $\mu$ s; Level -49.2 dBm; $\Delta$ Level (8.8 dB); amplitudine 7.15 dB; Phase 12.56 deg; MER(f); MER (PLP, rms) 38.0 dB.....	120
Fig. 3.13	Parametrii semnalului DVB-T2 SFN SISO: Time offset – 34.18 $\mu$ s; $\Delta$ Level 23 dB; Level (- 35.58 dBm); amplitudine 1.75 dB; Phase 7.83 deg; MER(f), MER PLP, rms) 38.6 dB.....	121
Fig.3.14	Parametrii semnalului DVB-T2 SFN SISO: Time offset –197.7 $\mu$ s; $\Delta$ Level 23 dB; Level (-35.6 dBm); amplitudine 1.79 dB; Phase 4.34 deg; MER(f); MER (PLP, rms) 32.1 dB.....	122
Fig.3.15	Semnalul la ieșirea feeder-ului antenei R&S HL 040 orientate spre stația Hâncești (stația Hâncești – On, stația Strășeni – Off).....	126
Fig.3.16	Semnalul la ieșirea feeder-ului antenei R&S HL 040 orientate spre stația Hâncești (stația Hâncești – Off, stația Strășeni – On).....	126
Fig.3.17	Landșaftul în punctul de recepție nr.4.....	129
Fig. A1.1	Aria de acoperire a emițătorului DVB-T2 canalul 58, conform ITU-R P.1546-5 (în stânga), conform ITU-R P.370-7 (în dreapta).....	151
Fig. A1.2	Aria de acoperire a emițătorului DVB-T2 canalul 58, conform ITU-R P.1812-3.....	151
Fig. A2.1	Harta de acoperire cu semnal DVB-T2 a zonei de servicii Căușeni pentru probabilitatea locațiunii 70%, $E_{med} = 46$ dB $\mu$ V/m (în stânga) și 95%, $E_{med} = 52$ dB $\mu$ V/m (în dreapta).....	152
Fig. A2.2	Harta de acoperire cu semnal DVB-T2 a zonei de servicii Mândreștii Noi pentru probabilitatea locațiunii 70% (în stânga) și 95% (în dreapta).....	152
Fig. A2.3	Harta de acoperire cu semnal DVB-T2 a zonei de servicii Trifești pentru probabilitatea locațiunii 70% (în stânga) și 95% (în dreapta).....	153
Fig. A2.4	Harta de acoperire cu semnal DVB-T2 a zonei de servicii Edineț pentru probabilitatea locațiunii 70% (în stânga) și 95% (în dreapta).....	153
Fig. A2.5	Harta de acoperire cu semnal DVB-T2 a zonei de servicii Strășeni pentru probabilitatea locațiunii 70% (în stânga) 95% (în dreapta).....	154
Fig. A2.6	Harta de acoperire cu semnal DVB-T2 a zonei de servicii Cahul pentru probabilitatea locațiunii 70% (în stânga) și 95% (în dreapta).....	154

Fig. A3.1	Diagrama de directivitate a antenei direcționale de referință R&S HL 040.....	155
Fig. A3.2	Diagrama de directivitate a antenei circulare de referință RSH 4786.....	155
Fig. A4.1	Diagramele de directivitate a antenei LAP 4/5-50/16.....	157
Fig. A4.2	Diagramele de directivitate a antenelor de emisie TVA 31/50 și TVA 51/50.....	157
Fig. A4.3	Măsurarea valorii $A_{tx-rx}$ dintre antenele TVA 31/50 și LAP 4/5-50/16. Unghiul dintre direcțiile de radiație maximă, $110^\circ$ .....	158
Fig. A4.4	Măsurarea valorii $A_{tx-rx}$ dintre antenele TVA 31/50 și LAP 4 / 5-50 / 16. Unghiul dintre direcțiile de radiație maximă, $55^\circ$ .....	158
Fig. A4.5	Măsurarea valorii $A_{tx-rx}$ dintre antenele TVA 31/50 și LAP 4 / 5-50 / 16. Unghiul dintre direcțiile de radiație maximă, $0^\circ$ .....	158
Fig. A4.6	Măsurarea valorii $A_{tx-rx}$ dintre antenele TVA 51/50 și LAP 4/5-50/16. Unghiul dintre direcțiile de radiație maximă, $105^\circ$ .....	159
Fig. A4.7	Profilul terenului dintre stația de emisie Strășeni și antena de recepție.....	159
Fig. A4.8	Profilul terenului dintre stația de emisie Ivancea și antena de recepție.....	159
Fig. A4.9	Profilul terenului dintre stația de emisie Hâncești și antena de recepție.....	160
Fig. A4.10	Screen shot GUI (graphical user interface) a Gap Filler-ului testat.....	160
Fig. A4.11	Constelația semnalului DVB-T2 la ieșirea Gap Filler-ului ( $P_{out} = 10 \text{ W}$ ) conectat la antena de transmisie TVA 51/50 cu direcție azimutală $135^\circ$ .....	160
Fig. A4.12	Ecoul propriului semnal la intrarea Gap Filler-ului ( $P_{out} = 20 \text{ W}$ ) conectat la antena de transmisie TVA 51/50 cu direcție azimutală de $130^\circ$ .....	161
Fig. A4.13	Constelația semnalului DVB-T2 la ieșirea Gap Filler-ului ( $P_{out} = 20 \text{ W}$ ) conectat la antena de transmisie TVA 51/50 cu direcție azimutală de $135^\circ$ .....	161
Fig. A4.14	Ecoul propriului semnal la intrarea Gap Filler-ului ( $P_{out} = 10 \text{ W}$ ) conectat la antena de transmisie TVA 31/50 cu direcție azimutală de $130^\circ$ .....	162
Fig. A4.15	Constelația semnalului DVB-T2 la ieșirea Gap Filler-ului ( $P_{out} = 10 \text{ W}$ ) conectat la antena de transmisie TVA 31/50 cu direcție azimutală de $130^\circ$ .....	162
Fig. A4.16	Nivelurile și decalajele de timp ale semnalelor transmise de Gap Filler-ului ( $P_{out} = 10 \text{ W}$ ) conectat la antena de emisie TVA 31/50 cu direcție azimutală $130^\circ$ .....	163
Fig. A4.17	Constelația semnalului DVB-T2 la ieșirea Gap Filler-ului ( $P_{out} = 20 \text{ W}$ )	



	conectat la antena de transmisie TVA 31/50 cu direcție azimutală 130° .....	163
Fig. A5.1	Aplicarea semnalului IP la stațiile DVB-T2.....	164
Fig. A6.1	Relieful dintre stația Strășeni și punctul de test nr. 2.....	165
Fig. A6.2	Relieful dintre stația Strășeni și punctul de test nr. 3.....	165
Fig. A6.3	Relieful dintre stația Strășeni și punctul de test nr. 4.....	165
Fig. A6.4	Relieful dintre stația Strășeni și punctul de test nr. 5.....	166
Fig. A6.5	Relieful dintre stația Strășeni și punctul de test nr. 6.....	166
Fig. A6.6	Relieful dintre stația Hâncești și punctul de test nr.1 .....	166
Fig. A6.7	Relieful dintre stația Hâncești și punctul de test nr. 2.....	167
Fig. A6.8	Relieful dintre stația Hâncești și punctul de test nr. 3.....	167
Fig. A6.9	Relieful dintre stația Hâncești și punctul de test nr. 4.....	167
Fig. A6.10	Relieful dintre stația Hâncești și punctul de test nr. 5.....	168
Fig. A6.11	Relieful dintre stația Hâncești și punctul de test nr. 6.....	168
Fig. A7.1	Amplasarea punctului de recepție nr.7.....	169
Fig. A7.2	Profilul reliefului dintre stația de emisie Hâncești și punctul de recepție nr.7.....	169
Fig. A7.3	Profilul reliefului dintre stația de emisie Strășeni și punctul de recepție nr. 7.....	169
Fig. A7.4	Semnalul la ieșirea feeder-ului antenei R&S HL 040 orientate spre stația Strășeni (stația Strășeni – On, stația Hâncești – Off).....	170
Fig. A7.5	Semnalul la ieșirea feeder-ului antenei R&S HL 040 orientate spre stația Strășeni (stația Strășeni – Off, stația Hâncești – On).....	170

## LISTA ABREVIERILOR

AVC – Advanced Video Coding

ASI – Asynchronous Serial Interface

ATSC – Advanced Television Systems Committee

BB-frame – Base band frame

BCH – Bose Chaudhuri Hocquenghem

CBER – Channel Bit Error Ratio

CNR – Carrier to Noise Ratio

COFDM – Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing

DMB – Digital Multimedia Broadcasting

DVB – Digital Video Broadcasting

DVB-T, DVB-T2 – Digital Video Broadcasting Terrestrial

EPG – Electronic Program Guide

FEC – Forward Error Correction

FFT – Fast Fourier Transform

GI – Guard Interval

GS – Generic Stream

HEVC – High Efficiency Video Coding

HD – High Definition

HDTV – High Definition Television

„Head End” – Stația centrală de codare și multiplexare a conținutului audiovizual

ISDB – Integrated Services Digital Broadcasting

ITU-R – International Telecommunication Union-Radiocommunication

LDPC – Low density Parity Check Codes

MER – Modulation Error Ratio

MFN – Multi Frequency Network

MISO – Multiple Input, Single Output;

MPEG – Moving Pictures Experts Group

MUX – Multiplex

PAPR – Peak to Average Power Ratio Reduction

PAR – Puterea aparent radiată

PLP – Physical Layer Pipe

QAM – Quadrature Amplitude Modulation

RD – Radio

RF – Radio frequency

RRC – Regional Radiocommunication Conference

RM – Republica Moldova

GI – Guard Interval

SD – Standard Definition

SDTV – Standard Definition Television

SFN – Single Frequency Network

SISO – Single Input Single Output

SNR – Signal to Noise Ratio

TV – Televiziune

TD – Televiziune digitală

TDT – Televiziune digitală terestră

TS – Transport Stream

T2-MI – DVB-T2 Modulator Interface

UHF – Ultra high frequency

VHF – Very high frequency

## INTRODUCERE

### **Actualitatea temei și importanța problemei abordate**

În conformitate cu prevederile Acordului regional privind planificarea serviciului de radiodifuziune digitală terestră, semnat în cadrul Conferinței ITU Regionale de Radiocomunicații (or. Geneva, 2006) [1], începând cu 17 iunie 2015 Republica Moldova (RM) și-a asumat responsabilitatea de implementare a televiziunii digitale terestre (TDT). Lucrarea de față este destinată elaborării conceptuale și implementării rețelei de TDT în RM. Alegerea temei de cercetare a fost determinată de reducerea decalajului dintre zona rurala și cea urbana privitor la accesul la informație diversă (programe TV), integrarea regiunii din stînga r. Nistru în spațiul informațional al Republicii Moldova, ținând cont de interesul sporit al comunității referitor la această tehnologie nouă. Sistemele de televiziune digitală (TD) au avantaje incontestabile în raport cu sistemele de televiziune analogică și sunt caracterizate printr-o eficiență spectrală sporită, oferind telespectatorului un volum de informație mult mai mare și de o calitate mai bună, permițând a crea servicii noi în domeniul audiovizualului.

Aceasta corespunde integral cu Strategia de Transformare Digitală a Republicii Moldova pentru anii 2023-2030, aprobată de Ministerul Dezvoltării Economice și Digitalizării a Republicii Moldova, ce are scopul de a construi o societate digital modernă, aliniată la agenda de integrare Europeană.

Scopul lucrării constă în elaborarea conceptuală și implementarea rețelei de TDT în RM. Pentru a reduce cheltuielile operaționale și resursele necesare pentru implementarea proiectului de digitalizare a eterului a fost pusă sarcina de a construi primul multiplex național „MUX-A” pe baza infrastructurii rețelelor terestre existente, ce aparțin Î.S. „Radiocomunicații”, operator național în domeniul radiodifuziunii terestre.

### **Obiectivele lucrării sunt:**

1. Selectarea modelului de prognozare a ariilor de acoperire „MUX-A” conform recomandărilor internaționale;
2. Determinarea parametrilor de funcționare a rețelei TDT ajustate la infrastructura rețelelor de radiodifuziune terestre existente;
3. Prognozarea intensității câmpului pentru zonele de servicii ale „MUX-A”;
4. Elaborarea tehnologiei de emisie a semnalului în „zonele de umbră” ale rețelei proiectate;
5. Implementarea proiectului prin punerea în funcțiune a „MUX-A”;
6. Testarea parametrilor de calitate ai semnalului digital recepționat în „MUX-A”;

7. Elaborarea recomandărilor referitor la recepționarea semnalului digital în cadrul rețelelor terestre DVB-T2 cu o singură frecvență;

8. Estimarea preciziei de prognozare a intensității câmpului electromagnetic în condițiile reliefului și landşaftului RM.

Rezultatele aşteptate ale cercetării: elaborarea conceptuală și implementarea rețelei de TDT în RM eficientă din punct de vedere tehnic, tehnologic și economic.

### **Metodologia cercetării științifice**

Pentru realizarea obiectivelor tezei au fost utilizate următoarele metode de cercetare: algebră liniară, geometrie analitică, teoria comunicațiilor, teoria propagării undelor radio, statistica, recomandările internaționale ITU-R P.370, ITU-R P.1546 și ITU-R P.1812, standardele internaționale ETSI, reglementări, acte și documente normative, planificarea cercetărilor și măsurărilor, măsurările indicilor de calitate ai semnalului în condiții de laborator și în teren, analiza comparativă a valorilor indicilor de calitate ai semnalului obținute în urma efectuării măsurărilor. Pentru prognozarea automatizată a intensității câmpului în zonele de servicii ale multiplexului național de TDT a fost folosit soft-ul specializat „ICS Telecom”.

### **Noutatea științifică a lucrării**

1. A fost propusă o metodă nouă de estimare indirectă a interferențelor inter-simbol la intrarea receptorului rețelei DVB-T2 SFN SISO și modul de diminuare a acestora. În baza cercetărilor s-a demonstrat oportunitatea utilizării într-o rețea DVB-T2 SFN SISO a antenelor de recepție direcționale, cu multe elemente, strict orientate în direcția unde de cădere cu cea mai înaltă intensitate a câmpului.

2. A fost argumentată oportunitatea folosirii infrastructurii existente a rețelelor de fibră optică pentru transmiterea fluxului T2-MI la intrarea modulatorilor DVB-T2 amplasate în cadrul „zonelor de umbră”. Implementarea acestei propuneri a făcut posibilă extinderea semnalului prin utilizarea infrastructurii existente a pilonilor de mică înălțime,  $H = 27$  m, și în consecință a permis a reduce în mod semnificativ cheltuielile operaționale și timpul necesare pentru implementarea rețelei de TDT. Concomitent, realizarea tehnică a acestei propuneri a făcut posibilă implementarea la distanță a unui sistem de monitorizare video și semnalizare a stațiilor de emisie DVB-T2 de mică putere amplasate în „zonele de umbră”.

3. A fost estimată precizia de prognozare a intensității câmpului calculată prin intermediul modelelor ITU-R P. 370, ITU-R P. 1546 și ITU-R P. 1812 în condițiile reliefului și landşaftului Republicii Moldova.

## **Problema științifică soluționată**

Au fost elaborate reperele conceptuale ale rețelei de televiziune digitală terestră în Republica Moldova, aplicarea cărora a permis implementarea primului multiplex național pe baza infrastructurii rețelelor terestre existente (drumuri de acces, clădiri tehnice, rețele electrice, turnuri, piloni, fidere, antene, sisteme de securitate și semnalizare etc.), ce aparțin Î.S. „Radiocomunicații”, operator național în domeniul radiodifuziunii terestre. În consecință, s-au redus în mod semnificativ cheltuielile operaționale și timpul necesar pentru construcția și punerea în funcțiune a rețelei TDT. În procesul de elaborare conceptuală și implementare a rețelei de TDT în RM au fost efectuate un șir de testări și cercetări, în urma cărora: a fost demonstrată oportunitatea aplicării recomandărilor ITU-R P. 1546 și ITU-R P. 1812 pentru prognozarea ariilor de acoperire cu semnal DVB-T2 în condițiile reliefului și landşaftului RM; au fost obținute valorile numerice ale preciziei de prognozare efectuate prin intermediul modelelor menționate; a fost elaborată recomandarea referitor la modul de reducere a interferențelor inter-simbol la intrarea receptorului într-o rețea DVB-T2 SFN SISO.

## **Rezultatele practice și științifice principale înaintate spre susținere**

Spre susținerea tezei sunt înaintate următoarele rezultate:

1. Tehnologia de utilizare a recomandărilor ITU-R P.1546 și ITU-R P.1812 pentru prognozarea ariilor de acoperire cu semnalul DVB-T2 în condițiile reliefului și landşaftului RM.
2. Elaborarea recomandării referitor la modul de reducere a interferențelor inter-simbol la intrarea receptorului în rețeaua DVB-T2 SFN SISO.
3. Elaborarea metodei alternative de conectare a populației la semnalul digital terestru în „zonele de umbră” ale rețelei TDT proiectate.
4. Elaborarea conceptuală și implementarea rețelei TDT în RM eficientă tehnic, tehnologic și economic.

## **Importanța teoretică și valoarea aplicativă a lucrării**

1. În urma elaborării conceptuale și implementării rețelei de TDT în RM a fost demonstrată flexibilitatea parametrilor de configurare a sistemului DVB-T2, care pot fi adaptați ușor la infrastructura rețelelor terestre existente, fapt ce permite de a reduce în mod semnificativ cheltuielile operaționale destinate implementării rețelei TDT.
2. În urma cercetărilor teoretice și practice s-a demonstrat că utilizarea, de către telespectatori, într-o rețea DVB-T2 SFN SISO a antenelor de recepție direcționale, cu multe elemente, strict orientate în direcția unde de cădere cu cea mai înaltă intensitate a câmpului, poate reduce considerabil interferențele inter-simbol ale semnalelor de la intrarea receptorului. Punerea

la dispoziția telespectatorilor în rețele comerciale din țară a antenelor menționate a sporit semnificativ calitatea serviciilor prestate.

3. În urma cercetărilor s-a demonstrat că utilizarea Gap Filler-elor în „zonele de umbră” ale RM nu este posibilă, deoarece necesită asigurarea atenuării diafoniei semnalului dintre intrarea antenei de emisie și ieșirea antenei de recepție de circa 100-110 dB. Aplicarea acestei condiții pe infrastructura pilonilor existenți cu înălțimea 27 m este practic imposibilă. Pentru emisia semnalelor în „zonele de umbră” ale Republicii Moldova este oportun de a folosi emițătoarele de mică putere (cu condiția aducerii fluxului T2-MI la intrarea modulatorilor DVB-T2 prin intermediul infrastructurii rețelelor de fibră optică existente).

4. În procesul de implementare a „MUX-A”, din punct de vedere tehnologic și legislativ, RM a fost aliniată la noi standarde de TD, de rând cu cele mai dezvoltate țări europene, și în prezent depune eforturi pentru implementarea standardului de compresie de ultimă generație H.265.

### **Aprobarea rezultatelor obținute**

Principalele rezultate științifice au fost prezentate la următoarele conferințe:

1. Ediția a IX-a, Conferința Internațională de Microelectronică și Informatică, „ICMCS-2017”, UTM, Chișinău, Moldova, 19-21 octombrie 2017.

2. 12th International Conference „Technologies of the Information Society (ТИО 2018)”, Moscow Technical University of Communications and Informatics (MTUCI), Moscova, Rusia, 14-15 martie 2018.

3. Ediția a VI-a, Conferința Internațională de Telecomunicații, Electronică și Informatică „ICTEI 2018”, UTM, Chișinău, Moldova, 23-25 mai 2018.

4. International Conference „Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (Synchroinfo 2018)”, Minsk State Academy of Communications, Minsk, Belarus, 4-5 iulie 2018.

5. 13th International Conference „Technologies of the Information Society (ТИО 2018)”, Moscow Technical University of Communications and Informatics (MTUCI), Moscova, Rusia, 20-21 martie 2019.

6. Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor, UTM, Chișinău, Moldova, 26-29 martie 2019.

7. 21th International Conference „Wave Electronics and its Application in Information and Telecommunication Systems” (WECONF 2019), St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation (SUAI), Sankt-Petersburg, Rusia, 3-7 iunie 2019.



8. International Conference „Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (Synchroinfo 2018)”, P.G. Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl, Rusia, 1-3 iulie 2019.

9. 10th International Conference on Electronics, Communications and Computing „ECCO 2019”, Chişinău, Moldova, 23-26 octombrie 2019.

10. 11th International Conference on Electronics, Communications and Computing „ECCO 2021”, Chişinău, Moldova, 21-22 octombrie 2021.

11. 12th International Conference on Electronics, Communications and Computing „ECCO 2022”, Chişinău, Moldova, 20-21 octombrie 2022.

### **Publicații**

În total la subiectul tezei au fost expuse 20 publicații (5 articole în reviste de specialitate și 15 comunicări la conferințe).

### **Volumul și structura tezei**

Teza constă din introducere, 3 capitole, concluzii generale, bibliografie (114 titluri), 8 anexe, acestea fiind inserate în 138 pagini text de bază. Teza include 118 figuri și 56 tabele.

### **Cuvinte-cheie**

Televiziune digitală terestră, DVB-T, DVB-T2, T2 Gateway, MFN, SFN, SISO, „System A”, „System B”, „PLP”, „multi-PLP”, „Single PLP” T2-Frame, T2-MI, COFDM, zonă de servicii, zonă de umbră, ITU-R P.1546, ITU-R P.1812, MER, BER, CBER, LBER, C/N, Gap Filler.

### **Conținutul tezei**

În **Capitolul 1** este descris succint procesul de implementare a tehnologiilor de TD la nivel mondial, sunt demonstrate avantajele tehnologiilor de TD în raport cu sistemele de televiziune analogică. Sunt date referințe la actele și documentele normative în domeniul TDT, descrise particularitățile ce țin de implementarea acestei tehnologii în RM, este descrisă procedura de alocare a spectrului radio pentru implementarea rețelei, este argumentată alegerea sistemului de codare a semnalului digital și explicată oportunitatea implementării TDT în RM. La fel, sunt explicate diferite aspecte tehnice ce țin de funcționarea sistemului de emisie terestră DVB-T2, cum ar fi: necesitatea asigurării funcționării sistemului în condițiile când semnalul ajunge la intrarea antenei de recepție din diferite direcții; principiul de multiplexare a frecvențelor purtătoare ortogonale cu codificare; apariția interferențelor inter-simbol în sistem; necesitatea introducerii în componența semnalului a intervalului de gardă. În același rând, sunt descrise regimurile de operare ale sistemului DVB-T2; este explicată noțiunea rețelelor terestre cu o singură frecvență și necesitatea sincronizării tuturor dispozitivelor tehnice din componența acestei rețele, succint este

descrișă schema funcțională a tractului de transmisie a sistemului și a modulatorului DVB-T2. La fel, în **Capitolul 1** sunt descrise succint experiențele altor țări privind implementarea rețelelor DVB-T2.

În **Capitolul 2** este argumentată necesitatea aplicării recomandării internaționale ITU-R P.1546 pentru prognozarea ariilor de acoperire din cadrul „MUX-A”. La fel, în urma cercetării s-a luat decizia, după implementarea „MUX-A”, de a estima (prin intermediul modelelor ITU-R P.1546 și ITU-R P.1812) precizia de prognozare a ariilor de acoperire cu semnalul DVB-T2 (în condițiile reliefului și landșaftului RM). Totodată, în acest capitol sunt expuse aspectele tehnice și practice în vederea elaborării conceptuale a rețelei de TDT în RM. Sunt descrise și argumentate etapele tehnice ce țin de selectarea regimurilor de operare și regimurilor de configurare ale multiplexului, cu condiția respectării următoarelor cerințe – asigurarea capacității maxime a sistemului și ajustarea parametrilor de funcționare a rețelelor la infrastructura rețelelor terestre existente. Au fost efectuat calculul raportului purtătoare/zgomot în sistem; calculul intensității minime mediane a câmpului pentru 6 zone de servicii. În baza calculelor menționate și luând în considerație parametrii tehnici ai amplasamentelor de emisie, a fost efectuată prognozarea automatizată a intensității câmpului pentru 6 zone de servicii. La fel, în acest capitol sunt prezentați succint indicii de calitate ai semnalului DVB-T2 recepționat.

Un compartiment important din **Capitolul 2** inserează elaborarea tehnologiei de emisie a semnalului DVB-T2 în cadrul „zonelor de umbră” ale rețelelor cu o singură frecvență. În acest scop, poate fi aplicat un retranslator specializat, așa-numit Gap Filler. Însă, din cauza ecoului propriului semnal de la intrarea Gap Filler-ului, există un șir de limitări tehnice în vederea exploatării acestuia. Pentru a cerceta posibilele metode de emisie a semnalului DVB-T2 în „zonele de umbră”, în localitatea Holercani au fost efectuate testările în teren ale Gap Filler-ului de tipul  $f_1/f_1$ , producător compania TRedess. În urma cercetării s-a ajuns la concluzia că implementarea Gap Filler-elor în „zonele de umbră” ale RM nu este posibilă. Așadar, a fost argumentată o soluție alternativă – a transmite semnalul în „zonele de umbră” prin intermediul emițătoarelor de mică putere. În aceste condiții, fluxul digital T2-MI trebuie să fie transportat la intrarea emițătoarelor prin intermediul infrastructurii rețelelor de fibră optică, acces care există practic în toate localitățile din RM. Așadar, a fost argumentată alegerea acelei tehnologii de emisie a semnalului, care a putut fi ajustată la infrastructura rețelelor terestre existente amplasate în „zonele de umbră” (și anume, piloni de mică înălțime  $H = 27$  m). Realizarea acestui pas a permis optimizarea semnificativă a cheltuielilor operaționale pentru implementarea „MUX-A”.

În **Capitolul 3** sunt expuse rezultatele testării indicilor de calitate ai semnalului DVB-T2 recepționat în zona de servicii Strășeni, canalul 31. Având la bază rezultatele măsurărilor parametrilor de calitate ai semnalului recepționat, a fost efectuată estimarea comparativă indicilor

de calitate ai acestuia. Rezultatele testării au confirmat calitatea bună a serviciului prestat și, totodată, au demonstrat eficiența rețelelor cu o singură frecvență pentru micșorarea suprafețelor „zonelor de umbră”. La fel, a fost demonstrat că indicii de calitate ai semnalului recepționat prin intermediul antenei direcționale au o valoare mai înaltă în raport cu recepția prin intermediul antenei cu diagrama de directivitate circulară.

În scopul unei estimări mai detaliate a gradului și naturii interferenței semnalelor în punctul de recepție al unei rețele terestre cu o singură frecvență, în **Capitolul 3** a fost efectuată simularea funcționării clusterului DVB-T2 SFN SISO în condiții de laborator. În acest scop, au fost folosite două emițătoare DVB-T2 ajustate la canalul 22. La intrarea emițătoarelor menționate, prin intermediul interfeței T2-MI și rețelei de distribuție IP, a fost aplicat fluxul digital de date al primului multiplex național „MUX-A”. De la ieșirea emițătoarelor DVB-T2 semnalele RF au fost transmise la intrarea combinerului 3dB, dar de la ieșirea acestuia semnalul sumar a fost repartizat la intrarea spectro-analizatorului ETL Rohde & Schwarz. În urma cercetării s-a ajuns la concluzia că în rețelele terestre cu o singură frecvență nu este admisibil ca nivelurile semnalelor utile (induse la bornele antenei de recepție) să aibă valori comparabile. În acest caz, interferențele inter-simbol la intrarea receptorului vor fi maxime.

În continuare, în **Capitolul 3** au fost soluționate unele probleme practice ce țin de estimarea nivelului sumar al semnalului indus la bornele antenei de recepție, în funcție de condițiile de recepție ale acestuia. În urma cercetării s-a ajuns la concluzie că într-o rețea DVB-T2 SFN SISO pentru recepția corectă a semnalelor rețelei este important să selectăm la bornele antenei unda de cădere cu cea mai mare intensitate și, totodată, să atenuăm nivelurile celorlalte unde de cădere. Așadar, a fost elaborată recomandarea în vederea recepționării optime a semnalului: într-o rețea DVB-T2 SFN SISO este necesară aplicarea antenei de recepție direcționale, cu multe elemente strict orientate în direcția unde de cădere cu cea mai înaltă intensitate a câmpului. Totodată, a fost înaintată propunerea în vederea estimării indirecte a interferențelor inter-simbol la intrarea receptorului DVB-T2 prin valoarea creșterii nivelului sumar al semnalului în raport cu cazul când este recepționată o singură undă de cădere cu cea mai înaltă intensitate.

În final, în **Capitolul 3** a fost estimată precizia de prognoze a intensității câmpului în condițiile reliefului și landşaftului RM. Calcularea intensității câmpului a fost efectuată prin intermediul recomandărilor internaționale ITU-R P.370, ITU-R P.1546 și ITU-R P.1812. Pentru realizarea sarcinii propuse au fost comparate valorile intensității câmpului electromagnetic prognozate pentru 6 puncte de test cu cele obținute în urma măsurărilor în teren. În urma cercetării s-a tras concluzia că pentru prognozarea intensității câmpului în condițiile reliefului și landşaftului RM este indicat a folosi recomandările internaționale ITU-R P.1546 și ITU-R P.1812.

# 1. PROBLEMELE ELABORĂRII ȘI IMPLEMENTĂRII TELEVIZIUNII DIGITALE TERESTRE ÎN REPUBLICA MOLDOVA

În acest capitol au fost studiate și cercetate aspectele tehnice și practice ce țin de implementarea TDT în RM, și anume: avantajele sistemelor de TD; alegerea standardului de emisie digitală terestră; alocarea spectrului radio pentru implementarea proiectului; alegerea sistemului de codare a semnalului digital; particularitățile tehnice și avantajele standardului de emisie terestră DVB-T2 (Digital Video Broadcasting – Terrestrial); particularitățile tehnice și elementele de sincronizare ale rețelelor DVB-T2 cu o singură frecvență; problemele asigurării emisie digitale terestre în „zonele de umbră”; experiența de implementare a rețelelor DVB-T și DVB-T2 în alte țări. În urma abordării aspectelor tehnice menționate a fost formulată problema de elaborare conceptuală și implementare a rețelei de TDT în RM, au fost formulate unele recomandări preliminare în vederea implementării proiectului.

## 1.1. Alegerea standardului de emisie digitală terestră în Republica Moldova

Perioada contemporană este caracterizată prin dezvoltarea avansată a tehnologiilor digitale de procesare a semnalelor, integrarea lor în tehnologiile de comunicații și multimedia [2]. Pe parcursul ultimelor decenii, în lume s-a desfășurat un proces rapid de trecere de la televiziunea analogică la cea digitală. Acest progres tehnologic a fost facilitat prin implementarea noilor tehnologii de compresie, multiplexare și transportare a fluxurilor de date. Implementarea tehnologiilor digitale a sporit esențial micșorarea numărului de programe de televiziune (TV) transmise în format analogic și va duce la dispariția lor într-o perspectivă apropiată.

Sistemele de TD au avantaje incontestabile în raport cu sistemele de televiziune analogică, și anume [3]:

- Mult mai eficient este gestionat spectrul de frecvențe radio în banda de frecvențe a unui canal ce poate transmite mai multe programe TV, inclusiv cu rezoluția înaltă a imaginii HD (High Definition).

- Imaginea digitală este de calitate mai bună decât cea analogică: este mai clară, conține mai multe detalii, deoarece este rezistentă la interferențe și zgomot.

- Telespectatorul are acces la mai multe facilități suplimentare, ca de exemplu tabelul EPG (Electronic Program Guide), suport în mai multe limbi, titluri în diferite limbi etc.

La ora actuală, în lume sunt puse în exploatare mai multe sisteme de TD [2, 4]:

1. DVB (Digital Video Broadcasting) – sisteme implementate în țările Uniunii Europene, Rusia, Australia, Ucraina, RM, în majoritatea țărilor africane.

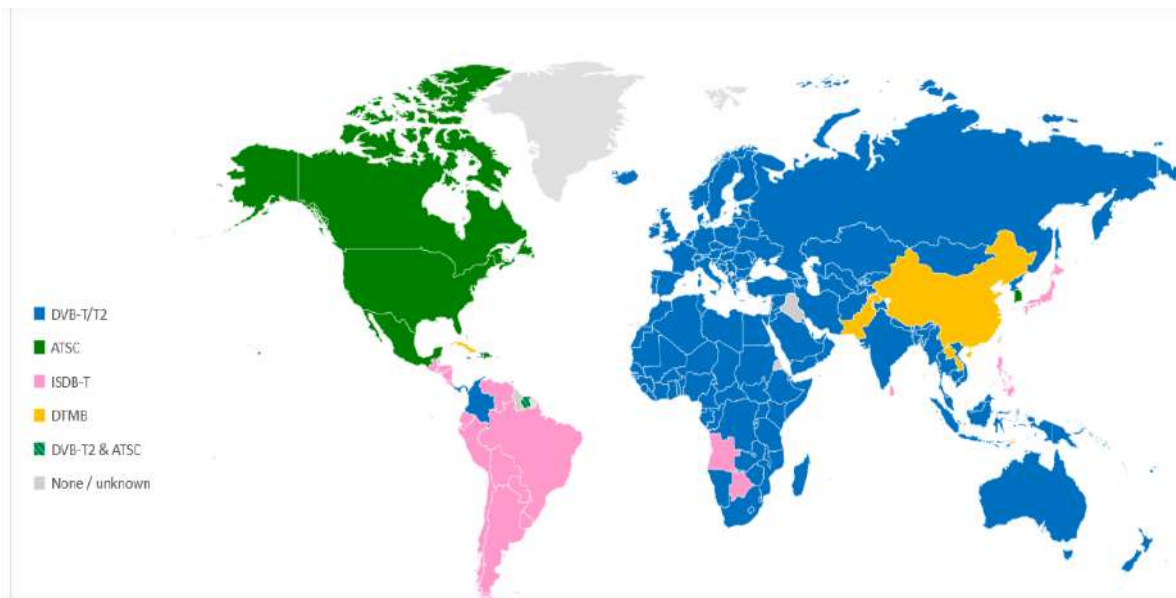
2. ATSC (Advanced Television Systems Committee) [5] – sisteme implementate în Statele Unite ale Americii, Canada, Mexic, Argentina, Taiwan și Coreea de Sud.

3. ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting) [6] – sisteme implementate în Japonia, America de Sud și alte țări ale lumii.

4. DMB (Digital Multimedia Broadcasting) [7] – sisteme implementate în Coreea de Sud, China, Cuba, Hong Kong și alte țări.

DVB reprezintă un șir de standarde din domeniul televiziunii digitale elaborate de către un consorțiu internațional care activează sub denumirea DVB Project, astăzi incluzând circa 300 de companii din 35 țări [8]. Aceste standarde sunt cunoscute sub următoarele denumiri: DVB-T, DVB-T2 – de difuziune terestră; DVB-H [9], DVB-SH, DVB-H2 – pentru dispozitive portabile; DVB-S, DVB-S2[10], DVB-S2X – de transmitere prin satelit; DVB-C, DVB-C2 [11] – de transmitere prin cablu.

Sistemele DVB-T [12, 13] și DVB-T2 [14, 15] oferă soluții tehnice pentru implementarea rețelelor de TDT. Implementarea acestor tehnologii a permis reorganizarea spectrului radio destinat anterior pentru televiziunea terestră analogică, eliberând partea superioară a spectrului (694-862 MHz) pentru alte servicii noi din domeniul telecomunicațiilor. Conform datelor statistice din iulie 2022 referitor la repartizarea standardelor de TDT, în lume predomină standardele DVB-T și DVB-T2 (a se vedea fig. 1.1).



**Fig. 1.1. Repartizarea standardelor de TDT în lume [16]**

Datorită amplasării sale geografice, în RM au fost adoptate standardele televiziunii digitale terestre DVB-T și DVB-T2 [17, 18], dar într-o perspectivă apropiată se va utiliza doar sistemul DVB-T2 [19].

## **1.2. Experiența de implementare a rețelelor DVB-T2 în alte țări**

### ***1.2.1. Tranziția la standardul DVB-T2 la nivel mondial***

Datorită aplicării principiului COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) [20, 21], sistemele de televiziune digitală terestră DVB-T și DVB-T2 sunt bine adaptate pentru implementarea TDT în condițiile când semnalul ajunge în punctul de recepție prin mai multe căi de propagare. Datorită acestui fapt, standardele menționate au fost aplicate pentru implementarea TDT (în benzile VHF și UHF) în majoritatea țărilor lumii. Decizia de a implementa standardul DVB-T2 a fost acceptată de administrațiile din Austria, Regatul Unit, Germania, Danemarca, India, Spania, Italia, Kazahstan, Slovacia, Ucraina, România, Belarus, Finlanda, Cehia, Suedia, Africa de Sud, Rusia, Albania, Algeria și multe alte țări [22]. Mai mult, într-un număr mare de țări tranziția la standardul DVB-T2 a fost deja finalizată, cum ar fi în Andorra, Austria, Columbia, Republica Cehă, Republica Macedonia, Luxemburg, Malta, Portugalia, România, Franța, Arabia Saudită, Germania, Grecia, Ungaria, Islanda, Serbia, Slovacia, Regatul Unit etc. Totodată, la nivel mondial, se observă o tendință de migrare de la tehnologia DVB-T spre tehnologia DVB-T2 și de la sistemul de compresie MPEG-2 spre MPEG-4 și MPEG-H.

### ***1.2.2. Televiziunea digitală terestră în România***

Lansarea proiectului-pilot de TDT în România [23, 24, 25] a avut loc în decembrie 2005, când la București a fost dat în exploatare primul emițător DVB-T, canalul 54. Ulterior, la București și Sibiu au fost date în exploatare încă 8 emițătoare DVB-T. Emițătoarele DVB-T au funcționat între 2005 și 2016 cu următorii parametri tehnici: canalele 30, 47, 54, 59; sistemul de codare MPEG-2; parametrii de configurare a modulatorului – QAM - 16 (Quadrature Amplitude Modulation), FFT 8k (Fast Fourier Transform), FEC 3/4, GI 1/16; lățimea benzii 8 MHz. În total au fost implementate 3 multiplexe regionale. Transmișiile DVB-T au fost definitiv închise la 1 septembrie 2016 în favoarea standardului DVB-T2.

Transmișiile DVB-T2 pe teritoriul României au început la 17 iunie 2015 cu punerea în funcțiune a unui emițător DVB-T2 canalul 30, la București. Apoi a continuat cu implementarea primului multiplex național MUX-1. În prima etapă de dezvoltare a proiectului au fost construite 63 de amplasamente (stațiile de emisie DVB-T2). Etapa următoare a constat în extinderea MUX-1 până la 228 de amplasamente. Așadar, pentru implementarea MUX-1 au fost construite 36 de rețele naționale DVB-T2 SNF. MUX-1 a fost implementat cu următorii parametri de configurare: sistemul de codare MPEG-4 H.264(AVC); parametrii de configurare a modulatorului – QAM 256, FFT 32k, FEC 2/3, GI 1/8; lățimea benzii 8 MHz. În tabelul 1.1 este inserată componența clusterului național 008 Reșița din cadrul MUX-1.

În total, în România au fost alocate resurse pentru implementarea a 5 multiplexuri naționale, toate cu polarizare orizontală. Pentru MUX-1, MUX-2, MUX-3, MUX-4 au fost alocate resursele benzii UHF. Pentru MUX-5 au fost alocate resursele benzii VHF. În urma unei licitații a ANCOM, pe 10 iunie 2014, Societatea Națională de Radiocomunicații a obținut dreptul de a implementa MUX-1, MUX-2 ȘI MUX-4, însă a renunțat la două dintre ele (MUX-2 și MUX-4) pe 5 decembrie 2019. În urma refuzului a fost acuzat contextul legislativ în domeniul comunicațiilor electronice ca fiind nefavorabil. Totodată, a fost menționată lipsa de interes din partea operatorilor privați față de retransmisia digitală terestră. Conform Raportului public al Curții de Conturi pe anul 2019, realizat în decembrie 2020, Societatea Națională de Radiocomunicații ar fi plătit ANCOM 3,43 milioane de lei pentru achiziția celor două multiplexuri nefolosite și ar fi realizat un studiu tehnico-economic privind viabilitatea tranzacției abia mai târziu.

**Tabelul 1.1. Amplasamentele din componența clusterului DVT-2 SFN 008 Reșița**

Alocare	Canal	Amplasament	P <sub>Tx</sub> , kW	Inaugurare
008 Reșița	C44 658 MHz	Semenic	2.5	1 septembrie 2020
		Reșița	1.0	
		Bocșa	0.02	1 aprilie 2020
		Carașova	0.01	
		Sadova Veche	0.05	
		Maciova	0.5	
		Topleț	0.1	1 decembrie 2020
		Bozovici	0.2	
		Pojejena	0.2	
		Oravița	0.2	
		Mehadia	0.1	
		Moldova Nouă	0.1	
		Sasca Montană	0.05	
		Domașnea	0.1	
Orșova	0.05			

### ***1.2.3. Televiziunea digitală terestră în Australia***

Australia este deservită de o rețea extinsă de emițătoare digitale DVB-T care acoperă aproximativ 600 de zone geografice [26, 27]. Site-urile de transmisie funcționează atât în banda VHF III, cât și în benzile UHF IV/V pe un canal de 7 MHz și funcționează predominant cu următorii parametri de transmisie: FFT 8k, 64-QAM, FEC 2/3 sau 3/4. Serviciile de TDT au început în marile regiuni metropolitane la 1 ianuarie 2001 și au fost implementate progresiv în zonele regionale și în unele zone îndepărtate. Una dintre caracteristicile implementării transmițătorului australian constă în faptul că un procent mare din populație primește semnale de la un număr mic de emițătoare de mare putere, „stația principală”, cu zone de acoperire tipice de până la 150 km. Pentru serviciile digitale, nivelurile de putere radiată ale emițătorilor stației principale sunt de până la 150 kW e.r.p. la VHF și până la 895 kW e.r.p. la UHF. În plus, concomitent cu serviciile stațiilor principale de mare putere, pentru acoperirea cu semnal a „zonelor de umbră” pe scară largă sunt utilizate stațiile repetoare. Acestea au putut fi implementate folosind fie o abordare de rețea MFN (Multi Frequency Network), fie o abordare de rețea SFN (Single Frequency Network).

HDTV (High Definition Television) a constituit caracteristica-cheie a introducerii TDT în Australia și a fost un factor important în adoptarea TD. Guvernul australian s-a angajat să se asigure că TD va fi cât mai accesibilă. Inițial, radiodifuzorii au fost obligați să transmită cel puțin o cantitate minimă de programe de televiziune de înaltă definiție pentru cei care au aparate HDTV. De asemenea, li s-a cerut să transmită emisiunile și în format SDTV (Standard Definition Television). Transmisia de programe în format SDTV le-a oferit telespectatorilor o cale de conversie mai ieftină pentru obținerea serviciilor digitale.

Deși aproximativ 96% din populație a avut acces la cel puțin un serviciu digital, conectarea a fost inițial lentă, doar 28% din cele 7,8 milioane de gospodării din Australia au adoptat TD gratuită până în martie 2007. Cu toate acestea, până în august 2010, 75% dintre gospodăriile australiene făcuseră schimbarea. Transmisiile analogice au început să fie eliminate treptat în 2010 și au încetat să fie disponibile la nivel național până la sfârșitul anului 2013. Actualmente, TDT este disponibilă pentru aproape toate gospodăriile australiene. Serviciile gratuite ajung la 99% din populația australiană [28, 29]. Radiodifuzorii comerciali oferă până la 15 canale TV digitale, inclusiv canale principale de înaltă definiție.

În martie 2018, autoritățile australiene au anunțat începutul testărilor tehnologiei DVB-T2 cu scopul îmbunătățirii serviciilor de TDT și implementării într-o perspectivă a serviciului Ultra HD cu rezoluția de 4k (2160 x 3840). Decizia Australiei de a înlocui infrastructura existentă DVB-



T cu echipamente tehnice DVB-T2 este semnificativă, deoarece țara a fost în mod tradițional un generator de tendințe pentru întreaga regiune Asia-Pacific.

#### 1.2.4. Televiziunea digitală terestră în Italia

În Italia, stoparea difuzării analogice a fost finalizată în iulie 2012. Standardul adoptat pentru difuzarea televiziunii digitale terestre a fost în principal DVB-T. De asemenea, se folosește DVB-H și DVB-T2 [30, 31]. În modelul de disponibilitate a recepției, televiziunea gratuită coexistă cu serviciile pay-per-view. Radiodifuzorii au furnizat o gamă largă de servicii interactive, cum ar fi teletextul digital, informațiile de știri, prognozele meteo, sondajele de audiență și EPG etc. Procentul actual al populației italiene acoperit de semnalele TDT este de aproximativ 99% din populație. Împărțirea populației italiene în raport cu cele trei platforme diferite utilizate în principal pentru recepția televiziunii este următoarea: procentul utilizatorilor care receptează televiziune în primul rând prin mijloace terestre este în jur de 83% din populație; procentul de utilizatori care receptează televiziune în primul rând prin satelit este de aproximativ 17%; utilizatorii IPTV sunt sub 1% din populație. Planul italian definit în 2010 a identificat canalele din benzile VHF și UHF pentru 25 de rețele naționale TDT (21 DVB-T + 4 DVB-H) cu o acoperire de cel puțin 80% din populația țării și o utilizare extinsă a SFN. Totodată, în Italia s-au dezvoltat aproximativ 500 de multiplexuri difuzate de rețelele locale/regionale care produc o ocupare medie a spectrului echivalent cu 18 multiplexuri naționale. În tabelul 1.2 sunt prezentate detaliile tehnice ale multiplexurilor implementate în Italia.

**Tabelul 1.2. Parametrii tehnici ai multiplexurilor difuzate în Italia**

Cantitatea Mux	Standard, modularea	FEC	GI	Modul de recepție	Capacitate Mux, Mb/s
1	DVB-T, 64 QAM SFN, UHF	3/4 s-au 5/6	1/4	Fixă	22.4-23.7
	DVB-T, 64 QAM MFN, VHF	3/4	1/32	Fixă	19.9
3	DVB-T, 64 QAM SFN, UHF	2/3	1/4	Fixă	19.9
1	DVB-T2, VHF	2/3	1/128	Fixă	35.2
1	DVB-T, 64 QAM	3/4	1/4	Fixă	22.4
3	DVB-T, 64 QAM	5/6	1/4	Fixă	29.4
1	DVB-H, 16 QAM	1/2	1/4	Portabilă mobilă	10
3	DVB-T, 64 QAM	3/4	1/4	Fixă	22.4
2	DVB-T, 64 QAM	3/4	1/4	Fixă	22.4
1	DVB-T, 64 QAM	5/6	1/4	Fixă	24.9
1	DVB-H, QPSK	1/2	1/8	Portabilă mobilă	6
1	DVB-T, 64 QAM	2/3	1/4	Fixă	19.9
1	DVB-T2, 256 QAM	-	-	Fixă	32
18 (regional)	DVB-T, 64 QAM	3/4	1/4	Fixă	22.4

La începutul anului 2012, guvernul italian a anunțat că începând cu 2015, toate receptoarele TDT trebuie să includă un tuner cu standardul DVB-T2. Această decizie este consecința următoarelor două motive: 1. Ca urmare a deciziei ultimei RRC-12 de a reduce banda 700 MHz (destinată anterior pentru TDT) în favoarea serviciilor mobile sunt necesare tehnici noi și mai eficiente de modulare și compresie (adică DVB T2 și HEVC); 2. În multiplexurile DVB-T nu există suficientă capacitate pentru a introduce noi servicii sau a îmbunătăți calitatea tehnică a conținuturilor de difuzare (SD către HD). Conform planurilor autorităților italiene, transferul benzii de 700 MHz către telefonia mobilă a fost stabilit pentru 1 iulie 2022. O nouă foaie de parcurs a prevăzut trecerea la tehnologia DVBT-2 HEVC la nivel național către 30 iunie 2022, însă mai târziu, ultimul termen a fost amânat cu șase luni.

### **1.3. Alocarea frecvențelor pentru implementarea televiziunii digitale terestre în RM**

Conform prevederilor Acordului regional ce ține de planificarea serviciului de radiodifuziune digitală terestră, aprobat în cadrul Conferinței Regionale de Radiocomunicații RRC-06 (or. Geneva, 2006) [1] și ratificat prin Legea Parlamentului în anul 2008 [32], începând cu 17 iunie 2015, RM și-a asumat responsabilitatea de a finaliza digitalizarea rețelelor de televiziune terestră [33]. Această responsabilitate și-au asumat-o 104 țări. Așadar, începând cu 17 iunie 2015, canalele televiziunii analogice nu au mai beneficiat de protecție în caz de perturbații cauzate de canalele TD. La conferința menționată a fost adoptat un nou plan de frecvențe care a definit utilizarea benzilor de transmisie III (VHF – 174-230 MHz) și benzilor IV/V (UHF – 470-862 MHz) pentru transmisia terestră digitală. Conform acestui plan, RM inițial i-au fost alocate 62 canale TV pentru implementarea TDT. Conform documentelor finale RRC-06, teritoriul RM a fost împărțit în 6 zone de servicii naționale [34, 1] cărora le-au fost alocate în total 36 de canale. Amplasarea zonelor naționale de TDT pe teritoriul RM este reprezentată în fig. 1.2. De asemenea, teritoriul RM a fost împărțit în 12 regiuni [34] cărora le-au fost alocate 26 de canale TV. Amplasarea zonelor regionale de TDT pe teritoriul RM este reprezentată în fig. 1.3.

Prin Hotărârea Guvernului RM [35], spectrul 790-862 MHz (canalele 61-69), numit totodată „Dividendul Digital-1”, a fost transmis în gestiunea operatorilor de telefonie mobilă. Conferința Mondială Radio RRC-12, care a avut loc la Geneva în perioada 23 ianuarie–17 februarie 2012, a recomandat examinarea posibilității utilizării și benzii 694-790 MHz (numită și „Dividendul Digital-2”) [36, 37] pentru serviciile de comunicații electronice mobile. Ulterior, prin Hotărârea Guvernului RM [38], s-a luat decizia de a promova „Dividendul Digital-2” pentru dezvoltarea rețelelor de telefonie mobilă. Așadar, planul digital național s-a redus „de facto” la șirul de canale TV 49-60.

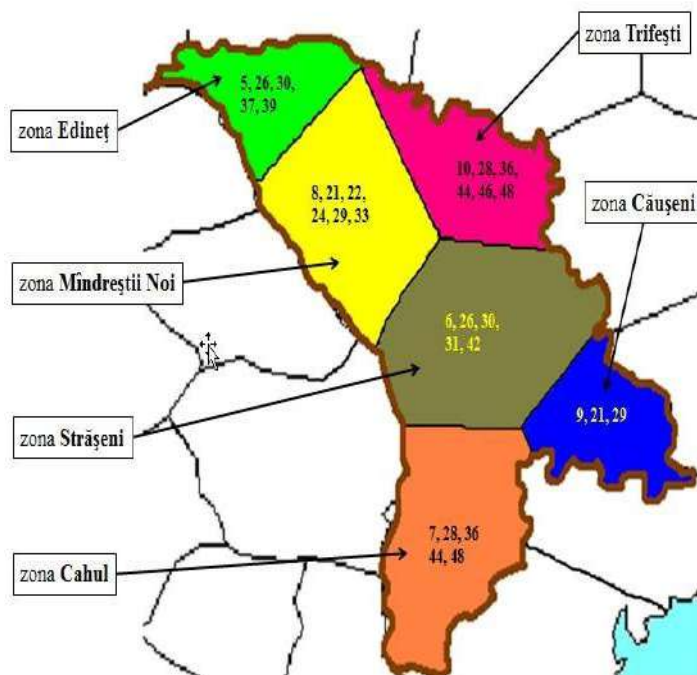


Fig. 1.2. Amplasarea zonelor naționale de TDT pe teritoriul Republica Moldova [41]

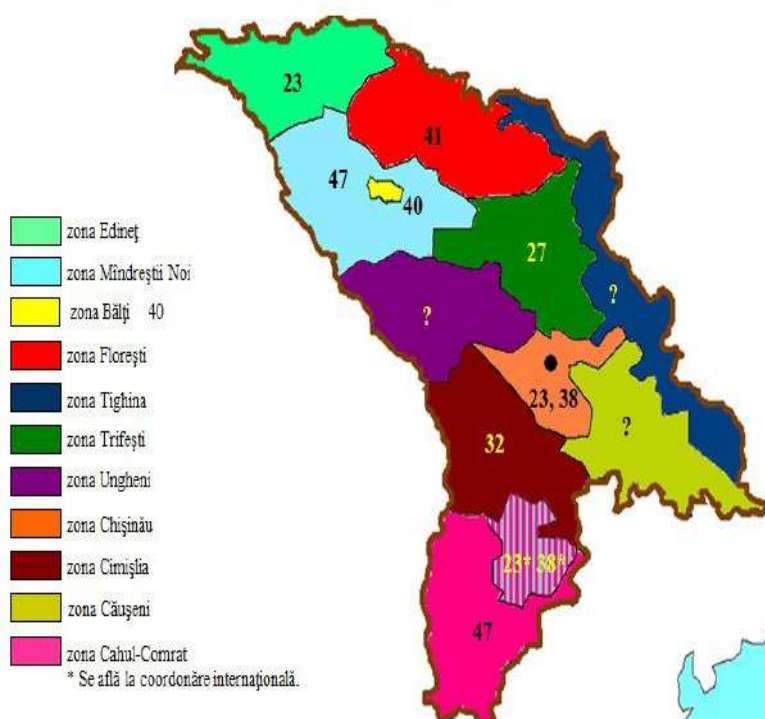


Fig. 1.3. Amplasarea zonelor regionale de TDT pe teritoriul Republicii Moldova [41]

Luând în considerație „Dividendul Digital-1” și „Dividendul Digital-2” și reieșind din faptul că pentru construcția unui multiplex național sunt necesare minimum 6 frecvențe/canale (6 zone naționale), în RM pot fi construite 3 multiplexuri digitale cu acoperire națională (2 multiplexuri în banda UHF și 1 multiplex în banda VHF, în total 18 frecvențe zonale), precum și

21 multiplexuri digitale regionale/locale (12 frecvențe zonale și 9 frecvențe regionale) [3]. Așadar, în scopul utilizării raționale a spectrului radio, multiplexurile pot fi construite numai prin aplicarea tehnologiei rețelelor sincrone de difuziune terestră, așa-numitele rețele cu o singură frecvență SFN (Single Frequency Network) [39].

În consecință, s-a ajuns la concluzie că elaborarea tehnologiei optimale de sinteză și implementare a multiplexului TDT în RM prevedea proiectarea și construcția primului multiplex național (cu acoperire națională), așa-numitul „MUX-A”. Implementarea „MUX-A” prevedea construcția a 6 rețele (zone de servicii [2]) de televiziune digitală terestră DVB-T2 SFN. Totodată, pentru implementarea „MUX-A” a fost oportun a utiliza banda de frecvențe UHF, deoarece gabaritele mici ale antenelor de recepție au facilitat semnificativ pentru telespectatori procesul de instalare și ajustare a acestora.

#### **1.4. Alegerea sistemului de codare a semnalelor de la intrarea „MUX-A”**

Funcționarea sistemelor de TD este posibilă numai cu condiția aplicării tehnologiilor MPEG (Moving Pictures Experts Group) de codare (comprimare) a semnalelor digitale [4, 40]. Această cerință poate fi explicată prin următoarele argumente:

- Viteza fluxului de date necesară pentru transmisia unui semnal de TD în format SD (Standard Definition), cu rezoluția imaginii 720x576 de pixeli și 256 niveluri de cuantizare, constituie 216 Mbit/s [41].

- Teoretic, rata maximă posibilă de date transmise poate fi exprimată prin limitarea Shannon, prin formulă [12]

$$C \text{ [Bit/s]} \approx 1/3 * B \text{ [Hz]} * \text{SNR [dB]}, \quad (1.1)$$

unde: C – capacitatea canalului; B – lărgimea benzii canalului; SNR – raportul semnal/zgomot, unde  $\text{SNR} > 10 \text{ dB}$ .

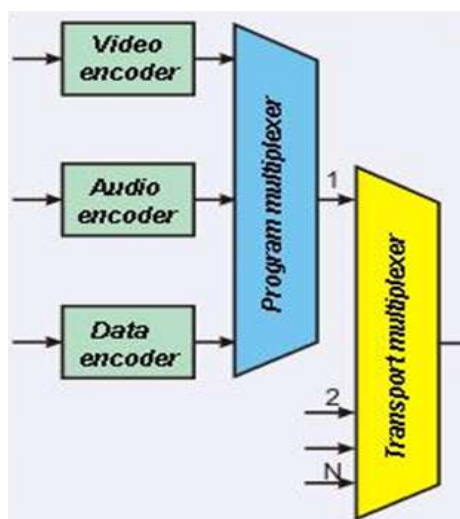
- Într-un canal de TD cu lărgimea benzii de 8 MHz, în cazul când raportul  $\text{SNR} = 25 \text{ dB}$  (nivelul bun al semnalului, antena de recepție este amplasată pe acoperiș), poate fi atinsă capacitatea teoretică maximală a canalului cu valoarea de circa 66.7 Mbit/s

$$C \approx 1/3 * 8 * 10^6 \text{ Hz} * 25 \text{ dB} \approx 66.7 \text{ Mbit/s.}$$

Așadar, luând în considerație numai capacitatea teoretică maximală a canalului, apare necesitatea de a lărgi banda canalului de circa 3 ori. Pentru realizarea practică a canalului va fi necesar a lărgi banda de frecvențe suplimentar. Este evident că utilizarea spectrului radio în modul indicat nu este posibilă. Numai pentru a fi echivalentă cu televiziunea analogică este necesar a comprima fluxul digital în proporție de circa 10:1. Însă, pentru atractivitatea economică a sistemelor noi, sunt necesari coeficienți de comprimare mult mai mari.

Actualmente, în lume sunt utilizate pe scară largă două standarde de comprimare a semnalului video digital: H.262/MPEG-2 [42, 43] și H.264 AVC/MPEG-4 [44, 45]. Recent a fost dezvoltat și standardul H.265 HEVC/MPEG-H [2, 46, 47], ce are avantaje incontestabile din punct de vedere al capacității sistemului. Acest standard deja începe a fi implementat în multe țări din lume. Totodată, e de menționat că semnalul audio în sistemele DVB-T, DVB-T2 poate fi codat conform algoritmului MPEG-1 Audio Layer II [4].

Destinația principală a sistemelor de TD este de a transmite în banda de frecvențe a unui canal mai multe servicii (programe TV, programe radio (RD), teletext, tabelul EPG etc.). Pentru a atinge acest scop este necesară efectuarea procedurii de multiplexare a semnalelor codate [2, 21]. În linii generale, schema funcțională a stației de codare și multiplexare este demonstrată în fig. 1.4. Există două niveluri de multiplexare. La primul nivel sunt multiplexate părțile componente ale unui serviciu (Program multiplexer). Al doilea nivel de multiplexare presupune multiplexarea componentelor ce se referă la diferite servicii (Transport multiplexer).



**Fig. 1.4. Schema funcțională a stației de codare și multiplexare a semnalelor digitale**

În anul 2016, în comun cu un grup de specialiști din cadrul Î.S. „Radiocomunicații”, au fost efectuate testările tehnice ale codoarelor de tip H.265 în scopul aplicării, în viitorul apropiat, a acestei tehnologii moderne la formarea multiplexurilor naționale de TD. Testările reale, care s-au efectuat în mun. Chișinău pe canalul 58, au demonstrat eficiența noii tehnologii de compresie. Astfel, în baza argumentelor prezentate Ministerului Tehnologiei Informației și Comunicațiilor, prin Hotărârea Guvernului RM [48] tehnologiile H.264 și H.265 au fost aprobate în calitate de standarde naționale de compresie. Capacitățile sistemelor de compresie H.264 și H.265 (per un semnal Video) obținute în urma testărilor sunt reprezentate în fig. 1.5.

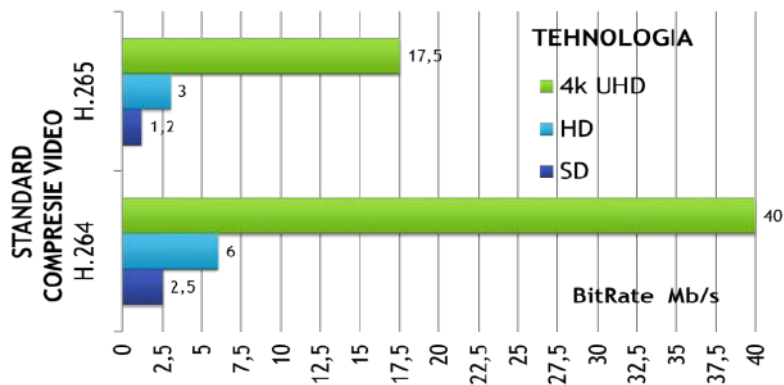


Fig. 1.5. Capacitățile de compresie ale sistemelor H.264 și H.265

## 1.5. Sistemul de emisie digitală terestră DVB-T2

### 1.5.1. Avantajele standardului DVB-T2

Sistemul de TDT poate fi definit ca o unitate funcțională de echipamente, care asigură adaptarea semnalelor TV digitale, codate conform algoritmilor MPEG, cu caracteristicile tehnice ale sistemelor de transmisie a datelor și sistemelor de emisie terestră. În septembrie 2009, consorțiul DVB a publicat un nou standard de TDT de a doua generație DVB-T2 [12, 49]. Acest standard asigură o rată de transmisie mai înaltă și o flexibilitate mai bună la configurarea parametrilor sistemului, în comparație cu predecesorul său DVB-T, și în mare măsură este destinat pentru implementarea rețelelor terestre SFN. În standardul DVB-T2, numărul de frecvențe purtătoare a fost mărit până la “32k” (unde  $k = 1024$ ), suplimentar a fost introdusă modulația 256 QAM, au fost înlocuite codurile de corecție a preciziei etc. Ca rezultat a fost obținută majorarea capacității maxime a sistemului cu cca 50% (în raport cu standardul DVB-T) (a se vedea fig. 1.6). Prin urmare, a fost posibil a mări numărul posturilor TV transmise sau definiția acestora. Viteza maximală a fluxului de date în sistemul DVB-T2 poate atinge valoarea de 50,3 Mbit/s.

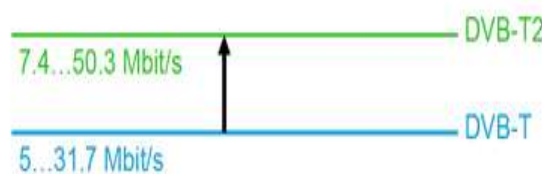


Fig. 1.6. Comparația capacităților sistemelor DVB-T și DVB-T2 [14]

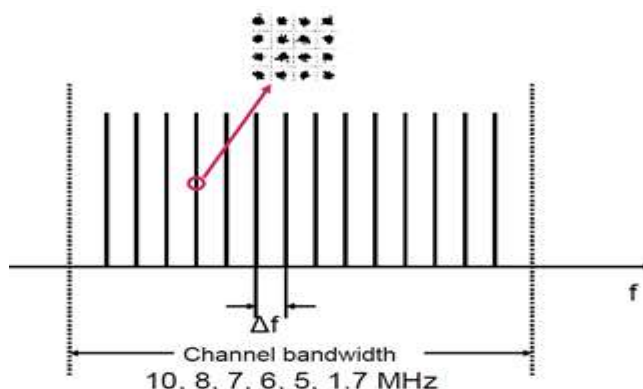
Capacitatea unei rețele DVB-T2 depinde de setările sistemului. Setările la rândul său sunt destul de flexibile. De exemplu, la modulația 16-QAM (code rate 2/3) obținem capacitatea de cca 20 Mbit/s, ceea ce permite difuzarea a 3 programe TV în formatul HD sau 8 programe TV în formatul SD, cu condiția folosirii compresiei MPEG-4. Dacă vom folosi modulația 256-QAM

(code rate 2/3), vom obține capacitatea de cca 40 Mbit/s, ceea ce va permite difuzarea a 6 programe TV în formatul HD sau 16 programe TV în formatul SD, cu condiția folosirii compresiei MPEG-4. Deci, obținem dublarea capacității, însă aria de acoperire cu semnal terestru va fi mai mică.

În linii generale, standardul DVB-T2 are următoarele avantaje [20]: creșterea capacității sistemului cu 30–50% comparativ cu sistemul DVB-T; este posibil a recepționa programe cu antenele casnice existente; datorită flexibilității parametriilor de configurare, sistemul poate fi implementat pe infrastructura rețelelor terestre existente (piloni, turnuri, antene, fidere, sisteme de alimentare cu energie electrică, canale transport date, spații tehnologice etc); standardul este orientat pentru implementarea rețelelor SFN; este posibil a transmite într-un canal RF (Radio Frequency) mai multe servicii cu diferit grad de imunitate la zgomot (multi-PLP); poate fi aplicat un mecanism de reducere a puterii de vârf la valoarea medie a semnalului transmis etc.

### ***1.5.2. Aplicarea principiului COFDM și intervalului de gardă***

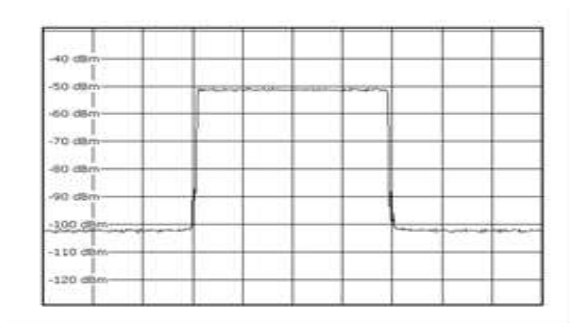
Una dintre problemele tehnice care necesită rezolvare în rețelele de TDT este asigurarea posibilității decodificării semnalului când acesta ajunge în punctul de recepție din diferite direcții (prezența ecourilor). În acest scop, în standardul DVB-T2 se aplică multiplexarea frecvențelor purtătoare ortogonale cu codificare, așa-numitul principiu COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) [50, 51, 52, 53]. Acest principiu implică utilizarea unui număr mare de frecvențe purtătoare localizate secvențial în banda unui canal RF (a se vedea fig.1.7). Frecvențele purtătoare sunt modulate prin intermediul unei metode de manipulare digitală, când fiecare stare fizică a semnalului este asociată cu un simbol propriu. Astfel, fluxul de date de mare viteză care trebuie transmis telespectatorului este demultiplexat în mii de fluxuri de viteză mică, care sunt apoi transmise în eter.



**Fig. 1.7. Demultiplexarea fluxului de viteză înaltă într-un număr mare de fluxuri de viteză mică în sistemul DVB-T2 [14]**

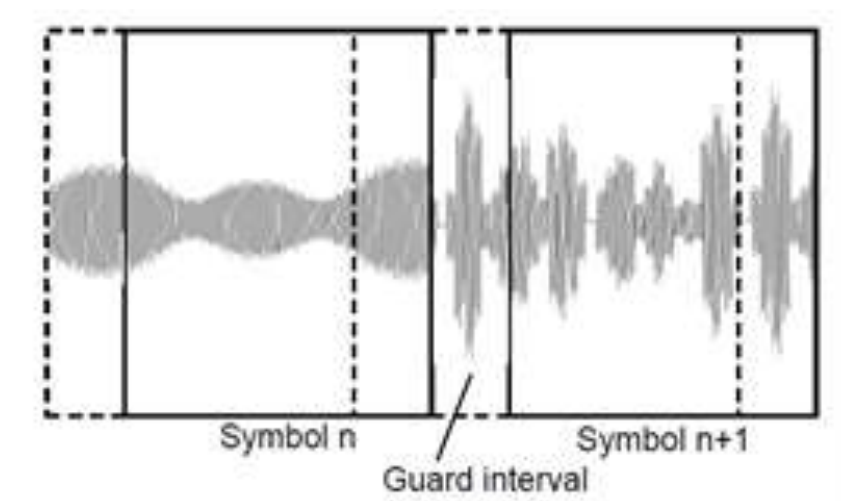
Durata intervalului de timp în care toate frecvențele purtătoare simultan sunt transmise în canalul RF este definită ca timpul de transmisie al unui simbol COFDM. Într-o rețea digitală

terestră, calitatea recepției esențial depinde de durata transmisiei simbolului COFDM, deoarece dacă timpul de întârziere a ecourilor poate fi comparat cu durata jumătății simbolului, recepția semnalelor devine imposibilă. Prin urmare, sarcina dezvoltatorilor de sistem a fost de a crește durata de transmisie a unui simbol în raport cu durata de întârziere a ecourilor de la intrarea receptorului. Aplicarea unui număr mare de frecvențe pentru transmisie a permis soluționarea acestei probleme. În timpul transmisiei simbolului COFDM, la ieșirea emițătorului DVB-T2 este generat un semnal radio analogic care conține componentele spectrale ale tuturor frecvențelor purtătoare ortogonale modulate [54] (a se vedea fig. 1.8).



**Fig. 1.8. Spectrul radio al semnalului DVB-T2 [14]**

Într-o rețea de emisie terestră, la intrarea antenei de recepție, pe lângă semnalul direct al emițătorului pot exista și ecourile acestui semnal. Cu alte cuvinte, la intrarea receptorului DVB-T2 poate avea loc o suprapunere a simbolurilor COFDM transmise de emițător (care urmează unul după altul în timp). Acest fenomen, numit ca interferențe inter-simbol, conduce la dependența reciprocă a semnalelor la intervale de tact adiacente, ceea ce complică demodularea și decodarea semnalelor menționate. Pentru a atenua efectul distorsiunilor inter-simbol, în sistemul DVB-T2, înaintea fiecărui simbol COFDM sunt introduse intervale de gardă GI (Guard Interval), a se vedea fig.1.9. Pe durata intervalului de gardă recepția semnalului în sistem este interzisă.



**Fig. 1.9. Intervalul de gardă al simbolului COFDM în sistemul DVB-T2 [14]**



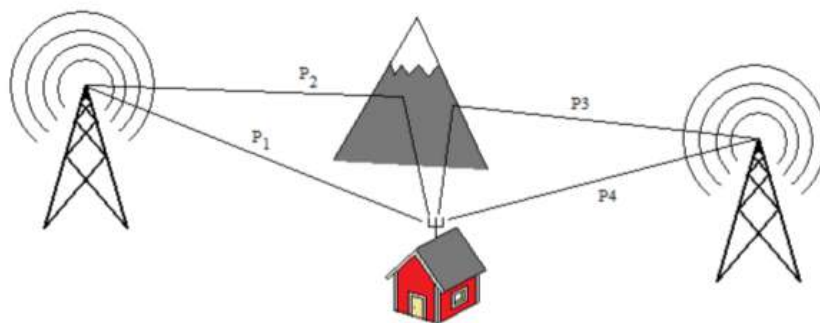
### 1.5.3. Rețelele DVB-T2 SFN

O rețea de TDT cu o singură frecvență este alcătuită dintr-un grup de emițătoare care emit concomitent același semnal informațional, pe aceleași frecvențe purtătoare, fără a interfera esențial unul cu celălalt și totodată formând aceeași arie de servicii [54, 50]. Așadar, într-o rețea SFN, emițătoarele trebuie să emită semnale:

- sincronizate în timp (transmise concomitent sau cu o întârziere strict controlată);
- pe frecvențe nominal coerente (în regimul 32k – devierea nu poate depăși 0,25 Hz);
- modulate de aceleași fluxuri de date.

Avantajele principale ale rețelelor SFN [30, 55] în raport cu rețelele tradiționale de radiodifuziune terestră MFN (Multi Frequency Network) sunt: utilizarea mult mai eficientă a spectrului de frecvențe radio; distribuția mai uniformă a intensității câmpului în zona de servicii; posibilitatea de recepționare a semnalului din direcția alternativă; micșorarea semnificativă a suprafețelor ariilor de umbră; creșterea probabilității de recepție a semnalului în zona de servicii etc. Cu toate acestea, reieșind din cerința absenței ariilor de umbră în zona de servicii, apare necesitatea de a instala stațiile de emisie cu ariile de acoperire parțial suprapuse, așa-numitele zone cu interferențe reciproce. Clusterul SFN trebuie implementat astfel, încât în zona de servicii să fie minimizate interferențele reciproce ale emițătoarelor rețelei [56]. Așadar, implementarea rețelelor terestre SFN este cea mai bună modalitate pentru eliminarea „zonelor de umbră”, extinderea zonelor de servicii și, totodată, permite a economisi resursele spectrului frecvențelor radio alocate pentru TDT [57].

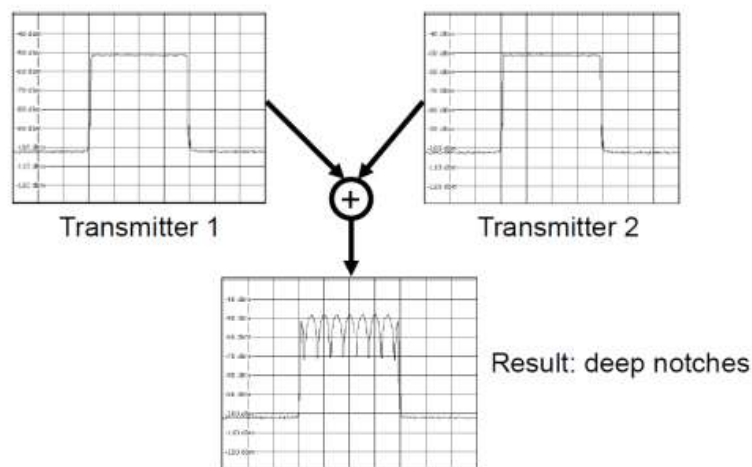
Într-o rețea terestră SFN semnalul informațional ajunge la intrarea antenei de recepție din mai multe direcții (a se vedea fig. 1.10). În punctul de recepție ajung atât undele directe transmise de emițătoarele rețelei, cât și ecurile acestora, reflectate de la diferite obiecte locale.



**Fig. 1.10. Recepționarea semnalului din mai multe direcții în rețelele SFN [58]**

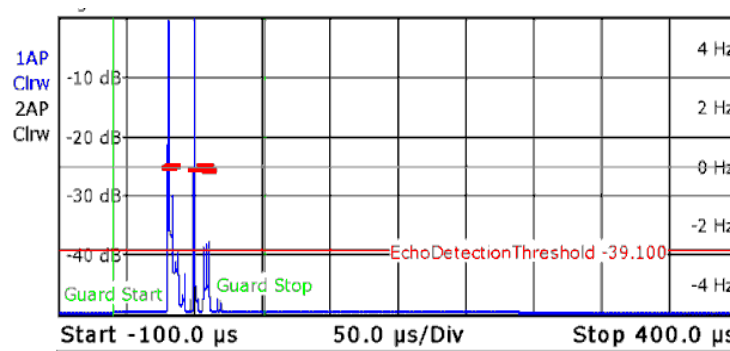
În cazul recepției pe mai multe căi, semnalele transmise de emițătoarele rețelei ajung la intrarea antenei de recepție cu diverse amplitudini, faze, întârzieri de timp și unghiuri de cădere.

În regimul de operare SISO (Single Input Single Output) al unei rețele DVB-T2 SFN, ca urmare a interferențelor reciproce a acestor oscilații, la bornele antenei de recepție se observă fadung-ul semnalului sumar (a se vedea fig. 1.11).



**Fig. 1.11. Fading-ul semnalului recepționat într-o rețea DVB-T2 SFN SISO [14]**

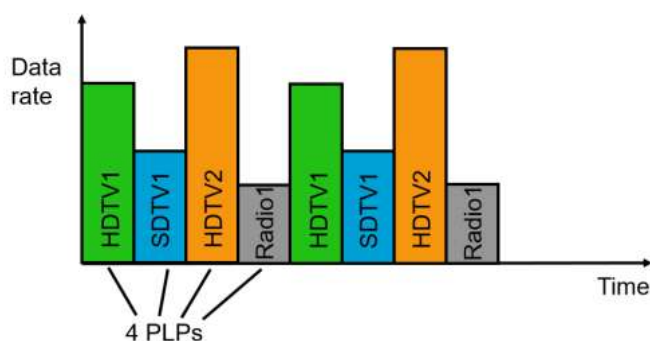
Așadar, într-un cluster DVB-T2 SFN, la intrarea receptorului sosesc mai multe semnale, care ajung la intrarea receptorului cu diferite întârzieri de timp [59]. Valoarea duratei de întârziere depinde de diferența dintre lungimea căilor de propagare a undelor de cădere și poate ajunge în sistem la câteva sute de microsecunde (a se vedea fig. 1.12). Cum s-a menționat anterior, pentru diminuarea interferențelor inter-simbol, în sistemele DVB-T2 este aplicat intervalul de gardă al simbolului COFDM. Durata intervalului de gardă  $T_g$  depinde de numărul frecvențelor purtătoare în simbolul COFDM, selectat pentru funcționarea sistemului DVB-T2 (1k, ..., 32k). Totodată, în rețelele SFN durata acestui interval trebuie să satisfacă condiția  $T_g \geq d / V_c$ , unde  $d$  este distanța dintre emițătoarele adiacente ale rețelei;  $V_c$  - viteza de propagare a undelor electromagnetice. Așadar, la proiectarea unui cluster DVB-T2 SFN, distanța dintre emițătoare este stabilită astfel, încât diferența de întârziere a semnalelor de la emițătorii vecini să nu depășească durata intervalului de gardă [60].



**Fig. 1.12. Semnale de la intrarea receptorului într-o rețea DVB-T2 SFN**

### 1.5.4. Regimurile de operare a sistemului DVB-T2

În standardul DVB-T toate resursele (timp-frecvențe) frame-ului sunt folosite pentru a transmite un flux de date într-un singur strat fizic, care ocupă toată banda de frecvențe ale canalului. Spre deosebire de aceasta, în standardul DVB-T2 este posibil a împărți resursele frame-ului între mai multe fluxuri logice, alocând pentru fiecare dintre ele anumite grupuri de frecvențe purtătoare și simboluri COFDM, în funcție de rata de transmisie necesară pentru transmiterea unui anumit flux logic [61] (a se vedea fig. 1.13).

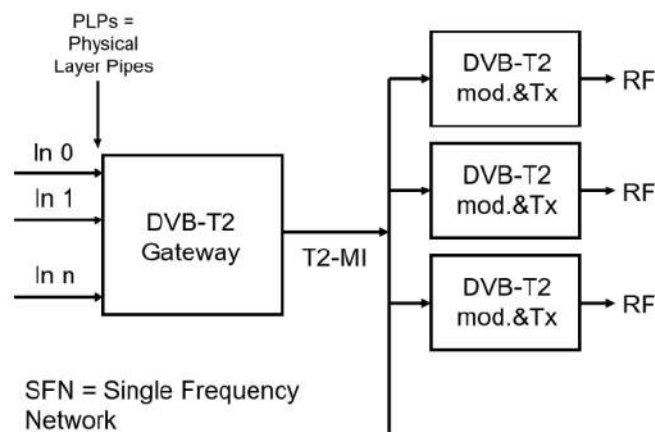


**Fig. 1.13. Mecanism de modulare multiplă în DVB-T2 [14]**

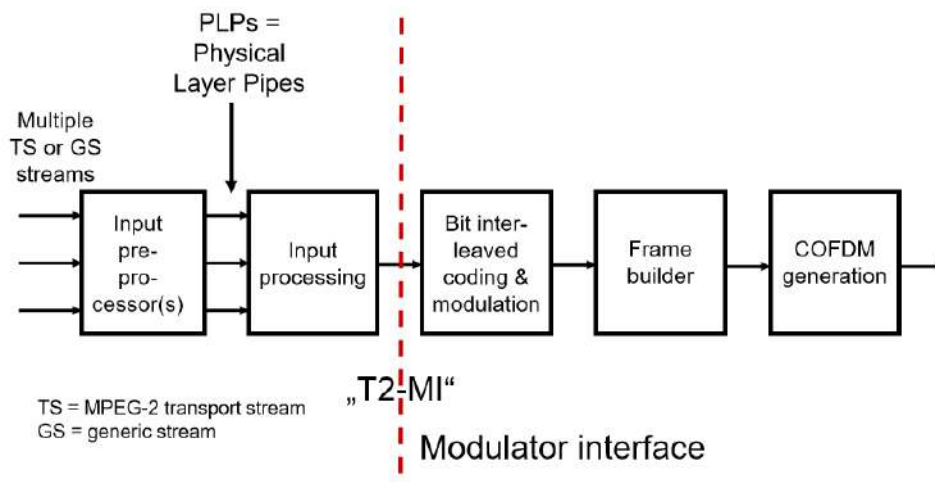
Acest mecanism de modulare multiplă se mai numește multi-PLP (Physical Layer Pipe) și poate fi interpretat ca stratul canalului fizic. Așadar, în sistemul DVB-T2 din anumite segmente ale frecvențelor purtătoare se pot forma mai multe canale fizice (PLP0, PLP1,..., PLPN). Prin intermediul acestor canale spre receptor pot fi transmise diferite fluxuri logice cu parametri de modulare individuali.

Standardul DVB-T2 are la bază două tipuri de operare [62]. Primul este numit „System A”, care nu prevede modularea multiplă, dar la ieșirea modulatorului putem obține numai un singur PLP. În acest regim de operare fluxul de date de la ieșirea stației de codare și multiplexare este aplicat nemijlocit la intrarea unui modulator DVB-T2, unde sunt introduși și parametrii de configurare a zonei de servicii. Regimul „System A” nu prevede implementarea rețelelor SFN. În acest caz, toate semnalele sunt la fel prelucrate la stația de bază „Head End”, apoi emise în eter de emițătorul digital. Ca urmare, ieșirea emițătorului are aceeași modulație și arie de acoperire pentru toate programele TV din cadrul multiplexului. Al doilea tip de operare - „System B” - este destinat pentru implementarea rețelelor terestre SFN, utilizarea modulației multiple și permite prelucrarea fluxurilor digitale în mod diferit. Acest regim de operare este divizat în două părți: „Single-PLP” (sau „Mode A”) și „Multi-PLP” (sau „Mode B”). Drept exemplu, se pot modula frecvențele purtătoare cu 256-QAM (cel mai „rapid” flux, cea mai mică arie de acoperire) și totodată cu QPSK

(cel mai „lent” flux, cea mai mare arie de acoperire). Ca urmare, la ieșirea antenei emițătorului putem obține modulația diferită a semnalului și diferite arii de acoperire pentru diferite programe. Regimul de operare „System B” este destinat pentru implementarea rețelelor SFN. În acest caz, cum este arătat în figura 1.14, fluxurile de date TS (Transport Stream) sau GS (Generic Stream) de la ieșirea stației de codare și multiplexare sunt aplicate la intrarea așa-numitului dispozitiv „T2 Gateway”, unde este efectuată procesarea intermediară a fluxurilor menționate și, totodată, sunt introduși (de operatorul rețelei) parametri tehnici ce țin de configurarea clusterului [61]. Așadar, modul de operare „System B” prevede divizarea procesului de prelucrare a fluxurilor de date între stația „T2 Gateway” și modulatele DVB-T2 (a se vedea figura 1.15).



**Fig. 1.14. Structura clusterului DVB-T2 SFN [14]**

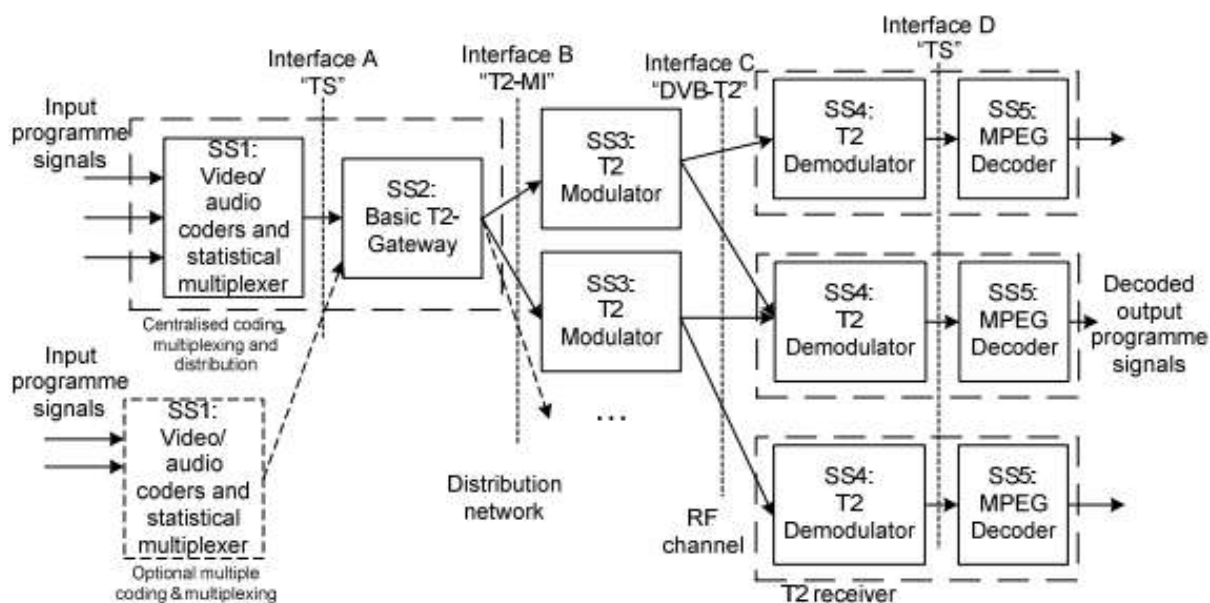


**Fig. 1.15. Divizarea procesului de prelucrare a fluxurilor de date între stația „T2 Gateway” și modulatele DVB-T2 [14]**

La implementarea rețelelor SFN DVB-T2 se poate observa un caz particular al regimului „System B”–„Single PLP”, când la intrarea dispozitivului „T2 Gateway” este aplicat fizic un singur flux de date, dar în fluxul T2-MI este încadrat într-un singur PLP.

### 1.5.5. Stația „T2 Gateway”

Modelul arhitectural al clusterului DVB-T2 SFN este reprezentat în figura 1.16.



**Fig. 1.16. Modelul arhitectural al sistemului DVB-T2 SFN [13]**

Segmentul de emisie este compus din 3 elemente de bază: stația de codare și multiplexare a conținutului audiovizual; stația de procesare a fluxurilor „T2 Gateway”; modulatoarele DVB-T2. Primele două formează stația centrală a sistemului, așa-numita stație „Head End”. Stația de codare și multiplexare generează fluxurile TS (Transport Stream) sau GS (Generic Stream) care ulterior sunt aplicate la intrarea dispozitivului „T2 Gateway” [63]. Funcția acestuia este de a genera la ieșire fluxul în serie T2-MI (DVB-T2 Modulator Interface), cu pachete digitale adaptate pentru procesarea lor ulterioară în modulatoarele rețelei. Fluxul T2-MI este transmis la intrarea modulatoarelor printr-o rețea de distribuție.

Dispozitivul „T2 Gateway” este alcătuit din 2 module funcționale: „Input preprocessors” și „Input processing” (a se vedea fig. 1.15). Fluxurile de date TS sau GS, aplicate la intrarea modulului „Input preprocessors”, sunt adaptate în fluxuri logice separate, care ulterior sunt aplicate la intrarea canalelor fizice PLP 0, PLP 1, ..., PLP N (modulul „Input processing”) al sistemului DVB-T2. Fiecare dintre fluxurile logice sunt apoi transmise în canalele nivelului fizic (PLP) și pot avea parametri individuali ai vitezei fluxului și vitezei codului de protecție.

Modulul „Input processing” efectuează, separat pentru fiecare flux logic, adaptarea și încapsularea acestora într-o serie de BB-cadre (Base band frame), care reprezintă o unitate structurală de bază a nivelului logic al semnalului DVB-T2. Fiecare BB-frame îndeplinește funcția unui container, în câmpul de date al căruia este încapsulată o secțiune a fluxului logic, care ulterior

este transportată spre receptor într-un canal fizic individual. La ieșirea stației „T2 Gateway” se formează fluxul digital în serie T2-MI [19], în pachetele căruia sunt încapsulate pe de o parte BB-cadre, care conțin datele fluxurilor logice PLP, și pe de altă parte datele care conțin diferite semnale și instrucțiuni necesare pentru funcționarea modulatorilor din componența clusterului SFN, ca de exemplu: semnalul de sincronizare a momentului de emisie a simbolurilor COFDM de la ieșirea modulatorilor rețelei; semnalizarea L1 ce ține de planificarea frame-ului DVB-T2; diferite alte instrucțiuni (a se vedea fig. 1.17).

T2-MI Packets	
T2-MI	
	Baseband Frame - (36.5 Mbps)
	Aux stream I/Q data - (0.0 Kbps)
	L1 current - (2.5 Kbps)
	L1 future - (0.0 Kbps)
	T2 timestamp - (0.7 Kbps)
	Individual addressing - (0.0 Kbps)
	FEF part : null - (0.0 Kbps)
	FEF part : I/Q data - (0.0 Kbps)
	Arbitrary cell insertion - (0.0 Kbps)
	P2 bias balancing cells - (0.0 Kbps)
	FEF part : composite - (0.0 Kbps)
	FEF sub-part - (0.0 Kbps)

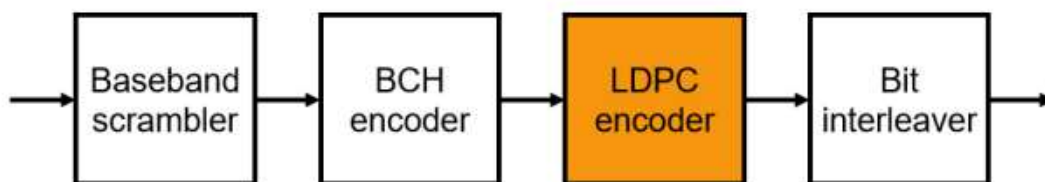
**Fig. 1.17. Stația „T2 Gateway” - opțiunea Monitoring/Output/T2-MI Packets**

### 1.5.6. Modulatorul DVB-T2

Modulatorul DVB-T2 este compus din 3 module principale (a se vedea fig. 1.15): blocul de codare, intercalare și modulare; blocul de formare a frame-urilor (cadrelor) DVB-T2; blocul de generare a simbolurilor COFDM.

Pentru a proteja semnalul de interferențe și zgomot, în standardul DVB-T2 sunt aplicate diferite algoritme de codificare a canalelor, cum ar fi scramblingul secvențelor digitale, intercalarea și codarea datelor [54]. În blocul de codare, intercalare și modulare, separat pentru fiecare PLP, sunt efectuate operațiuni de procesare a semnalului, și anume: formarea așa-numitului bloc FEC (Forward Error Correction) prin codarea externă BCH (codul Bose-Chaudhuri-Hocquenghem) și internă LDPC (Low Density Parity Check Code) a BB-cadrului scrambling; bit-interleaver; formarea simbolurilor (celulelor) de modulare (mapping); rotația constelației semnalului; cell

nterleaver; time interleaver. Partea biților de control BCH+LDPC din componența BB-cadrului codat poate constitui de la 15 până la 50% din dimensiunea blocului codificat. Principiul de formare a FEC cadrului este demonstrat în fig.18.



**Fig. 1.18. Forward Error Correction în sistemul DVB-T2 [14]**

În blocul de formare a fracadelor DVB-T2, pentru datele semnalizării L1 și datele PLP 0, PLP 1, ..., PLP N, sunt alocate diferite frecvențe purtătoare ale simbolurilor COFDM. Structura cadrului semnalului DVB-T2 este organizată în supercadre, care la rândul lor sunt divizate în cadre DVB-T2, ultimele fiind compuse din simbolurile COFDM. Standardul DVB-T2 stabilește modul de amplasare a fragmentelor fluxurilor digitale magistrale atât în interiorul cadrului, cât și în interiorul supercadrului [54]. În acest sens, sunt prevăzute 3 tipuri de fluxuri magistrale: PLP comun, PLP type 1; PLP type 2. PLP comun conține datele comune pentru mai multe PLP (de exemplu tabelele PSI/SI). Fluxul PLP-type 1 în componența cadrului DVB-T2 nu se fragmentează, dar pentru amplasarea lui în cadrul COFDM este alocat un interval fixat de timp. Pentru fragmentele fluxurilor type 2, în interiorul cadrului pot fi alocate diferite segmente ale intervalului de timp (de la 2 până la 6480). Aceasta îmbunătățește protecția lor contra impulsurilor de perturbație și fading-ul semnalului la intrarea receptorului. Pentru a mări rezistența semnalului contra fading-ului selectiv al semnalului în punctul de recepție, după finalizarea procedurii de formare a cadrului este efectuată și intercalarea frecvențelor purtătoare.

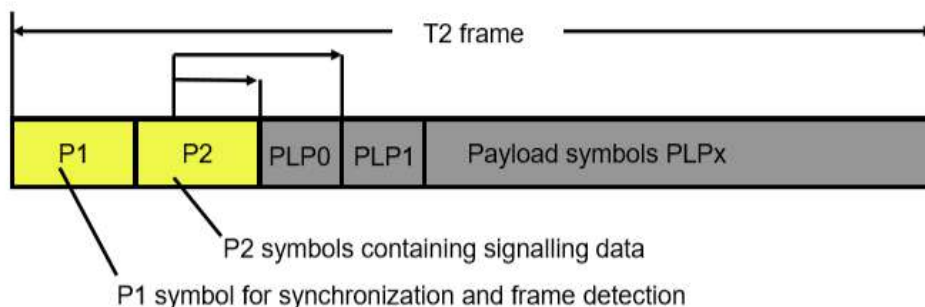
Blocul de generare a simbolurilor COFDM îndeplinește următoarele funcții: opțional poate realiza regimul MISO (Multiple Input, Single Output); formează și introduce în cadrul DVB-T2 semnalele-pilot necesare pentru compensarea în receptor a distorsiunilor semnalului și asigurarea sincronizării receptorului. La final, în semnalul DVB-T2 sunt introduse intervale de gardă GI și, totodată, în cazul necesității, sunt activate metode speciale pentru micșorarea raportului puterii de vârf la puterea medie a semnalului transmis, așa-numitul PAPR (Peak to Average Power Ratio Reduction). Regimul MISO poate fi utilizat opțional pentru îmbunătățirea calității recepției semnalului în rețelele cu o singură frecvență [64]. Însă activarea acestui regim reduce din capacitatea sistemului.

## 1.6. Sincronizarea semnalului în rețelele DVB-T2 SFN

În timpul recepției semnalului COFDM este importantă sincronizarea precisă a receptorului și emițătoarelor clusterului atât în timp, cât și în frecvență [65, 66]. Sincronizarea calitativă poate îmbunătăți în mod semnificativ rezistența la zgomot și interferențe a receptorului [67]. Sistemul DVB-T2 asigură toate formele de sincronizare a semnalului în domeniile de timp și de frecvență – a cadrelor DVB-T2, simbolurilor COFDM, intervalelor de eșantionare și sincronizarea frecvențelor purtătoare. Eliminarea pierderii de ortogonalitate a purtătoarelor la demodularea simbolului COFDM necesită o ajustare precisă a fazei și frecvenței emițătoarelor și receptorului în toată bandă de frecvențe a canalului.

În clusterul DVB-T2 SFN putem evidenția mai multe niveluri de sincronizare a rețelei [68], și anume: 1. Elementele de sincronizare ale semnalului informațional dintre emițător și receptor ca părți componente ale sistemului DVB-T2; 2. Sincronizarea timpului și frecvențelor dintre toate modulatele rețelei și stația „T2 Gateway”; 3. Planificarea și introducerea în sistem a duratei intervalului de gardă al simbolurilor COFDM [14]; 4. Sincronizarea momentului de emisie al simbolurilor COFDM în rețea; 5. După caz, activarea pachetelor speciale T2-MIP (din cadrul fluxului T2-MI) necesare pentru sincronizarea momentului de emisie al simbolurilor COFDM transmise de retranslatoare de mică putere (amplasate în „zonele de umbră” ale rețelei).

1. La nivel de hardware și software ale modulatorului DVB-T2, semnalele de sincronizare sunt plasate în structura cadrului DVB-T2 [14, 54] (a se vedea fig. 1.19). Pentru sincronizarea semnalului emis de modulatorul DVB-T2 se utilizează semnalizarea introdusă în simbolurile P1 și P2, precum și semnalele-pilot amplasate în interiorul cadrului DVB-T2 (a se vedea fig. 1.20). Parametrii acestor elemente de sincronizare se instalează în sistem în mod automat, în urma configurării rețelei efectuată prin opțiunile respective ale stației „T2 Gateway” [69].



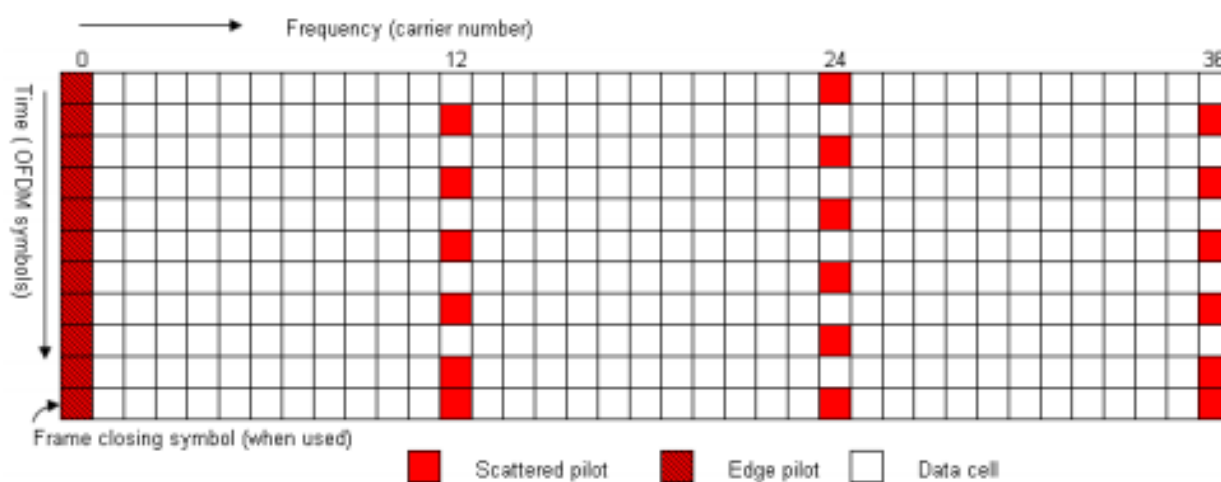
**Fig. 1.19. Semnale de sincronizare în structura frame-ului DVB-T2 [12]**

Cadrul începe cu preambulul P1, care este destinat pentru identificarea cadrului DVB-T2 de receptor, sincronizarea frecvenței și timpului în receptor și, totodată, conține informația inițială



despre cadrul DVB-T2, și anume, numărul frecvențelor purtătoare în simbolurile COFDM (1K–32K) și formatul de transmitere a următorului preambul P2 (regimul MISO sau SISO). Informația ulterioară despre cadrul DVB-T2 (lungimea, modularea, viteza de codare, semnalizarea L1 etc.) este transmisă în preambulul P2. Urmează apoi simbolurile COFDM organizate în straturi fizice PLP, care transmit fluxuri magistrale modulate și protejate contra zgomot și interferențe în mod individual.

La demodularea simbolurilor COFDM devine necesară estimarea și compensarea coeficientului de transmisie a canalului pentru fiecare frecvență purtătoare a modulatorului. În acest scop, în cadrul DVB-T2 este utilizat un set special de semnale-pilot împrăștiate în domeniile de frecvență și timp [14].



**Fig. 1.20. Exemplul semnalelor-pilot în cadrul DVB-T2: șablonul PP4 (SISO) [54]**

2. Implementarea rețelei SFN prevede amplasarea în „Interfața C” a clusterului mai multor semnale DVB-T2 identice cu legarea resurselor lor timp-frecvență de un singur sistem de sincronizare. Pentru realizarea acestui obiectiv, la intrarea modulatele rețelei sunt aplicate datele identice conținute în pachetele digitale ale fluxului T2-MI. Totodată, la intrarea fiecărui modulator din componența rețelei SFN și la intrarea dispozitivului „T2 Gateway” sunt aplicate semnalele de sincronizare de referință 10 MHz și 1 pps. În aceste scopuri pot fi utilizate receptoarele globale de poziționare GPS, GLONASS sau alte surse externe de referință cu precizie înaltă. Semnalul 1 pps (un impuls pe secundă) are o durată de 100 ns și se formează prin divizarea frecvenței de referință 10 MHz [70].

3. Într-o rețea SFN toate emițătoarele funcționează într-un canal RF. Așadar, la intrarea receptorului ajung mai multe semnale atât directe, cât și reflectate (a se vedea fig. 1.10). Toate aceste semnale ajung la intrarea receptorului cu diferite întârzieri. Ca urmare apare o suprapunere a semnalelor în timp. Acest fenomen este numit ca interferență inter-simbol și conduce la

dependența reciprocă a semnalelor la intervale de tact adiacente, ceea ce complică mult demodularea lor. Pentru minimizarea interferențelor reciproce dintre frecvențele ortogonale purtătoare ale semnalelor DVB-T2 înaintea fiecărui simbol COFDM sunt introduse intervale de gardă GI (a se vedea fig. 1.9). Pe durata intervalului de gardă recepția semnalului în sistem este interzisă. În procesul de proiectare a unui cluster DVB-T2 SFN, distanța dintre emițătoarele vecine ale rețelei se stabilește cu condiția că durata de întârziere a semnalelor, dintre aceste emițătoare vecine, nu depășește durata intervalului de gardă [14].

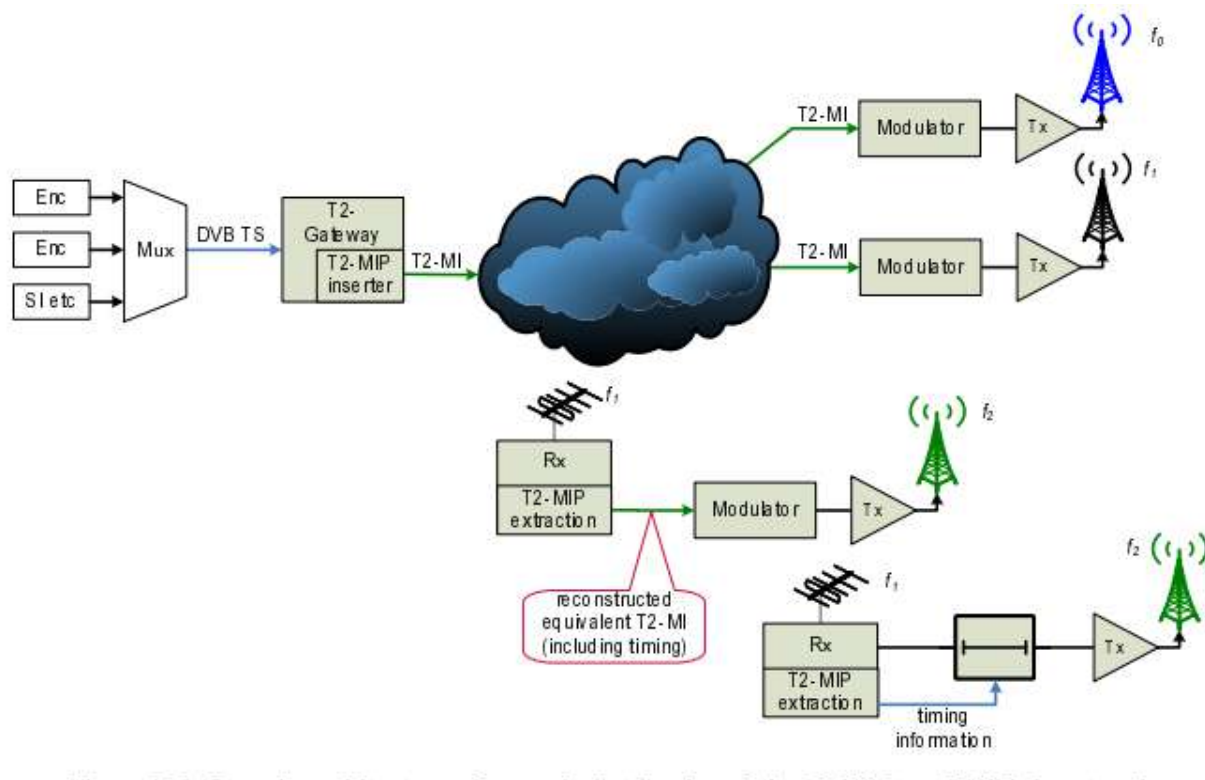
4. În canalul de frecvențe cu mai multe căi de propagare, semnalul, la bornele antenei de recepție, generează o serie de oscilații cu diferite amplitudini, faze și unghiuri de cădere. Interferența acestor oscilații, când diferența dintre căile de propagare a undelor nu rămâne constantă, reprezintă cauza principală a fading-ului semnalului la recepție. Reieșind din aceasta, pentru funcționarea stabilă a rețelei SFN, este necesar a efectua și sincronizarea momentului de emisie a simbolurilor COFDM de la ieșirea fiecărui modulator al rețelei [71]. Acest tip de sincronizare, numit sincronizare a fazei semnalului informațional, la fel, este configurat în dispozitivul „T2 Gateway”. Lipsa sincronizării în fază a semnalelor în clusterul DVB-T2 SFN conduce la degradarea semnalului informațional în zonele de interferențe reciproce ale emițătoarelor. Pentru instalarea corectă a parametrului „Maximum network delay” este necesar a cunoaște întârzierile semnalului informațional de la ieșirea stației „T2 Gateway” până la intrarea modulatorilor rețelei și, totodată, timpul procesării semnalului în modulatorii rețelei.

5. Pentru asigurarea acoperirii cu semnal în „zonele de umbră” apare necesitatea de a amplasa în teren retranslatoare de mică putere. În acest caz, este necesar a genera în sistem pachete speciale - T2-MIP [72]. Pachetele menționate, de la ieșirea stației „T2 Gateway,” sunt transmise spre intrarea emițătoarelor rețelei (în cadrul fluxului T2-MI) printr-o rețea de distribuție. De la ieșirea emițătoarelor rețelei pachetele T2-MIP sunt transmise în direcția antenei de recepție a repiterului. După decodarea simbolului COFDM curent, în urma procesării conținutului pachetului T2-MIP recepționat, repiterul stabilește momentul de emisie în eter a simbolului COFDM (cu întârziere strict controlată).

### **1.7. Retransmiterea semnalului DVB-T2 în „zonele de umbră”**

Schema funcțională a rețelei DVB-T2 este reprezentată în fig. 1.21. Pentru asigurarea acoperirii cu semnal în „zonele de umbră” se propune amplasarea în teren a repetoarelor de putere redusă. În cazul implementării rețelei terestre cu o singură frecvență pot fi aplicate retranslatoarele de putere redusă de tip  $f_1/f_1$ , așa-numitele Gap Fillere. Totodată, din cauza prezenței la intrarea Gap Filler-ului a ecourilor propriului semnal, există un șir de limitări tehnice ce țin de exploatarea

acestui. Reieșind din cele menționate, în procesul de proiectare și implementare a „MUX-A” a fost pusă sarcina de a cerceta oportunitatea/posibilitatea aplicării Gap-Filler-elor în „zonele de umbră” ale RM.



**Fig. 1.21. Schema funcțională a rețelei DVB-T2 [54]**

### 1.8. Problema de elaborare conceptuală a „MUX-A”

În procesul de elaborare conceptuală a „MUX-A” este necesar de soluționat o serie de probleme tehnice [2]: alegerea modului de operare a rețelei; configurarea parametrilor tehnici „MUX-A” (cu condiția implementării acestuia pe infrastructura sistemelor de emisie terestră existente); alegerea metodei de prognozare a ariilor de acoperire cu semnal terestru; calcularea puterii mediane minime a câmpului la hotarele ariilor de acoperire; prognozarea ariilor de acoperire pentru fiecare stație de emisie din cadrul rețelei; prognozarea ariilor de acoperire pentru toate zonele de servicii; punerea în funcțiune a stației „Head End”; alegerea sistemului de codare a semnalului digital; punerea în funcțiune a stației „T2 Gateway”; implementarea rețelei de distribuție a fluxului digital T2-MI; construcția a 6 cluster DVB-T2 SFN [73]; planificarea și implementarea parametrilor și elementelor de sincronizare a clusterelor DVB-T2; darea în exploatare a „MUX-A”; testarea parametrilor de calitate ai serviciului prestat; elaborarea recomandărilor pentru telespectatori în vederea alegerii modului optimal de recepție a semnalului emis; estimarea preciziei de prognozare a intensității câmpului în cadrul zonelor de servicii; alegerea modului de emisie a semnalului informațional în cadrul „zonelor de umbră” etc.

Elaborarea conceptuală a multiplexului național este necesar a fi efectuată prin prisma următoarelor criterii de bază: asigurarea capacității maxime a sistemului configurat; asigurarea calității serviciului prestat; aplicarea soluțiilor tehnice în vederea reducerii interferențelor reciproce ale semnalelor în zonele de servicii; utilizarea la maximum a infrastructurii rețelelor de difuzare terestră existente cu scopul reducerii semnificative a cheltuielilor operaționale la implementarea „MUX-A”.

### **1.9. Concluzii la capitolul 1**

În urma abordării problemelor elaborării și implementării TDT în RM au fost trase următoarele concluzii:

1. Standardul DVB-T2 este destul de flexibil din punct de vedere al configurării parametrilor sistemului și ajustării acestora la infrastructura existentă a rețelelor de radiodifuziune terestră.

2. Pentru construcția „MUX-A” este necesar de implementat următoarele componente tehnice: stația de codare și multiplexare a conținutului audiovizual; stația „T2 Gateway” de generare a fluxului digital T2-MI; rețeaua IP de distribuție a fluxului digital T2-MI; 6 rețele DVB-T2 SFN.

3. În procesul de implementare a „MUX-A” este necesară ajustarea parametrilor de configurare a sistemului la infrastructura rețelelor existente de emisie terestră. Utilizarea infrastructurii existente va permite a optimiza esențial utilizarea resurselor materiale și va influența tariful final la prestarea serviciilor de TDT de către operatorii naționali din domeniul audiovizualului.

4. Proiectarea și implementarea unei rețele DVB-T2 SFN este o problemă complexă. Concomitent cu alegerea parametrilor de emisie, codare și modulare a semnalului este necesar a implementa și elemente de sincronizare a rețelelor. Pentru funcționarea fiabilă a multiplexului este necesar a include în lanțul tehnologic semnalele externe de referință 10 MHz și 1 pps și semnalul intern de sincronizare a fazei semnalelor emise.

5. Implementarea TDT în RM va spori esențial accesul populației țării la informație și va permite îmbunătățirea semnificativă a calității serviciului prestat.

6. Din punct de vedere tehnologic și legislativ, în urma implementării TDT, RM se va alinia la noi standarde în domeniul TD, de rând cu cele mai dezvoltate țări europene.

7. În **Capitolul 1** a fost efectuat studiul problemelor elaborării conceptuale și implementării TDT în RM. S-a demonstrat avantajul standardului DVB-T2 în raport cu alte sisteme. În concluzie, scopul lucrării - elaborarea conceptuală și implementarea rețelei de TDT în RM - este justificat. De

asemenea, și obiectivele principale ale proiectului – elaborarea parametrilor de configurare „MUX-A”; prognozarea intensității câmpului pentru zonele naționale de servicii; implementarea proiectului prin punerea în exploatare a „MUX-A”; testarea parametrilor de calitate ai semnalului recepționat în interiorul clusterului DVB-T2 SFN; asigurarea accesului populației la semnalul DVB-T2 în zonele de servicii – sunt actuale.

## 2. ELABORAREA TEHNOLOGIEI DE IMPLEMENTARE A „MUX-A”

În acest capitol a fost elaborată tehnologia de implementare a multiplexului național de TDT în RM. Elaborarea conceptuală și implementarea practică a „MUX-A” au fost realizate ținând cont de următoarele repere generale:

1. În scopul de a reduce la maxim cheltuielile operaționale și resursele necesare pentru implementarea proiectului, toate stațiile rețelei digitale terestre să fie construite pe infrastructura rețelelor terestre existente ce aparțin Î.S. „Radiocomunicații”.

2. În cadrul zonelor de servicii a multiplexului (a se vedea figura 1.2), distanța dintre stațiile vecine ale rețelei terestre existente să nu depășească 80 km.

3. Emisia semnalului „MUX-A” a se efectua prin intermediul antenelor de emisie terestră existente [74] omnidirecționale de tipul „Poligon 720” și „ATP4-68”, suspendate la înălțimi mari (între 190-329 m) și având coeficienți de amplificare înalți (15 dBd și 14.7 dBd respectiv), (a se vedea tabelele A2.1, A2.2, A2.3, A2.4, A2.5a, A2.5b, A2.6b, fig. A2.3 și fig. A2.4). Aceste antene de emisie sunt amplasate la stațiile de emisie SRTV Edineț, SRTV Trifești, SRTV Ungheni, SRTV Mândreștii Noi, SRTV Strășeni, SCPDS Chișinău, SRTV Căușeni, SRTV Cimișlia, SRTV Cahul și vor aduce aportul principal la formarea ariilor de acoperire cu semnal digital în cadrul zonelor de servicii.

4. Pentru îmbunătățirea condițiilor de recepție a semnalului în zonele urbane și suburbane ale RM se vor folosi amplasamentele terestre existente cu înălțimi medii (între 45-113 m) de suspendare a antenelor de emisie de tip OM-2 (coeficientul mediu de amplificare 8 dBd), (a se vedea tabelele A2.1, A2.2, A2.3, A2.4, A2.5a și fig. A2.2). Aceste antene de emisie vor permite telespectatorului, în caz de necesitate, a recepționa semnalul digital din direcție alternativă.

5. Pentru formarea ariilor de acoperire cu semnal digital în „zonele de umbră” ale RM se va folosi infrastructura pilonilor tipici de înălțime mică  $H=27$  m și antene de emisie UTV-11/LP cu coeficientul mic de amplificare 5 dBd (a se vedea tabelele A2.7, A2.8, A2.9, A2.10, A2.11, A2.12 și fig. A2.1).

6. Asigurarea capacității maxime a multiplexului în cadrul setului parametrilor de operare și configurare a sistemului.

Așadar, elaborarea tehnologiei de implementare a multiplexului național de TDT în RM a inclus următoarele etape: selectarea tehnologiei de prognozare a ariilor de acoperire cu semnal DVB-T2 în condițiile și landşaftul RM; setarea parametrilor de operare și configurare a „MUX-A”; elaborarea tehnologiei de emisie a semnalului DVB-T2 în „zonele de umbră” ale RM; proiectarea amplasamentelor „MUX-A”; prognozarea ariilor de acoperire cu semnal DVB-T2 a zonelor de

servicii; construcția amplasamentelor „MUX-A”; implementarea elementelor de sincronizare a rețelelor DVB-T2 SFN SISO; punerea „MUX-A” în funcțiune.

## **2.1. Selectarea modelului de prognozare a ariilor de acoperire din cadrul „MUX-A”**

### **2.1.1. Metode de prognozare a ariilor de acoperire cu semnal de emisie terestră**

Zona de acoperire este o suprafață asigurată cu semnal de emisie terestră, la hotarele căreia este garantată recepția de calitate normată. În rețelele de emisie terestră această calitate normată este definită prin intensitatea minimală mediană a câmpului  $E_{med}$  [1] care, la rândul său, depinde de parametrii tehnici ai standardului de emisie. Calitatea recepției depinde de mai mulți factori [75, 76]: caracteristicile tehnice ale semnalului de emisie, caracteristicile tehnice ale antenei de recepție, relieful, landșaftul, condițiile în care sunt amplasate construcțiile în locul de recepție, timpul zilei și al anului, condițiile meteorologice etc. Deoarece este dificil a evidenția toți factorii care influențează calitatea recepției, putem vorbi numai despre prognozarea zonei de acoperire. Chiar și cele mai complexe metode de calcul nu pot oferi un model fizic absolut precis al propagării undelor electromagnetice. Calculul zonei de acoperire este dificil și consumator de timp, care se realizează mai eficient cu un soft specializat ce efectuează calculele cu precizie înaltă. De exemplu, peste fiecare 1 grad pe direcția de la antena de emisie și totodată se iau în considerație profilurile direcțiilor.

Pentru asigurarea funcționării fiabile a unei rețele terestre este necesară asigurarea unei probabilități mici a trecerii foarte rapide de la o recepție aproape perfectă la lipsa completă de recepție. În acest scop este determinat pragul intensității câmpului electromagnetic la hotarele ariilor de acoperire, care se stabilește prin calcularea valorilor minime mediane ale intensității câmpului  $E_{med}$ . De regulă, valorile  $E_{med}$  sunt determinate pentru o probabilitate de recepție de 95% (recepție „bună”) și 70% (recepție „admisibilă”) [77]. Totodată, calculele ariilor de acoperire cu semnal TV sunt efectuate cu condiția că valoarea intensității câmpului  $E$  la hotarele zonei de servicii va depăși valoarea  $E_{med}$  cu probabilitatea de 50% din locuri și 50% ale momentelor de timp. Așadar, prin  $E_{med}$  se normează valoarea intensității câmpului electromagnetic la hotarele ariilor de acoperire cu semnal de radiodifuziune terestră. În linii generale, pentru calcularea  $E_{med}$  este necesar a întreprinde următorii pași [1]: în conformitate cu parametrii de configurare a rețelei terestre și recomandările internaționale ITU-R, se calculează intensitatea minimală a câmpului  $E_{min}$  la intrarea antenei de emisie; pentru obținerea  $E_{med}$ , la valoarea  $E_{min}$  sunt adăugate valorile factorilor de corecție a locației (prin introducerea factorilor de distribuție 95% sau 70%).

Pentru prognozarea zonelor de servicii cu semnal terestru pot fi utilizate mai multe modele de calcul, inclusiv modele „punct - la suprafață” descrise în Recomandările Uniunii Internaționale

a Telecomunicațiilor ITU-R P.370 [78], ITU-R P.1546 [7, 1] și ITU-R P.1812 [2, 80]. Aceste recomandări sunt metode de prognozare „punct - la suprafață” pentru serviciile terestre în gama de frecvențe de la 30 MHz până la 3000 MHz.

În modelele de prognozare conform ITU-R P.370 și ITU-R P.1546 forma așa-numitelor curbe de propagare generalizează rezultatele multiplelor măsurări în 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 [1]. Recomandările ITU-R P.370 și ITU-R P.1546 prevăd utilizarea simplificată a reliefului în procesul de prognozare a ariilor de acoperire, ce dă posibilitatea de a folosi pentru calcule hărțile geografice cu precizie joasă. În aceste recomandări, înălțimea antenei de emisie este estimată prin înălțimea efectivă de suspendare  $H_{ef}$  care corespunde înălțimii de suspendare în raport cu înălțimea medie a reliefului la distanța 3-15 km în direcția punctului de recepție. Intensitatea câmpului  $E_{med}$  obținută în calcule este o valoare medie pentru o suprafață elementară de teren (care de regulă reprezintă o celulă cu dimensiunile 500 m x 500 m) [1]. Așadar, recomandările ITU-R P.370 și ITU-R P.1546 fac posibilă efectuarea unui calcul "punct - la suprafață elementară". Totodată, recomandarea ITU-R P.1546 a fost elaborată în scopul de a îmbunătăți precizia prognozărilor și de a elimina unele limitări ale recomandării ITU-R P.370. În timpul de față, recomandarea ITU-R P.370 este suspendată și posibil va fi înlocuită în viitor (în urma unor cercetări suplimentare a condițiilor de propagare a undelor electromagnetice) [2].

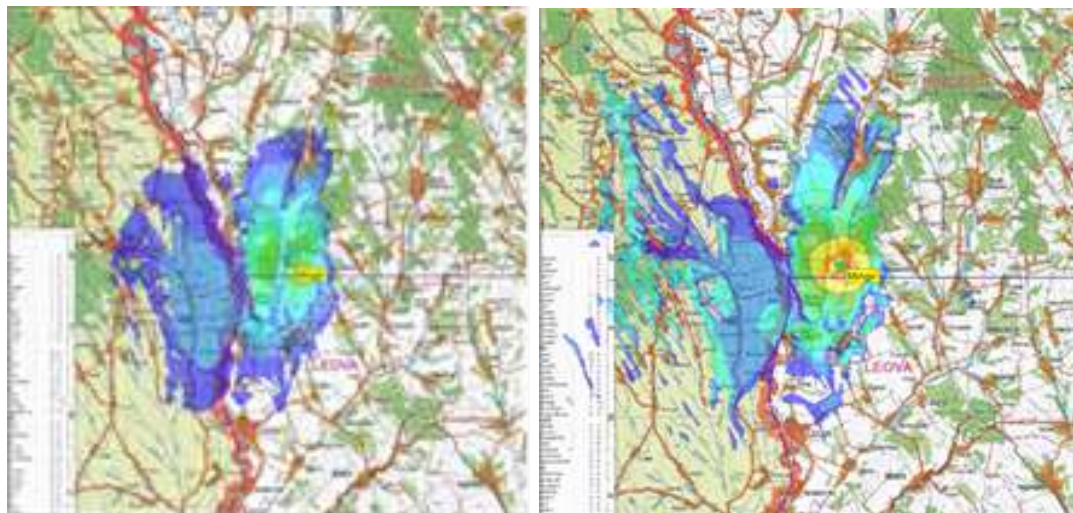
Recomandarea ITU-R P.1812 este o metodă de estimare a intensității câmpului cu probabilitatea  $1\% \leq pL \leq 99\%$  din numărul de locuri și probabilitatea  $1\% \leq p \leq 50\%$  din timp. Această metodă prevede analiza detaliată a traseului pe baza profilului suprafeței Pământului. Previziunile privind rețelele "punct - la suprafață" obținute prin intermediul acestei metode cuprind un șir de previziuni, care sunt uniform distribuite în aria de acoperire proiectată. Numărul de puncte în acest caz trebuie să fie suficient de mare pentru ca valorile estimate ale intensității câmpului în mediu să prezinte o estimare rezonabilă în cadrul unei suprafețe elementare. Așadar, pentru utilizarea acestui model sunt necesare hărți geografice digitalizate de precizie înaltă.

Specialiștii Î.S. "Radiocomunicații" utilizează cu succes timp îndelungat recomandarea ITU-R P.1546 care demonstrează o precizie satisfăcătoare. Totodată, efectuând calculele cu ajutorul recomandărilor ITU-R P.370, ITU-R P.1546 și ITU-R P.1812, putem observa că, având la bază aceiași parametri de configurare ai rețelei terestre, valorile prognozate ale intensității câmpului în interiorul ariilor de acoperire, suprafața și forma acestor arii prognozate diferă una de alta. De exemplu, în fig. 2.1 sunt reprezentate rezultatele prognozei ariei de acoperire a



emițătorului DVB-T2 amplasat în localitatea Mingir, efectuate cu ajutorul unui soft specializat „ICS Telecom”.

Reieșind din cele menționate, a fost înaintat obiectivul de a selecta modelul de prognozare a ariilor de acoperire din cadrul „MUX-A”. În scopul realizării obiectivului propus a fost efectuată calcularea zonelor de acoperire cu semnal DVB-T2 pentru stația de emisie canalul 58, amplasată în mun. Chișinău, str. Lech Kacyznschi 3.

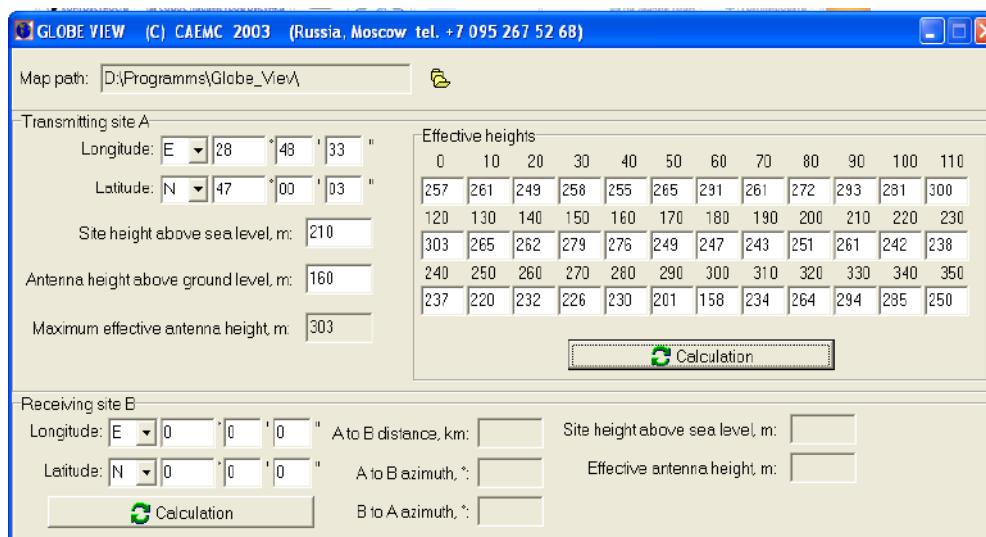


**Fig. 2.1. Prognozarea ariei de acoperire a emițătorului DVB-T2 amplasat în localitatea Mingir conform ITU-R P.1546-5 (în stânga) și ITU-R P. 370-7 (în dreapta)**

### ***2.1.2. Prognozarea ariei de acoperire pentru stația de emisie DVB-T2 canalul 58***

Pentru prognozarea ariei de acoperire a stației de emisie menționate s-au luat în considerație valorile următorilor parametri tehnici (a se vedea fig. 2.2): coordonatele geografice ale punctului de emisie; înălțimea de suspendare  $H_a$  a antenei de emisie pe turn; înălțimea bazei turnului deasupra nivelului mării; înălțimile efective de suspendare ale antenei de emisie  $H_{ef}$  în direcția punctelor de recepție (începând cu 0 grade, peste fiecare 10 grade); puterea maximală aparent radiată la ieșirea antenei de emisie  $PAR = 25.66$  dBW; parametrii de directivitate ai antenei de emisie în plan orizontal și vertical (a se vedea anexa 2); înălțimea de suspendare a antenei de recepție de la suprafața solului  $H = 10$  m [29]; pragul de intensitate a câmpului la hotarele ariei de acoperire  $E_{med} = 56$  dB( $\mu$ V/m) pentru probabilitatea locației 95%. În fig. A2.2 este arătată diagrama de directivitate a antenei de emisie OM-2.

Calcularea ariei de acoperire cu semnal DVB-T2, transmis în municipiul Chișinău pe canalul 58, s-a efectuat ținând cont de recomandările ITU-R P.370-7, ITU-R P.1546-5 și ITU-R P.1812-3 prin intermediul soft-ului specializat „ICS Telecom”.



**Fig. 2.2. Înălțimea de suspendare și înălțimile efective ale antenei de emisie**

În tabelul A1.1 sunt incluse rezultatele calculului, unde este arătată distanța R (în direcția azimutului selectat peste fiecare 10 grade) de la antena de emisie până la punctul de recepție unde nivelul câmpului atinge pragul de 56 dB( $\mu$ V/m). În fig. A1.1 și A1.2 sunt arătate desenele zonelor de acoperire prognozate.

### **2.1.3. Analiza rezultatelor prognozei**

Din rezultatele calculului incluse în tabelul A1.1 s-a observat că modelele conform ITU-R P.370-7 și ITU-R P.1812-3, în majoritatea cazurilor, au demonstrat majorarea distanței R în raport cu rezultatele calculului efectuate prin modelul ITU-R P.1546-5. Reieșind din faptul că recomandarea ITU-R P.370-7 a fost suspendată la nivel internațional, valorile de prognoză obținute prin acest model au fost folosite numai în calitate de reper. Așadar, în opt cazuri, rezultatele prognozelor efectuate prin intermediul modelelor ITU-R P.1546 și ITU-R P.1812 au demonstrat rezultate identice (sau aproape identice). Însă în 22 de cazuri modelul conform ITU-R P.1812 a demonstrat mărirea distanței (în unele cazuri mărirea semnificativă) de la punctul de emisie până la hotarele zonei de acoperire în raport cu modelul de calcul ITU-R P.1546. Această diferență poate fi explicată prin faptul că modelul conform ITU-R P.1812 operează cu hărțile geografice detaliate, dar modelul conform ITU-R P.1546 introduce în calcule date privind înălțimile mediane ale reliefului. Totodată, în datele din tabelul A1.1 observăm că șirul valorilor R obținute prin modelul ITU-R P.1546 se încadrează și în șirul valorilor R obținute prin modelul ITU-R P.1812. Sau, cu alte cuvinte, calitatea normată a semnalului DVB-T2 prognozată prin recomandarea ITU-R P.1546 a fost confirmată și prin rezultatele de calcul efectuate prin intermediul recomandării ITU-

R P.1812. Totodată, conturul presupuselor zone de acoperire (a se vedea fig. A1.1 și A1.2) este mai uniform în cazul aplicării modelului ITU-R P.1546.

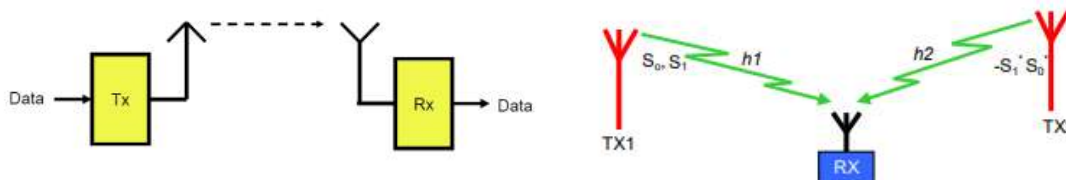
Reișind din argumentele prezentate mai sus, s-a înaintat propunerea de a utiliza recomandarea internațională ITU-R P.1546 pentru prognozarea ariilor de acoperire cu semnal DVB-T2 în cadrul „MUX-A”. Totodată, s-a considerat oportun a elabora o recomandare în vederea aplicării modelelor ITU-R P.1546 și ITU-R P.1812 pentru prognozarea ariilor de acoperire cu semnal DVB-T2, în condițiile reliefului și landșaftului RM [81]. În acest sens, s-a înaintat propunerea de a efectua estimarea preciziei de prognozare a ariilor de acoperire cu semnal DVB-T2 în zona de servicii „MUX-A” după implementarea acestuia.

## 2.2. Prognozarea ariilor de acoperire a zonelor de servicii din cadrul „MUX-A”

Pentru prognozarea ariilor de acoperire cu semnal DVB-T2 în zonele de servicii ale „MUX-A” a fost necesar a elabora următoarele elemente tehnologice ale multiplexului național: alegerea modului de operare a sistemului; configurarea rețelelor (planificarea parametrilor de transmisie, planificarea resurselor timp-frecvență a cadrului etc.); calcularea puterii mediane minime a câmpului la hotarele zonelor de acoperire; prognozarea ariilor de acoperire pentru fiecare stație de emisie; prognozarea ariilor de acoperire pentru toate zonele de servicii. Configurarea parametrilor tehnici ai sistemului și planificarea ariilor de acoperire cu semnal DVB-T2 s-a efectuat prin prisma unor cerințe de bază – utilizarea la maximum a infrastructurii rețelelor de difuziune terestră existente și asigurarea capacității maxime a sistemului.

### 2.2.1. Alegerea regimului de operare a „MUX-A”

Emisia simbolurilor COFDM, de la ieșirea modulatorului DVB-T2, prevede două regimuri de funcționare SISO (Single Input, Single Output) și MISO (Multiple Input, Single Output) [15, 82, 83, 84] (a se vedea fig. 2.3).



**Fig. 2.3. Regimurile de funcționare a clusterului DVB-T2 SFN: SISO (în stânga) și MISO (în dreapta)**

Regimul SISO prevede că toate modulatoarele clusterului emit același semnal. În regimul MISO modulatoarele clusterului sunt divizate în două grupuri [14]. Primul grup de modulatoare

transmit simbolurile COFDM ca și în cazul regimului SISO. Al doilea grup de modatoare transmit simbolurile COFDM procesate conform algoritmului Alamouti. Așadar, la intrarea receptorului ajung două grupe de semnale. Aplicarea regimului MISO permite a reduce interferențele inter-simbol în sistem, dar totodată reduce din capacitatea sistemului.

Cum s-a argumentat în subcapitolul 1.3, implementarea „MUX-A” în RM a putut fi asigurată numai prin aplicarea tehnologiei rețelelor terestre SFN. Regimurile de operare ale clusterului DVB-T2 au fost descrise în subparagraful 1.5.4. Pentru implementarea unei rețele DVB-T2 SFN se aplică regimul de operare „System B” care, la rândul său, poate fi divizat în două opțiuni: „Single-PLP” („Mode A”) sau „Multi-PLP” („Mode B”). Aplicarea modulației multiple „Multi-PLP” prevede transmiterea fluxurilor digitale prin mai multe canale fizice, prelucrate în mod diferit, inclusiv prin modularea în mod diferit a frecvențelor purtătoare – QPSK, 16 QAM, 64 QAM sau 256 QAM. Aplicarea celui mai înalt index de modulație tuturor frecvențelor purtătoare ale simbolului COFDM („Single-PLP”) asigură capacitatea maximală a sistemului configurat.

Pentru funcționarea „MUX-A” a fost ales regimul de operare: SISO; „System B”; „Single-PLP” cu indexul maximal de modulație în sistemul QAM-256. Aplicarea regimului „System B” a permis implementarea în cadrul „MUX-A” a rețelelor terestre SFN. În acest caz, pentru implementarea „MUX-A” au fost necesare 6 frecvențe/canale (6 zone de servicii). Aplicarea opțiunii „Single-PLP” cu modulația QAM-256 a asigurat capacitatea maximală a sistemului în cadrul setului parametrilor de configurare selectat pentru implementare. În acest caz, aria de acoperire a unei stații de emisie este minimală (în raport cu opțiunile QAM-64, QAM-16, QPSK). Respectiv, pentru acoperirea cu semnal a aceleiași zone de servicii, este necesar a mări energetică semnalului emis. Utilizarea infrastructurii rețelelor terestre existente a permis a construi un număr necesar de amplasamente cu ajustarea Puterii Aparent Radiate (PAR) a semnalului emis la suprafețele zonelor de servicii cu cheltuieli operaționale optimizate.

### ***2.2.2. Setarea parametrilor de configurare ai „MUX-A”***

Parametrii de configurare ai „MUX-A” au fost setați prin intermediul opțiunilor stației „T2 Gateway” [85, 86]. Configurarea sistemului a fost divizată în patru etape:

- *setarea modului de operare a clusterului;*
- *setarea parametrilor rețelelor SFN;*
- *setarea resurselor timp-frecvențe a frame-ului DVB-T2;*
- *setarea parametrilor canalului fizic (PLP).*

În fig. 2.4 este reprezentată setarea *modului de operare* a sistemului *Single PLP*. În cazul dispariției semnalelor de sincronizare externă, sistemul va prelungi funcționarea fără anclanșarea semnalului de avarie timp de 15 min. (clock reference/holdover timeout).

Input mode		Clock reference	
<input checked="" type="radio"/> Single-PLP (Mode A)		Source	Internal GPS
<input type="radio"/> Multi-PLP (Mode B)		Holdover timeout	0 h 15 m
<input type="radio"/> One big TS		Current timer value	0 h 0 m
<input checked="" type="radio"/> N TS		<b>Regulation status</b>	
Scheduling: Static		Current phase offset	6 ns
		Min phase	-389419404 ns
		Max phase	36630 ns

**Fig. 2.4. Dispozitivul „T2 Gateway”: opțiunea Input Settings**

În fig. 2.5 este reprezentată setarea *parametrilor rețelei SFN*. Din imagine putem observa următoarele: pentru funcționarea sistemului este selectat profilul de bază al standardului DVB-T2; regimul MISO nu este activat; pachetele T2-MIP (destinate pentru sincronizarea repiterelor de mică putere din cadrul „zonelor de umbră”) nu sunt activate; sincronizarea momentului de emisie a simbolurilor COFDM de la ieșirea modulatorilor rețelei - strict peste 900 ms după receptarea impulsului de sincronizare 1 pps [71].

T2 system		SFN	
T2 version	1.1.1	<input checked="" type="checkbox"/> T2-MI timestamp insertion	
T2 standard	T2-Base	<input type="checkbox"/> Absolute timestamp	
Jumbo-T2MI	Disabled	Maximum network delay	900 ms
Network ID	13057	<input type="checkbox"/> T2-MIP packet insertion	
T2 system ID	111	<input type="checkbox"/> Absolute timestamp	
Cell ID	1	Maximum network delay	901 ms
Frequency	530000000	Timestamp	
MISO	OFF	GPS leap seconds	16 utco : 3

**Fig. 2.5. Dispozitivul „T2 Gateway”: opțiunea Network Settings**

În fig. 2.6 sunt reprezentate setările *resurselor timp-frecvențe ale frame-ului DVB-T2*, divizate în 3 părți componente: *Frame structure*; *Signaling modulation*; *Data modulation*.

T2 Frames Settings				
<b>Frame structure</b>		<input checked="" type="checkbox"/> Automatic		<b>Signaling modulation</b>
Number of T2 Frames per Super Frame	<input type="text" value="2"/>	Min	Max	L1-post constellation
		2	255	<input type="radio"/> BPSK
Number of Data Symbol per T2 Frame	<input type="text" value="61"/>	3	63	<input type="radio"/> QPSK
Number of Sub Slice per Frame	<input type="text" value="1"/>			<input checked="" type="radio"/> 16 QAM
				<input type="radio"/> 64 QAM
<b>Data modulation</b>				
Bandwidth	PAPR reduction	FFT mode	Guard interval	Scattered-pilot patterns
<input type="radio"/> 1,7 MHz	<input checked="" type="radio"/> None	<input type="radio"/> 1k	<input type="radio"/> 1/128	<input type="radio"/> PP1 (overhead : 8%)
<input type="radio"/> 5 MHz	<input type="radio"/> ACE	<input type="radio"/> 2k	<input type="radio"/> 1/32	<input type="radio"/> PP2 (overhead : 8%)
<input type="radio"/> 6 MHz	<input type="radio"/> TR	<input type="radio"/> 4k	<input type="radio"/> 1/16	<input type="radio"/> PP3 (overhead : 4%)
<input type="radio"/> 7 MHz	<input type="radio"/> TR and ACE	<input type="radio"/> 8k normal	<input checked="" type="radio"/> 19/256	<input checked="" type="radio"/> PP4 (overhead : 4%)
<input checked="" type="radio"/> 8 MHz		<input type="radio"/> 8k extended	<input type="radio"/> 1/8	<input type="radio"/> PP5 (overhead : 2%)
<input type="radio"/> 10 MHz		<input type="radio"/> 16k normal	<input type="radio"/> 19/128	<input type="radio"/> PP6 (overhead : 2%)
		<input type="radio"/> 16k extended	<input type="radio"/> 1/4	<input type="radio"/> PP7 (overhead : 1%)
		<input type="radio"/> 32k normal		<input type="radio"/> PP8 (overhead : 1%)
		<input checked="" type="radio"/> 32k extended		

**Fig. 2.6. Dispozitivul „T2 Gateway”: opțiunea T2 Frames Settings**

Structura cadrului semnalului DVB-T2 este compusă din Supercadre, care la rândul lor sunt divizate în T2-cadre, ultimele fiind alcătuite din simbolurile COFDM. Din figura 2.6 observăm că este selectat regimul automat de formare a structurii cadrului.

Prin opțiunea *Signaling modulation* a fost setată constelația QAM-16 a semnalului transmis în componența preambulului P2 (a se vedea fig. 1.19). În acest preambul sunt transmise datele semnalizării L1 necesare pentru decodarea corectă a straturilor fizice PLP în receptor.

Opțiunea *Data modulation* asigură setările parametrilor simbolurilor COFDM (Bandwidth, FFT mode, GI); setările ce țin de reducerea parametrului PAPR al semnalului DVB-T2 [12]; setările șablonului frecvențelor scattered-pilot destinate pentru transmiterea în componența cadrului a semnalelor speciale necesare pentru demodularea corectă a semnalului DVB-T2 în receptor. Parametrul *FFT mode* stabilește numărul frecvențelor subpurtătoare în banda canalului radio al sistemului DVB-T2. În urma majorării numărului frecvențelor subpurtătoare în banda de frecvențe a canalului apare posibilitatea de a majora durata transmiterii unui simbol COFDM și respectiv a mări durata intervalului de gardă al acestuia, ceea ce este benefic pentru rețelele SFN.

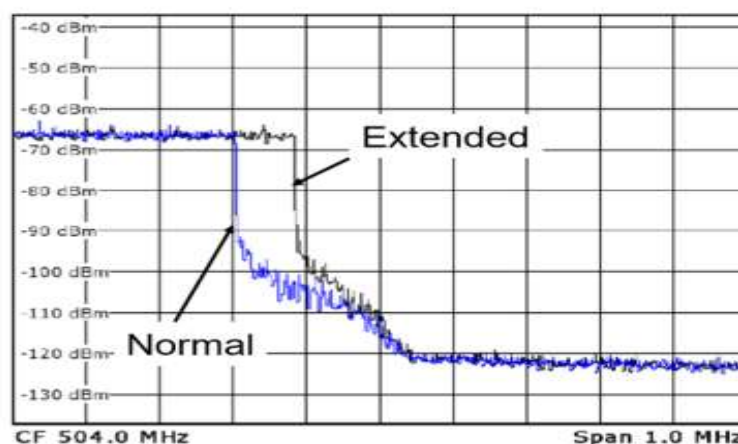
Valorile intervalului de gardă în sistemul DVB-T2, în cazul canalului 8 MHz, sunt inserate în tabelul 2.1 [77]. Pentru implementarea rețelelor SFN și recepția staționară a semnalului este recomandat regimul FFT - 32k. În acest caz, durata simbolului COFDM constituie 3.584 ms. Pentru setările rețelei 32k extended și durata intervalului de gardă 19/256 - distanța dintre emițătoarele vecine din cadrul clusterului DVB-T2 [60] se încadrează în limita de 80 km ( $3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \cdot 266 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 79.8 \cdot 10^3 \text{ m}$ ). Totodată, menționăm că distanța dintre toate amplasamentele

adiacente ale rețelelor existente de difuziune terestră (amplasate în interiorul zonelor de servicii „MUX-A”) nu depășește distanța de 80 km.

**Tabelul 2.1. Durata intervalului de gardă în sistemul DVB-T2 pentru canalul 8 MHz**

		GI-Fraction						
		1/128	1/32	1/16	19/256	1/8	19/128	1/4
FFT	$T_U$ (ms)	GI ( $\mu$ s)						
32k	3.584	28	112	224	266	448	532	n/a
16k	1.792	14	56	112	133	224	266	448
8k	0.896	7	28	56	66.5	112	133	224
4k	0.448	n/a	14	28	n/a	56	n/a	112
2k	0.224	n/a	7	14	n/a	28	n/a	56
1k	0.112	n/a	n/a	7	n/a	14	n/a	28

Pentru majorarea numărului de frecvențe subpurtătoare în componența simbolului COFDM a fost aplicată extinderea benzii de frecvențe a canalului (32k extended) (a se vedea fig. 2.7). Într-un canal cu lățimea 8 MHz, trecerea parametrului FFT size de la 32k la 32k extended a permis majorarea benzii utile a canalului de la 7,61 MHz până la 7,77 MHz.

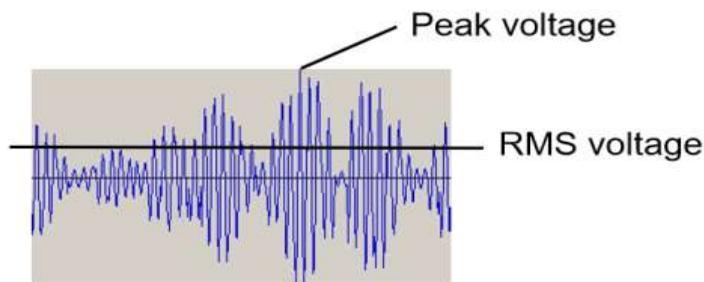


**Fig. 2.7. Banda de frecvențe a canalului radio în regimul 32k și 32k extended [14]**

A fost ales șablonul PP4 (SISO) al frecvențelor scattered-pilot (a se vedea fig. 1.20). Parametrii acestui șablon reprezintă un compromis între rezistența la perturbații a sistemului și viteza de transmitere a datelor în rețea.

Tehnologia COFDM este caracterizată prin raportul relativ de înalt dintre nivelul de vârf și nivelul mediu al semnalului RF, așa-numitul crest factor  $C_f$  (sau PAPR) (a se vedea fig. 2.8). Din această cauză, semnalul DVB-T2 este destul de sensibil la distorsiunile neliniare în cascadele finale ale amplificatoarelor de putere [87]. La setarea parametrilor „MUX-A”, opțiuni speciale

pentru reducerea valorii PAPR nu au fost activate. Acest fapt a fost posibil datorită utilizării, la implementarea rețelei, a emițătoarelor DVB-T2 ale producătorilor de top la nivel mondial (GATES AIR, SUA) [88]. Totodată, puterea de emisie nu depășește puterea nominală a emițătoarelor.

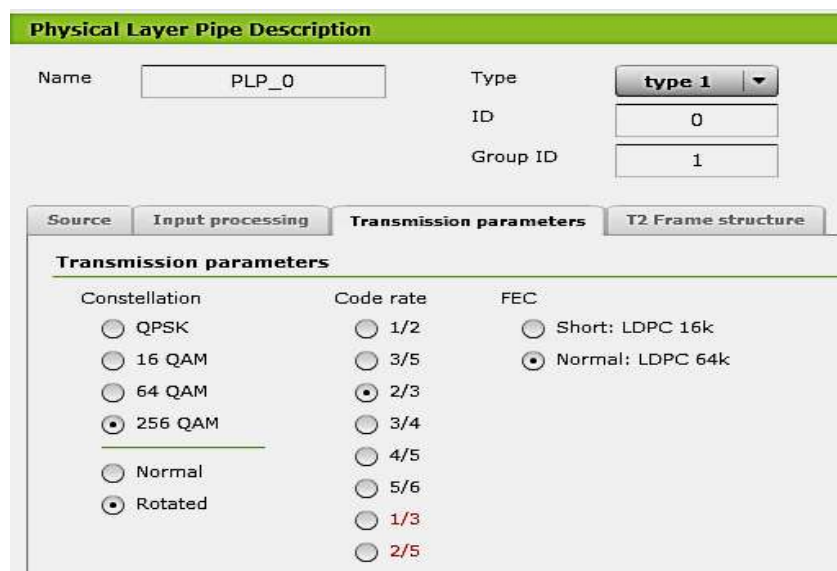


Methods reducing the crest factor

$$C_f = 20 * \log(u_{\text{peak}}/U_{\text{rms}});$$

**Fig. 2.8. Definiția parametrului PAPR [14]**

Opțiunea *Physical Layer Pipe Description/Transmission parameters* asigură setarea parametrilor de transmitere a canalelor fizice PLP. Din imaginea reprezentată în fig. 2.9 putem observa: fluxul de date *type 1* este transmis într-un singur strat fizic PLP0; este utilizată modulația frecvențelor PLP0 - QAM-256 cu rotația constelației semnalului; viteza codului de protecție 2/3; lungimea BB-cadrului codat constituie 64800 biți (după codorul LDPC). Rotația constelației semnalului canalului fizic (a se vedea fig. 2.10) se efectuează în scopul de a îmbunătăți protecția semnalului contra perturbațiilor în canalul de telecomunicații.



**Fig. 2.9. Dispozitivul „T2 Gateway”: opțiunea Physical Layer Pipe Description/Transmission parameters**



Rotated and Q-delayed Constellation Diagram

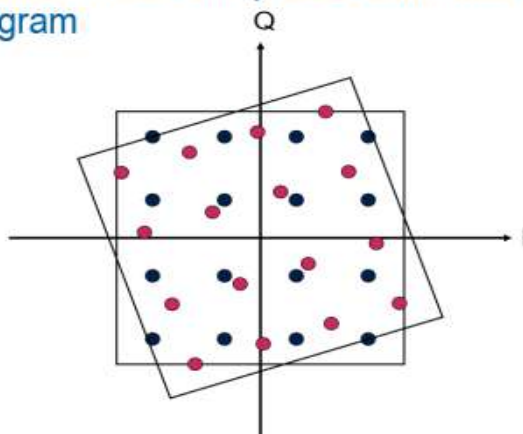


Fig. 2.10. Rotația constelației semnalului în cadrul PLP [14]

În figura 2.11 putem vizualiza viteza de transmitere a datelor în sistem obținută în urma configurării acestuia. Valoarea acesteia constituie 36.5 Mbit/s. În fig. 2.12 este demonstrată structura frame-ului DVB-T2 obținută în urma configurării primului multiplex național „MUX-A” în RM.

Totodată, a fost verificată viteza de transmisie a datelor care poate fi obținută în urma configurării sistemului [89]. Datele tehnice ce țin de calcularea vitezei de transmisie a datelor în cadrul „MUX-A” sunt incluse în tabelul 2.2. Din tabel observăm că rezultatele calculului teoretic 36.7 Mbit/s sunt apropiate de valorile reale ale ratei de transmisie a datelor în sistem 36.5 Mbit/s.

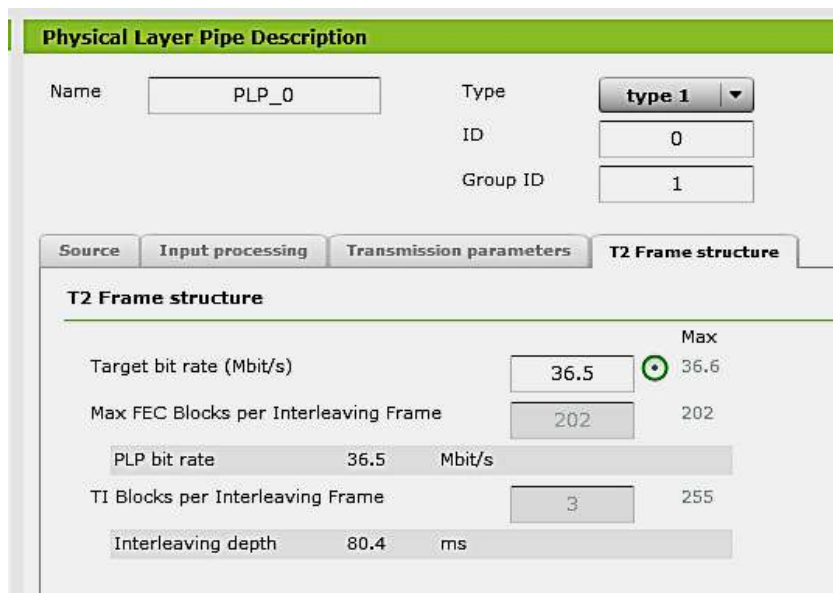


Fig. 2.11. Dispozitivul „T2 Gateway”: opțiunea Physical Layer Pipe Description/T2 Frame structure

T2 Frames Statistics			
<b>Frame</b>		<b>Frame cells</b>	
Super Frame duration	477.8	ms	Total size capacity
T2 Frame duration	238.9	ms	L1 size
FEF duration	0.0	ms	Data size
Number of symbols	63	symbols	Dummy size
Number of P1	1	symbols	
Number of P2	1	symbols	<b>OFDM symbols</b>
Number of DATA	61	symbols	Symbol duration
FC presence	Yes		Guard interval duration
T2 base lite	No		Cells per P2 symbol
			Cells per Data symbol
			Cells per FC symbol

Fig. 2.12. Dispozitivul „T2 Gateway”: opțiunea Monitoring/Output/T2-Frames Statistics

Tabelul 2.2. Date ce țin de calcularea vitezei de transmisie a datelor în cadrul „MUX-A”

Parametrul sistemului DVB-T2	Valoarea/expresia	Nota
Numărul de frecvențe subpurtătoare destinate pentru transmisia datelor utile, n	26572	Fig. 2.12
Durata utilă de transmitere a simbolului COFDM, $T_u$	[34]84 $\mu$ s	
Durata intervalului de gardă, $T_g$	266 $\mu$ s	
Modulația frecvențelor subpurtătoare	QAM 256	
Numărul de biți transmiși în cadrul unui simbol QAM 256, b	8 biți	
Rata de transmisie a simbolurilor, RS	$RS = n/T_u = 7,41 * 10^6$ simbol/s	<b>(2.1)</b>
Rata codului intern, CR	2/3	
Lungimea antentului BB frame-ului	80 biți	
Rata de trasmitere a BB frame-ului, CBB	$(64800 * 2/3 - 80)/64800$	Fără padding [16]
Rata de transmisie a datelor, RSU	$RSU = RS * b * CR * CBB * (T_u/T_u + T_g) = 36.7$ Mbit/s	<b>(2.2)</b>

Calculule teoretice și măsurările practice arata că, având la bază sistemul de compresie H.264 AVC/MPEG-4 (a se vedea fig.1.5), sunt posibil a fi transmise în cadrul „MUX-A” până la 15 programe TV în formatul SD ( $36.5/2.5 \approx 14.6$ ). Este evident că trecerea ulterioară la sistemul de compresie H.265 HEVC/MPEG-H va permite a dubla volumul informației transmise și va permite transmiterea programelor TV în formatul HD.

### 2.2.3. Elaborarea tehnologiei de prognozare a ariilor de acoperire cu semnal DVB-T2

Pentru planificarea [90, 77] și prognozarea ariilor de acoperire a zonelor de servicii „MUX-A” au fost stabilite următoarele condiții [2]:

1. Proiectarea zonelor de acoperire cu semnalul DVB-T2 a se efectua pentru recepția fixă a semnalului (antena de recepție amplasată pe acoperiș la o înălțime de 10 metri deasupra solului).

2. Pentru amplasamentul stațiilor de emisie DVB-T2 a folosi la maxim amplasamentul infrastructurii existente a rețelelor de radiodifuziune terestră a Î.S. „Radiocomunicații”.

3. Prognozarea ariilor de acoperire a se efectua în baza recomandării internaționale ITU-R 1546. Această recomandare prevede utilizarea pentru calcule a curbelor de propagare a undelor electromagnetice care descriu relația funcțională:

$$E_{med} = f(R; F; H_{eff}; T, L), \quad (2.3)$$

unde:  $R$ (km) – distanța traseului;  $F$ (MHz) – frecvența canalului;  $H_{eff}$ (m) – înălțimea efectivă a antenei de emisie în direcția azimutului selectat;  $T$  (%) – timpul pe durata căruia valoarea intensității câmpului depășește valoarea  $E_{med}$ ;  $L$  (%) – locurile în care valoarea intensității câmpului depășește valoarea  $E_{med}$ . Pentru calcule au fost aplicate curbele de propagare, ce asigură depășirea valorii  $E_{med}$  la hotarele zonei de servicii pentru 50% din locuri ( $L$ ) și 50% din momentele de timp ( $T$ ).

4. Pentru calcularea ariilor de acoperire se va aplica soft-ul specializat „ICS Telecom”.

Pentru prognozarea ariilor de acoperire, prin utilizarea soft-ului specializat „ICS Telecom”, a fost elaborat următorul algoritm de bază:

1. Estimarea raportului purtătoare/zgomot ( $C/N$ ) al clusterului DVB-T2 configurat.

2. Determinarea valorii minime  $E_{min}$  a intensității câmpului electromagnetic la intrarea antenei de recepție.

3. Determinarea valorii minime mediane  $E_{med}$  a intensității câmpului electromagnetic la intrarea antenei de recepție pentru probabilitatea de recepție 95% și 70%.

4. Determinarea distanței (în direcția azimutului selectat) de la antena emițătorului până la hotarele zonei de servicii unde intensitatea câmpului semnalului emis va atinge valoarea  $E_{med}$ .

#### ***2.2.4. Estimarea raportului purtătoare/zgomot ( $C/N$ ) al zonei de servicii***

Calcularea valorii raportului purtătoare/zgomot pentru sistemul de emisie proiectat a fost efectuată în baza recomandării internaționale „Report ITU-R BT.2254-3 (03/2017), Frequency and network planning aspects of DVB-T2” [77]. Raportul  $C/N$  caracterizează rezistența sistemelor de transmisie la zgomot și interferențe. Stabilirea valorii acestui raport este necesară pentru determinarea puterii minime admisibile a semnalului la intrarea receptorului și are o importanță fundamentală pentru planificarea rețelei. Reieșind din faptul că într-o rețea DVB-T2 SFN la intrarea antenei de recepție putem avea mai multe semnale, pentru determinarea valorii  $C/N$  vom alege modelul canalului de transmisie Ricean [54]. Acest model al canalului prevede și recepția fixă a semnalului (antena instalată pe acoperiș). Totodată, valoarea  $C/N$  depinde și de parametrii de

transmisie ai rețelei. Cum s-a menționat în capitolul 2.2, proiectul rețelei TDT DVB-T2 pentru RM este elaborat cu următorii parametri de emisie ai semnalului: dimensiunea FFT – 32k Extended; șablonul frecvențelor-pilot PP4; viteza codului de protecție a canalului fizic – 2/3, modulația canalului fizic – QAM-256.

Segmentul din tabelul 2.3, preluat din ghidul de implementare ETSI TS 102 831, conține rezultatele simulărilor pe calculator a diferitelor canale de propagare a semnalului. Pentru simulare au fost utilizate constelații rotate și nu au fost aplicate tehnici PAPR. Simulările au presupus estimarea canalului ideal. Rezultatele sunt date pentru valoarea BER de  $1 \times 10^{-7}$  după decodorul LDPC, ce corespunde aproximativ cu  $10^{-11}$  după decodorul BCH. Totodată, a fost utilizată lungimea blocului LDPC de 64800 biți.

**Tabelul 2.3. Necesarul brut  $(C/N)_0$  pentru a obține  $BER = 1 \times 10^{-7}$  după LDPC decodare pentru lungimea blocului LDPC: 64800 biți**

			Necesarul $(C/N)_0$ (dB) pentru $BER = 1 \times 10^{-7}$ după LDPC decodare			
Constelația	Viteza codului	Eficiența spectrală	Gaussian channel (AWGN)	Ricean channel ( $F_1$ )	Rayleigh channel ( $P_1$ )	0 dB echo channel 90% GI
256-QAM	1/2	3.98	13.2	13.6	15.6	15.7
256-QAM	3/5	4.78	16.1	16.3	18.3	18.4
256-QAM	2/3	5.31	17.8	18.1	20.1	20.3
256-QAM	3/4	5.98	20.0	20.3	22.6	22.7

Așadar, din datele tabelului 2.3 obținem  $(C/N)_0 = 18,1$  dB. Cum s-a menționat, datele inserate în acest tabel au fost obținute prin simulări pe calculator. S-a presupus o estimare perfectă a canalului, o sincronizare perfectă și nici un zgomot de fază. S-au presupus condiții ideale de transmisie și, prin urmare, sunt necesare corecții ale valorii  $(C/N)_0$  obținute. Sunt prevăzute următoarele corecții: **A** - pentru a obține un  $BER = 10^{-7}$  după LDPC; **B** - pentru a crește semnalul-pilot; **C** – pentru compensarea raportului  $C/N$  datorită estimării reale a canalului (decodificarea LDPC imperfectă și alte imperfecțiuni care nu sunt considerate ca făcând parte din zgomotul opritor); **D** – pentru compensarea zgomotului fazei tunerului și zgomotului de cuantificare în convertoarele analog-digitale. Pentru determinarea valorii sumare a elementelor de corecție, inițial este calculată suma termenilor **A**, **B**, **C**, apoi este verificat gradul de degradare a raportului  $C/N$  cauzat de nivelul zgomotului de oprire a receptorului de -33 dBc. Valorile parametrilor A, B, C și D sunt incluse în tabelele 2.4 și 2.5.

**Tabelul 2.4. Factori de corecție a raportului  $(C/N)_0$**

Șablonul frecvențelor-pilot	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5	PP6	PP7	PP8
A = corecția pentru BER $10^{-7}$ , dB	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
B = corecția pentru semnalele-pilot, dB	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.4
C = estimarea reală a canalului, dB	2.0	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0

**Tabelul 2.5. Factorul de corecție D, degradarea raportului C/N (dB) pentru un nivel al zgomotului de oprire a receptorului de -33 dBc**

$(C/N)'$ , dB	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
D (dB)	0.07	0.09	0.11	0.14	0.18	0.22	0.28	0.36	0.46	0.58

Așadar, utilizând datele din tabelele 2.4 și 2.5, putem obține valoarea finală a raportului de protecție  $(C/N)_{„MUX-A”}$  pentru rețeaua informațională SFN DVB-T2 proiectată:

$$(C/N)' (dB) = (C/N)_0 + A + B + C; \quad (2.4)$$

$$(C/N)_{„MUX-A”} (dB) = (C/N)' + D; \quad (2.5)$$

$$(C/N)' = 18.1 + 0.1 + 0.5 + 1.5 = 20.2 \text{ dB};$$

$$(C/N)_{„MUX-A”} = 20.2 + 0.2 = 20.4 \text{ dB}.$$

### 2.2.5. Calcularea intensității câmpului electromagnetic minimal utilizabil $E_{med}$

Calcularea intensității minime mediane a câmpului  $E_{med}$  pentru zonele de servicii din cadrul „MUX-A” a fost efectuată pentru recepția fixă a semnalului, în cazul când antena de recepție este amplasată la o înălțime de 10 m deasupra solului. Calculele au fost elaborate pentru frecvența de reper 650 MHz în baza recomandărilor internaționale „Report ITU-R BT.2254-3 (03/2017), Frequency and network planning aspects of DVB-T2” [77]. Rezultatele calculelor efectuate sunt date în tabelul 2.6.

**Tabelul 2.6. Calcularea valorii  $E_{med}$  pentru „MUX-A”**

DVB-T2	Parametrul	Un. de măsură	Fixă	Nota
Frecvența	Freq	MHz	650	Frecvența de reper
Minimum C/N pentru sistem	C/N	dB	20.4	
Parametrii de transmitere			256-QAM, FEC 2/3, 32k Extended, PP4	
Rata de biți		Mbit/s	36.6	

DVB-T2	Parametrul	Un. de măsură	Fixă	Nota
Zgomotul receptorului	F	dB	6	
Lățimea de bandă a zgomotului	B	MHz	7.77	
Constanta Boltzmann	k	Ws/K	$1.38 \cdot 10^{-23}$	
Temperatura absolută	$T_0$	K	290	
Puterea de zgomot a receptorului	$P_n$	dBW	-129.1	$P_n = F + 10 \lg(k T_0 B)$ (2.6)
Puterea minimală a semnalului la intrarea receptorului	$P_{s \min}$	dBW	-108.7	$P_{s \min} = C/N + P_n$ (2.7)
Atenuarea în feeder	$L_f$	dB	4	
Câștigul antenei	$G_d$	dB	11	
Deschiderea antenei	$A_a$	dBm <sup>2</sup>	-4.6	$A_a = G_d + 10 \lg(1.64 \lambda^2 / 4\pi)$ (2.8)
Densitatea fluxului de putere min. în locație	$\theta_{\min}$	dB(W)/m <sup>2</sup>	-100.1	$\theta_{\min} = P_{s \min} - A_a + L_f$ (2.9)
Intensitatea min. a câmpului în locație	$E_{\min}$	dBμV/m	45.7	$E_{\min} = \theta_{\min} + 145.8$ (2.10)
Probabilitatea recepției în locație		%	70	
Factorul de distribuție	$\mu$		0.5244	
Deviația standard	$\sigma_m$	dB	5.5	
Factorul de corecție pentru locație	$C_1$	dB	2.8842	$C_1 = \mu \sigma_m$ (2.11)
Zgomotul industrial	$P_{mnn}$	dB	0	
Densitatea minimală mediană a fluxului de putere: 50% timp și 50% locații	$\theta_{\text{med}}$	dB(W)/m <sup>2</sup>	-97.2	$\theta_{\text{med}} = \theta_{\min} + P_{mnn} + C_1$ (2.12)
Intensitatea minimală mediană a câmpului: 50% timp și 50% locații	$E_{\text{med } r}$	dBμV/m	48.6	$E_{\text{med}} = E_{\min} + C_1$ (2.13)
Probabilitatea recepției în locație		%	95	
Factorul de distribuție	$\mu$		1.6449	
Deviația standard	$\sigma_m$	dB	5.5	
Factorul de corecție pentru locație	$C_1$	dB	9.04695	$C_1 = \mu \sigma_m$

DVB-T2	Parametrul	Un. de măsură	Fixă	Nota
Densitatea minimală mediană a fluxului de putere: 50% timp și 50% locații	$\theta_{med}$	dB(W)/m <sup>2</sup>	-91.0	$\theta_{med} = \theta_{min} + P_{mnn} + C_1$
Intensitatea minimală mediană a câmpului: 50% timp și 50% locații	$E_{med r}$	dB $\mu$ V/m	54.7	$E_{med} = E_{min} + P_{mnn} + C_1$

Reieșind din valorile nivelului câmpului electromagnetic minimal utilizabil  $E_{med r}$ , obținute pentru frecvența de reper  $F_r = 650$  MHz, a fost efectuat calculul parametrului menționat și pentru 6 zone de servicii din cadrul primului multiplex național, pentru probabilitatea locațiunii (“*location probability*”) 95% și 70%. Rezultatele sunt incluse în tabelele 2.7 și 2.8. Coeficientul de corecție s-a calculat prin formula:

$$Corr = 20 \lg (F / F_r). \quad (2.14)$$

Valoarea finală pentru zonele de servicii a fost obținută prin formula:

$$E_{med} = E_{med r} + Corr. \quad (2.15)$$

**Tabelul 2.7. Calcularea valorii  $E_{med}$  pentru zonele de servicii din cadrul „MUX-A” (“location probability” 95%)**

Zona	CH	F, MHz	Fr, MHz	$E_{med r}$ , dB $\mu$ V/m	Corr, dB	$E_{med}$ , dB $\mu$ V/m
Căușeni	21	474	650	54.7	-2.7427	52.0
MN	22	482	650		-2.59733	52.1
Trifești	28	530	650		-1.77275	52,9
Edineț	30	546	650		-1.51441	53,2
Strășeni	31	554	650		-1.38807	53,3
Cahul	36	594	650		-0.78254	53,9

**Tabelul 2.8. Calcularea valorii  $E_{med}$  pentru zonele de servicii din cadrul „MUX-A” (“location probability” 70%)**

Zona	CH	F, MHz	Fr, MHz	$E_{med r}$ , dB $\mu$ V/m	Corr, dB	$E_{med}$ , dB $\mu$ V/m
Căușeni	21	474	650	48.6	-2.7427	45,9
MN	22	482	650		-2.59733	46,0
Trifești	28	530	650		-1.77275	46,8
Edineț	30	546	650		-1.51441	47,1
Strășeni	31	554	650		-1.38807	47,2
Cahul	36	594	650		-0.78254	47,8

### 2.2.6. Calcularea ariilor de acoperire a zonelor de servicii

Calcularea ariilor de acoperire cu semnal DVB-T2, transmis prin intermediul „MUX-A”, s-a efectuat prin utilizarea unui soft specializat „ICS Telecom”. La aplicarea soft-ului specializat, pentru fiecare amplasament, în calculele automatizate au fost introduse:

1. Coordonatele geografice ale punctului de emisie;
2. Înălțimea bazei pilonului deasupra nivelului mării;
3. Înălțimea și azimutul de suspendare a antenei de emisie;
4. Puterea maximală aparent radiată a antenei de emisie;
5. Diagramele de directivitate a antenei de emisie în plan orizontal și vertical;
6. Valorile minime mediane  $E_{med}$  ale intensității câmpului pentru zonele de servicii cu probabilitatea recepției 95% și 70%;
7. Pasul de calcule, peste fiecare 1 grad, începând cu 0 grade.

La baza prognozării ariilor de acoperire cu semnal DVB-T2 din cadrul „MUX-A” au stat avizele și caietele de sarcini eliberate de Serviciul Național de Management al Frecvențelor Radio (SNMFR):

- nr. 06/1-239 din 26.03.2018 pentru stațiile de putere mare (stațiile SRTV);
- nr. 06/1-322 din 14.02.2017 pentru stațiile de putere medie (stațiile STV);
- nr. 06/1-190 din 19.02.2019 și 06/1-450 din 15.05.2019 pentru stațiile de putere mică (stațiile de emisie situate în „zonele de umbră”).

Avizele menționate au fost elaborate în scopul respectării condițiilor Licenței privind utilizarea frecvențelor/canalelor (a benzii de frecvențe 470-694MHz) asociate cu „MUX-A” și au fost elaborate cu condiția construcției stațiilor de emisie DVB-T2 pe infrastructura existentă a Î.S. „Radiocomunicații”. Zonele de acoperire a stațiilor de emisie stipulate în aceste avize au asigurat accesul a 99% din populația RM la conținutul audiovizual transmis în cadrul „MUX-A”.

Parametrii tehnici ai stațiilor de emisie DVB-T2 sunt incluși în tabelele 2.9–2.20. Diagramele de directivitate ale antenelor de emisie sunt reprezentate în fig. 2.13–2.16. Rezultatele prognozării ariilor de acoperire a zonelor de servicii din cadrul „MUX-A” sunt reprezentate în fig. A2.1–A2.6. Aria de acoperire a „MUX-A” este reprezentată în fig. 2.17.

**Tabelul 2.9. Parametrii tehnici ai stațiilor de emisie DVB-T2 de putere mare și medie amplasate în zona de servicii Căușeni**

Parametrii tehnici ai stației de emisie	SRTV Căușeni	STV Tighina	Pilonul Hârboveț
Canal	21	21	21
Coordonate geografice	46N38'21" 29E25'41"	46N51'45" 29E25'54"	46N49'39" 29E23'44"



Altitudinea bazei pilonului/turnului, m	111	151	131
Înălțimea suspendării antenei, m	233	53	200
Polarizarea antenei	H	H	H
Azimutul antenei	Omni	Omni	Omni
Puterea emițătorului, dBW	31,76	24.77	24.77
<b><i>PAR maxim, dBW</i></b>	<b><i>44,96</i></b>	<b><i>31.8</i></b>	<b><i>29.3</i></b>

**Tabelul 2.10. Parametrii tehnici ai stațiilor de emisie DVB-T2 de putere mare și medie amplasate în zona de servicii Mândreștii Noi**

Parametrii tehnici ai stației de emisie	SRTV Ungheni	SRTV Mândreștii Noi	STV Drochia	STV Cornești
Canal	22	22	22	22
Coordonate geografice	47N12'9" 27E53'13"	47N4347" 28E01'56"	48N01'53" 27E47'56"	47N22'05" 28E00'36"
Altitudinea bazei pilonului/turnului, m	262	263	227	288
Înălțimea suspendării antenei, m	190	317	75	50
Polarizarea antenei	H	H	H	H
Azimutul antenei	75°	Omni	Omni	Omni
Puterea emițătorului, dBW	31,14	31,76	24.77	24.77
<b><i>PAR maxim, dBW</i></b>	<b><i>38,7</i></b>	<b><i>44,5</i></b>	<b><i>31.4</i></b>	<b><i>31.12</i></b>

**Tabelul 2.11. Parametrii tehnici ai stațiilor de emisie DVB-T2 de putere mare și medie amplasate în zona de servicii Trifești**

Parametrii tehnici ai stației de emisie	SRTV Trifești	STV Soroca	Cugureștii de Sus
Canal	28	28	28
Coordonate geografice	47N40'04" 28E49'43"	48N09'13" 28E16'30"	47N55'20" 28E35'06"
Altitudinea bazei pilonului/turnului, m	288	229	281
Înălțimea suspendării antenei, m	235	120	53
Polarizarea antenei	H	H	H
Azimutul antenei	Omni	Omni	Omni
Puterea emițătorului, dBW	31,76	24.77	23.62
<b><i>PAR maxim, dBW</i></b>	<b><i>44,94</i></b>	<b><i>30.56</i></b>	<b><i>26.95</i></b>

**Tabelul 2.12. Parametrii tehnici ai stației de emisie DVB-T2 de putere mare amplasată în zona de servicii Edineț**

Parametrii tehnici ai stației de emisie	SRTV Edineț	Otaci
Canal	30	30
Coordonate geografice	48N10'59" 27E18'01"	48N26'05" 27E46'55"
Altitudinea bazei pilonului/turnului, m	252	208
Înălțimea suspendării antenei, m	190	50
Polarizarea antenei	H	H
Azimutul antenei	Omni	Omni
Puterea emițătorului, dBW	33.98	24.48
<b><i>PAR maxim, dBW</i></b>	<b><i>47.1</i></b>	<b><i>32</i></b>

**Tabelul 2.13.1. Parametrii tehnici ai stațiilor de emisie DVB-T2 de putere mare și medie amplasate în zona de servicii Strășeni**

Parametrii tehnici ai stației de emisie	SRTV Strășeni	SCPDS Chișinău	STV Hâncești	STV Ivancea
Canal	31	31	31	31
Coordonate geografice	47N07'18" 28E33'552'	47N00'03" 28E48'34"	46N49'28" 28E34'00"	47N17'52" 28E48'56"
Altitudinea bazei pilonului, m	329	210	270	212
Înălțimea suspendării antenei, m	344	188	103	113
Polarizarea antenei	H	H	H	H
Azimutul antenei	Omni	Omni	Omni	Omni
Puterea emițătorului, dBW	33,98	24.77	24.77	20
<b><i>PAR maxim, dBW</i></b>	<b><i>46,68</i></b>	<b><i>32.2</i></b>	<b><i>30.8</i></b>	<b><i>25.65</i></b>

**Tabelul 2.13.2. Parametrii tehnici ai stațiilor de emisie DVB-T2 de putere medie amplasate în zona de servicii Strășeni**

Parametrii tehnici ai stației de emisie	Pilonul Nisporeni	Mingir
Canal	31	31
Coordonate geografice	47N04'57" 28E13'17"	46N39'24" 28E19'24"
Altitudinea bazei pilonului, m	373	154
Înălțimea suspendării antenei, m	45	30
Polarizarea antenei	H	H
Azimutul antenei	Omni	Omni
Puterea emițătorului, dBW	24.77	20
<b><i>PAR maxim, dBW</i></b>	<b><i>31.1</i></b>	<b><i>27</i></b>

**Tabelul 2.14.1. Parametrii tehnici ai stației de emisie DVB-T2 de putere mare amplasată în zona de servicii Cahul**

Parametrii tehnici ai stației de emisie	SRTV Cahul	SRTV Cimișlia
Canal	36	36
Coordonate geografice	45N56'07" 28E16'40"	46N30'44" 28E46'29"
Altitudinea bazei pilonului/turnului, m	200	182
Înălțimea suspendării antenei, m	217	190
Polarizarea antenei	H	H
Azimutul antenei	95°	Omni
Puterea emițătorului, dBW	31,76	31,76
<b>PAR maxim, dBW</b>	<b>38,7</b>	<b>45,11</b>

**Tabelul 2.14.2. Parametrii tehnici ai stației de emisie DVB-T2 de putere medie amplasată în zona de servicii Cahul**

Parametrii tehnici ai stației de emisie	STV Leova	STV Comrat	STV Baimaclia	Ciadâr Lunga
Canal	36	36	36	36
Coordonate geografice	46N29'18" 28E16'58"	46N17'33" 28E40'34"	46N11'39" 28E24'10"	46N02'44" 28E51'06"
Altitudinea bazei pilonului/turnului, m	157	103	254	166
Înălțimea suspendării antenei, m	45	80	44	50
Polarizarea antenei	H	H	H	H
Azimutul antenei	Omni	Omni	Omni	Omni
Puterea emițătorului, dBW	24.77	24.77	24.77	24.77
<b>PAR maxim, dBW</b>	<b>30.6</b>	<b>31.15</b>	<b>31.8</b>	<b>31.55</b>

**Tabelul 2.15. Parametrii tehnici ai stațiilor DVB-T2 de putere mică care vor fi amplasate în zona de servicii Căușeni**

Nr. d/o	Localitatea	Coordonatele geografice	Înălțimea suspendării antenei de emisie, m	PAR, dBW	Canal	Polariz. antenei	Diagrama antenei
1	Crocmaș	N46°27'0.70" E29°59'19.73"	50	20	21	H	Omni
2	Caplani	N46°23'10.3" E29°53'09"	30	20	21	H	Omni
3	Copanca	N46°43'02.69" E29°38'22"	30	20	21	H	Omni
4	Copceac	N46°26'53.19" E29°30'44.01"	30	20	21	H	Omni
5	Răscăieți	N46°34'54.4" E29°46'04.5"	30	20	21	H	Omni
6	Talmaza	N46°38'29.16" E29°39'39.16"	30	20	21	H	Omni
7	Ucrainca	N46°25'34.9" E29°16'0.74"	30	20	21	H	Omni

Nr. d/o	Localitatea	Coordonatele geografice	Înălțimea suspendării antenei de emisie, m	PAR, dBW	Canal	Polariz. antenei	Diagrama antenei
8	Volintiri	46N25'59,1" 29E36'08,6"	30	20	21	H	Omni

**Tabelul 2.16. Parametrii tehnici ai stațiilor DVB-T2 de putere mică care vor fi amplasate în zona de servicii Mândreștii Noi**

Nr. d/o	Localitatea	Coordonatele geografice	Înălțimea suspendării antenei de emisie, m	PAR, dBW	Canal	Polariz. antenei	Diagrama antenei
1	Hârjauca	N47°20'52.2" E28°11'40.9"	30	20	22	H	Omni
2	Balatina	47N41'39.8" 27E24'26.3"	30	20	22	H	Omni
3	Buciumeni	47N23'14,3" 27E42'53,9"	30	20	22	H	Omni
4	Cobani	N47°46'32.09" E27°20'18.75"	30	20	22	H	Omni
5	Camenca	47N49'48" 27E41'30"	50	20	22	H	Omni

**Tabelul 2.17. Parametrii tehnici ai stațiilor DVB-T2 de putere mică care vor fi amplasate în zona de servicii Trifești**

Nr. d/o	Localitatea	Coordonatele geografice	Înălțimea suspendării antenei de emisie	PAR, dBW	Canal	Polariz. antenei	Diagrama antenei
1	Ciorna	N47°46'50,08" E28°58'48,2"	30	20	28	H	Omni
2	Climăuții de Jos	N47°56'55,96" E28°47'46,56"	30	20	28	H	Omni
3	Cosăuți	N48°13'13,86" E28°16'41,37"0	30	20	28	H	Omni
4	Cremen- ciug	N48°16'37" E28°04'53"	30	20	28	H	Omni
5	Iarova	N48°18'57,95" E28°02'47,4"	30	20	28	H	Omni
6	Lalova	N47°34'23,5" E29°01'08"	30	20	28	H	Omni
7	Nemireuca	N48°06'27,8" E28°32'59,3"	30	20	28	H	Omni
8	Salcia	N47°56'50" E28°43'43,98"	30	20	28	H	Omni
9	Sănătăuca	N48°00'57,62" E28°40'46,54"	30	20	28	H	Omni
10	Slobozia- Cremene	N48°02'27,05" E28°26'11,38"	30	20	28	H	Omni

Nr. d/o	Localitatea	Coordonatele geografice	Înălțimea suspendării antenei de emisie	PAR, dBW	Canal	Polariz. antenei	Diagrama antenei
11	Șoldănești	47N47'35,2" 28E47'26,9"	30	20	28	H	Omni
12	Tarasova	N47°52'35,4" E28°55'42"	30	20	28	H	Omni
13	Târgul Vertiujeni	48N01'48,01" 28E32'02,07"	30	20	28	H	Omni
14	Vadul Rașcov	N47°55'47,56" E28°49'00,95"	30	20	28	H	Omni
15	Varancău	N48°04'06.62" E28°30'19.32"	30	20	28	H	Omni
16	Vasilcău	N48°08'18.05" E28°25'09.27"	30	20	28	H	Omni
17	Cuhureștii de Jos	47N55'20" 28E35'06"	53	27	28	H	Omni

**Tabelul 2.18. Parametrii tehnici ai stațiilor DVB-T2 de putere mică care vor fi amplasate în zona de servicii Edineț**

Nr. d/o	Localitatea	Coordonatele geografice	Înălțimea suspendării antenei de emisie	PAR, dBW	Canal	Polariz. antenei	Diagrama antenei
1	Lipcani	N48°15'31.56" E26°49'7.31"	30	20	30	H	Omni
2	Naslavcea	N48°27'47", E27°33'49"	30	20	30	H	Omni
3	Balasinești	N48°14'12.3" E26°58'20.7"	30	20	30	H	Omni
4	Mereșeuca	N48°25'52.8" E27°40'46.1"	30	20	30	H	Omni
5	Unguri	48N23'51" 27E51'43"	30	20	30	H	Omni
6	Otaci	48N25'59,65" 27E47'13,7"	30	30	28	H	Omni

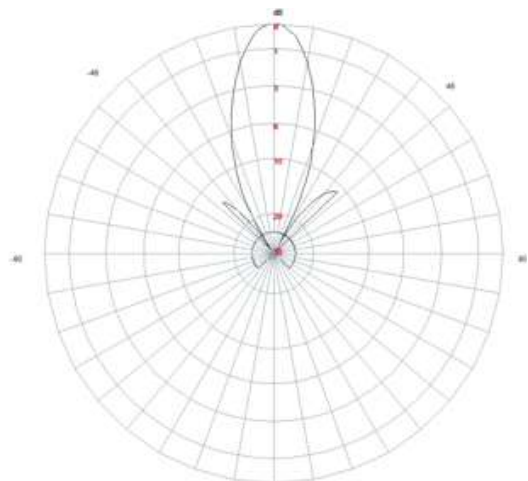
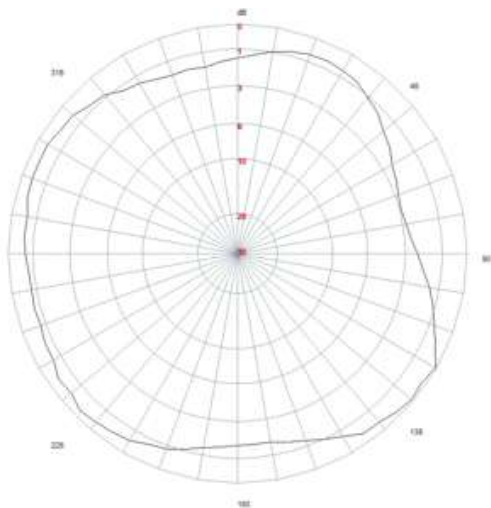
**Tabelul 2.19. Parametrii tehnici ai stațiilor DVB-T2 de putere mică care vor fi amplasate în zona de servicii Strășeni**

Nr. d/o	Localitatea	Coordonatele geografice	Înălțimea suspendării antenei de emisie	PAR, dBW	Canal	Polariz. antenei	Diagrama antenei
1	Criuleni	N47°13'11,87" E29°09'18,62"	30	20	31	H	Omni
2	Holercani	N47°18'15,66" E29°04'45,29"	30	20	31	H	Omni
3	Vadul lui Vodă	N47°05'17,86" E29°04'11,99"	30	20	31	H	Omni

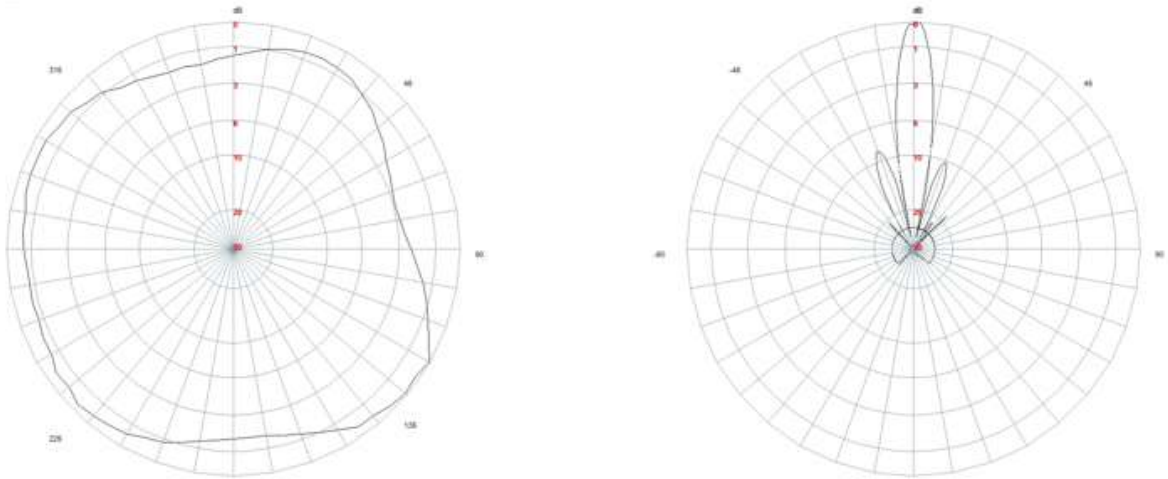
Nr. d/o	Localitatea	Coordonatele geografice	Înălțimea suspendării antenei de emisie	PAR, dBW	Canal	Polariz. antenei	Diagrama antenei
4	Cioara	N46°44'17.4" E28°13'33.8"	30	20	31	H	Omni
5	Mașcăuți	N47°17'34.56" E28°59'01.6"	30	20	31	H	Omni
6	Nemțeni	46N54'24.4" 28E06'52.5"	30	20	31	H	Omni
7	Oxentea	N47°23'08" E29°06'26"	30	20	31	H	Omni
8	Trebujeni	N47°18'44,04" E28°57'55,59"	30	20	31	H	Omni

**Tabelul 2.20. Parametrii tehnici ai stațiilor DVB-T2 de putere mică care vor fi amplasate în zona de servicii Cahul**

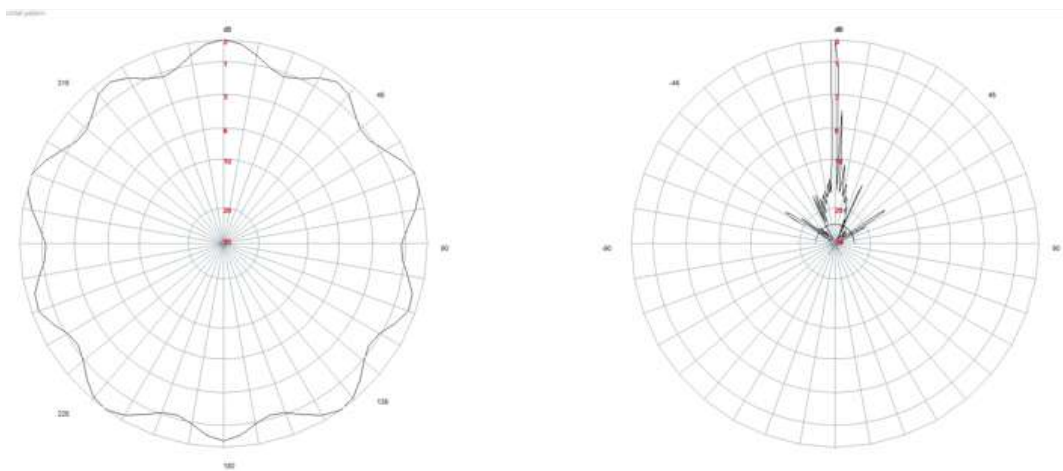
Nr. d/o	Localitatea	Coordonatele geografice	Înălțimea suspendării antenei de emisie	PAR, dBW	Canal	Polariz. antenei	Diagrama antenei
1	Cantemir	N46°15'23.80", E28°12'40.10"	50	20	36	H	Omni
2	Văleni	N45°37'18" E28°07'56"	30	20	36	H	Omni
3	Cebolaccia	N46°11'14.7" E28°13'33"	30	20	36	H	Omni
4	Giurgiu-lesti	N45°28'53,22" E28°11'39,56"	30	20	36	H	Omni
5	Tomai	N46°34'59.20" E28°19'23.05"	30	20	36	H	Omni
6	Valea Perjei	N46°01'44.05" E28°56'10.75"	30	20	36	H	Omni
7	Hârtop	46N14'09" 28E15'13,4"	30	20	36	H	Omni



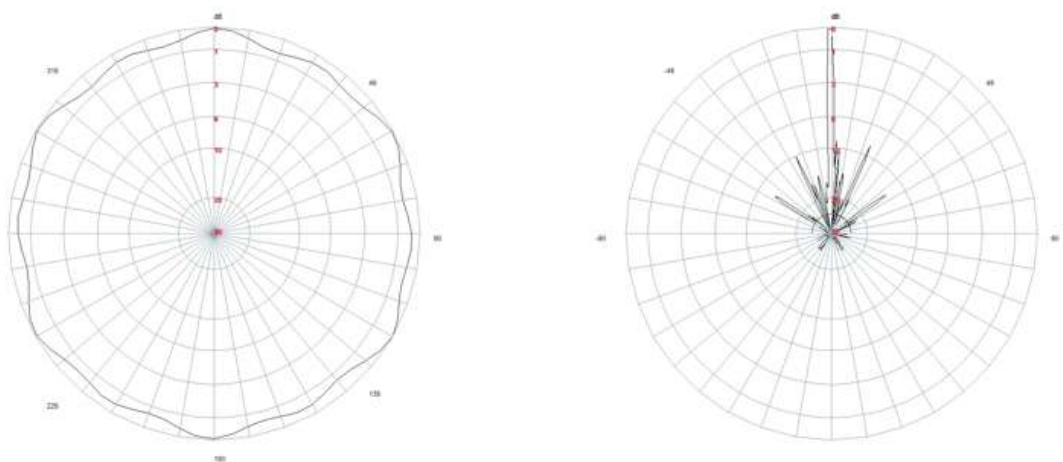
**Fig. 2.13. Diagramele de directivitate ale antenei de emisie UTV-11/LP în plan H și V**



**Fig. 2.14. Diagramele de directivitate ale antenei de emisie OM-2 în plan H și V**



**Fig. 2.15. Diagramele de directivitate ale antenei de emisie ATP4 68 în plan H și V**



**Fig. 2.16. Diagramele de directivitate ale antenei de emisie Poligon - 720 în plan H și V**

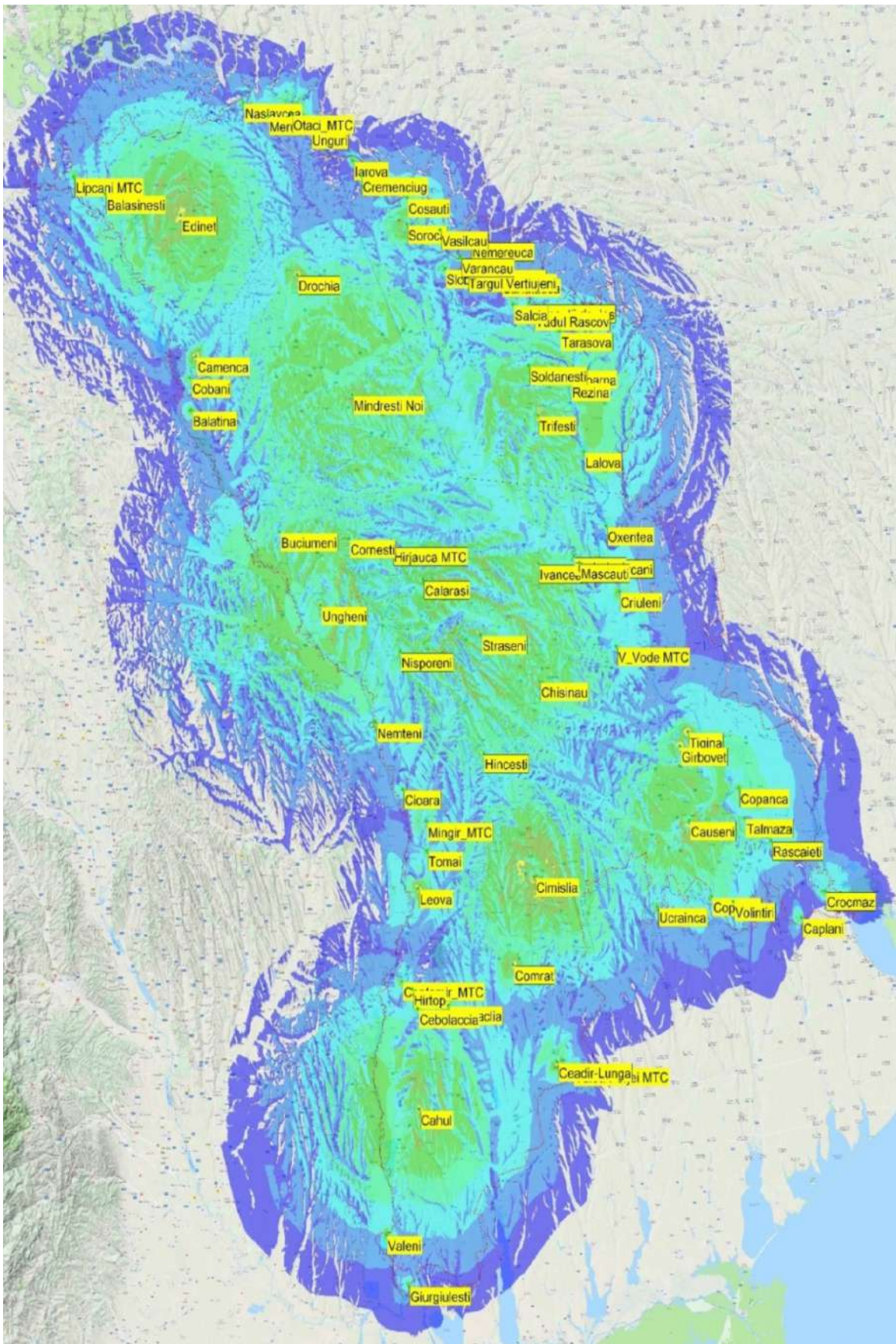


Fig. 2.17. Aria de acoperire a „MUX-A”, intensitatea câmpului  $E \geq E_{med}$ , probabilitatea locației 95%



### 2.3. Estimarea indicilor de calitate ai semnalului DVB-T2 în rețea

În procesul de sinteză și implementare a unui multiplex de TDT este necesar a estima un șir de parametri de calitate ai semnalului DVB-T2 transmis și recepționat în zona de servicii a clusterului [91, 92, 93]. În acest subcapitol este expusă descrierea succintă a parametrilor de calitate ai semnalului DVB-T2, selectați pentru estimarea regimurilor de funcționare a rețelelor DVB-T2 SFN SISO. Totodată, este prezentată tehnologia de măsurare a intensității câmpului la intrarea antenei de recepție.

#### 2.3.1. Indicii de calitate ai semnalului DVB-T2

Schema funcțională a tractului de transmitere și recepție a semnalului în sistemul DVB-T2 este reprezentată în fig. 2.18. Pentru recepționarea semnalului, acesta inițial este demodulat. Ca urmare, la ieșirea demodulatorului obținem un flux binar de date. Este evident că unele din simbolurile digitale, transmise prin intermediul frecvențelor subpurtătoare, ca urmare a expunerii canalului de comunicații la interferențe și zgomot, pot fi recepționate cu erori.

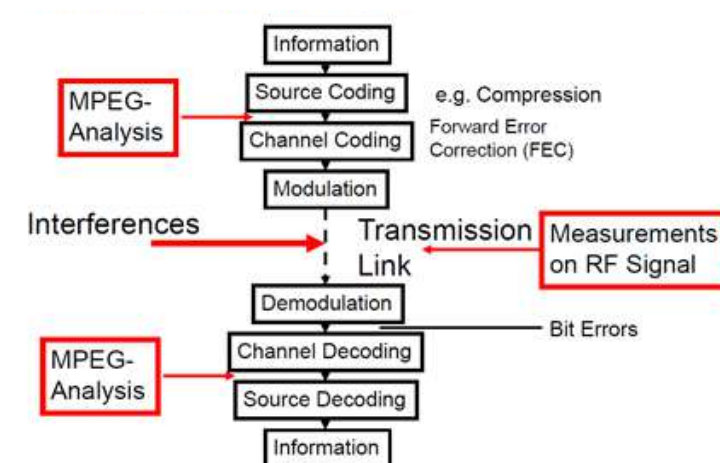


Fig. 2.18. Schema funcțională a tractului de emisie și recepție a semnalului DVB-T2 [14]

În prima etapă de decodare a semnalului demodulat, secvențele binare de date sunt procesate conform specificațiilor tehnice ale sistemului, inclusiv este efectuată procedura de corectare parțială a preciziei, folosind codurile în cascadă LDPC și BCH. Așadar, la ieșirea decodului de canal obținem fluxul digital TS (Transport Stream). În următoarea etapă, în receptor este decodat conținutul sursei audiovizuale.

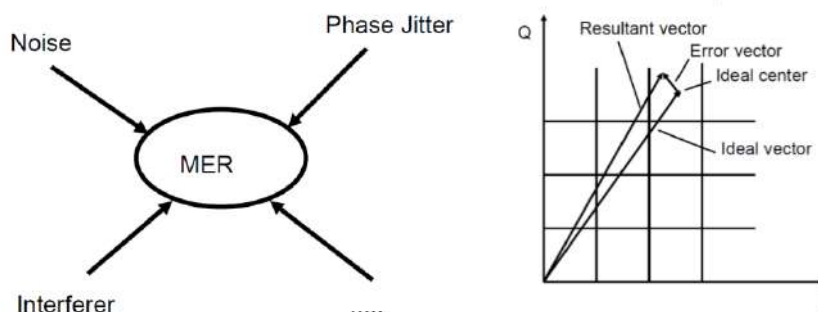
Măsurările specifice pentru un sistem de TDT DVB sunt descrise în capitolul 9 al documentului ETSI TR 101 290 [94]. În acest subcapitol au fost descriși succint parametrii de calitate ai semnalului DVB-T2 recepționat, cum ar fi:

- intensitatea câmpului electromagnetic  $E$  la intrarea antenei de recepție;

- media quadratică de eroare a modulației - MER (Modulation Error Ratio);
- rata de eroare de biți după demodulare - CBER (Chanel Bit Error Ratio);
- rata de eroare de biți după codificatorul intern LDPC–LBER;
- raportul dintre nivelul frecvenței purtătoare a semnalului și zgomot - C/N.

Intensitatea câmpului E caracterizează energetic semnalului RF care ajunge la punctul de recepție sub forma unei unde electromagnetice plane [95]. Valoarea intensității câmpului este un parametru energetic important de care depinde calitatea semnalului recepționat, după demodarea și decodarea acestuia. În același timp, e de menționat că în rețelele terestre cu o singură frecvență normarea intensității câmpului (prin valoarea intensității minime mediane  $E_{med}$ ) este o condiție necesară, dar totodată nu suficientă pentru a asigura o recepție de înaltă calitate. De asemenea, este necesar a efectua un set de măsuri tehnice pentru a asigura sincronizarea semnalelor transmise, precum și pentru a preveni deplasarea semnalelor recepționate în afara intervalului de gardă al simbolurilor COFDM.

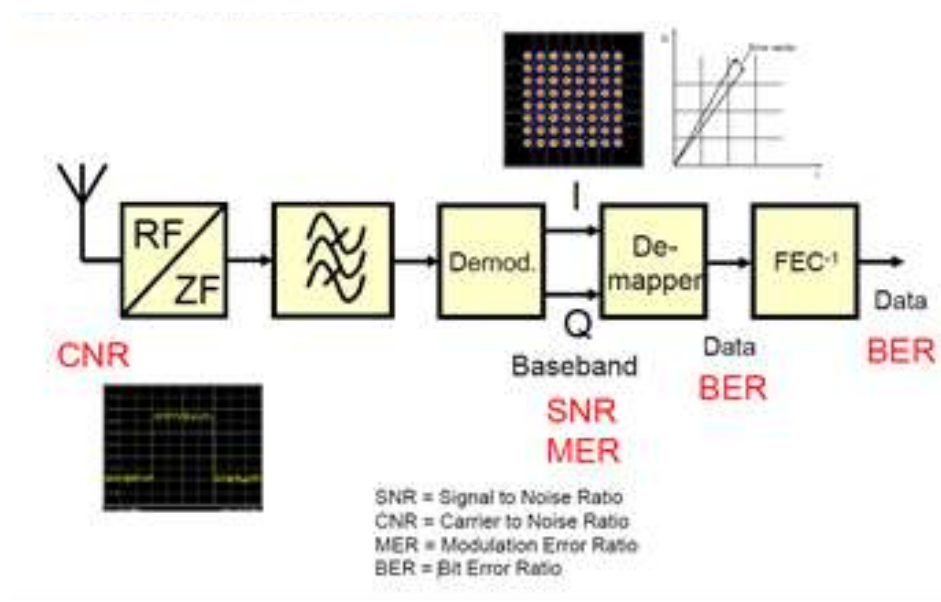
Media quadratică de eroare a modulației MER estimează poziția simbolului recepționat pe planul constelației semnalului (frecvențele subpurtătoare modulate din cadrul simbolurilor COFDM). Parametrul MER estimează influența tuturor factorilor în tractul de transmisie și este o măsură sumară a interferențelor în sistemul de transmisie (a se vedea fig. 2.19). La fel, ca și raportul semnal/zgomot S/N, valoarea MER este exprimată în dB. Dacă sunt luate în considerare numai efectele de zgomot, parametrii MER și S/N sunt echivalenți. În realitate,  $MER [dB] \leq S/N [dB]$ . Ca urmare a efectului total al tuturor interferențelor, punctele constelației se deplasează în raport cu poziția lor nominală (în centrul ferestrei destinate pentru luarea deciziei). În cazul interferențelor semnificative, amplasarea punctului de constelație depășește limitele admisibile și se ia o decizie eronată.



**Fig. 2.19. Parametrul MER: estimarea tuturor interferențelor în tractul de emisie [14]**

Rata de eroare a biților BER (Bit Error Ratio) [14, 96] este definită ca raportul dintre biți primiți în mod eronat și numărul total de biți primiți în același timp. Acest parametru a fost

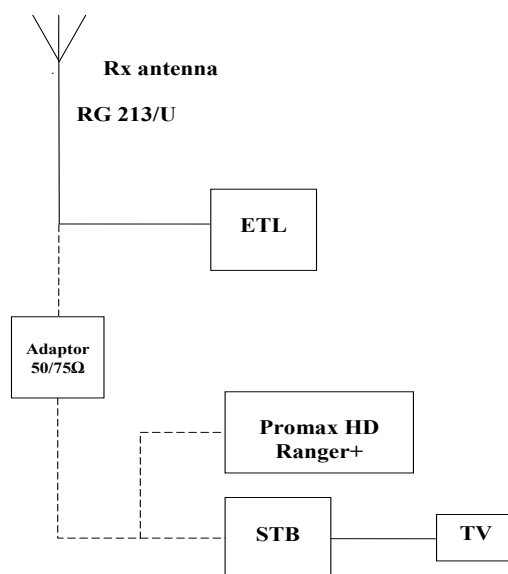
măsurat în două puncte ale tractului de recepție - după demodulator, așa-numitul CBER, și după codificatorul intern LDPC, așa-numitul LBER. Punctele tractului de recepție unde au fost efectuate măsurările semnalului sunt reprezentate în fig. 2.20.



**Fig. 2.20. Punctele tractului de recepție în care au fost efectuate măsurările parametrilor semnalului DVB-T2 - C/N, MER, BER [14]**

### 2.3.2. Măsurarea în teren a indicilor de calitate ai semnalului DVB-T2

Măsurările intensității câmpului electromagnetic, precum și a altor parametri tehnici ai semnalului recepționat au fost efectuate prin intermediul aparatelor de măsură ETL și Promax HD în conformitate cu schema reprezentată în fig. 2.21 [97].



**Fig. 2.21. Schema măsurărilor parametrilor tehnici ai semnalului recepționat**

Dispozitivele de măsurări sunt profesionale și verificate metrologic. Pentru măsurare au fost utilizate antena de referință direcțională R&S HL 040 și antena de referință omnidirecțională RSH 4786. Diagramele de directivitate ale antenelor de recepție sunt reprezentate în figurile A3.1 și A3.2. În timpul măsurărilor, antena de recepție a fost ridicată la o înălțime de 10 metri de la suprafața solului. Planul de polarizare al undelor măsurate este orizontal.

Pentru a măsura intensitatea câmpului la intrarea antenei de recepție, a fost măsurat nivelul semnalului la ieșirea feeder-ului. Valoarea intensității câmpului  $E$  [ $\mu\text{V}/\text{m}$ ] a fost calculată prin formula [98]:

$$E = U_{50\Omega} + F_a + A_f, \quad (2.16)$$

unde  $F_a$  [ $\text{dBm}^{-1}$ ] este factorul antenei în direcția radiației maxime;  $U_{50\Omega}$  [ $\mu\text{V}$ ] este tensiunea semnalului indusă la o sarcină de 50 Om conectată la ieșirea feeder-ului antenei,  $A_f$  [dB] sunt pierderile în feeder. Factorul antenelor R&S HL 040 și RSH 4786 este dat în tabelele A3.1, A3.2.

#### **2.4. Elaborarea tehnologiei de emisie a semnalului digital terestru în „zonele de umbră”**

Ca urmare a necesității de a extinde accesul populației la semnalul digital terestru în „zonele de umbră” ale RM a trebuit elaborată o soluție tehnică referitoare la modul de emisie a semnalului în zonele teritoriale menționate [99]. În acest sens, a fost important a cerceta oportunitatea utilizării în „zonele de umbră” a unui dispozitiv tehnic specializat – repetorul de putere redusă de tipul  $f_1/f_1$ , așa-numit Gap Filler [100]. O condiție de bază legată de cercetarea posibilității aplicării Gap Filler-ului a fost ajustarea parametrilor tehnici de funcționare a acestuia la infrastructura rețelelor terestre existente în „zonele de umbră” ale RM, și anume, pilonii tipici cu înălțimea de 27 m.

##### **2.4.1. Cercetarea oportunității aplicării Gap Filler-ului**

Gap Filler este un repetor al semnalului digital terestru de tipul  $f_1/f_1$ , cu procesare și amplificare a semnalului. În consecință, o anumită parte a semnalului (ecoul) de la ieșirea antenei de transmisie revine la intrarea Gap Filler-ului (cu întârziere în raport cu semnalul de la intrare egală cu timpul de procesare) (a se vedea fig. 2.22 și fig. 2.23). Așadar, una dintre funcțiile importante ale Gap Filler-ului este și suprimarea propriului ecou (a se vedea fig. 2.24).

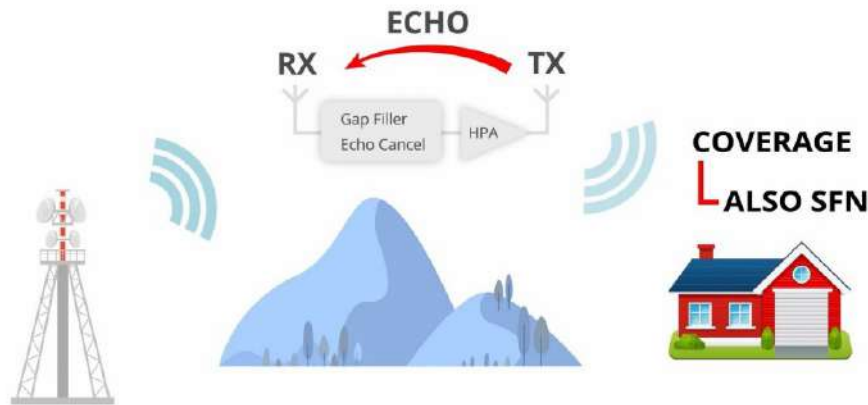


Fig. 2.22. Gap-Filler într-o rețea de radiodifuziune digitală terestră [101]

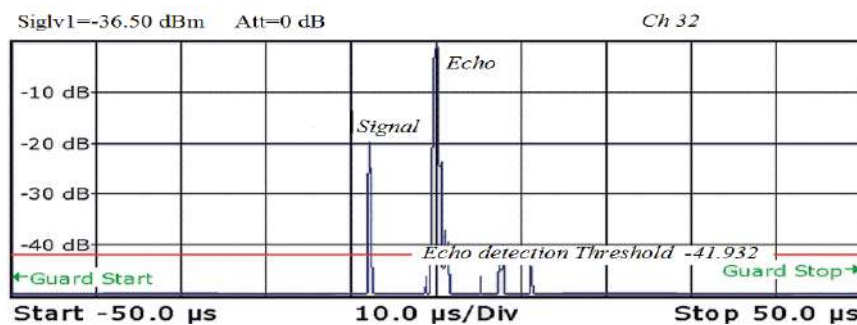


Fig. 2.23. Semnalul rețelei și ecoul al acestuia la intrarea Gap Filler-ului [102]

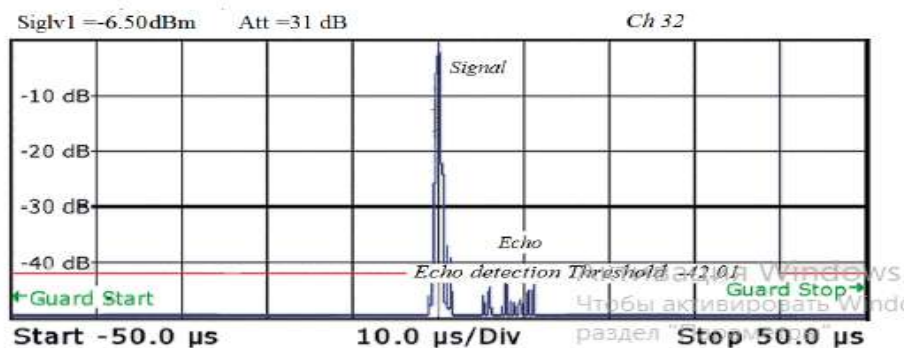


Fig. 2.24. Suprimarea propriului ecou la ieșirea Gap Filler-ului [102]

Conform recomandărilor tehnice ale producătorilor [103, 104, 105], nivelul ecoului de la intrarea Gap Filler-ului nu trebuie să depășească nivelul semnalului de la intrarea rețelei mai mult de 12-15 dB (în funcție de modelul producătorului). Când acest raport este depășit, indicii semnalului de la ieșirea repetorului se deplasează în afara toleranțelor de calitate  $MER < 24$  dB. În consecință, algoritmele de protecție opresc funcționarea Gap Filler-ului. Prin urmare, pentru a asigura funcționarea fiabilă a Gap Filler-ului, trebuie asigurată o izolare adecvată [101] a semnalului dintre intrarea antenei de emisie și ieșirea antenei de recepție. În același timp, cerința de a limita nivelul ecoului impune și o limitare a puterii de la ieșirea Gap-Filler-ului. Cu regret,

există și alți factori care limitează eficacitatea exploatării unui Gap-Filler, cum ar fi: 1. Amplitudinea semnalului de la ieșirea repetorului, precum și a ecoului, care pot varia în funcție de condițiile meteorologice; 2. Diferența de fază dintre semnalul de la ieșirea repetorului și ecou se poate modifica în urma vibrațiilor antenelor din cauza vântului; 3. Condițiile de recepție a semnalului pe mai multe cai de propagare pot fi perturbate de undele reflectate de la obiectele locale amplasate în fața antenelor de intrare sau ieșire ale repetorului etc.

Pentru a investiga posibilitatea aplicării repetoarelor de tipul  $f_1/f_1$ , în „zonele de umbră” ale RM au fost efectuate teste în teren ale Gap Filler-ului, producător compania TRedess. Cercetările au fost efectuate la stația de retranslare a semnalelor TV analogice, amplasată în localitatea Holercani. Stația menționată este amplasată în zona de servicii Strășeni, clusterul DVB-T2 SFN SISO canalul 31. Testele au fost efectuate pe infrastructura existentă a retranslatoarelor TV analogice (scoase din exploatare în luna mai 2022).

#### ***2.4.2. Infrastructura retranslatorului din localitatea Holercani***

Aspectul exterior al repetorului din localitatea Holercani este reprezentat în fig. 2.25. Înălțimea pilonului –  $H=42$  m, coordonatele geografice -  $N47^{\circ}18'15.66''$  și  $E29^{\circ}04'45.29''$ . Înălțimea bazei pilonului deasupra nivelului mării –  $h=108$  m. Pe pilon sunt suspendate o antenă de recepție LAP 4/5-50/16 și 2 antene de emisie – TVA 31/50 și TVA 51/50. Parametrii tehnici ai antenelor de recepție și emisie sunt inserați în tabelele 2.21-2.22. Aspectul exterior al antenei de recepție LAP 4 / 5-50 / 16 și antenelor de emisie TVA 31/50 și TVA 51/50 este reprezentat în fig. 2.26, iar diagramele de directivitate a antenelor – în fig. A4.1, fig. A4.2. Anterior, în localitatea Holercani au funcționat retranslatoare de televiziune analogică de tipul  $f_1/f_2$ : 1. Programul „Moldova 1” - recepție canalul 3, emisie canalul 33 – antena TVA 31/50; 2. Programul „Prime” - recepție canalul 30, emisie canalul 40 – antena TVA 51/50.



**Fig. 2.25. Aspectul exterior al retranslatorului amplasat în localitatea Holercani**

**Tabelul 2.21. Parametrii tehnici ai antenei de recepție log-periodice LAP 4/5-50/16**

Parametrul	Antena LAP 4/5-50/16
Polarizarea	H
Azimutul	240°
Orientarea	Spre stația de emisie Strășeni
Canalul de recepție	31
Suspendarea deasupra solului	40 m
Lungimea feederului	46 m
Coeficientul de amplificare	9.0 dBd
Numărul de panouri	1

**Tabelul 2.22. Parametrii tehnici ai antenelor de emisie TVA 31/50 și TVA 51/50**

Parametrul	Antena	
	TVA 31/50	TVA 51/50
Polarizarea	H	V
Azimutul	130°	1° [34]
Canalul de emisie	31	31
Suspendarea deasupra solului	34 m	33 m
Coeficientul de amplificare	11 dBd	11 dBd
Numărul de panouri	1	1

**Fig. 2.26. Aspectul exterior al antenelor TVA 31/50 (în stânga), TVA 51/50 (în centru) și LAP 4/5-50/16 (în dreapta)**

#### **2.4.3. Măsurarea izolării semnalului pe frecvența 564 MHz**

Condiția principală de reducere a ecoului este asigurarea izolării adecvate a semnalului dintre intrarea antenei de emisie și ieșirea antenei de recepție. Prin urmare, un prim-pas al studiului a constat în măsurarea izolării semnalului  $A_{TX-RX}$  pe frecvența 564 MHz (canalul 31). Totodată, a fost cercetată dinamica schimbării  $A_{TX-RX}$ , în funcție de valoarea unghiului dintre direcțiile de radieră

maximală a antenei de emisie și recepție și în funcție de polarizarea acestora. Rezultatele măsurătorilor sunt incluse în tabelele 2.23–2.24, unde L este distanța pe verticală dintre antenele de recepție și emisie,  $\Delta\phi$  este unghiul dintre direcțiile de radiație maximă a antenelor, la fel, sunt reprezentate în fig. A4.3–A4.6.

**Tabelul 2.23. Izolarea semnalului  $A_{tx-rx}$  dintre antenele TVA 51/50 și LAP 4/5-50/16**

Antene	Polarizare	L, m	$\Delta\phi$ , gr	$A_{tx-rx}$ , dB f= 564 MHz
TVA 51/50 - LAP 4/5-50/16	V-H	7	105	88.84

**Tabelul 2.24. Izolarea semnalului  $A_{tx-rx}$  dintre antenele TVA 31/50 și LAP 4/5-50/16**

Antene	Polarizare	L, m	$\Delta\phi$ , gr	$A_{tx-rx}$ dB, f=564 MHz
TVA 31/50 - LAP 4/5-50/16	H-H	6	110	92.37
			55	73.02
			0	74.15

Din rezultatele măsurărilor incluse în tabelele 2.23 și 2.24 rezultă următoarele concluzii:

1. Schimbarea polarizării antenei de emisie în raport cu polarizarea antenei de recepție nu asigură un câștig vizibil în vederea îmbunătățirii izolării semnalului. Totodată, această acțiune tehnică poate fi utilizată pentru a pune în exploatare un Gap Filler.

2. Pentru a asigura izolarea maximală a semnalului dintre intrarea antenei de emisie și ieșirea antenei de recepție, trebuie asigurat un unghi de 180 grade între direcțiile de radiație maximă a acestora. Odată cu implementarea practică a unui Gap Filler, acest unghi trebuie, cel puțin, să depășească 90 de grade. Totodată, reieșind din faptul că în RM toate stațiile de emisie amplasate în „zonele de umbră” vor funcționa cu antene omnidirecționale (a se vedea anexa 2), realizarea practică a acestui criteriu nu este posibilă. Aastfel, izolarea semnalului va putea fi asigurată numai prin asigurarea unei distanțe necesare (15 m) între înălțimile de suspendare ale antenelor de recepție și emisie. În rezultat, pentru realizarea practică a acestui scenariu, trebuie să fie prevăzută o înălțime suficientă a pilonului (cca 40 m).

#### **2.4.4. Estimarea nivelului semnalului de la intrarea rețelei**

Pentru a estima nivelul semnalelor de la intrarea Gap Filler-ului testat au fost efectuate măsurările la ieșirea feederului antenei de recepție (a se vedea fig. 2.27).





**Fig. 2.27. Măsurarea nivelurilor semnalelor de intrare și a timpului de sosire ale acestora**

Din imagine, la intrarea Gap Filler-ului observăm 3 unde de cădere transmise de la stațiile Ivancea, Strășeni și Hâncești. Profilurile de teren dintre antenele de emisie și recepție sunt reprezentate în fig. A4.7–A4.9. Astfel, la intrarea Gap Filler-ului ajung trei semnale deplasate în timp unul față de celălalt. Rezultatele măsurărilor sunt înscrise în tabelul 2.25.

**Tabelul 2.25. Semnalele DVB-T2 la intrarea Gap Filler-ului**

Unda de cădere	Deplasarea semnalelor în timp, $\mu$ s	Nivelul semnalului, dBm
Stația Ivancea	0	- 64,6
Stația Strășeni	80.934	- 54,3
Stația Hâncești	72.934	- 86,7

Particularitățile repetoarelor Holercani (amplasarea geografică în cadrul zonei de servicii, înălțimea pilonului, înălțimea de suspendare a antenei de recepție, câștigul antenei de recepție) asigură un nivel suficient al semnalului de la intrarea Gap Filler-ului. Însă, în RM, marea majoritate a pilonilor  $H = 27$  m sunt amplasați la marginea zonelor de servicii cu semnal DVB-T2. În aceste condiții, nivelul semnalului DVB-T2 de la intrarea repetoarelor poate fi mai mic. Respectiv, pentru asigurarea raportului ecou/semnal în limitele admisibile va trebui majorată izolarea semnalului.

În scopul planificării corecte a rețelelor s-a luat decizia de a estima nivelul semnalului la ieșirea feeder-ului antenei de recepție suspendate în vârful pilonului  $H = 27$  m (amplasat la marginea zonei de deservire). Pentru aceasta, s-a presupus cel mai pesimist scenariu - intensitatea câmpului la intrarea antenei de recepție atinge nivelul pragului admisibil  $E_{med} = 53$  dB $\mu$ V/m (canalul 31).

Totodată, s-a presupus că pentru recepție este aplicată antena de referință R&S HL 040 (a se vedea fig. A3.1), dar pierderile în feeder constituie 2 dB (lungimea estimativă a feeder-ului ( $\frac{1}{2}$ ” constituie circa 30 – [34] m). Aplicând formula 2.15 și datele din tabelul A3.1, obținem valoarea nivelului presupusă a semnalului la ieșirea feeder-ului:

$$U_{50\Omega} = 53 \text{ dB}\mu\text{V/m} - 17.3 \text{ dBm}^{-1} - 2 \text{ dB} = 33.7 \text{ dB}\mu\text{V} = -73.3 \text{ dBm}.$$

Comparând valorile nivelurilor semnalelor (a se vedea tabelul 2.25, stația Strășeni) obținem:

$$(-54,3) \text{ dBm} - 19.0 \text{ dB} = (-73.3) \text{ dBm}.$$

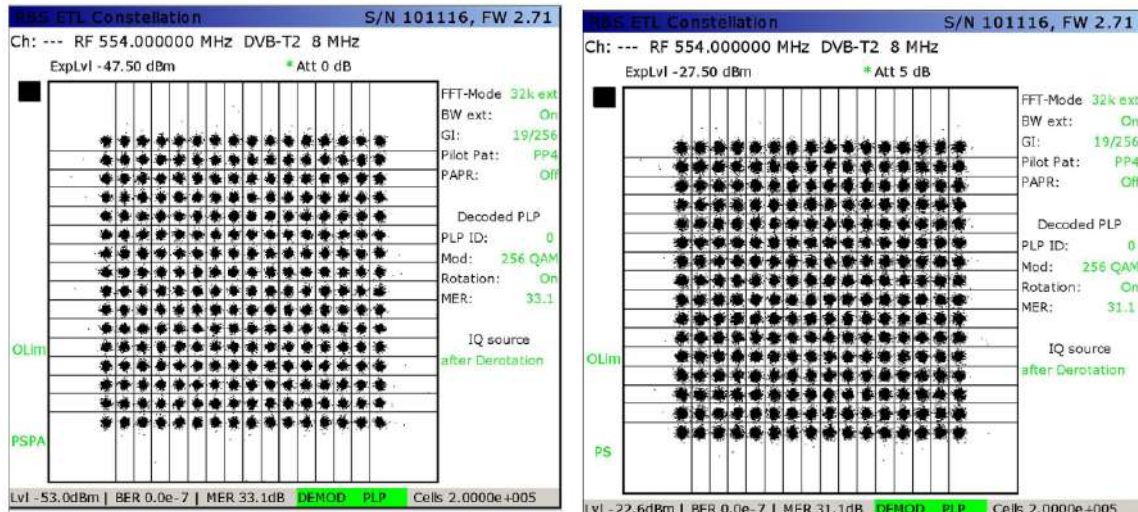
Așadar, nivelul semnalului de la intrarea repetoarelor implementat pe pilonul  $H = 27$  m și amplasat la marginea zonei de deservire poate fi diminuat cu circa 19 dB în raport cu nivelul semnalului de la intrarea repetoarelor Holercani. În acest caz, putem concluziona că este necesară asigurarea unei valori de izolare a semnalului foarte înaltă. Practic, putem vorbi despre o valoare de izolare a semnalului de circa 100–110 dB, ceea ce în condiții locale nu va fi posibil de realizat.

#### ***2.4.5. Testările Gap Filler-ului***

În scopul de a continua cercetările planificate au fost efectuate testările Gap Filler-ului, producător compania TRedess. Repetorul menționat a fost conectat consecutiv la antenele de emisie TVA 31/50 și TVA 51/50 instalate pe pilonul  $H = 42$  m din localitatea Holercani. Pe parcursul cercetărilor au fost măsurați indicatorii de calitate ai semnalului terestru DVB-T2 la intrarea și ieșirea Gap Filler-ului. Rezultatele măsurărilor au fost analizate și comparate.

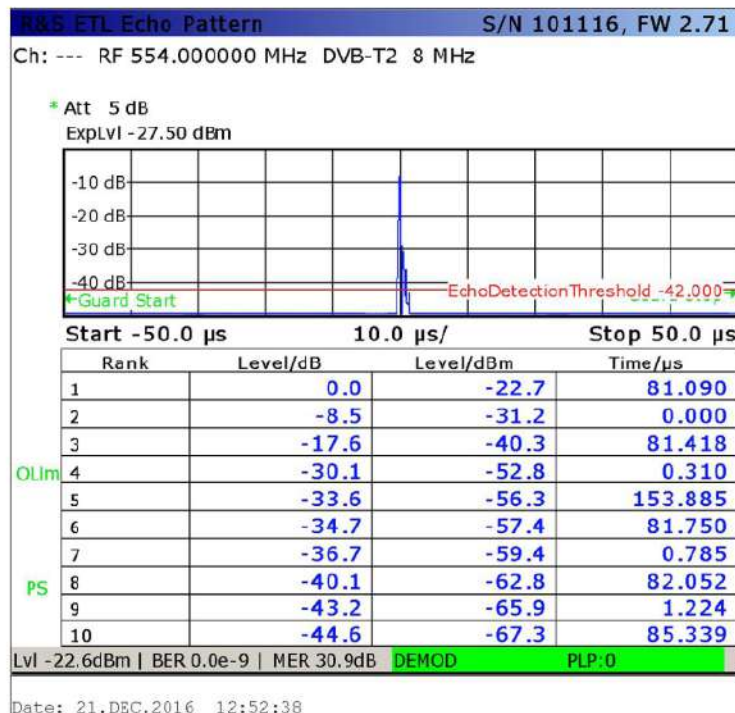
##### ***2.4.5.1. Estimarea indicilor de calitate ai semnalului rețelei și ai Gap Filler-ului conectat la antena artificială***

Pentru estimarea corectă a rezultatelor testărilor planificate, în primul rând au fost măsurați indicii de calitate ai semnalului de la intrarea rețelei DVB-T2 (bornele de la ieșire ale feeder-ului antenei de recepție). Apoi au fost măsurați indicii de calitate ai semnalului de la ieșirea Gap Filler-ului conectat la antena artificială (a fost setată o putere maximă de ieșire de 75 W). Constelațiile semnalelor măsurate sunt reprezentate în fig. 2.28. În acest caz, nivelul semnalului de intrare are o valoare de (-53,0 dBm), indicatorul MER (PLP, rms) este de 33,1 dB, iar valoarea parametrului MER (PLP, rms) de la ieșirea Gap Filler-ului constituie 31,1 dB.



**Fig. 2.28. Constelația semnalului DVB-T2: la ieșirea feederului antenei de recepție (în stânga); la ieșirea Gap Filler-ului conectat la antena artificială (în dreapta)**

În fig. 2.29 sunt reprezentate nivelurile și decalajele de timp ale semnalelor transmise de Gap Filler-ul conectat la antena artificială. Pe ecranul dispozitivului a fost evidențiat doar semnalul transmis de la stația Strășeni. Din imagine observăm că, pe lângă semnalele directe, la intrarea Gap Filler-ului există și semnale reflectate de la obiectele locale amplasate în apropierea antenei de recepție. Nivelurile acestor ecouri sunt semnificativ mai mici, iar timpul lor de întârziere este ne semnificativ (zecimi, unități de microsecunde).

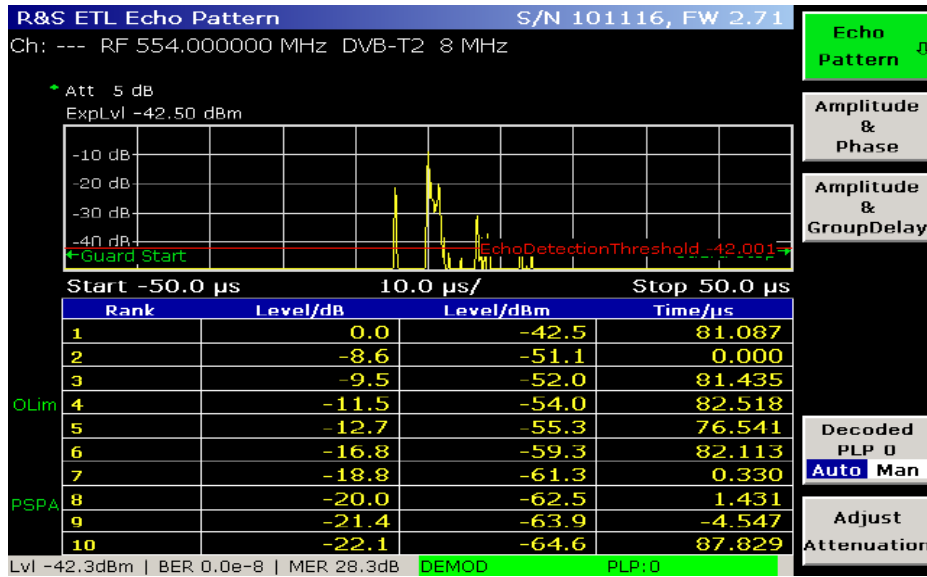


**Fig. 2.29. Nivelurile și decalajele de timp ale semnalelor transmise de Gap Filler-ul conectat la antena artificială**

### 2.4.5.2. Testarea Gap Filler-ului conectat la antena TVA 51/50, $\Delta\varphi = 105^\circ$

Gap Filler-ul a fost conectat la antena de emisie TVA 51/50 cu o direcție azimutală de  $135^\circ$ . Puterea de ieșire a repetorului a fost setată consecutiv la 10 W și la 20W. Au fost măsurate indicii de calitate ai semnalului la intrarea și ieșirea Gap Filler-ului.

Inițial, la ieșirea Gap Filler-ului a fost setată puterea 10 W. În fig. 2.30 sunt prezentate semnalele de la intrarea Gap Filler-ului (este evidențiat doar semnalul stației Strășeni).



**Fig. 2.30. Ecoul propriului semnal la intrarea Gap Filler-ului ( $P_{out} = 10$  W) conectat la antena de transmisie TVA 51/50 cu direcție azimutală  $135^\circ$**

Din imagine observăm că, pe lângă semnalul direct al emițătorului Strășeni (Time (-76.541)  $\mu$ s, Level (-12.7) dB), la intrarea repetorului există și ecoul propriului său semnal (Time (-81.087)  $\mu$ s, Level (0.0) dB). Astfel, nivelul ecoului de la intrarea Gap Filler-ului depășește nivelul semnalului de intrare cu 12,7 dB. Apariția ecoului afectează negativ calitatea semnalului de la ieșirea Gap Filler-ului. Observăm că valoarea parametrului MER (PLP, rms) a scăzut de la 31.1 dB la 28.3 dB.

Concomitent cu procesarea și amplificarea semnalului, una dintre sarcinile importante ale Gap Filler-ului este și suprimarea propriului ecou. În fig. 2.31 sunt reprezentate nivelurile și decalajele de timp ale semnalelor transmise de Gap Filler ( $P_{out} = 10$  W). Pe ecranul dispozitivului a fost evidențiat doar semnalul stației Strășeni. Imaginea arată că, pe lângă retransmiterea semnalului direct (Time (81.144)  $\mu$ s, Level (0.0) dB), la ieșirea Gap Filler-ului există și ecoul parțial suprimat (Time (85.984)  $\mu$ s, Level (-32.0) dB). Astfel, observăm că propriul ecou al Gap Filler-ului a fost suprimat cu 44.7 dB (12.7 dB + 32.0 dB).

Celelalte rezultate ce țin de testarea Gap Filler-ului conectat la antena de emisie TVA 51/50 sunt reprezentate în fig. A4.11–A4.13. Raportul final este înscris în tabelul 2.26. Pentru completarea tabelului s-au folosit următoarele abrevieri:  $P_{in-tx}$  - nivelul semnalului la intrarea antenei de emisie;  $P_{out-rx}$  - nivelul semnalului la ieșirea antenei de recepție;  $P_{echo}$  - nivelul ecoului la intrarea Gap Filler-ului;  $\Delta\phi$  - unghiul dintre direcțiile radiației maxime ale antenelor de recepție și emisie;  $L$  – distanța dintre antene pe verticală;  $\Delta P = (P_{echo} - P_{out-rx})$  – raportul dintre nivelul ecoului și nivelul semnalului rețelei;  $A_{tx-rx}(\Delta f)$  – izolarea semnalului în banda de frecvențe a canalului  $\Delta f = 8\text{MHz}$ . Valoarea izolării semnalului a fost calculată prin formula:

$$A_{tx-rx}(\Delta f) [\text{dB}] = (P_{in\ tx} - P_{echo}). \quad (2.16)$$

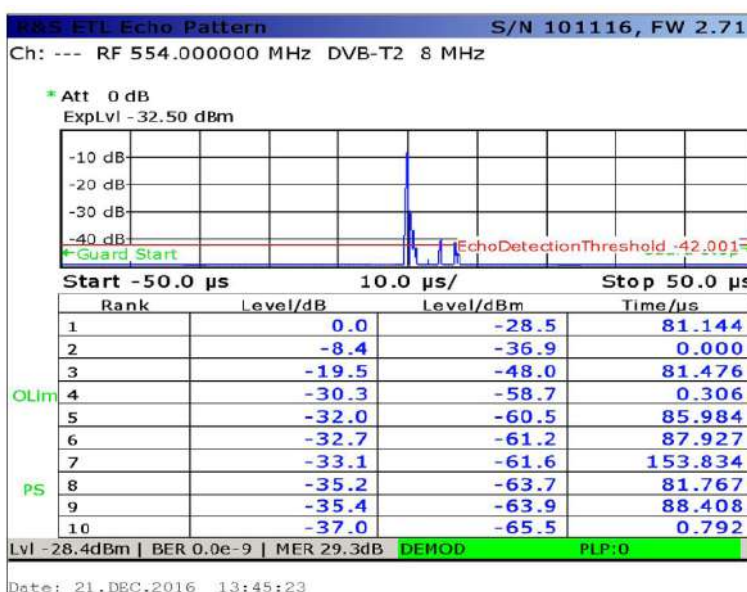


Fig. 2.31. Nivelurile și decalajele de timp ale semnalelor transmise de Gap Filler ( $P_{out} = 10\text{ W}$ ) conectat la antena de emisie TVA 51/50 cu direcția azimutală de  $135^\circ$

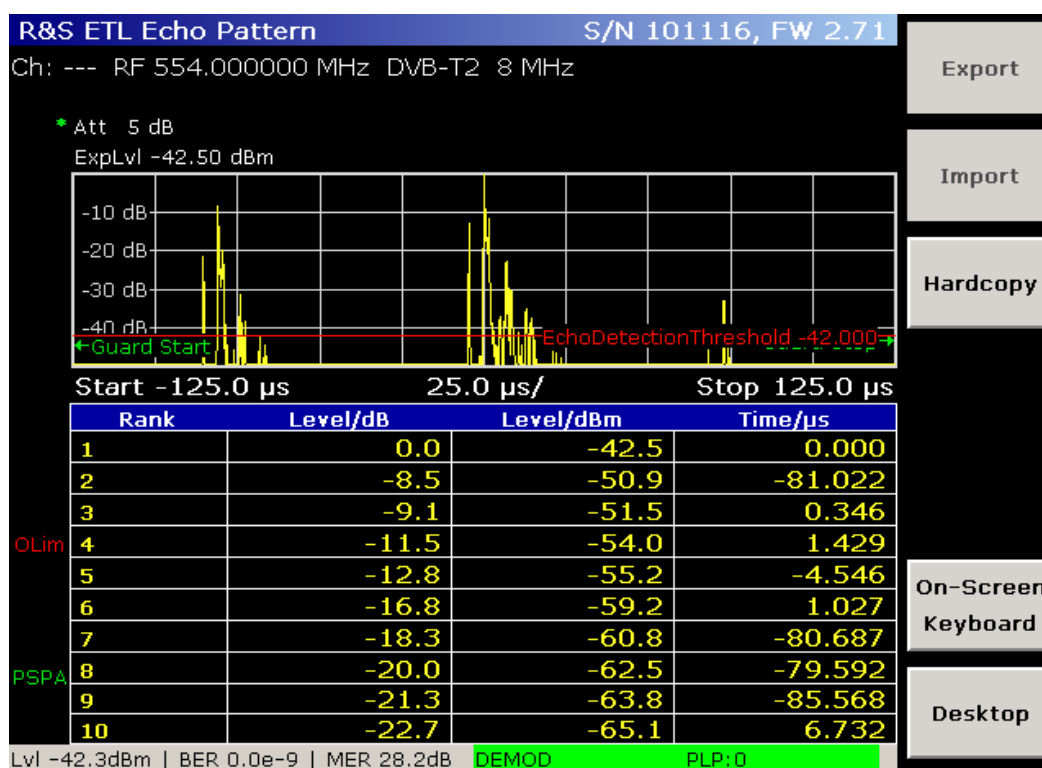
Tabelul 2.26. Rezultatele finale ale testărilor Gap Filler-ului conectat la antena TVA 51/50

$P_{in\ tx}, \text{dBm}$	$P_{out\ rx}, \text{dBm}$	$P_{echo}, \text{dBm}$	$\Delta P, \text{dB}$	$A_{tx-rx}(\Delta f), \text{dB}$	MER, dB	$\Delta\phi, ^\circ$	L, m
40	- 55.3	- 42.5	12.8	82.5	28.3	105	7
43	- 55.7	- 41.1	14.6	84.1	27.9	105	7

### 2.4.5.3. Testarea Gap Filler-ului conectat la antena TVA 31/50, $\Delta\varphi = 110^\circ$

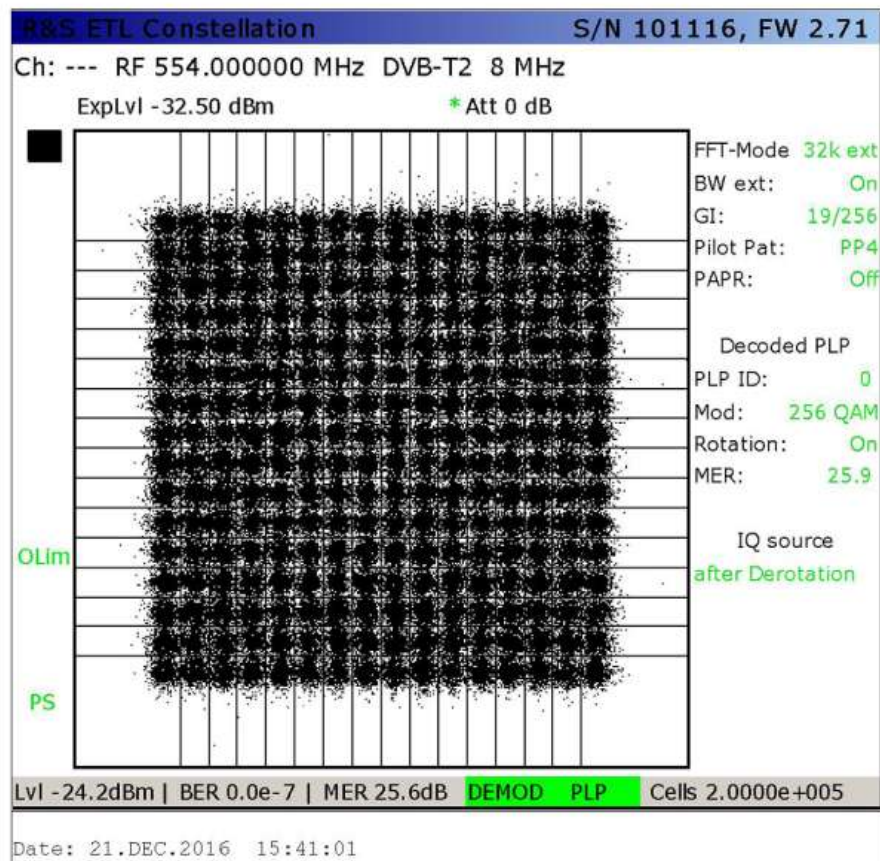
Gap Filler a fost conectat la antena de emisie TVA 31/50 cu o direcție azimutală de  $130^\circ$ . Puterea de ieșire a repetorului a fost setată consecutiv la 10 W, 20 W și 50W. Au fost măsurați indicii de calitate ai semnalului la intrarea și ieșirea Gap Filler-ului.

În fig. 2.32 sunt arătate semnalele de la intrarea Gap Filler-ului în cazul în care a fost setată puterea de ieșire 20 W. Pe ecran sunt evidențiate semnalele emițătoarelor Ivancea, Strășeni și Hâncești. Semnalul emițătorului Strășeni este amplasat la mijlocul ecranului: semnalul direct - (Time (- 4.546)  $\mu$ s, Level (- 12.8) dB); ecoul propriului semnal - (Time - (0.000)  $\mu$ s), Level (0.0) dB). Astfel, nivelul ecoului depășește nivelul semnalului de intrare cu 12,8 dB, iar parametrul MER (PLP, rms) de la ieșire a atins o valoare de 28,2 dB.



**Fig. 2.32. Ecoul propriului semnal la intrarea Gap Filler-ului ( $P_{out} = 20$  W) conectat la antena de transmisie TVA 31/50 cu o direcție azimutală de  $130^\circ$**

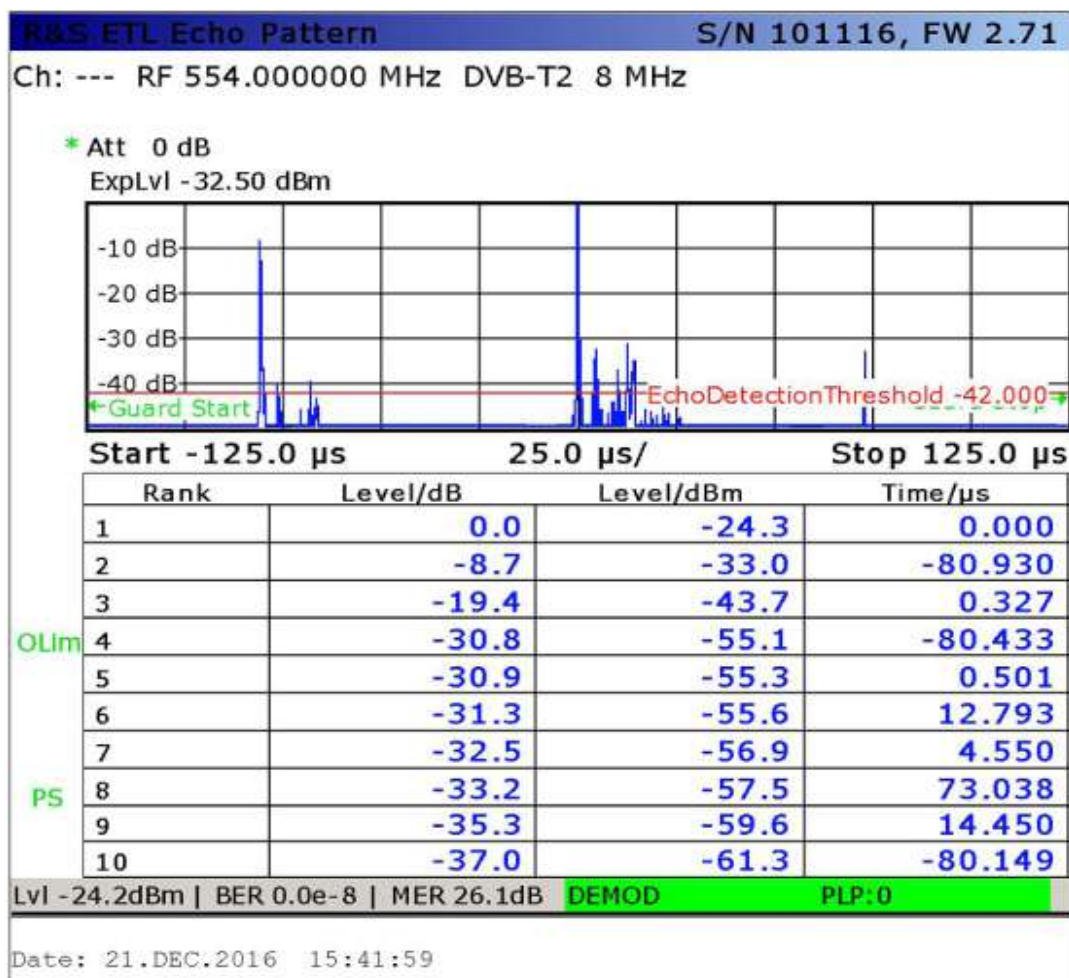
În fig. 2.33 este arătată constelația semnalului la ieșirea Gap Filler-ului în cazul în care la ieșirea lui a fost setată puterea 50 W. Din imagine observăm cum creșterea puterii semnalului retransmis conduce la deteriorarea semnificativă a parametrului MER(PLP, rms) (până la 25,6 dB), iar decodarea semnalului este aproape de punctul de eșuare.



**Fig. 2.33. Constelația semnalului DVB-T2 la ieșirea Gap Filler-ului ( $P_{out} = 50$  W) conectat la antena de transmisie TVA 31/50 cu o direcție azimutală de  $130^\circ$**

În fig. 2.34 putem vizualiza nivelurile și decalajele de timp ale semnalelor de la ieșirea Gap Filler-ului. Pe ecran sunt evidențiate toate semnalele retransmise în direcția telespectatorului. Astfel, la ieșirea Gap Filler-ului putem evidenția următoarele semnale retransmise:

- semnalele undelor directe de cădere a emițătoarelor rețelei;
- ecourile undelor de cădere a emițătoarelor rețelei reflectate de la obiectele locale amplasate în fața antenei de recepție;
- ecourile parțial suprimate ale propriului semnal al Gap Filler-ului;
- ecourile semnalului retransmis de Gap Filler reflectate de la obiectele locale amplasate în fața antenei de emisie.



**Fig. 2.34. Nivelurile și decalajele de timp ale semnalelor de la ieșirea Gap Filler-ului ( $P_{out} = 50$  W) amplasat în clusterul DVB-T2**

Celelalte rezultate ce țin de testarea Gap Filler-ului conectat la antena de emisie TVA 31/50, cu unghiul dintre direcțiile de radiație maximală  $\Delta\phi = 110^\circ$ , sunt reprezentate în fig. A4.14–A4.17. Raportul final este înscris în tabelul 2.27.

**Tabelul 2.27. Rezultatele finale ale testărilor Gap Filler-ului conectat la antena TVA 31/50**

$P_{in\ tx},$ dBm	$P_{out\ rx},$ dBm	$P_{echo},$ dBm	$\Delta P,$ dB	$A_{tx-rx}(\Delta f),$ dB	MER, dB	$\Delta\phi,$ $^\circ$	L, m
40	- 55.3	- 43.8	11.5	83.8	29.0	110	6
43	- 55.2	- 42.5	12.7	85.5	28.2	110	6
47	-	-	-	-	25.6	110	6



#### 2.4.5.4. Testarea Gap Filler-ului în condițiile orientării antenelor de recepție și emisie în aceeași direcție de iradiere maximă.

Pentru a verifica funcționarea Gap Filler-ului în condițiile orientării sistemelor de recepție și de emisie în aceeași direcție de iradiere maximă, antena de emisie TVA 31/50 a fost reorientată consecutiv la azimuturi de 185 și 240 grade ( $\Delta\varphi = 55^\circ$  și  $\Delta\varphi = 0^\circ$ ). Totodată, a fost constatat că în aceste condiții (scăderea semnificativă a izolării semnalului) Gap Filler-ul nu poate funcționa chiar și cu o putere de setare minimă de 7,5 W. În ambele cazuri, protecția Gap Filler-ului s-a declanșat și funcționarea acestuia a fost oprită. Setarea unei valori de putere mai mici nu este posibilă pentru acest model de repetor. Pentru a evalua valoarea raportului ecou/semnal de la intrarea Gap Filler-ului, repetorul a fost conectat la antena de emisie TVA 31/50 printr-un atenuator de 30 dB. Apoi repetorul a fost pus în funcțiune cu o putere de ieșire maximă de 75 W, adică puterea semnalului aplicat la intrarea antenei de emisie a constituit 75 mW. Rezultatele măsurărilor sunt reprezentate în fig. 2.35 și 2.36.

Din imaginea reprezentată în fig. 2.35 putem observa că raportul ecou/semnal a constituit 22,6 dB (-7,4 dB + 30 dB) pentru un timp minimal de procesare a semnalului  $t = 4,571 \mu\text{s}$  și 17,6 dB (-12,4 dB +30 dB) pentru un timp de procesare  $t = 5,996 \mu\text{s}$ . Acesta denotă faptul că nivelul ecoului propriului semnal predomină asupra nivelurilor semnalelor reflectate de la obstacolele locale (amplasate în fața antenei de emisie).



Fig. 2.35. Ecoul propriului semnal la intrarea Gap Filler-ului ( $P_{out} = 75 \text{ mW}$ ) conectat la antena de emisie TVA 31/50,  $\Delta\varphi = 55^\circ$

Din imaginea reprezentată în fig. 2.36 putem observa că raportul ecou/semnal a constituit 22,4 dB (-7,6 dB +30 dB) pentru un timp minimal de procesare  $t = 4,578 \mu\text{s}$  și 23,8 dB (-6,2 dB +30 dB) cu un timp de procesare  $t = 5,962 \mu\text{s}$ . Acesta denotă faptul că nivelul semnalelor reflectate de la obstacolele locale (amplasate în fața antenei de emisie) predomină asupra nivelului ecoului propriului semnal. Raportul final este înscris în tabelul 2.28.



Fig. 2.36. Ecoul propriului semnal la intrarea Gap Filler-ului ( $P_{\text{out}} = 75 \text{ mW}$ ) conectat la antena de emisie TVA 31/50,  $\Delta\phi = 0^\circ$

Tabelul 2.28. Rezultatele finale ale testărilor Gap Filler-ului conectat la antena TVA 31/50

$P_{\text{in tx}}$ , dBm	$P_{\text{out rx}}$ , dBm	$P_{\text{echo}}$ , dBm	$\Delta P$ , dB	$A_{\text{tx-rx}}(\Delta f)$ , dB	MER, dB	$\Delta\phi$ , °	L, m
18.8	- 60.0	- 52.7	22.6	71.5	-	55	6
18.8	- 60.7	- 53.1	22.4	71.9	-	0	6

Așadar, analizând rezultatele măsurărilor am constatat că atunci când unghiul dintre direcțiile iradierilor maxime a antenelor de recepție și emisie devine mai mic de  $90^\circ$ , nivelul ecoului semnalului propriu la intrarea repetorului devine inacceptabil de ridicat.

#### **2.4.6. Concluzii la subcapitolul 2.4**

În urma testării Gap Filler-ului pe infrastructura existentă a stației de retransmisie amplasată în localitatea Holercani au fost trase următoarele concluzii:

1. Funcționarea fiabilă a Gap Filler-ului în condiții locale poate fi asigurată doar cu o putere de amplificare de 10W (40 dBm). În acest caz, rezerva operațională a parametrului de calitate MER va fi în jur de 4-5 dB. Creșterea puterii de emisie va conduce la degradarea parametrului MER și îngustarea marjei operaționale a semnalului.

2. Exploatarea Gap Filler-ului pe baza infrastructurii existente a Î.S. „Radiocomunicații” nu este oportună din următoarele motive: a) din cauza că în „zonele de umbră” trebuie folosite antene omnidirecționale de emisie; nivelul corespunzător de izolare a semnalului poate fi asigurat numai prin majorarea distanței pe verticală dintre antenele de recepție și emisie; b) din cauza înălțimii reduse a pilonilor existenți nu se va putea asigura nivelul necesar de izolare a semnalului; c) din cauza nivelului mic al semnalului de intrare va fi greu a reduce raportul ecou/semnal de la intrarea Gap Filler-ului.

#### **2.5. Concluzii la capitolul 2**

În urma abordării aspectelor tehnice și practice în vederea sintezei tehnologiei de implementare a „MUX-A” în RM au fost trase următoarele concluzii:

1. Pentru prognozarea ariilor de acoperire cu semnalul DVB-T2, din cadrul „MUX-A”, a fost selectată recomandarea internațională ITU-R P.1546.

2. Pentru implementarea „MUX-A” au fost selectați următorii parametri de operare și configurare ai sistemului: regimul de funcționare a rețelelor - DVB-T2, SFN, SISO; regimul de operare a rețelelor - Mode B, Single PLP; lățimea de bandă a canalului - 8 MHz; regimul de configurare a semnalului - constelația PLP QAM-256, regimul frecvențelor purtătoare 32K extended, șablonul frecvențelor-pilot PP4, viteza codului de protecție 2/3.

3. Parametrii de configurare a multiplexului au fost ajustați la infrastructura rețelelor terestre existente prin selectarea duratei intervalului de gardă al semnalului, valoarea căruia constituie 266  $\mu$ s.

4. Capacitatea „MUX-A” constituie 36.5 Mb/s și permite a transmite 15 programe TV în format SD.

5. A fost calculat raportul purtătoare/zgomot (C/N) al canalului de emisie, valoarea căruia constituie (C/N) „MUX-A” = 20.4 dB.

6. A fost calculată valoarea intensității minime mediane a câmpului rețelei, valoarea căreia constituie  $E_{med} = 54.7$  dB $\mu$ V/m pentru frecvența 650 MHz.

7. În urma cercetărilor s-a demonstrat că pentru emisia semnalului în „zonele de umbră” ale RM trebuie aplicate emițătoare DVB-T2 de mică putere (50–100 W).

8. Transportul fluxului digital T2-MI până la intrarea emițătoarelor DVB-T2 amplasate în „zonele de umbră” trebuie asigurat prin intermediul rețelelor de fibră optică existente, accesul la infrastructura cărora este disponibil în localitățile RM.

9. Utilizarea rețelelor IP pentru furnizarea semnalului de intrare T2-MI în „zonele de umbră” ale rețelei proiectate va permite (simultan cu emisia semnalului DVB-T2) a monitoriza la distanță parametrii tehnici ai emițătoarelor DVB-T2, precum și a efectua monitorizarea video a stațiilor de emisie digitală de mică putere.

10. În baza rezultatelor cercetărilor și calculelor obținute au fost calculate ariile de acoperire pentru 6 zone de servicii ale „MUX-A”.

### **3. CERCETĂRI, SIMULĂRI ȘI TESTĂRI EXPERIMENTALE ALE „MUX-A”**

Concomitent cu inițierea procedurilor de implementare a rețelelor terestre DVB-T2 SFN SISO, proiectate anterior în cadrul „MUX-A”, s-a înaintat propunerea de a evalua parametrii de calitate ai semnalului rețelei [106, 107, 108]. Din punct de vedere practic, a fost important a efectua această evaluare atât la intrarea antenei de recepție, cât și după demodularea semnalului (a se vedea fig. 1.16, „Interfața C” și „Interfața D”). Monitorizarea și întreținerea parametrilor de calitate ai semnalului emis este strict necesară pentru asigurarea unei calități satisfăcătoare a serviciilor informaționale prestate telespectatorului. Totodată, testarea și evaluarea indicilor de calitate ai semnalului a fost necesară pentru verificarea practică a corectitudinii parametrilor de planificare a rețelei elaborate anterior. Obținând rezultatele unui șir de măsurări efectuate în teren și în condiții de laborator, au fost estimați indicii de calitate ai multiplexului, intensitatea și natura interferențelor semnalelor, au fost elaborate recomandări referitor la recepționarea corectă a semnalelor într-o rețea DVB-T2 SFN SISO.

#### **3.1. Implementarea „MUX-A”**

În perioada anilor 2016–2019, Î.S. „Radiocomunicații” a pus în funcțiune în RM primul multiplex național de TDT. Actul de implementare este prezentat în anexa 8. Pentru implementarea „MUX-A” au fost construite 6 rețele DVB-T2 SFN SISO: cluster Edineț; cluster Mândreștii Noi; cluster Trifești; cluster Strășeni; cluster Căușeni; cluster Cahul. Aceste rețele au fost construite în conformitate cu proiectul multiplexului prezentat în anexa 2. Așadar, folosind infrastructura rețelelor terestre existente de radiodifuziune, au fost puse în funcțiune în toată țara 8 emițătoare de mare putere (amplasamentele – Căușeni, Ungheni, Mândreștii Noi, Trifești, Edineț, Strășeni, Cahul, Cimișlia) și 15 emițătoare de putere medie (amplasamentele – Tighina, Drochia, Cornești, Soroca, Cugureștii de Sus, Otaci, Chișinău, Hâncești, Ivancea, Nisporeni, Mingir, Leova, Comrat, Baimaclia, Ceadâr-Lunga). În conformitate cu specificațiile tehnice ale rețelelor DVB-T2 SFN [63], fluxul de date digitale T2-MI (de la ieșirea stației „Head End”) a fost transportat spre intrările a 23 de emițătoare, menționate mai sus, prin rețeaua de distribuție IP (a se vedea fig. A5.1). Emițătoarele de putere mare și medie, amplasate în cadrul zonelor de servicii, aduc cel mai mare aport la asigurarea accesului telespectatorilor la semnalul DVB-T2. Implementarea „MUX-A” a asigurat accesul la semnalul digital aproximativ a 95% din populația țării. Totodată, datorită particularităților reliefului, în RM există aproximativ 60 de localități situate în așa-numitele „zone de umbră”, unde semnalul terestru digital nu poate fi recepționat. Între anii 1970–2008, în localitățile menționate au fost instalate stații de retransmisie a semnalului TV analogic de putere

redușă, de tipul  $f_1/f_2$ , dar pentru suspendarea antenelor de emisie, în majoritatea covârșitoare a cazurilor, au fost construiți piloni tipici cu înălțimea de 27 m. Pentru extinderea accesului populației la semnalul digital în „zonele de umbră” s-a înaintat propunerea de a construi amplasamentele de emisie digitală terestră pe infrastructura existentă a stațiilor de retransmisie a semnalului TV analogic. Sistarea emisieii TV în format analogic a fost finalizată în luna mai a anului 2022. La fel, în această perioadă a început construcția site-urilor de emisie DVB-T2 în „zonele de umbră” (la finele anului 2022 au fost construite 30 site-uri). În prima jumătate a anului 2023 a fost prevăzută finalizarea procesului de extindere a semnalului DVB-T2 în „zonele de umbră”. Au fost construite încă 30 de site-uri. Așadar, a fost asigurat accesul la semnalul la semnal DVB-T2 pentru 99% din populația țării și 97% din teritoriul țării.

### 3.2. Implementarea regimului de operare multi-PLP în cadrul „MUX-A”

În etapa sistării emisieii TV în format analogic a apărut necesiitatea de a spori procentul populației conectate la semnalul DVB-T2 (inclusiv în „zonele de umbră”). În acest scop a fost propus a obține pentru câteva programe TV o arie de acoperire mai mare. Realizarea acestui obiectiv a fost posibilă prin implementarea regimului de operare multi-PLP al multiplexului de televiziune digitală terestră. Așadar, a fost stabilit obiectivul – a crea în cadrul fluxului de date transmis către telespectatori un strat fizic compus din 3 programe TV cu un indice de modulare mai mic în raport cu parametrii de emisie ai fluxului de date inițial.

Fluxul de date al „MUX-A” a fost împărțit în două straturi fizice – PLP\_0 și PLP\_1 (a se vedea fig. 3.1 și 3.2).

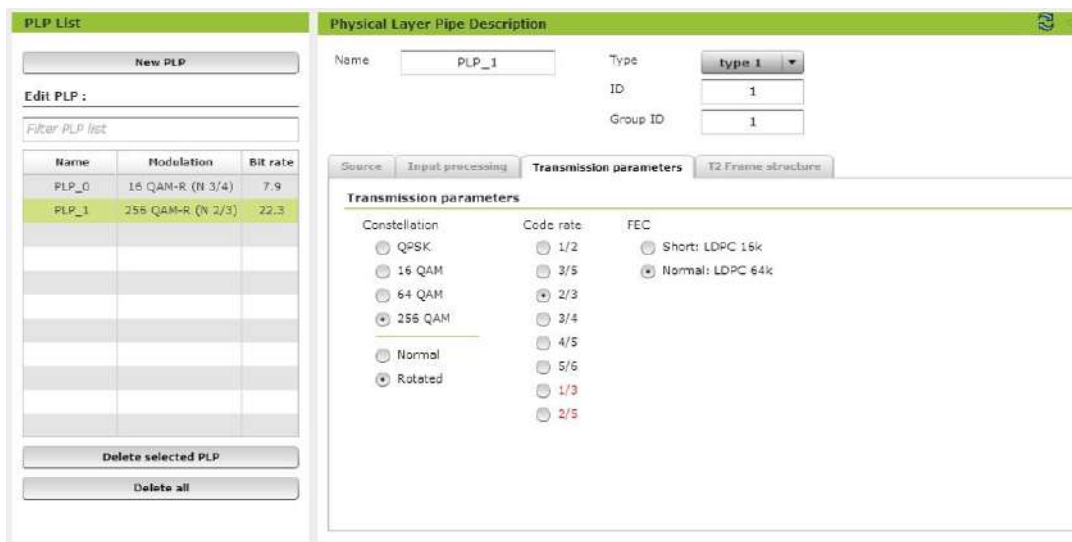
The screenshot displays two panels from a software interface. The left panel, titled 'PLP List', contains a table with the following data:

Name	Modulation	Bit rate
PLP_0	16 QAM-R (N 3/4)	7.9
PLP_1	256 QAM-R (N 2/3)	22.3

The right panel, titled 'Physical Layer Pipe Description', shows configuration details for 'PLP\_0'. The 'Name' is 'PLP\_0', 'Type' is 'type 1', 'ID' is '0', and 'Group ID' is '1'. Below this, there are tabs for 'Source', 'Input processing', 'Transmission parameters', and 'T2 Frame structure'. The 'Transmission parameters' tab is active, showing the following settings:

- Constellation:  16 QAM
- Code rate:  3/4
- FEC:  Normal: LDPC 64k

Fig. 3.1. Parametrii de emisie ai stratului fizic PLP\_0



**Fig. 3.2. Parametrii de emisie ai stratului fizic PLP\_1**

Au fost stabiliți parametrii de emisie ai fluxului PLP\_0 – modulația 16 QAM, viteza codului de protecție – 3/4. Alegerea parametrilor de emisie ai fluxului PLP\_1 – modulația 256 QAM, viteza codului de protecție 2/3 au fost descrise în subparagraful 2.1.2. Calcularea raportului purtătoare/zgomot pentru stratul fizic PLP\_1 a fost expusă în subparagraful 2.1.4 și constituie 20.4 dB. Raportul purtătoare/zgomot pentru stratul fizic PLP\_0 îl vom calcula în conformitate cu algoritmul expus în subparagraful 2.1.4 (formule 2.4, 2.5 și datele incluse în tabelul 3.1).

**Tabelul 3.1. Necesarul brut  $(C/N)_0$  pentru a obține  $BER = 1 \times 10^{-7}$  după LDPC decodare pentru lungimea blocului LDPC: 64800 biți; 16 QAM**

			Necesarul $(C/N)_0$ (dB) pentru $BER = 1 \times 10^{-7}$ după LDPC decodare			
Constelația	Viteza codului	Eficiența spectrală	Gaussian channel (AWGN)	Ricean channel ( $F_1$ )	Rayleigh channel ( $P_1$ )	0 dB echo channel @ 90% GI
16-QAM	3/5	2.39	7.6	7.8	9.3	9.0
16-QAM	2/3	2.66	8.9	9.1	10.8	10.4
16-QAM	3/4	2.99	10.0	10.4	12.4	12.1
16-QAM	4/5	3.19	10.8	11.2	13.6	13.4
16-QAM	5/6	3.32	11.4	11.8	14.5	14.4

Din datele incluse în tabelul 3.1 obținem  $(C/N)_0 = 10,4$  dB. Valorile de corecție a raportului  $(C/N)_0$  sunt inserate în tabelul 2.4. Corecția pentru compensarea zgomotului fazei receptorului (a se vedea tabelul 2.5), nu este necesară.

Așadar, aplicând parametrii de corecție din tabelele 2.4 și 2.5, putem obține valoarea finală a raportului de protecție  $(C/N)_{„PLP_0”}$  pentru stratul fizic PLP\_0:

$$(C/N)' = 10.4 + 0.1 + 0.5 + 1.5 = 12.5 \text{ dB};$$

$$(C/N)_{„PLP_0”} = 12.5 + 0.0 = 12.5 \text{ dB}.$$

Vom estima diferența:

$$(C/N)_{„PLP_1”} - (C/N)_{„PLP_0”} = 20.4 \text{ dB} - 12.5 \text{ dB} = 7.9 \text{ dB};$$

$$10^{0.79} = 6.17.$$

Deci, rezultatele obținute sunt echivalente cu majorarea puterii de emisie a semnalului PLP\_0 în raport cu semnalul PLP\_1 de 6 ori. Respectiv, putem afirma același lucru și despre îmbunătățirea condițiilor de recepție și mărirea ariei de acoperire a fluxului PLP\_0 în raport cu fluxul PLP\_1.

Implementarea regimului multi-PLP a permis a mări fără investiții procentul populației conectat la semnalul DVB-T2. Din fig. 3.1 și 3.2 observăm că capacitatea sistemului configurat constituie  $(7.9 + 22.3) \text{ Mb/s} = 30.2 \text{ Mb/s}$ . Așadar, vom putea transmite în cadrul „MUX-A” până la 12 programe TV în formatul SD ( $30.2/2.5 \approx 12$ ).

### 3.3. Testarea calității serviciului prestat în zona de servicii Strășeni

În procesul implementării și testării clusterului DVB-T2 SFN SISO, canalul 31, zona de servicii Strășeni, s-a propus a măsura indicii de calitate ai semnalului rețelei venit în punctul de recepție din 3 direcții.

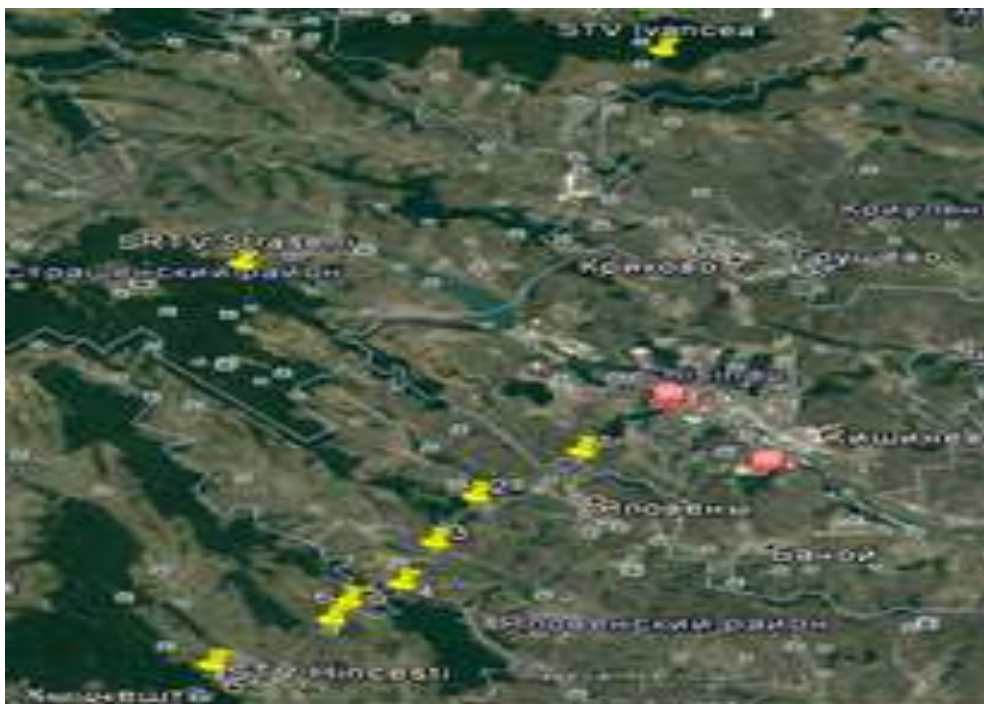


Fig. 3.3. Amplasarea geografică a stațiilor de emisie DVB-T2 și punctelor de test



Pentru atingerea obiectivului propus, au fost alese 6 puncte de test amplasate de-a lungul autostrăzii Chișinău-Hâncești. La momentul efectuării testărilor, în componența clusterului menționat funcționau 3 emițătoare DVB-T2 amplasate în localitățile Strășeni, Hâncești și Ivancea (a se vedea fig. 3.3). Parametrii tehnici ai punctelor de emisie și recepție sunt incluși în tabelele 3.2–3.7 și fig. A6.1–A6.6.

**Tabelul 3.2. Parametrii tehnici punctelor de emisie**

Stația	Strășeni	Hîncești	Ivancea
Coordonatele geografice	E 28.33'57.7" N 47.07'17.5"	E 28.34'02.1" N 46.49'26.9"	E 28.48'51.2" N 47.17'45.6"
Altitudinea bazei pilonului,m	329	273	202
Înălțimea suspendării antenei,m	283	70	110
Polarizarea antenei	H	H	H
Tipul antenei	Omni	Omni	Omni
PAR (dW)	34.04	30.51	25.93

**Tabelul 3.3 Parametrii tehnici punctelor de recepție**

Nº p. r.	Coordonatele geografice	H <sub>r</sub> m	H <sub>a</sub> , m
1	28E46'14.05" 46N58'40.61"	188	10
2	28E42'37.24" 46N56'41.44"	216	10
3	28E41'16.79" 46N54'40.18"	93	10
4	28E40'13.9" 46N52'53.22"	245	10
5	28E38'26.22" 46N52'08.12"	161	10
6	28E37'55.06" 46N51'21.92"	161	10

**Tabelul 3.4 Landșaftul în punctele de recepție**

Nº p. r.	Caracteristica landșaftului în punctele de recepție
1	Câmp, intrare în localitate
2	Pădure, câmp, intrare în localitate
3	Câmp, în partea de sud este amplasată localitatea
4	Drumul trece prin pădure
5	Copaci rare, case cu 1 etaj amplasate rar
6	Câmp, în partea de Sud-Est pădurea

**Tabelul A3.5. Azimut și distanța dintre punctele de recepție și Stația Strășeni**

Nr. p.r.	Azimut, grad	Distanța, km
1	315	22,3
2	330	22,6
3	337	25,2
4	342	27,9
5	347	28,7
6	349	30

**Tabelul 3.6 Azimut și distanța dintre punctele de recepție și Stația Hîncești.**

Nr. p.r.	Azimut, grad	Distanța, km
1	221	23,1
2	218	17,3
3	222	13,4
4	230	10,2
5	227	7,5
6	233	6,1

**Tabelul 3.7 Azimut și distanța dintre punctele de recepție și Stația Ivancea**

Nr. p.r.	Azimut, grad	Distanța, km
1	4	34,5
2	10	39,8
3	11	43,9
4	12	47,4
5	14	49,3
6	15	50,8

**3.3.1. Estimarea parametrilor de calitate ai semnalului obținuți cu antena direcțională**

Măsurările indicilor de calitate ai semnalului au fost efectuate în două regimuri de operare:

1. Regimul  $T_x$  – a funcționat numai unul din emițătoarele rețelei, antena de recepție consecutiv a fost orientată strict în direcția antenei de emisie a acestui emițător.

2. Regimul SFN – au funcționat 3 emițătoare, antena de recepție consecutiv a fost orientată strict în direcția fiecărei antene de emisie.

Rezultatele obținute în urma efectuării măsurărilor sunt incluse în tabelele 3.8–3.10. În punctul de recepție nr. 1, măsurările semnalului în regimul  $T_x$  s-au reușit a fi efectuate numai în direcția stației de emisie Hîncești. Pentru măsurări a fost utilizată antena de referință direcțională R&S HL 040 (a se vedea fig. A3.1).

**Tabelul 3.8. Indicii de calitate ai semnalului, antena orientată în direcția stației Strășeni**

Nr. p.r.	Parametrii semnalului	Regimul de funcționare a rețelei	
		$T_x$ – Strășeni	SFN
1	E, dB( $\mu$ V/m)	-	78.1
	MER, dB	-	30

Nr. p.r.	Parametrii semnalului	Regimul de funcționare a rețelei	
		Tx – Strășeni	SFN
	C/N, dB	-	36.8
	CBER	-	9.20E-04
	LBER	-	1.00E-09
2	E, dB( $\mu$ V/m)	60.3	60.7
	MER, dB	27.3	25
	C/N, dB	19.3	20.3
	CBER	3.10E-03	5.00E-03
	LBER	1.00E-08	1.00E-08
3	E, dB( $\mu$ V/m)	52	52.3
	MER, dB	20.9	20.7
	C/N, dB	11.1	11.9
	CBER	5.80E-02	5.80E-02
	LBER	1.00E-07	1.00E-07
4	E, dB( $\mu$ V/m)	48.1	53.6
	MER, dB	-	17.6
	C/N, dB	6.4	12.5
	CBER	-	6.80E-02
	LBER	-	1.00E-08
5	E, dB( $\mu$ V/m)	51.9	52.4
	MER, dB	21.8	20.6
	C/N, dB	11	11.4
	CBER	4.70E-02	4.80E-02
	LBER	1.00E-08	1.00E-08
6	E, dB( $\mu$ V/m)	63.8	66
	MER, dB	28.4	17.6
	C/N, dB	22.7	25
	CBER	1.80E-03	1.60E-02
	LBER	1.00E-08	1.00E-09

**Tabelul 3.9. Indicii de calitate ai semnalului, antena orientată în direcția stației Hâncești**

Nr. p.r.	Parametrii semnalului	Regimul de funcționare a rețelei	
		Tx – Hâncești	SFN
1	E, dB( $\mu$ V/m)	70.7	72.1
	MER, dB	33.1	30.9
	C/N, dB	29.6	30.7
	CBER	1.10E-04	3.00E-04
	LBER	1.00E-07	1.00E-08
2	E, dB( $\mu$ V/m)	63.4	63.4
	MER, dB	30.1	29.4
	C/N, dB	22.2	22.3
	CBER	8.90E-04	8.60E-04
	LBER	1.00E-09	1.00E-08

Nr. p.r.	Parametrii semnalului	Regimul de funcționare a rețelei	
		Tx – Hâncești	SFN
3	E, dB( $\mu$ V/m)	48.8	49.2
	MER, dB	-	-
	C/N, dB	7.8	8.2
	CBER	-	-
	LBER	-	-
4	E, dB( $\mu$ V/m)	71.4	71.4
	MER, dB	34.9	34.6
	C/N, dB	30.3	30.3
	CBER	6.50E-05	4.30E-05
	LBER	1.00E-08	1.00E-09
5	E, dB( $\mu$ V/m)	56.1	56
	MER, dB	26.4	25.5
	C/N, dB	15.3	15.1
	CBER	1.20E-02	1.40E-02
	LBER	1.00E-09	1.00E-08
6	E, dB( $\mu$ V/m)	88.7	88.3
	MER, dB	34.9	33.3
	C/N, dB	47.2	46.7
	CBER	5.70E-05	1.80E-04
	LBER	1.00E-08	1.00E-09

**Tabelul 3.10. Indicii de calitate ai semnalului, antena orientată în direcția stației Inancea**

Nr. p.r.	Parametrii semnalului	Regimul de funcționare a rețelei	
		Tx – Ivancea	SFN
1	E, dB( $\mu$ V/m)	-	51.2
	MER, dB	-	16.8
	C/N, dB	-	10.6
	CBER	-	8.60E-02
	LBER	-	1.00E-07
2	E, dB( $\mu$ V/m)	49	51.8
	MER, dB	18.9	13.3
	C/N, dB	7.9	10.9
	CBER	8.80E-02	9.60E-02
	LBER	1.00E-07	5.90E-07
3	E, dB( $\mu$ V/m)	41.1	48.9
	MER, dB	-	-
	C/N, dB	0.3	7.9
	CBER	-	-
	LBER	-	-
4	E, dB( $\mu$ V/m)	43.7	52.7
	MER, dB	-	16.5
	C/N, dB	2.6	11.8

Nr. p.r.	Parametrii semnalului	Regimul de funcționare a rețelei	
		T <sub>x</sub> – Ivancea	SFN
	CBER	-	7.50E-02
	LBER	-	1.00E-07
5	E, dB( $\mu$ V/m)	41	46.9
	MER, dB	-	-
	C/N, dB	0.2	6
	CBER	-	-
	LBER	-	-
6	E, dB( $\mu$ V/m)	51.1	68.2
	MER, dB	21.2	25
	C/N, dB	10.1	27.2
	CBER	5.90E-02	1.40E-02
	LBER	1.00E-08	1.00E-07

În urma estimării indicilor de calitate ai semnalului DVB-T2 recepționat prin intermediul antenei direcționale au fost trase următoarele concluzii:

1. În cazul în care funcționa doar un emițător au fost înregistrate 5 cazuri când semnalul DVB-T2 nu a fost decodat (din cauza nivelului mic). În regimul SFN, numărul de astfel de cazuri a scăzut la 3. În același timp, la toate cele 6 puncte de test, recepția semnalului a fost posibilă din cel puțin una din direcțiile de emise, fapt ce demonstrează eficiența utilizării tehnologiei SFN pentru diminuarea suprafețelor de umbră în zona de servicii.

2. În punctele de control nr. 1, 2, 4, 6 intensitatea câmpului la înrarea antenei de recepție depășește pragul intensității câmpului din 2 direcții,  $E > E_{med} = 53 \text{ dB}(\mu\text{V/m})$ . În punctul de control 5 intensitatea câmpului la înrarea antenei de recepție depășește pragul intensității câmpului dintr-o direcție. Aceste date vorbeșc despre calitatea bună a semnalului în zona de servicii și planificarea corectă a rețelei.

3. Punctul de control nr. 3 se află în “zona de umbră”, ceea ce este caracteristic în condițiile reliefului RM. Totodată, recepția semnalului a fost posibilă și în acest caz din direcția stației Strășeni, cu intensitatea câmpului  $E = 52 \text{ dB}(\mu\text{V/m})$ .

5. Când toți trei emițătorii ai clusterului DVB-T2 funcționau simultan, intensitatea sumară a câmpului avea o tendință de creștere neesențială (în raport cu cazul T<sub>x</sub>). Acest fapt poate fi explicat prin proprietățile direcționale ale antenei de recepție R&S HL 040, care în timpul măsurărilor era orientată strict în direcția uneia din stațiile de emise. Totodată, la trecerea regimului de operare al rețelei de la T<sub>x</sub> la SFN s-a observat o tendință de degradare neesențială a parametrilor MER și CBER, fapt ce vorbește despre apariția unor interferențe reciproce ale semnalelor rețelei. La rândul său, valorile măsurate ale parametrului LBER au demonstrat o eficiență sporită a

algoritmilor de codare a semnalului contra zgomot și interferențe în sistemul de transmitere DVB-T2.

6. Din datele incluse în tabelul 3.10 observăm că, în cazul când antena direcțională este orientată spre unda de cădere cu cea mai mică intensitate a câmpului (direcția stației Ivancea, PAR mai mic, distanța mai mare), influența (în punctul de recepție) semnalelor emise de stațiile Strășeni și Hâncești a devenit mult mai esențială.

7. Este oportun a compara indicii de calitate ai semnalului recepționat de un cluster DVB-T2 SFN SISO prin intermediul antenelor cu diagrama circulară și direcțională.

### 3.3.2. Compararea parametrilor semnalului obținute cu antene circulare și direcționale

Pentru compararea parametrilor semnalului recepționat prin intermediul antenei cu diagrama circulară și direcțională s-a propus următorul plan de acțiuni:

1. Măsurările semnalului recepționat a se efectua în zona de servicii Strășeni, canalul 31.
2. A estima indicii de calitate ai semnalului recepționat la ieșirea feederului antenei de recepție.
3. Pentru simularea regimului SFN, a pune în funcțiune emițătoarele de la stația Strășeni și Hâncești.
4. A compara rezultatele măsurărilor efectuate prin intermediul antenei de referință direcționale de tipul R&S HL 040 și antenei de referință circulare de tipul RSH 4786.

Pentru efectuarea măsurărilor s-a ales un punct de control amplasat pe o înălțime la ieșirea din or. Chișinău, având coordonatele geografice N46°58'42.7" și E 28°46'17.2". În apropierea locului de amplasare a antenei de recepție au lipsit obstacolele locale (copaci și clădiri). Profilul reliefului dintre stațiile de emisie și punctul de recepție, rezultatele măsurărilor în regim  $T_x$ , locul amplasării punctului de recepție sunt incluse în anexa 7. Rezultatele măsurărilor în regim SFN sunt reprezentate în fig. 3.4-3.6 și tabelele 3.11-3.13.



Fig. 3.4. Semnalul la ieșirea feeder-ului antenei R&S HL 040 orientate spre stația Hâncești (stația Hâncești – On, stația Strășeni – On)



**Fig. 3.5. Semnalul la ieșirea feeder-ului antenei R&S HL 040 orientate spre stația Strășeni (stația Strășeni – On, stația Hâncești – On)**

**Tabelul 3.11. Rezultatele măsurătorilor semnalului DVB-T2 în cazul orientării antenei de recepție R&S HL 040 în direcția stației Hâncești (Stația 1)**

Parametrii tehnici	Stația 1 – On Stația 2 – Off	Stația 1 – On Stația 2 – On	Stația 1 – Off Stația 2 – On
U, dB( $\mu$ V)	54.5	54.9	31.4
MER, dB	34.2	32.6	-
C/N, dB	29.6	29.8	6.1
CBER	3.20E-04	2.50E-04	-
LBER	1.00E-08	1.00E-08	-

**Tabelul 3.12. Rezultatele măsurătorilor semnalului DVB-T2 în cazul orientării antenei de recepție R&S HL 040 în direcția stației Strășeni (Stația 1)**

Parametrii tehnici	Stația 1 – On Stația 2 – Off	Stația 1 – On Stația 2 – On	Stația 1 – Off Stația 2 – On
U, dB( $\mu$ V)	55.5	55.4	32.2
MER, dB	29.1	28.8	-
C/N, dB	30.0	29.9	7.1
CBER	9.60E-04	1.10E-03	-
LBER	1.00E-09	1.00E-09	-



**Fig. 3.6. Semnalul la ieșirea feeder-ului antenei circulare RSH 4786 (stația Strășeni – On, stația Hâncești – On)**

**Tabelul 3.13 Rezultatele măsurătorilor semnalului DVB-T2 prin intermediul antenei circulare RSH 4786**

Parametrii tehnici	Stația 1 – On Stația 2 – Off	Stația 1 – Off Stația 2 – On	Stația 1 – On Stația 2 – On
U, dB( $\mu$ V)	45.8	48.2	51.6
MER	-	-	20.6
CBBER	-	-	1.8e-2
LBER	-	-	1.0-8

În urma comparării indicilor de calitate ai semnalului recepționat prin intermediul antenei direcționale și antenei circulare au fost trase următoarele concluzii:

1. Drept urmare a utilizării pentru recepție a antenei circulare, indicii de calitate ai semnalului DVB-T2 recepționat au avut o dinamică negativă (în raport cu antena direcțională), și anume:

- a) cu circa 4 dB s-a redus nivelul semnalului la intrarea receptorului;
- b) cu circa 11 dB s-a înrăutățit parametrul MER;
- c) de circa 100 ori s-a înrăutățit parametrul CBBER;
- d) în fig. 3.6 este vizibil pronunțat fading-ul componentelor spectrale ale semnalului în banda de frecvențe a canalului.

2. Utilizarea antenei cu diagrama circulară, pentru recepția semnalelor în clusterul DVB-T2 SFN SISO, nu permite a diminua efectul interferențelor reciproce ale semnalelor care ajung în punctul de recepție din diferite direcții.

3. Utilizarea antenelor cu diagrama circulară pentru recepționarea semnalelor într-un cluster DVB-T2 SFN SISO nu este oportună.



4. În condițiile de funcționare a unui cluster DVB-T2 SFN SISO este oportun a studia corelația dintre parametrii semnalelor de la intrarea receptorului DVB-T2 și parametrii de calitate ai semnalului demodulat și decodat.

### 3.4. Simularea funcționării clusterului DVB-T2 SFN SISO în condiții de laborator

Pentru o estimare mai detaliată a gradului și naturii interferențelor semnalelor în punctul de recepție, în condiții de laborator a fost montat un set de echipamente care a simulat funcționarea unui cluster de emisie terestră DVB-T2 SFN SISO, canalul 22 [109, 110, 111]. În acest scop, au fost folosite două emițătoare DVB-T2 ajustate la canalul 22. La intrarea emițătoarelor menționate, prin intermediul interfeței T2-MI și rețelei de distribuție IP, a fost aplicat fluxul digital de date al primului multiplex național „MUX-A”. Parametrii de configurare ai „MUX-A” au fost expuși în subparagraful 2.1.2. De la ieșirea emițătoarelor DVB-T2 semnalele RF au fost transmise la intrarea combinerului 3dB, iar de la ieșirea acestuia, semnalul sumar a fost repartizat la intrarea analizatorului de spectru ETL Rohde & Shwarz.

Inițial, au fost măsurați indicii de calitate [94] ai semnalului transmis în regimul  $T_x$  (de la ieșirea unuia dintre emițători). Rezultatele acestor măsurări au fost în continuare comparate cu rezultatele măsurătorilor efectuate în regimul SFN SISO (fiind incluși în lucru ambii emițători). Aplicarea a două semnale DVB-T2 la intrarea dispozitivului de măsurare ETL a făcut posibilă identificarea dinamicii schimbării parametrilor semnalului demodulat și decodat, în funcție de nivelurile și timpul de sosire ale acestora la intrarea receptorului.

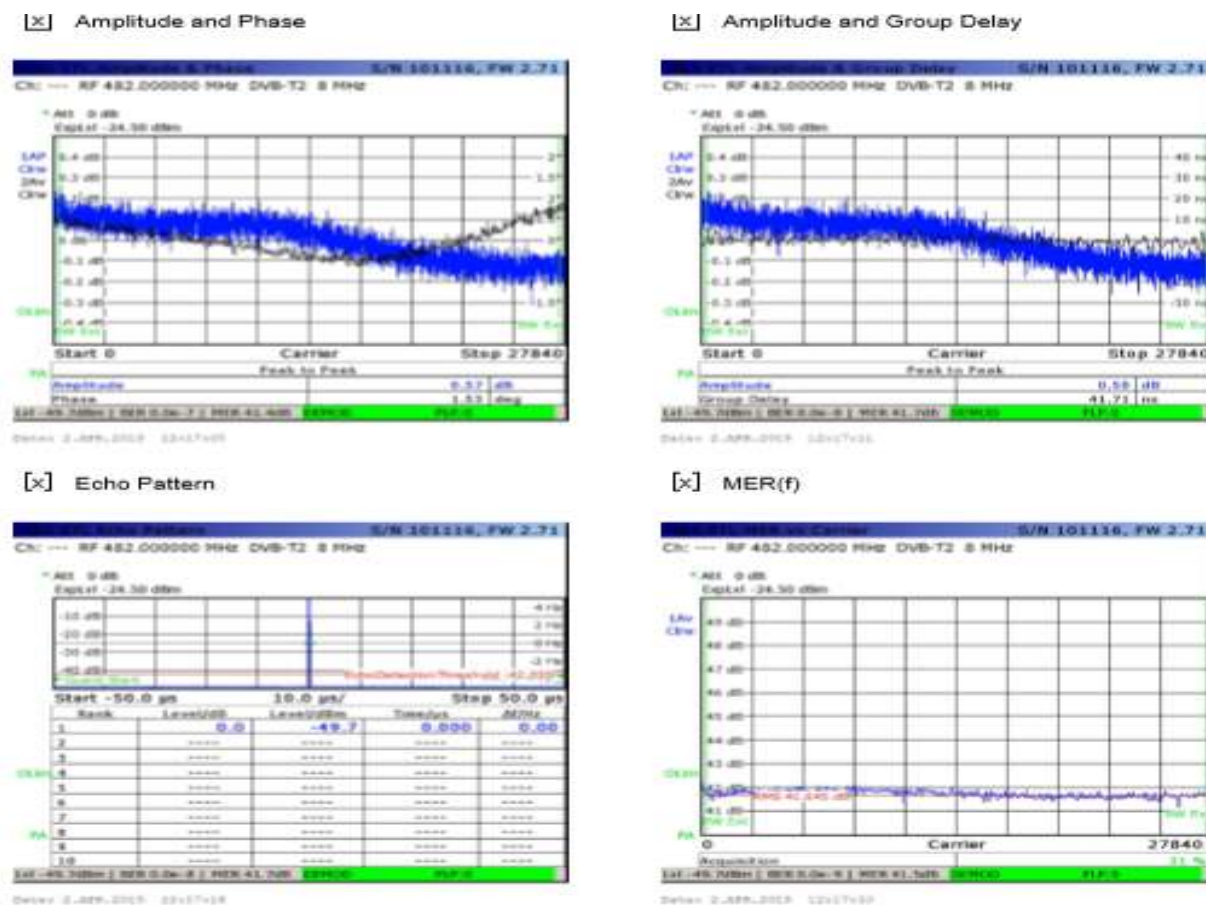
În tabelul 3.14 sunt înscrise rezultatele selective ale măsurărilor în cazul când semnalul<sub>1</sub> și semnalul<sub>2</sub> ajung la intrarea receptorului practic concomitent (*Time offset*, circa 2μs). Din datele înscrise în tabel observăm că la trecerea regimului de operare a rețelei de la  $T_x$  la SFN, practic, toți parametrii semnalului recepționat se înrăutățesc. Acest fapt vorbește despre apariția interferențelor inter-simbol. La fel, observăm că valorile parametrilor de calitate au corelare directă cu diferența dintre nivelurile semnalelor  $Level_1$  și  $Level_2$  ( $\Delta Level = Level_1 - Level_2$ ). Reducerea valorii  $\Delta Level$  conduce la o deteriorare mai esențială a parametrilor semnalului recepționat (provoacă interferențe inter-simbol mai semnificative). Drept exemplu, în urma reducerii valorii  $\Delta Level$  de la 22,9 dB la 3.8 dB, s-au înrăutățit indicii de calitate ai semnalului după demodularea și decodarea acestuia:

- a. MER PLP rms cu 5 dB;
- b. MER PLP peak cu circa 12 dB;
- c. Amplitudine (neregularitate în banda canalului) cu circa 12 dB;
- d. Phase (neregularitate în banda canalului) cu circa 73 grade;
- e. BER before LBER de circa  $10^7$  ori;
- f. Quality Value (parametrul cumulativ al calității) cu 11%.

**Tabelul 3.14. Parametrii de calitate ai semnalului DVB-T2 recepționat, Time offset circa 2μs**

Regimul	T <sub>x</sub>	SFN				
Parametrii	1	2	3	4	5	6
Level <sub>(1+2)</sub>	-	- 37.1	- 37.7	- 38.4	- 38.6	- 34.5
Level <sub>1</sub> , dBm	-49.7	- 37.8	- 38.0	- 38.5	- 38.6	- 34.6
Level <sub>2</sub> , dBm	-	- 41.6	- 44.9	- 51.2	- 58.4	- 58.5
Δ Level, dB	-	3.8	6.9	12.7	19.8	22.9
Time offset, μs	-	2.46	2.45	2.4	2.39	2.4
MER PLP rms, dB	41.5	33.9	38.1	39.3	40.1	38.9
MER PLP peak, dB	40.5	14.2	21.5	26.6	27.0	26.6
Amplitude, dB	0.5	14.04	9.21	4.62	2.15	1.74
Phase, deg	1.62	85.29	59.17	30.80	15.60	12.11
BER before LBER	3.0e-8	2.4e-4	5.5e-7	1.0e-11	5.5e-9	1.0e-11
BER before BCH	1.0e-11	0.0e0	0.0e0	0.0e0	0.0e0	0.0e0
Quality Value, %	82	65	69	71	75	76
Nota	Fig. 3.5	Fig. 3.6			Fig. 3.7	

Rezultatele măsurărilor parametrilor de calitate ai semnalelor în banda canalului (ce corespund coloanelor 1, 2 și 5 din tabelul 3.14) sunt reprezentate în fig. 3.7–3.9.



**Fig. 3.7. Parametrii semnalului DVB-T2, regimul MFN: Level (- 49.7 dBm); Amplitude 0,57 dB; Phase 1.53 deg; Group Delay, MER(f); MER (PLP, rms) 41.7 dB**

[x] Amplitude and Phase



Series 2, APR, 2013 17:08:48

[x] Amplitude and Group Delay



Series 2, APR, 2013 17:08:48

[x] Echo Pattern



Series 2, APR, 2013 17:08:48

[x] MER(f)



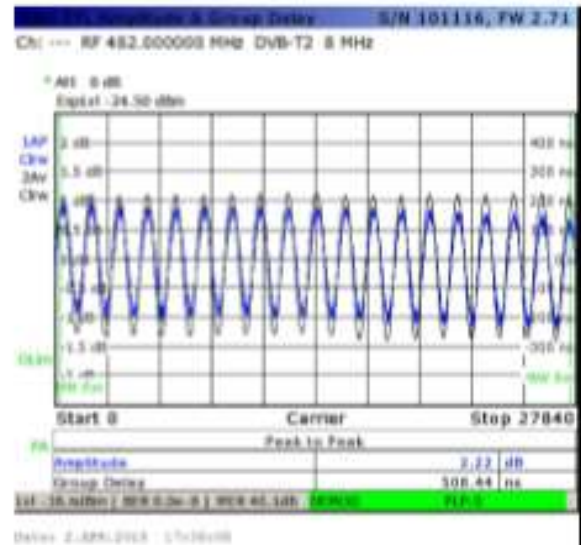
Series 2, APR, 2013 17:08:48

Fig. 3.8. Parametrii semnalului DVB-T2 SFN SISO: Time offset 2  $\mu$ s; Level (- 37.1 dBm);  $\Delta$ Level (3.8 dB), Amplitude 14.04 dB; Phase 85.29 deg; MER(f); MER (PLP, rms) 33.9 dB

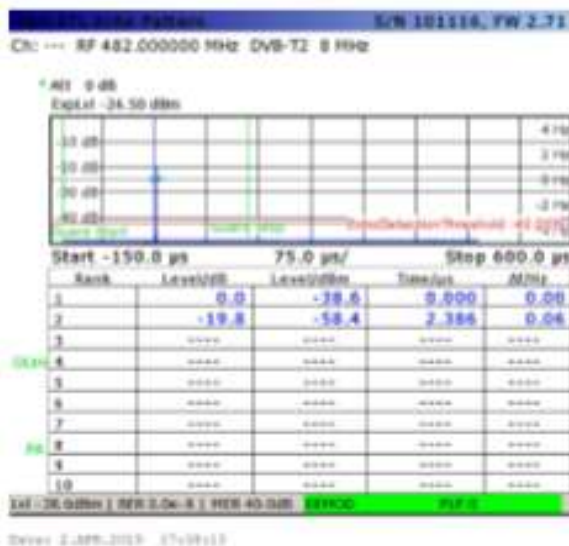
[x] Amplitude and Phase



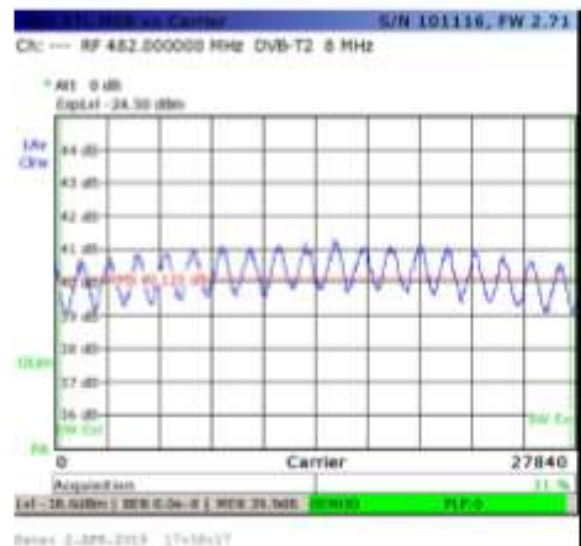
[x] Amplitude and Group Delay



[x] Echo Pattern



[x] MER(f)



**Fig. 3.9. Parametrii semnalului DVB-T2 SFN SISO: Time offset 2 μs; Level (- 38.6 dBm); ΔLevel (19.8 dB); Amplitude 2,15 dB; Phase 15.6 deg; MER(f); MER (PLP, rms) 40.1 dB**

În tabelul 3.15 sunt înscrise rezultatele selective ale măsurărilor în cazul când semnalul<sub>2</sub> ajunge la intrarea receptorului cu o întârziere de circa 100 μs în raport cu semnalul<sub>1</sub>.

**Tabelul 3.15. Parametrii de calitate ai semnalului DVB-T2 recepționat, Time offset circa 100μs**

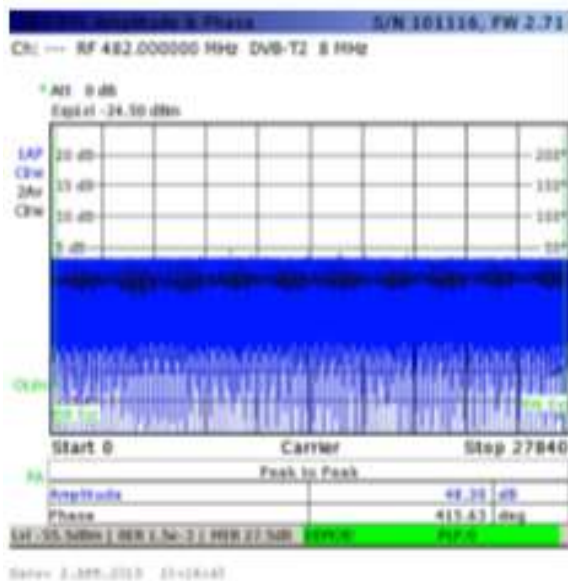
Regimul Parametrii	T <sub>x</sub> 1	SFN				
		2	3	4	5	6
Level <sub>(1+2)</sub>		- 55.5	- 48.2	51.6	49.1	- 47.5
Level <sub>1</sub> , dBm	-49.7	- 58.5	- 48.8	- 51.9	- 49.2	- 47.5
Level <sub>2</sub> , dBm		- 58.5	- 52.8	- 57.9	- 58.0	- 58.2
Δ Level, dB		0	4.0	6.0	8.8	10.6
Time offset, μs		- 97.4	- 97.7	- 97.3	- 97.4	- 97.6

Regimul	$T_x$	SFN				
MER PLP rms, dB	41.5	27.3	33.6	36.7	38.0	38.6
MER PLP peak, dB	40.5	3.3	15.5	15.0	23.3	23.1
Amplitude, dB	0.5	64.86	13.48	10.42	7.15	5.84
Phase, deg	1.62	1450.54	22.17	24.83	12.56	10.9
BER before LBER	3.0e-8	1.9e-2	2.3e-4	4.5e-5	1.6e-6	1.6e-7
BER before BCH	0.0e0	3.8e-3	0.0e0	0.0e0	0.0e0	0.0e0
Quality Value, %	82	27	44	46	55	59
Nota		Fig. 3.8	Fig. 3.9		Fig. 3.10	

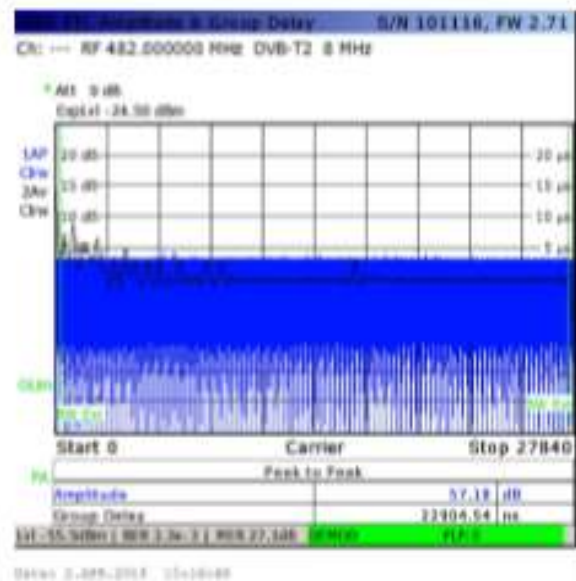
Analizând datele din tabelul 3.15, putem trage aceleași concluzii ca și în cazul tabelului precedent: în regimul SFN, la intrarea receptorului apar interferențe inter-simbol, intensitatea cărora semnificativ depinde de diferența dintre nivelurile semnalelor  $Level_1$  și  $Level_2$ . Totodată, este oportun a evidenția rezultatele măsurărilor în cazul când valoarea  $\Delta Level$  atinge nivelul de 0 dB (coloana 2, tabelul 3.15). În acest caz, putem vorbi despre degradarea completă a semnalului și imposibilitatea de decodare al acestuia. Astfel, parametrul *BER before LBER* a atins valoarea de  $1.9e-2$ , iar parametrul *BER before BCH* – valoarea de  $3.8e-3$  (având un prag admisibil de  $1 \times 10^{-7}$  *BER before BCH*). Rezultatele măsurărilor parametrilor de calitate ai semnalului în banda canalului în cazul  $\Delta Level = 0$  dB este reprezentat în fig. 3.10.

Așadar, putem concluziona că într-o rețea DVB-T2 SFN SISO nu este recomandabil a avea la intrarea receptorului semnale cu niveluri comparabile, deoarece în acest caz interferențele reciproce ale semnalelor sunt maximale și apare o probabilitate înaltă de degradare completă a semnalului recepționat. Totodată, analizând cazul  $\Delta Level = 0$  dB din tabelul 3.15, observăm că valoarea sumară a nivelului semnalului  $Level_{(1+2)}$  (dBm) s-a ridicat cu 3 dB. Însă, în regimul de emisie SISO, această dublare a nivelului semnalului sumar nu este admisibilă, deoarece va conduce la degradarea completă a semnalului recepționat.

[x] Amplitude and Phase



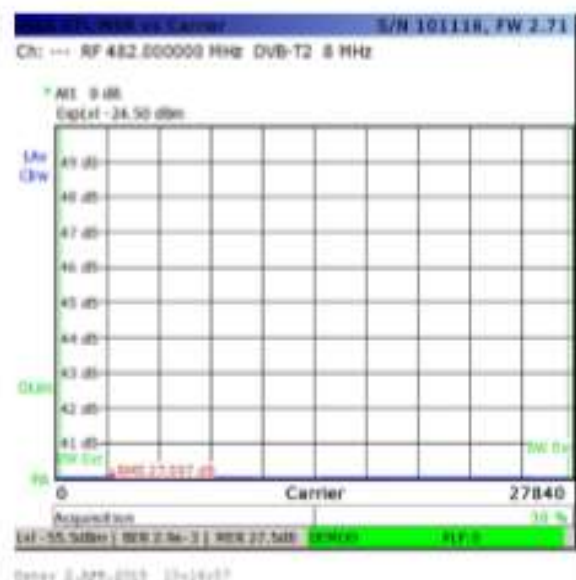
[x] Amplitude and Group Delay



[x] Echo Pattern



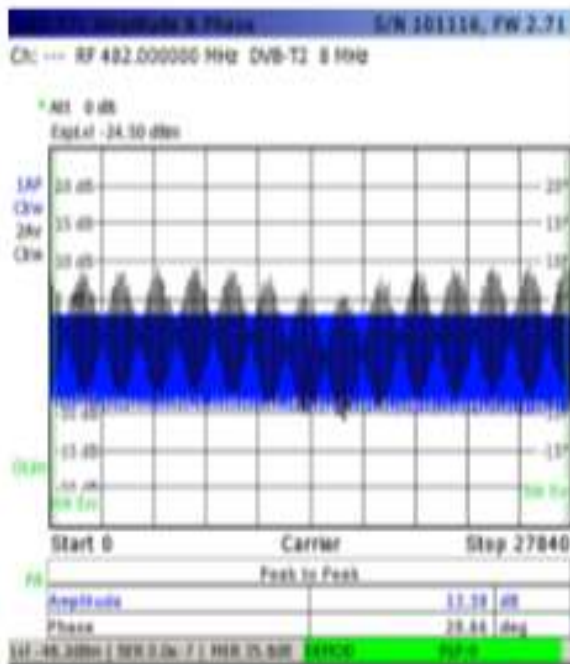
[x] MER(f)



**Fig. 3.10. Parametrii semnalului DVB-T2 SFN SISO: Time offset 100  $\mu$ s; Level (-58.5 dBm);  $\Delta$  Level 0 dB; Amplitude 64.86 dB; Phase 1450.54 deg; MER(f); MER (PLP, rms) 27.3 dB**

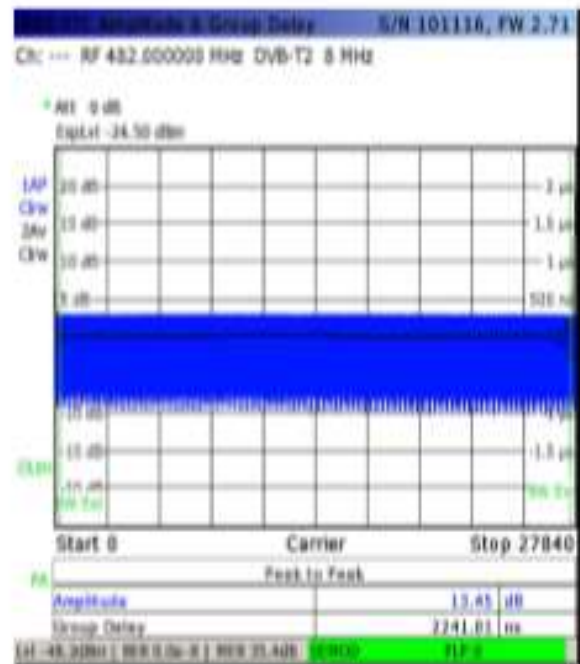
Rezultatele măsurărilor parametrilor de calitate ai semnalelor în banda canalului (ce corespund coloanelor 3 și 5 din tabelul 3.15) sunt reprezentate în fig. 3.11 și 3.12. În aceste figuri observăm corelația puternică dintre parametrul *Phase* (neregularitatea fazei semnalului în banda canalului) și parametrul *MER(f)*. Forma specifică a anvelopei componentelor semnalului și periodicitatea pulsărilor acestora practic se repetă. Aceste pulsări specifice anvelopei semnalului au apărut după schimbarea valori parametrului *Time offset* de 2  $\mu$ s la 100  $\mu$ s.

[x] Amplitude and Phase



Date: 2-APR-2019 14:53:09

[x] Amplitude and Group Delay



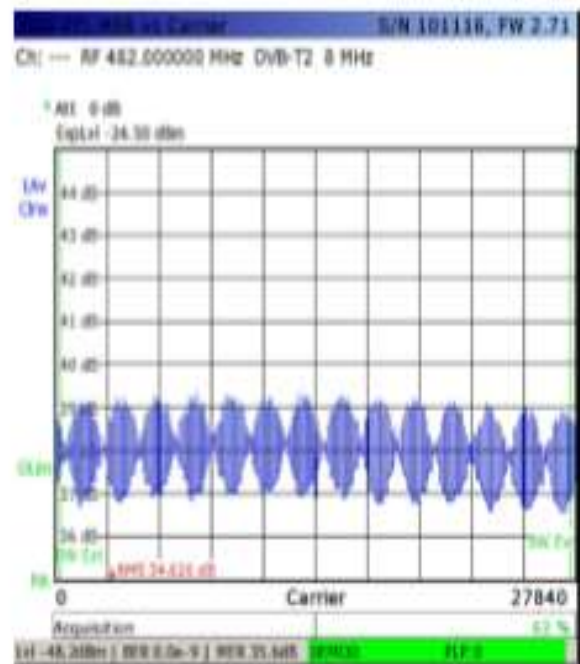
Date: 2-APR-2019 14:53:09

[x] Echo Pattern



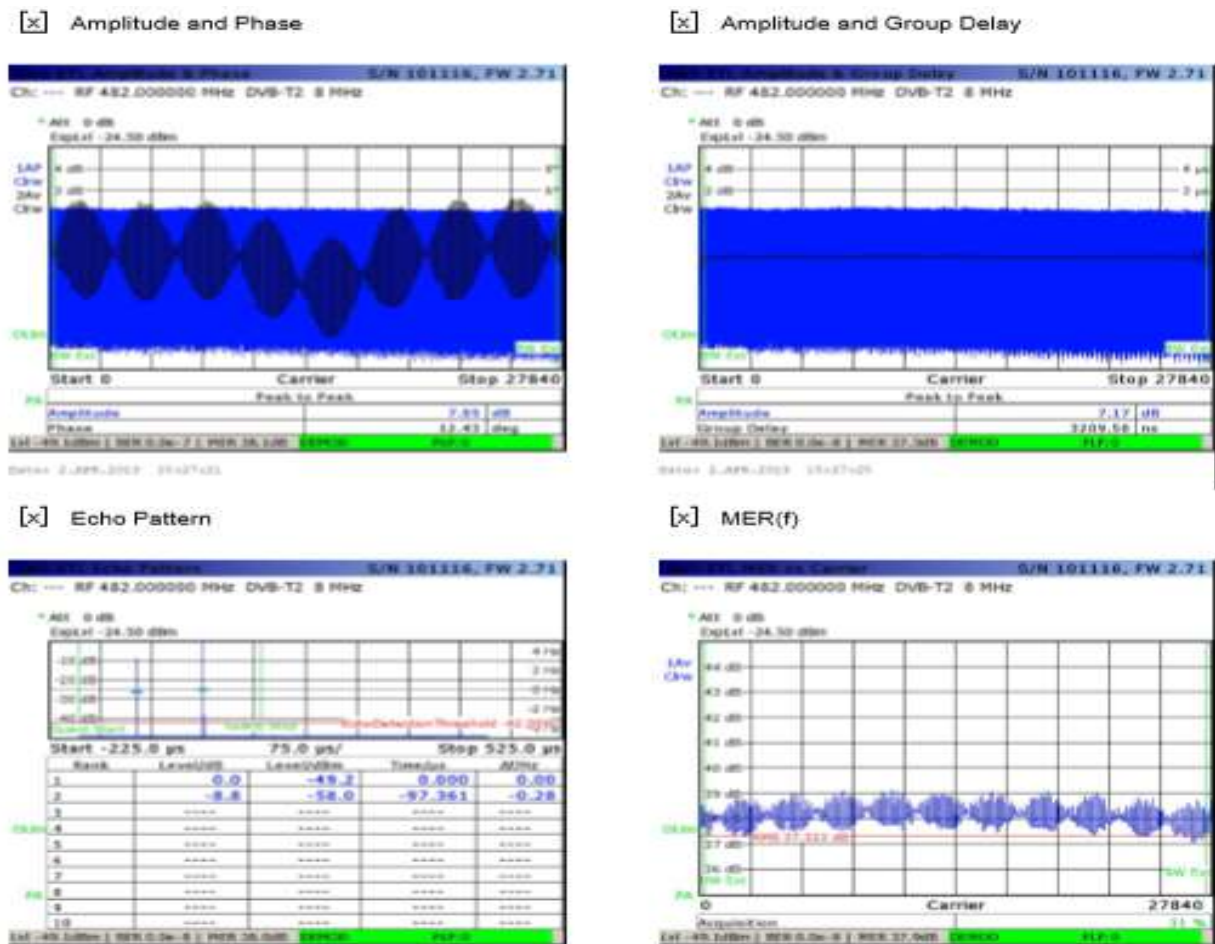
Date: 2-APR-2019 14:53:09

[x] MER(f)



Date: 2-APR-2019 14:53:09

**Fig. 3.11. Parametrii semnalului DVB-T2 SFN SISO: Time offset 100 μs; Level (- 48.8 dBm); Δ Level (4.0 dB); Amplitude 13.48 dB; Phase 27.17 deg; MER(f); MER (PLP, rms) 33.6 dB**



**Fig. 3.12. Parametrii semnalului DVB-T2 SFN SISO: Time offset 100  $\mu$ s; Level (- 49.2 dBm);  $\Delta$  Level (8.8 dB); Amplitude 7.15 dB; Phase 12.56 deg; MER(f); MER (PLP, rms) 38.0 dB**

În tabelul 3.16 sunt înscrise rezultatele măsurărilor în cazul când parametrul *Time offset* este variabil, iar parametrul  $\Delta$  Level este constant, având o valoare de circa 23 dB.

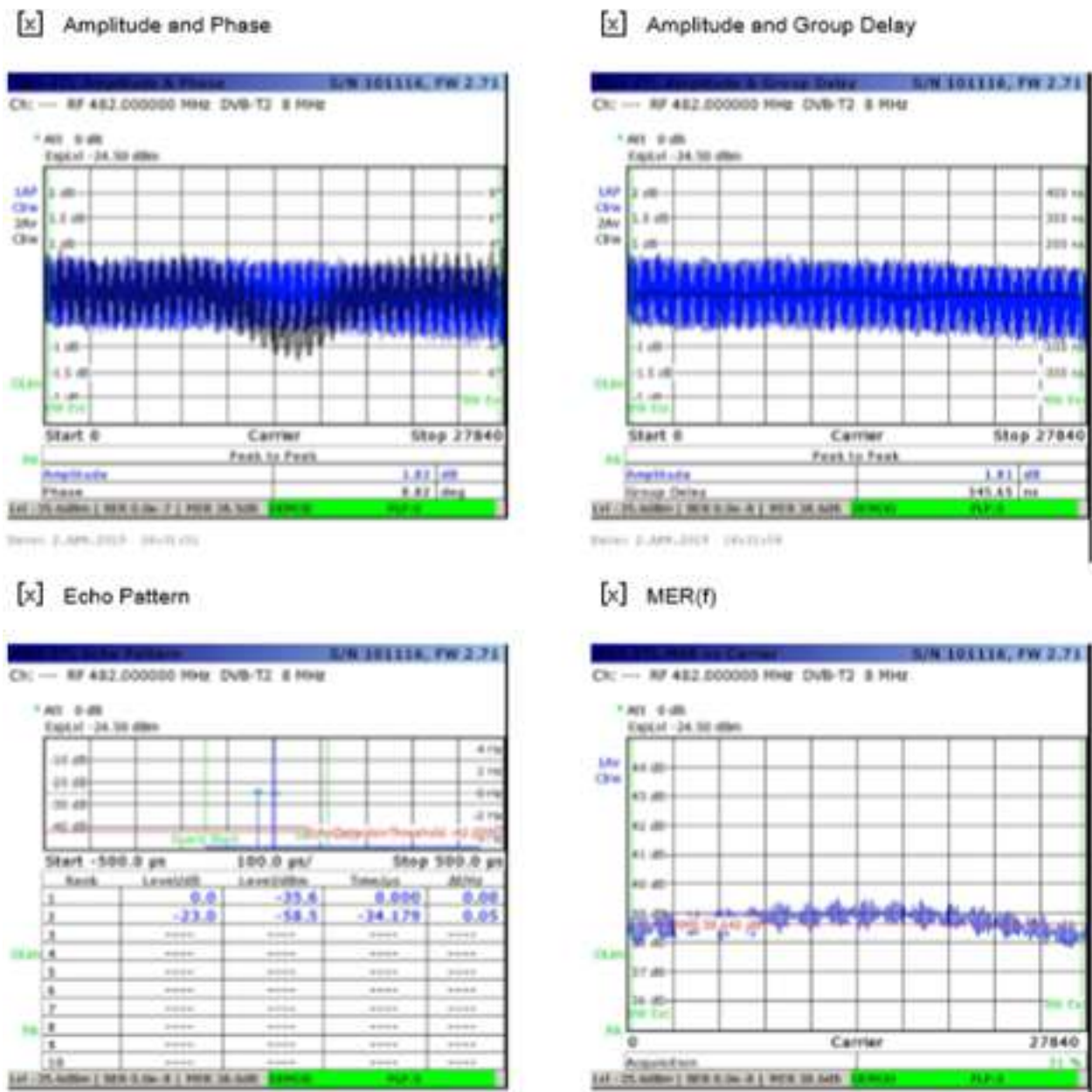
**Tabelul 3.16. Parametrii de calitate ai semnalului DVB-T2 recepționat,  $\Delta$  Level circa 23 dB**

Regimul Parametrii	SFN	
	1	2
Level <sub>(1+2)</sub>	- 34.58	- 34.6
Level <sub>1</sub> , dBm	- 34.6	- 34.6
Level <sub>2</sub> , dBm	- 58.5	- 58.3
$\Delta$ Level, dB	22.9	22.7
Time offset, $\mu$ s	- 34.18	- 197.70
MER PLP rms, dB	38.6	32.10
MER PLP peak, dB	37.6	37.8
Amplitude, dB	1.75	1.79
Phase, deg	7.83	4.34
BER before LBER	1.0e-11	1.1e-3
BER before BCH	1.0e-11	1.0e-11
Quality Value, %	73	64
Nota	Fig. 3.11	Fig. 3.12



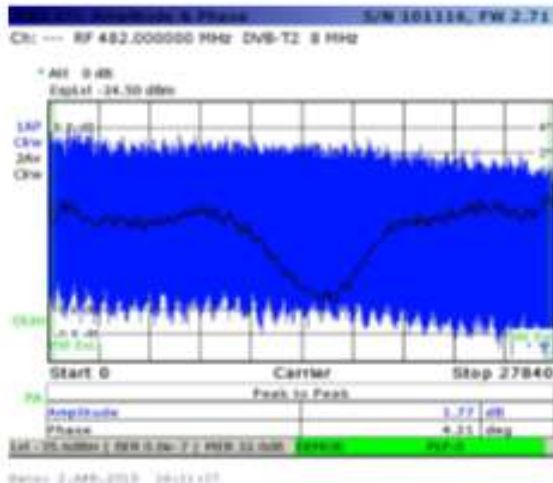
Din datele tabelului 3.16 observăm, că în urma creșterii valorii parametrului *Time offset* de la (- 34  $\mu$ s) până la (-198  $\mu$ s), (durata intervalului de gardă în sistem constituie 226  $\mu$ s), o parte din indicii de calitate ai semnalului au demonstrat tendința spre deteriorare, de exemplu: MER PLP rms s-a înrăutățit cu 6.5 dB; Quality Value a scăzut cu 11%.

Rezultatele măsurărilor parametrilor de calitate ai semnalelor în banda canalului (ce corespund coloanelor 1 și 2 din tabelul 3.16) sunt reprezentate în fig. 3.13 și fig. 3.14. În imaginile respective mai putem observa prezența interferențelor inter-simbol, dar intensitatea acestora este destul de nesemnificativă.

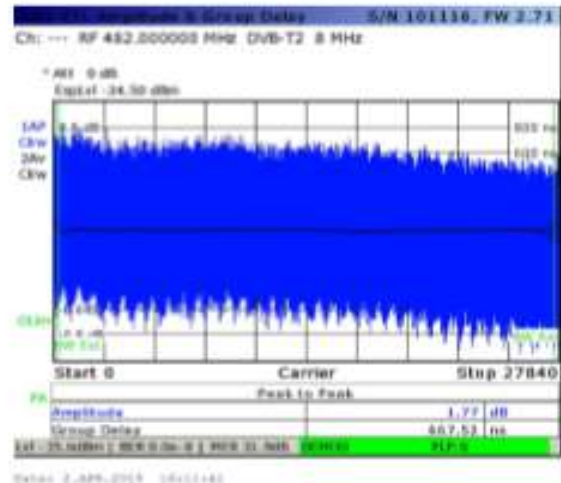


**Fig. 3.13. Parametrii semnalului DVB-T2 SFN SISO: Time offset (- 34.18  $\mu$ s);  $\Delta$  Level (23 dB); Level (- 34.58 dBm); Amplitude 1.75 dB; Phase 7.83 deg; MER(f), MER (PLP, rms) 38.6 dB**

[x] Amplitude and Phase



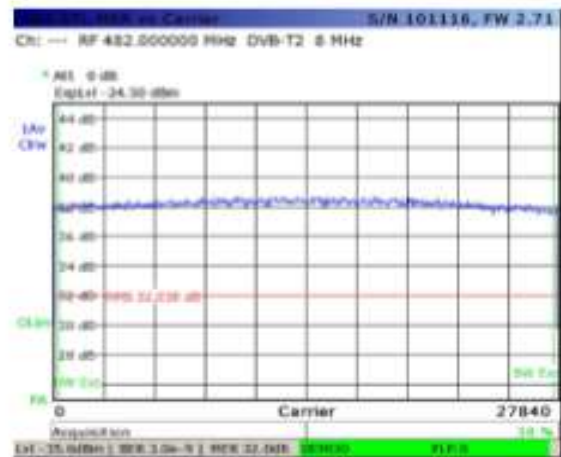
[x] Amplitude and Group Delay



[x] Echo Pattern



[x] MER(f)



**Fig.3.14. Parametrii semnalului DVB-T2 SFN SISO: Time offset (- 197.7  $\mu$ s);  $\Delta$  Level (23 dB); Level (-34.6 dBm); Amplitude 1.79 dB; Phase 4.34 deg; MER(f); MER (PLP, rms) 32.1 dB**

Așadar, în urma cercetărilor indicilor de calitate ai semnalului demodulat și decodat în cadrul unei rețele DVB-T2 SFN SISO putem trage următoarele concluzii:

1. Indicii de calitate ai semnalului recepționat corelează vizibil cu următorii factori: diferența dintre nivelurile semnalelor ajunse la intrarea receptorului; durata intervalului de timp dintre momentele de sosire a semnalelor.

2. În cazul când la intrarea receptorului ajung două semnale cu aceleași niveluri (dBm), valoarea nivelului total de intrare crește cu 3 dB. Cu toate acestea, în acest caz are loc degradarea maximală a semnalului recepționat.

3. Pe măsură ce diferența dintre nivelurile semnalelor (dBm) de la intrarea receptorului crește, intensitatea interferențelor reciproce ale semnalelor scade, deși prezența lor se mai observă chiar și în cazul unei diferențe de 23 dB. Totodată, la un nivel de circa  $\Delta$  Level (20 dB) influența

interferențelor inter-simbol deja poate fi neglijată.

4. În cazul când la intrarea receptorului semnalele ajung cu întârziere (unul în raport cu celălalt), natura efectului de interferențe în banda de frecvență a canalului se modifică, și anume, crește rata de deviere a amplitudinii și a fazei semnalului după demodularea acestuia. Din cauza creșterii duratei de întârziere (în limita intervalului de gardă) indicii de calitate ai semnalului demodulat și decodat au tendință lentă spre deteriorare.

5. Algoritmii de codare ai semnalului DVB-T2 contra interferențelor și zgomotului (ca parte componentă a sistemului DVB-T2) permit eficient și fiabil a corecta erorile apărute în fluxul de date în urma transmiterii și recepției semnalului.

6. Interferența maximă a semnalelor într-o rețea DVB-T2 SFN SISO are loc când nivelurile semnalelor ajunse la intrarea receptorului sunt comparabile.

### **3.5. Estimarea nivelului sumar al semnalului indușiat la bornele antenei de recepție**

Cum s-a menționat, într-o rețea DVB-T2 SFN SISO calitatea recepției depinde esențial de diferența dintre nivelurile semnalelor rețelei de la intrarea receptorului. În cazul când nivelurile acestor semnale sunt comparabile, interferențele inter-simbol în sistem sunt maximale. La recepția semnalelor rețelei menționate este important să selectăm la bornele antenei unda de cădere cu cea mai mare intensitate și, totodată, să atenuăm nivelurile celorlalte unde de cădere. Din punct de vedere practic, este important să cunoaștem metodele prin care se va putea diminua creșterea nivelului sumar al semnalului la bornele antenei de recepție [112].

Obiectivul prezentei cercetări constă în estimarea nivelului sumar al semnalului indus la bornele antenei de recepție, în funcție de condițiile de recepție ale acestuia. Scopul cercetării constă în elaborarea unei recomandări în vederea recepționării semnalului DVB-T2 într-o rețea terestră SFN SISO cu condiția că interferențele reciproce ale semnalelor rețelei vor fi minimale.

#### ***3.5.1. Problemele practice rezolvate***

Pentru rezolvarea practică a problemelor au fost luate în considerație următoarele:

1. La intrarea antenei de recepție ajung 2 unde plane de cădere  $E_1$  și  $E_2$ .
2. Recepția semnalului consecutiv este efectuată prin intermediul antenelor de referință circulare RSH 4786 și direcționale R&S HL 040.
3. Frecvența semnalului recepționat  $F = 500$  MHz.
4. Intensitatea câmpului la intrarea antenelor de recepție o vom estima, utilizând formula 2.15 și datele din tabelele A3.1 și A3.2.
5. Prin  $U_c$  este notat nivelul semnalului indus la bornele antenei circulare.

6. Prin  $U_d$  este notat nivelul semnalului indus la bornele antenei direcționale.
7. În fiecare caz de recepție, pentru a estima nivelul sumar al semnalului la bornele antenei.
8. Rezultatele obținute se vor compara și analiza.
9. În urma analizei efectuate, a înainta unele recomandări în vederea oportunității estimării nivelului sumar al semnalului de la intrarea receptorului și, totodată, recepționării optimale a semnalului în zona de servicii a clusterului DVB-T2 SFN SISO.

### **3.5.1.1. Estimarea nivelului semnalului la bornele antenelor de recepție**

În cadrul cercetării, un prim-pas va consta în compararea nivelului semnalului indus la bornele antenelor circulare și direcționale de recepție, cu condiția că funcționează doar stația 1, iar antena de referință R&S HL 040 va fi orientată strict în direcția unde de cădere  $E_1$ :

$$E_1 [\text{dB}\mu\text{V/m}] = U_{c1} [\text{dB}\mu\text{V}] + 23.49 [\text{dBm}^{-1}] + A_f [\text{dB}];$$

$$E_1 [\text{dB}\mu\text{V/m}] = U_{d1} [\text{dB}\mu\text{V}] + 16.37 [\text{dBm}^{-1}] + A_f [\text{dB}] \Rightarrow$$

$$U_{c1} [\text{dB}\mu\text{V}] + 23.49 [\text{dBm}^{-1}] + A_f [\text{dB}] = U_{d1} [\text{dB}\mu\text{V}] + 16.37 [\text{dBm}^{-1}] + A_f [\text{dB}] \Rightarrow$$

$$U_{d1} [\text{dB}\mu\text{V}] = U_{c1} [\text{dB}\mu\text{V}] + 7,12 \text{ dB} \Rightarrow U_{d1} > U_{c1}. \quad (3.1)$$

Așadar, la bornele antenei direcționale R&S HL 040 orientate în direcția radiației maxime a unde de cădere  $E_1$  este indus nivelul de tensiune cu 7,12 dB mai înalt în raport cu antena circulară RSH 4786. Deja, având în vedere doar acest aspect, putem vorbi despre oportunitatea de a folosi antene direcționale în zona de servicii a unei rețele DVB-T2 SFN SISO.

### **3.5.1.2. Recepția semnalului prin intermediul antenei cu diagramă circulară**

Au fost întocmite următoarele rapoarte matematice în cazul recepției simultane a undelor  $E_1$  și  $E_2$  prin intermediul antenei cu diagrama de directivitate circulară ideală.

În acest caz, undele plane  $E_1$  și  $E_2$  vor induce la bornele antenei de recepție, conectate la sarcina 50 Om, tensiunile  $U_{c1}$  și  $U_{c2}$ . Prin urmare, la bornele antenei vom obține un nivel sumar al semnalului:

$$U_c [\mu\text{V}] = (U_{c1} + U_{c2}), \text{ sau } U_c [\text{dB}\mu\text{V}] = 20\lg (U_{c1} + U_{c2}).$$

1. Vom examina cazul când  $E_1 > E_2$ :

$$U_{c1} > U_{c2} \Rightarrow U_c [\mu\text{V}] = (U_{c1} + U_{c2}) < 2 U_{c1} \Rightarrow U_c [\text{dB}\mu\text{V}] = U_{c1} [\text{dB}\mu\text{V}] + \Delta U_c [\text{dB}] \Rightarrow$$

$$\Delta U_c [\text{dB}] = U_c [\text{dB}\mu\text{V}] - U_{c1} [\text{dB}\mu\text{V}]; \quad (3.2)$$

unde  $0 \text{ dB} < \Delta U_c < 6 \text{ dB}$  în raport cu  $[\text{dB}\mu\text{V}]$  și  $0 \text{ dB} < \Delta U_c < 3 \text{ dB}$  în raport cu  $[\text{dBm}]$ ;

$$U_{c1} [\text{dB}\mu\text{V}] = 20\lg U_{c1} [\mu\text{V}] \Rightarrow 20\lg U_{c1} [\mu\text{V}] + \Delta U_c [\text{dB}] = 20\lg (U_{c1} + U_{c2}) [\mu\text{V}] \Rightarrow$$

$$\Delta U_c [\text{dB}] = 20\lg (U_{c1} + U_{c2}) [\mu\text{V}] - 20\lg U_{c1} [\mu\text{V}]. \quad (3.3)$$

Deci, când intensitățile undelor  $E_1$  și  $E_2$  vor fi comparabile, la bornele antenei de recepție vor fi induse tensiunile  $U_{c1} \approx U_{c2}$ , iar nivelul semnalului sumar  $\Delta U_c$  în raport cu semnalul  $U_{c1}$  [dB $\mu$ V], indus de unda de cădere cu cea mai mare intensitate, va fi comparabil cu valoarea de 6 dB. În consecință, la bornele antenei de recepție va apărea fadingul semnalului sumar și, respectiv, interferențe inter-simbol destul de semnificative. Un astfel de caz a fost demonstrat anterior în figura 3.6 și tabelul 3.13. Din datele respective observăm că valorile  $U_{c1}$  și  $U_{c2}$  sunt comparabile. Parametrul de calitate MER al semnalului decodat are o valoare destul de scăzută  $MER = 20,6$  dB. Valoarea  $\Delta U_c = 51,6$  dB $\mu$ V - 48,2 dB $\mu$ V = 3,4 dB.

2. Vom examina cazul când  $E_1 = E_2$ .

$$U_{c1} = U_{c2} \Rightarrow U_c [\mu V] = (U_{c1} + U_{c2}) = 2U_{c1} \Rightarrow U_c [dB\mu V] = U_{c1} [dB\mu V] + \Delta U_c [dB],$$

unde  $\Delta U_c = 6$  dB în raport cu [dB $\mu$ V] și  $\Delta U_c = 3$  dB în raport cu [dBm].

În acest caz, interferențele la bornele antenei de recepție vor fi maxime (tabelul 4.2, coloană 2).

### 3.5.1.3. Recepția semnalului prin intermediul antenei cu diagramă direcțională

#### 3.5.1.3.1. Antena de recepție este orientată în direcția undeii cu cea mai înaltă intensitate

Inițial, vom determina nivelul semnalului indus la bornele antenei R&S HL 040 în cazul când funcționează doar stația 2. Pentru aceasta, orientăm antena R&S HL 040 strict în direcția undeii de cădere  $E_2$ . Prin urmare, la bornele antenei de recepție va fi indusă tensiunea:

$$U_{d2} [dB\mu V] = E_2 [dB\mu V/m] - 16,37 [dBm^{-1}] - A_f [dB].$$

Aplicând expresia 3.1, vom obține:

$$U_{d2} [dB\mu V] = U_{c2} [dB\mu V] + 7,12 \text{ dB} \Rightarrow U_{d2} > U_{c2}.$$

Pentru recepția simultană a semnalelor  $E_1$  și  $E_2$ , vom orienta antena de recepție strict în direcția undeii de sosire  $E_1$ . În acest caz, undele plane  $E_1$  și  $E_2$  vor induce la bornele antenei de recepție, conectate la sarcina de 50 Ohm, tensiunile  $U_{d1}$  și  $U'_{d2}$ , unde  $U'_{d2} \ll U_{d2}$  datorită proprietăților direcționale ale antenei R&S HL 040 (a se vedea figura A3.1).

Prin urmare, la bornele antenei vom obține un nivel sumar al semnalului:

$$U_d [\mu V] = U_{d1} + U'_{d2}.$$

Pentru a evalua valoarea lui  $\Delta U_d$ , au fost propuse următoarele expresii matematice:

$$E_1 \geq E_2 \Rightarrow U_{d1} > U_{d2} > U'_{d2}.$$

$$U_d [dB\mu V] = 20 \lg (U_{d1} + U'_{d2}) \text{ sau}$$

$$U_d [dB\mu V] = U_{d1} [dB\mu V] + \Delta U_d [dB],$$

unde  $0 \text{ dB} < \Delta U_d < 6 \text{ dB}$  în raport cu [dB $\mu$ V] și  $0 \text{ dB} < \Delta U_d < 3 \text{ dB}$  în raport cu [dBm];

$$\Delta U_d [\text{dB}] = 20 \lg (U_{d1} + U'_{d2}) - 20 \lg U_{d1}. \quad (3.4)$$

Din expresiile 3.3 și 3.4 observăm că, atunci când valorile  $U_{c1} \approx U_{c2}$ , iar  $U'_{d2} \ll U_{d2} < U_{d1}$ , se obține inegalitatea,  $\Delta U_d < \Delta U_c$ . În concluzie, putem determina o precizie mai detaliată a valorii  $\Delta U_d$ , și anume:  $0 \text{ dB} < \Delta U_d < \Delta U_c < 6 \text{ dB}$ .

Prin urmare, această opțiune de recepție a semnalului este cea mai favorabilă pentru sistemul DVB-T2 SFN SISO, deoarece  $U_{d1} = U^{\max}$ , iar  $\Delta U_d = \Delta U^{\min}$ . În acest caz, fading-ul semnalului la bornele antenei de recepție va fi neesențial, iar interferențele inter-simbol vor fi minimale. Demonstrarea acestui caz de recepție a semnalului a fost reprezentat anterior în figura 3.4. În imaginea respectivă putem observa spectrul semnalului de la ieșirea feederului antenei de recepție orientate strict în direcția stației de emisie Hâncești, totodată, funcționează și stația de emisie Strășeni (regimul SFN). În figura 3.15 este aratat spectrul semnalului de la ieșirea feederului aceleiași antene în cazul când a fost deconectat emițătorul stației Strășeni (regimul  $T_x$ ). În figura 3.14 este demonstrat cazul în care a fost măsurată valoarea  $U'_{d2}$ .



**Fig. 3.15. Semnalul la ieșirea feeder-ului antenei R&S HL 040 orientate spre stația Hâncești (stația Hâncești – On, stația Strășeni – Off)**



**Fig. 3.16. Semnalul la ieșirea feeder-ului antenei R&S HL 040 orientate spre stația Hâncești (stația Hâncești – Off, stația Strășeni – On)**

Rezultatele măsurărilor demonstrate în fig.3.4, 3.15, 3.16 sunt înscrise în tabelul 3.17. Din datele tabelului observăm că  $U'_{d2} = 31,4 \text{ dB}\mu\text{V} \ll U_{d1} = 54,5 \text{ dB}\mu\text{V}$ , iar  $\Delta U_d = (54,9 \text{ dB}\mu\text{V} - 54,5 \text{ dB}\mu\text{V}) = 0,4 \text{ dB}$ . Deci, distorsiunea semnalului sumar este nesemnificativă, iar interferențele sunt minime. Comparativ cu cazul antenei circulare, parametrul de calitate MER a crescut cu 12 dB (32,6 dB - 20,6 dB).

**Tabelul 3.17. Parametrii semnalului la bornele antenei R&S HL 040 orientate spre stația Hâncești (Stația 1)**

Parametrul tehnic	Stația 1 On Stația 2 On	Stația 1 On Stația 2 Off	Stația 1 Off Stația 2 On
U, dB $\mu$ V	54.9	54.5	31.4
MER, dB	32.6	34.2	-

### *3.5.1.3.2. Antena de recepție nu este orientată în direcția undeii cu cea mai înaltă intensitate*

Din punct de vedere practic, este oportun a cunoaște cum se va modifica valoarea  $\Delta U_d$  la bornele antenei de recepție și în cazul în care aceasta nu va fi orientată spre unda de cădere cu cea mai înaltă intensitate. Vom examina cazul când antena va fi orientată spre unda de cădere  $E_1$ , iar  $E_1 < E_2$ .

În acest caz, la bornele antenei se vor induce tensiunile  $U_{d1}$  și  $U'_{d2}$ , unde  $U_{d1} < U^{\max}_{d1}$ , dar  $U'_{d2} < U_{d2}$ . Totodată, în funcție de unghiul de cădere al undeii  $E_2$  la bornele antenei de recepție, conectate la sarcina de 50 Ohm, vom putea obține 3 rezultate ale valorii nivelului semnalului  $U_{d1}$  în raport cu  $U'_{d2}$ , și anume:

$$1. U_{d1} > U'_{d2} \Rightarrow U [\mu\text{V}] = (U_{d1} + U'_{d2}) < 2 U_{d1} \Rightarrow U [\text{dB}\mu\text{V}] = U_{d1} + \Delta U [\text{dB}],$$

unde  $0 \text{ dB} < \Delta U < 6 \text{ dB}$ , dar energetica câmpului rețelei este utilizată nerațional;

$$2. U_{d1} = U'_{d2} \Rightarrow U [\mu\text{V}] = (U_{d1} + U'_{d2}) = 2 U_{d1} \Rightarrow U [\text{dB}\mu\text{V}] = U_{d1} + \Delta U [\text{dB}],$$

unde  $\Delta U = 6 \text{ dB}$  și au loc interferențele maxime la intrarea receptorului.

$$3. U_{d1} < U'_{d2} \Rightarrow U [\mu\text{V}] = (U_{d1} + U'_{d2}) < 2 U'_{d2} \Rightarrow U [\text{dB}\mu\text{V}] = U'_{d2} + \Delta U [\text{dB}],$$

unde  $0 \text{ dB} < \Delta U < 6 \text{ dB}$ , energetica câmpului rețelei este utilizată nerațional. Primul semnal sosit la intrarea antenei va include în lucru schema de sincronizare a receptorului, semnalul  $U'_{d2}$  va stabili raportul C/N de la intrarea receptorului.

### **3.5.2. Concluzii la subcapitolul 3.5**

În urma estimării nivelului sumar al semnalului inductat la bornele antenei de recepție, în funcție de condițiile de recepție ale acestuia, au fost trase următoarele concluzii:

1. Utilizarea antenei cu diagrama circulară pentru recepționarea semnalelor într-o rețea DVB-T2 SFN SISO nu este recomandată, deoarece nivelurile semnalelor  $U_1, U_2, U_n$  inductate la bornele antenei pot fi comparabile între ele, de unde rezultă apariția unor interferențe inter-simbol ale semnalelor de la intrarea receptorului destul de semnificative.

2. Într-o rețea terestră DVB-T2 SFN SISO este oportun a efectua recepția semnalelor prin intermediul unei antene direcționale orientate spre unda de cădere cu cea mai înaltă intensitate ( $U$  [dB $\mu$ V] =  $U^{\max}_{d1} + \Delta U^{\min}$ [dB]). În acest caz, energetica câmpului semnalului în punctul de recepție va fi utilizată în cel mai eficient mod, dar interferențele inter-simbol ale semnalului sumar vor fi minimale.

3. În cazul când într-o rețea terestră SFN antena direcțională de recepție nu va fi orientată spre unda de cădere cu cea mai înaltă intensitate, va scădea eficiența utilizării energiei câmpului semnalului în punctul de recepție. În acest caz, interferențele inter-simbol ale semnalelor de la intrare vor crește, deoarece valorile  $U_{d1}$  și  $U'_{d2}$  pot deveni comparabile.

4. Estimarea valorii  $\Delta U$  în punctul de recepție poate fi recomandată numai în cazul estimării indirecte, a interferențelor inter-simbol. Când  $\Delta U \approx 0$  dB, interferențele vor fi minime. Dacă  $\Delta U \approx 3$  dB (în raport cu [dBm]), interferențele vor fi maxime. De exemplu, când valoarea  $\Delta U$  devine comparabilă cu 3 dB, putem vorbi despre faptul că recepția semnalului este organizată incorect.

### **3.6. Estimarea preciziei de prognozare a intensității câmpului**

Pentru estimarea preciziei de prognozate a intensității câmpului în condițiile reliefului și landşaftului RM [113, 114] au fost comparate valorile intensității câmpului electromagnetic prognozate pentru 6 puncte de test, amplasate în zona de servicii Strășeni (a se vedea tabelele 3.2–3.7) cu cele obținute în urma măsurărilor în teren (a se vedea tabelele 3.8–3.10). Toate calculele (prognoze) au fost efectuate în conformitate cu recomandările internaționale ITU-R P.370-7, ITU-R P.1546-5 și ITU-R P.1812-3 prin intermediul soft-ului specializat „ICS Telecom”.

#### **3.6.1. Cercetarea valorilor intensității câmpului recepționat de la stația de emisie Strășeni**

În urma deplasării în teren s-a reușit a efectua măsurările intensității câmpului în punctele de recepție 2, 3, 4, 5 și 6. Valorile prognozate  $E_{ITU-R}$  și valorile măsurate  $E$  ale intensității câmpului sunt înscrise în tabelul 3.18. În tabelul 3.19 este arătată diferența dintre  $E_{ITU-R}$  și  $E$ . În fig. A6.1–6.5 este reprezentată forma reliefului dintre stația Strășeni și punctele de test.



**Tabelul 3.18. Valorile prognozate și măsurate ale intensității câmpului stației Strășeni**

Nr. p.r.	Valorile E <sub>ITU-R</sub> prognozate, dB(μV/m)			Valorile E măsurate, dB(μV/m)
	ITU R P.370-7 - 7	ITU R P.1546-5 - 5	ITU R P.1812-3 - 3	
1	75,6	69	81,1	-
2	70,2	65,3	65,8	60,3
3	62,8	59,3	49,2	52
4	72,9	65,6	78,3	48,1
5	57	54,4	44,8	51,9
6	67,9	64	63,9	63,8

**Tabelul 3.19. Diferența dintre valorile prognozate și măsurate ale intensității câmpului stației Strășeni**

Nr. p.r.	(E <sub>ITU-R</sub> - E), dB			Descrierea reliefului
	ITU R P.370-7 - 7	ITU R P.1546-5 - 5	ITU R P.1812-3 - 3	
2	9,9	5	5,5	Vizibilitate directă, influența pădurii
3	10,8	7,3	-2,8	Umbră, difracție
4	24,8	17,5	30,2	Vizibilitate directă
5	5,1	2,5	-7,1	Umbră, difracție
6	4,1	0,2	0,1	Vizibilitate cu obstacole



**Fig. 3.17. Landșaftul în punctul de recepție nr. 4**

Observăm că în punctul 4 valorile prognozei nu coincid cu rezultatele măsurătorilor. Analizând landșaftul și relieful în acest punct de recepție (a se vedea fig. 3.17, A6.3), concluzionăm

că semnalul recepționat a fost atenuat datorită influenței pădurii. Din aceste considerente, cazul dat a fost eliminat din analiza finală.

### 3.6.2. Cercetarea valorilor intensității câmpului recepționat de la stația de emisie Hâncești

Măsurarea intensității câmpului a fost efectuată în toate 6 puncte planificate. Valorile prognozate  $E_{ITU-R}$  și valorile măsurate  $E$  ale intensității câmpului sunt înscrise în tabelul 3.20. În tabelul 3.21 este arătată diferența dintre  $E_{ITU-R}$  și  $E$ . În fig. A6.6–A6.11 este reprezentată forma reliefului dintre stația Hâncești și punctele de test.

**Tabelul 3.20. Valorile prognozate și măsurate ale intensității câmpului stației Hâncești**

Nr. p.r.	Valorile $E_{ITU-R}$ prognozate, dB( $\mu$ V/m)			Valorile $E$ măsurate, dB( $\mu$ V/m)
	ITU R P.370-7 - 7	ITU R P.1546-5 - 5	ITU R P.1812-3 - 3	
1	62,8	56,7	67,7	70,7
2	69,3	62	80,2	63,4
3	58,8	54,6	47,7	48,8
4	73,3	68,8	70,7	71,4
5	62,7	55,3	50,4	56,1
6	89,9	77	88,4	88,7

**Tabelul 3.21. Diferența dintre valorile prognozate și măsurate ale intensității câmpului stației Hâncești**

Nr. p.r.	$(E_{ITU-R} - E)$ , dB			Descrierea reliefului
	ITU R P.370-7 -7	ITU R P.1546-5 - 5	ITU R P.1812-3 - 3	
1	-7,9	-14	-3	Vizibilitate cu obstacole
2	5,9	-1,4	16,8	Vizibilitate cu obstacole nesemnificative
3	10	5,8	-1,1	Zonă de umbră
4	1,9	-2,6	-0,7	Vizibilitate cu obstacole
5	6,6	-0,8	5,7	Umbră
6	1,2	-11,7	-0,3	Vizibilitate directă

### 3.6.3. Cercetarea intensității câmpului recepționat de la stația de emisie Ivancea

În urma deplasării în teren s-a reușit a efectua măsurările intensității câmpului în punctele de recepție 2, 3, 4, 5 și 6. Valorile prognozate  $E_{ITU-R}$  și valorile măsurate  $E$  ale intensității câmpului sunt înscrise în tabelul 3.22. În tabelul 3.23 este arătată diferența dintre  $E_{ITU-R}$  și  $E$ .

**Tabelul 3.22. Valorile prognozate și măsurate ale intensității câmpului stației Ivancea**

Nr. p.r.	Valorile E <sub>ITU-R</sub> prognozate, dB(μV/m)			Valorile E măsurate, dB(μV/m)
	ITU R P.370-7 - 7	ITU R P.1546-5 - 5	ITU R P.1812-3 - 3	
1	43,8	39,2	49,6	-
2	44,5	38	49	49
3	28,7	26,9	30,4	41,1
4	44,3	33,1	51,4	43,7
5	19	17,2	27,9	41
6	41,5	30,7	48,6	51,1

Din datele tabelului 3.22 observăm că toate 3 recomandări au demonstrat o scădere esențială a preciziei de prognozare în raport cu cazurile descrise în subcapitolele 3.5.1 și 3.5.2. Acest fapt poate fi explicat prin scăderea esențială a intensității câmpului stației Ivancea în punctele de test. Această scădere, la rândul său, poate fi explicată prin parametrii de emisie ai stației Ivancea – cel mai mic PAR (a se vedea tabelul 3.2) și cea mai mare distanța dintre punctul de emisie și punctele de recepție (a se vedea tabelele 3.5–3.7). Totodată, e de menționat că intensitatea minimală mediană a câmpului pentru zona de acoperire Strășeni este estimată printr-o valoare de 53 dB(μV/m), dar toate valorile intensității inserate în tabelul 3.22 nu ating acest nivel și nu pot fi definite ca șirul valorilor ariei de acoperire a stației Ivancea. Din această cauză, datele din tabelul 3.23 au fost eliminate din analiza finală.

**Tabelul 3.23. Diferența dintre valorile prognozate și măsurate ale intensității câmpului stației Ivancea**

Nr. p.r.	(E <sub>ITU-R</sub> - E), dB		
	ITU R P.370-7 - 7	ITU R P.1546-5 - 5	ITU R P.1812-3 - 3
2	-4,5	-11	0
3	-12,4	-14,2	-10,7
4	0,6	-10,6	7,7
5	-22	-23,8	-13,1
6	-9,6	-20,4	-2,5

### 3.6.4. Estimarea preciziei de prognozare a intensității câmpului

Pentru efectuarea analizei finale ce ține de estimarea preciziei de prognozare a intensității câmpului în zona de acoperire cu semnal DVB-T2 vom selecta datele din tabele 3.19 și 3.21 conform tabelului 3.24.

**Tabelul 3.24. Estimarea preciziei de prognozare a intensității câmpului în zona de acoperire cu semnalul DVB-T2**

Definirea evenimentului	Numărul evenimentelor			
	$N_{P.370-7}$	$N_{P.1546-5}$	$N_{P.1812-3}$	$\sum N_p$
$ E_{ITU-R} - E  \leq 3 \text{ dB}$	2	5	6	13
$3 <  E_{ITU-R} - E  \leq 6 \text{ dB}$	3	2	2	7
$6 <  E_{ITU-R} - E  \leq 10 \text{ dB}$	4	1	1	6
$10 \text{ dB} <  E_{ITU-R} - E $	1	2	1	4

### 3.6.5. Concluzii la subcapitolul 3.5

În urma estimării preciziei de prognozare a intensității câmpului efectuate în cadrul zonei de servicii Strășeni putem trage următoarele concluzii:

1. Valoarea reală a intensității câmpului într-o arie de acoperire cu semnal terestru depinde de mai mulți factori, influența cărora nu poate fi întotdeauna reflectată corect și pe deplin în modelele matematice utilizate pentru calcule. În urma utilizării modelelor de prognozare obținem rezultate finale cu o anumită eroare și o anumită probabilitate.

2. Pentru analiza finală a fost admis un masiv de date obținut în urma prognozărilor  $(4+6) \times 3 = 30$  și un masiv de date obținut în urma măsurărilor din teren  $(4+6) = 10$ .

3. Modelele ITU-R P.1812-3 și ITU-R P.1546-5 au demonstrat o probabilitate de prognozare respectiv de 60% și 50% în diapazonul valorilor de precizie  $|E_{ITU-R} - E| \leq 3 \text{ dB}$ . Acest șir de valori prognozate poate fi considerat aproape perfect, deoarece precizia lor poate fi comparată cu precizia de măsurări ( $\pm 2.5 \text{ dB}$ ).

4. Totodată, modelele ITU-R P.1812-3 și ITU-R P.1546-5 au demonstrat o probabilitate de prognozare respectiv de 80% și 70% în diapazonul valorilor de precizie  $|E_{ITU-R} - E| \leq 6 \text{ dB}$ .

5. Modelul ITU-R P.370-7 a demonstrat o precizie de prognozare mai joasă (în raport cu modelele ITU-R P.1812-3 și ITU-R P.1546-5), și anume, probabilitatea de prognozare 20% în diapazonul valorilor de precizie  $|E_{ITU-R} - E| \leq 3 \text{ dB}$ , probabilitatea de prognozare 50% în diapazonul valorilor de precizie  $|E_{ITU-R} - E| \leq 6 \text{ dB}$ .

6. În unele cazuri, valoarea evenimentului  $|E_{ITU-R} - E|$  a depășit 10 dB. Aceste prognoze ale intensității câmpului pot fi considerate eronate. Probabilitatea acestor cazuri constituie 10-20%.

### 3.7. Concluzii la capitolul 3

În urma implementării „MUX-A”, testării indicilor de calitate ai semnalului DVB-T2 (recepționat în zona de servicii Strășeni), estimării practice și teoretice a gradului și naturii interferențelor semnalelor rețelei DVB-T2 SFN SISO, estimării preciziei de prognozare a

intensității câmpului rețelei digitale terestre (în condițiile reliefului și landşaftului RM) au fost trase următoarele concluzii:

1. În perioada anilor 2016-2019, Î.S. „Radiocomunicații” a dat în exploatare în RM primul multiplex național de TDT. Implementarea „MUX-A” a asigurat accesul la semnalul digital pentru aproximativ 95% din populația țării.

2. Pentru implementarea „MUX-A” au fost construite 6 rețele DVB-T2 SFN SISO: cluster Edineț; cluster Mândreștii Noi; cluster Trifești; cluster Strășeni; cluster Căușeni; cluster Cahul.

3. „MUX-A” a fost construit folosind infrastructura rețelelor terestre existente de radiodifuziune. În total au fost construite 23 de amplasamente de putere mare și medie.

4. În perioada anilor 2022-2023, „MUX-A” a fost extins în “zonele de umbră” ale RM. În acest scop au fost construite 60 de amplasamente de putere mică. Așadar, a fost asigurat accesul la semnalul multiplexului pentru 99% din populația țării și 99% din teritoriul țării.

5. Setările parametrilor tehnici de operare și configurare a multiplexului și, totodată, implementarea măsurilor tehnice de sincronizare a sistemului de transmisie asigură o funcționare stabilă și fiabilă a rețelelor de TDT din cadrul „MUX-A”.

6. Interferențele reciproce ale semnalelor informaționale într-o rețea terestră DVB-T2 SFN SISO practic sunt inevitabile. Ca urmare, parametrii de calitate ai semnalului recepționat au tendință spre deteriorare. Implementarea unui șir de măsuri tehnice ce țin de planificarea și implementarea rețelei, recepționarea corectă a semnalelor permit a minimiza și a compensa efectul acestor interferențe în sistem.

7. Indicii de calitate ai semnalului recepționat într-o rețea DVB-T2 SFN SISO corelează vizibil cu diferența dintre nivelurile semnalelor ajunse la intrarea receptorului. În cazul în care la intrarea receptorului ajung două semnale cu aceleași niveluri, valoarea nivelului sumar de intrare crește cu 3 dB. Totodată, în acest caz are loc degradarea maximală a semnalului recepționat.

8. Pentru recepția staționară a semnalului în zona de servicii a rețelei DVB-T2 SFN SISO este oportun a utiliza o antenă direcțională cu multe elemente, orientată strict în direcția unde de cădere cu cea mai înaltă intensitate. Proprietățile direcționale ale antenei de recepție vor permite a diminua efectul interferențelor reciproce ale semnalelor rețelei parvenite din alte direcții.

9. Utilizarea antenelor cu diagramă de directivitate circulară pentru recepția semnalelor într-un cluster DVB-T2 SFN SISO nu este recomandată, deoarece în acest caz fading-ul semnalului la bornele antenei de recepție și interferențele reciproce ale semnalelor vor atinge un nivel maximal.

10. În urma cercetărilor, modelele ITU-R P.1812-3 și ITU-R P.1546-5 au demonstrat o probabilitate de prognozare respectiv de 60% și 50% în diapazonul valorilor de precizie |  $E_{ITU-R}$  -

$E \leq 3$  dB și o probabilitate de prognozare respectiv de 80% și 70% în diapazonul valorilor de precizie  $|E_{ITU-R} - E| \leq 6$  dB.

11. Modelul ITU-R P.370-7 a demonstrat o precizie de prognozare mai joasă (în raport cu modelele ITU-R P.1812-3 și ITU-R P.1546-5), și anume, probabilitatea de prognozare 20% în diapazonul valorilor de precizie  $|E_{ITU-R} - E| \leq 3$  dB și probabilitatea de prognozare 50% în diapazonul valorilor de precizie  $|E_{ITU-R} - E| \leq 6$  dB.

12. În condițiile reliefului și landșaftului RM, la prognozarea ariilor de acoperire cu semnal de televiziune digitală terestră, este necesar a utiliza două recomandări: ITU-R P.1546-5 și ITU-R P.1812-3. În acest caz, recomandarea ITU-R P.1546-5 va permite identificarea mai clară a presupuselor hotare ale ariei de acoperire proiectate, iar metoda ITU-R P.1812-3 va face posibilă dezvoltarea mai detaliată a presupuselor “zone de umbră”.

## CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

În concluziile generale și recomandări sunt formulate rezultatele principale obținute în urma elaborării conceptuale și implementării primului multiplex de TDT în RM:

1. În procesul de elaborare conceptuală și implementare a rețelei de TDT în RM au fost efectuate un șir de testări și cercetări, și anume: estimarea parametrilor de calitate ai semnalului recepționat în zona de servicii a multiplexului; estimarea condițiilor de recepție a semnalului într-o rețea digitală terestră cu o singură frecvență; elaborarea unor recomandări în vederea recepției optime a semnalului multiplexului; estimarea preciziei prognozei ariilor de acoperire cu semnal digital terestru în condițiile RM. În urma testărilor și cercetărilor s-a ajuns la următoarele concluzii:

1.1. În urma măsurărilor instrumentale în teren prin intermediul mașinii specializate a Î.S.Radiocomunicații calitatea serviciilor prestate telespectatorilor este în limitele normei fiind apreciată ca bună.

1.2. Interferențele reciproce ale semnalelor informaționale într-o rețea terestră DVB-T2 SFN SISO practic sunt inevitabile. Ca urmare, parametrii de calitate ai semnalului recepționat au tendință spre deteriorare. Implementarea unui șir de măsuri tehnice ce țin de planificarea și implementarea rețelei, recepționarea corectă a semnalelor permit a minimiza efectul acestor interferențe în sistem.

1.3. Indicii de calitate ai semnalului recepționat într-o rețea DVB-T2 SFN SISO corelează vizibil cu diferența dintre nivelurile semnalelor ajunse la intrarea receptorului. În cazul în care la intrarea receptorului ajung două semnale cu aceleași niveluri, valoarea nivelului sumar de intrare crește cu 3 dB (în raport cu [dBm]). Totodată, în acest caz, are loc degradarea maximală a semnalului recepționat. Pe măsură ce diferența dintre nivelurile semnalelor de la intrarea receptorului crește, intensitatea interferențelor reciproce ale semnalelor scade.

1.4. În urma estimării preciziei de prognoză a intensității câmpului (în condițiile reliefului și landșaftului teritoriului RM) modelele ITU-R P.1812-3 și ITU-R P.1546-5 au demonstrat o probabilitate de prognoză respectiv de 60% și 50% în diapazonul valorilor de precizie  $|E_{ITU-R} - E| \leq 3$  dB. Acest șir de valori prognozate poate fi considerat aproape perfect, deoarece poate fi comparat cu valoarea de eroare a măsurărilor ( $\pm 2.5$  dB). Totodată, modelele ITU-R P.1812-3 și ITU-R P.1546-5 au demonstrat o probabilitate de prognoză respectiv de 80% și 70% în diapazonul valorilor de precizie  $|E_{ITU-R} - E| \leq 6$  dB.

2. Pentru implementarea „MUX-A” au fost stabiliți următorii parametri de operare și configurare a sistemului: DVB-T2, Sistem B, SFN, SISO, Multi-PLP; lățimea de bandă a canalului 8 MHz; regimul frecvențelor purtătoare 32K extended; parametrii fluxului PLP\_0 - constelația

semnalului QAM-16, viteza codului de protecție – 3/4; parametrii fluxului PLP\_1 - constelația semnalului QAM-256, viteza codului de protecție – 2/3; șablonul frecvențelor-pilot PP4; sistemul de codare H. 264. Capacitatea sistemului configurat constituie 30.1 Mb/s și permite a transmite 12 programe TV în format SD.

3. Pentru prognozarea ariilor de acoperire a „MUX-A” a fost selectată recomandarea internațională ITU-R P.1546. Totodată, a fost stabilită valoarea intensității minime mediane a câmpului  $E_{med} = 54.7 \text{ dB}\mu\text{V/m}$  pentru frecvența 650 MHz. Proiectarea zonelor de acoperire cu semnalul DVB-T2 a fost efectuată pentru recepția fixă a semnalului, cu condiția suspendării antenei de recepție la o înălțime de 10 m de la suprafața solului.

4. În urma sintezei parametrilor de operare și configurare a sistemului au fost atinse următoarele obiective tehnice: funcționarea fiabilă a „MUX-A” în condițiile când semnalul ajunge în punctul de recepție din diferite direcții; utilizarea eficientă a spectrului frecvențelor radio; asigurarea capacității maxime a sistemului în cadrul setului parametrilor de configurare; ajustarea locurilor de amplasare a stațiilor de emisie terestră digitală la infrastructura rețelelor terestre existente.

5. „MUX-A” a fost construit în perioada anilor 2015-2019. În timpul construcției s-au implementat următoarele componente tehnice ale sistemului: stația de codare și multiplexare a conținutului audiovizual „Head End”; stația „T2 Gateway” de generare a fluxului digital T2-MI; rețeaua IP de distribuție a fluxului digital T2-MI; 6 rețele DVB-T2 SFN SISO (zonele de servicii Edineț, Mândreștii Noi, Trifești, Strășeni, Căușeni, cluster Cahul); elementele de sincronizare a multiplexului. Pentru implementarea rețelelor DVB-T2 SFN SISO pe infrastructura rețelelor terestre existente s-au construit 23 site-uri de emisie digitală terestră de putere mare, medie și mică.

Așadar, în prima etapă de construcție a multiplexului național de TDT a fost asigurat accesul la semnalul DVB-T2 a 95% din populația țării.

6. În următoarea etapă de construcție „MUX-A” a fost necesar a extinde semnalul DVB-T2 în “zonele de umbră”. În acest scop, a fost cercetată posibilitatea utilizării pentru emisia semnalului în “zonele de umbră” a retranslatoarelor specializate de tipul  $f_1/f_1$ , așa-numitele Gap Fillere. În urma cercetărilor s-a demonstrat că în “zonele de umbră” ale RM aplicarea Gap Fillerelor pe infrastructura existentă a Î.S. „Radiocomunicații” nu este posibilă din următoarele motive:

a) în „zonele de umbră” trebuie folosite antene omnidirecționale de emisie, iar (în acest caz) nivelul corespunzător de izolare a semnalului poate fi asigurat numai prin majorarea distanței pe verticală dintre antenele de recepție și emisie;

b) nivelul adecvat de izolare a semnalului nu poate fi asigurat din cauza înălțimii reduse a pilonilor existenți  $H = 27 \text{ m}$ ;



c) din cauza nivelului mic al semnalului de la intrarea antenei de recepție va fi complicat a reduce raportul ecou/semnal la intrarea Gap Filler-ului.

7. În urma cercetărilor a fost propusă o metodă alternativă de emisie a semnalului în “zonele de umbră” ale RM. S-a propus: a folosi infrastructura rețelelor de fibră optică existente pentru transmiterea fluxului de date T2-MI până la intrarea site-urilor DVB-T2. Aplicarea practică a acestei propunerii a permis a elimina Gap Filler-ele, iar emisia semnalului DVB-T2 a fost organizată prin intermediul emițătoarelor de mică putere, care sunt cu cca 30% mai ieftine decât Gap Filler-ul. În consecință, a dispărut necesitatea de a reconstrui pilonii existenți H = 27 m sau de a construi piloni noi cu înălțimea de circa 40-50 m. Luând în considerație că în “zonele de umbră” amplasate în lunca râurilor Prut, Răut și Nistru au trebuit instalate cca 60 de stații DVB-T2, cheltuielile operaționale și timpul necesare pentru finisarea procesului de implementare a „MUX-A” s-au redus semnificativ (la maxim).

8. Începând cu luna iunie 2022, s-a inițiat construcția stațiilor de emisie digitală terestră în “zonele de umbră”. La finele anului 2022 au fost instalate 30 de emițătoare de mică putere. În primul semestru al anului 2023 au fost construite încă 30 de amplasamente. Accesul populației la serviciile noi de TD a atins valoarea de cca 99% din teritoriul țării și 99% din populația țării.

9. Utilizarea rețelelor IP pentru furnizarea semnalului de intrare T2-MI în „zonele de umbră” a permis (simultan cu emisia semnalului DVB-T2) a monitoriza la distanță parametri tehnici ai emițătoarelor DVB-T2, precum și monitorizarea video a stațiilor de emisie digitală de mică putere.

10. Folosirea infrastructurii rețelelor terestre existente pentru construcția „MUX-A” a permis a reduce în mod semnificativ (la maxim) cheltuielile operaționale și timpul necesare pentru implementarea proiectului. Au fost atinse obiectivele generale ale cercetării – elaborarea conceptuală și implementarea rețelei de televiziune digitală terestră în RM eficientă din punct de vedere tehnic, tehnologic și economic.

11. Din punct de vedere tehnologic și legislativ, RM s-a aliniat la noi standarde în domeniul TD, de rând cu cele mai dezvoltate țări europene, și în prezent depune eforturi pentru implementarea standardului de compresie de ultimă generație H.265.

12. Implementarea TDT în RM a sporit esențial accesul populației țării la informație și a permis îmbunătățirea semnificativă a calității serviciului prestat.

13. Efectuarea acestei cercetari a fost posibilă grație echipamentelor de emisie si de măsură ale Î.S.Radiocomunicații cit și specialiștilor care au participat activ la fiecare etapa a cercetarii prin efectuarea masurarilor atât în regim de laborator, cit si în regim mobil în teritoriu. În rezultatul implicării active, rezultatele calculate si cele masurate au stat la baza luarii unor decizii privind

implementarea regimurilor de funcționare (multi PLP, SFN SISO) a rețelei, cât și selectarea tehnologiei de acoperire a zonelor de umbră ale Republicii Moldova).

**Recomandări:**

14. Pentru recepția staționară a semnalului într-o rețea DVB-T2 SFN SISO se recomandă a utiliza o antenă direcțională cu multe elemente, care va fi strict orientată în direcția unde de cădere cu cea mai înaltă intensitate. Proprietățile direcționale ale antenei de recepție vor permite a diminua efectul interferențelor reciproce ale semnalelor rețelei parvenite din alte direcții.

15. În condițiile RM, pentru prognozarea ariilor de acoperire cu semnal de radiodifuziune terestru se recomandă a utiliza în comun recomandările ITU-R P. 1546 și ITU-R P. 1812. În acest caz, recomandarea ITU-R 1546 va permite a evidenția mai clar presupusele hotare ale ariei de acoperire, iar recomandarea ITU-R 1812 va permite a evidenția mai clar presupusele “zone de umbră”.

## BIBLIOGRAFIE

1. *International Telecommunication Union*. 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 MHz and 470-862 MHz (RRC-06), p.1, 6, 24; p.72, 73-74, 80, 107-188.
2. *Справочник по внедрению сетей и систем цифрового наземного телевизионного вещания*. Издание 2016 года, МСЭ-R, сс. 1-6, 13, 17, 21-22, 24, 28-29, 31, 33-34, 37.
3. **IACOB, M., DEMCIUC, Iu., AVRAM, I.** *Laboratorul de televiziune digitală din cadrul UTM*. Proceedings of the 6th International Conference on Telecommunications, Electronics and Informatics, May 24-27, 2018, Chişinău, Moldova, pp.176-178. ISBN 978-9975-45-540-4.
4. ЛОКШИН, Б.А. *Цифровое вещание: от студии к зрителю*. Москва: Компания САЙРУС СИСТЕМС, 2001, pp. 33-34, 77, 95-102, 108-112, 117-118, 132-137, 143-144, 149-150, 156,161-164, 166-173. ISBN: 5-88230-049-5.
5. ATSC Digital Television Standard, Part 1 – Digital Television System, Doc. A/53 Part 1:2013, 7 august 2013.
6. ABNT NBR 15601:2007. Digital terrestrial television – Transmission system.
7. SHIM, J.P., SEUNGJAE, S., MARTIN, B.H. Weiss. Digital Multimedia Broadcasting (DMB): standards, competition, and regulation in South Korea. In: *Journal of Information Technology Theory and Application (JITTA)*, 8:2, 2006.
8. Site-ul oficial al consorțiului international DVB Project, <https://dvb.org/membership/>, accesat 04.12.2024.
9. *European Standard (Telecommunications series)*, ETSI EN 302 304 V1.1.1 (2004-11). Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H).
10. *European Standard (Telecommunications series)*, ETSI EN 302 307 V1.2.1 (2009-08). Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications (DVB-S2).
11. *European Standard (Telecommunications series)*, Draft ETSI EN 302 769 V1.1.1 (2009-07) Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital transmission system for cable systems (DVB-C2).
12. *European Standard ETSI EN 300 744 V1.6.2 (2015-10)*. Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television.
13. ETSI TR 101 190 “Implementation guidelines for DVB terrestrial services; Transmission aspects”.

14. FISCHER, Walter. Digital Video and Audio Broadcasting Technology. A practical Engineering Guide. Third Edition. DOI 10.1007/978-3-642-11612-4. Springer Heidelberg Dordrecht London New York. © Springer-Verlag Heidelberg Berlin Heidelberg 2003, 2007, 2010, p. 242, 31-34, 38-41, 136-139, 145-146, 347-354, 360-362, 424, 496, 612-613, 687-727. ISSN 1860-4862; ISBN 978-3-642-11612-4.

15. ETSI TS 102 831 V1.1.1 (2010-10). Technical Specification Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2).

16. Site-ul oficial al consorțiului international DVB Project, <https://dvb.org/solutions/dtt-deployment-data/>, accesat 02.12.2024.

17. MENDICUTE, M., SOBRÓN, I., MARTÍNEZ LORENA and OCHANDIANO, P. DVB-T2: New Signal Processing Algorithms for a Challenging Digital Video Broadcasting Standard, Floriano De Rango (Ed.), February 2010. In: *Tech Open Journals*, SCIYO.COM, p. 186-187, 193-194, 196, 200-201. ISBN: 978-953-7619-70-1.

18. Agenția Națională pentru Reglementare în Comunicații Electronice și Tehnologia Informației: Licență Seria AC nr. 000476.

19. Anexă la Hotărârea Consiliului de Administrație a Agenției Naționale pentru Reglementare în Comunicații Electronice și Tehnologia Informației: Condiții speciale de licență pentru utilizarea frecvențelor/canalelor din banda de frecvențe [470-694 MHz] în scopul furnizării rețelelor și serviciilor de comunicații electronice în sistemul digital terestru de televiziune, multiplexul național A.

20. ЯКОБ, М.И., ДЕМЧУК, Ю.И., АВРАМ, И.А. *Сравнительная оценка качественных показателей принятого сигнала в зоне обслуживания одночастотной сети DVB-T2*. Digital Technologies: Collection / Ucr. Odessa: O.S. Popov Odessa National Academy of Telecommunications, 2017, No. 21, pp. 116-128. ISSN 2307-9754.

21. JORDI, PUIG, BOU. Physical Layer Statistical Multiplexing for the Second Generation Digital Terrestrial TV Standard DVB-T2. Director 1: David Gómez Barquero, Director 2: Irek Defee, Director 3: Narcís Cardona Marcet. Start Date: 1/09/2010. Workplace: Mobile Communications Group of iTEAM and Signal Processing Department of Tampere University of Technology (TUT), Finland. Uvinersidad Politehnica de Valencia, Departamento de comunicaciones, pp. 5-6, 7-12, 17-21.

22. КОВАЛГИН, Юрий, САНТУШ, Виржилио. Современное состояние и тенденции развития цифрового телевидения и радиовещания в мире. Информация и космос. In: *Радиотехника и связь*, № 2, 2017.

23. Televiziunea digital terestră în România, Autoritatea Națională pentru Administrare și Reglementare în Comunicații, [ancom.ro/televiziune-digitala-terestra\\_5334](http://ancom.ro/televiziune-digitala-terestra_5334), accesat 05.12.2024.
24. MARTIAN, Alexandru, DAMBEANU, Melania, OPREA, Cristina, Member Calin VLADANU and MARGHESCU Ion. DVB-T2 Radio Coverage Analysis in Romania. 2017 25th Telecommunication Forum (TELFOR), 21-22 November 2017.
25. Televiziunea digitală terestră în România, DVB-T2, Multiplexuri naționale, Rețeaua Mux 1, Lista amplasamentelor pentru Mux 1, [ro.wikipedia.org/wiki/Televiziunea\\_digitală\\_terestră\\_în\\_România](http://ro.wikipedia.org/wiki/Televiziunea_digitală_terestră_în_România), accesat 16.05.2024.
26. New Media Framework for Australian digital television, Media Release 086/06 13 July 2006, <https://informitv.com/2006/07/14/new-media-framework-for-australian-digital-television/>, accesat 05.12.2024.
27. Jock, GIVEN. Submission to the Senate Environment, Communications, Information Technology and the Arts Committee. Inquiry into Broadcasting Services Amendment (Media Ownership) Bill 2006 & related bills. 25 September 2006.
28. 2024 Free TV Australia. ACN 101 842 184, <https://www.freetv.com.au/what-we-do/technology-innovation/>, accesat 04.12.2024.
29. Giles, TANNER. RadioComms, 2018. Australian Government, Australian Communications and Media Authority, <https://www.acma.gov.au/publications/2018-10/speech/giles-tanner-radcomms-2018>, accesat 05.12.2024.
30. EBU: Operating Eurovision and Euroradio. TR 029, DVB-T2 Single Frequency Networks and Spectrum Efficiency, Technical Report, Geneva November 2014, p. 9-12, 24, 95-104.
31. Alessandro, D'ARMA. Italian Television in the Multichannel Age. The International Journal of Research into New Media Technologies. Change and Continuity in Industry Structure, Programming and Consumption. Vol 16(2): 201–215, 2010.
32. Legea nr. 69-XVI din 27 martie 2008. Art.247. In: *Monitorul Oficial al Republicii Moldova*, nr. 74-75, 2008.
33. *Pentru aprobarea Programului privind tranziția de la televiziunea analogică terestră la cea digitală terestră*. Hotărârea Guvernului Republicii Moldova nr.240 din 08.05.2015. Art. 352. In: *Monitorul Oficial*, 05.06.2015, nr. 139-143.
34. **IACOB, M.**, DEMCIUC, Iu., BELENIUC, C., AVRAM, I. *Trecerea Republicii Moldova la televiziunea digitală terestră – un imperativ al timpului*. Proceedings of the 9th International Conference „Microelectronics and Computer Science” & The 6th Conference of „Physicists of Moldova”: The 50th anniversary of Computers, Informatics and Microelectronics

Faculty & Telecommunications Faculty, October 19-21, 2017, p. 340-343. Chișinău, Moldova. ISBN 978-9975-4264-8-0.

35. *Cu privire la aprobarea Programului de management al spectrului de frecvențe radio pe anii 2013-2020*. Hotărârea Guvernului Republicii Moldova nr.116 din 11 februarie 2013. In: *Monitorul Oficial*, nr.31-35/161 din 15.02.2013.

36. GOSTA, M., S. KRESIMIR. *Digital Dividend after the Transition to DVB-T2*. *Proceedings ELMAR-2012*, 12-14 September 2012. Print ISSN: 1334-2630.

37. KATALINIC MUCALO, A., M. KRESIMIR, DRAZIC LUTILSKY, I. *Impacts and Benefits of Transition to DVB-T2 and Assignment of Second Digital Dividend*. International Symposium ELMAR, 12-14 September 2016. Print ISSN: 1334-2630.

38. Anexa nr.2 la Hotărârea Guvernului Republicii Moldova nr. 240/2015 din 08.05.2015, pentru aprobarea Programului privind tranziția de la televiziunea analogică terestră la cea digitală terestră, nr. d/o 5.2.

39. LOMAKIN, A., PETROSYANTS, V., STETSENKO, G., KANTUR, V., STATSENKO, V. *Modeling Single-Frequency DVB-T2 Network*. International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), 06-09 October 2020, Vladivostok, Russia.

40. СОМОВ, А.М., КОПЧЕВ, С.Ф. *Спутниковые системы связи*. Москва: Горячая линия–Телеком, 2018, pp. 138-142. ISBN: 978-5-9912-0225-1.

41. **IACOB, Mihail**, DEMCIUC, Iu. *The Transition of the Republic of Moldova to Digital Terrestrial Television*. Digital Technologies: Collection / Ukr., Odessa: O.S. Popov Odessa National Academy of Telecommunications, 2016, No. 20, pp 97-104. ISSN 2307-9754.

42. *Telecommunication Standardization Sector of ITU (02/2000)*. Series H: Audiovisual and Multimedia Systems. Infrastructure of audiovisual services – Coding of moving video. Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information: Video. ITU-T Recommendation H.262.

43. ЛЕВЧЕНКО, В.Н. *Спутниковое телевидение*. Санкт-Петербург: Издательство БХВ, 1999, pp.56-63. ISBN: 5-8206-0062-22.

44. *Standardization Sector of ITU (08/2021)*. Series H: Audiovisual and Multimedia Systems. Infrastructure of Audiovisual Services – Coding of moving video. Advanced video coding for generic audiovisual services. Recommendation ITU-T H.264.

45. СМЕРНОВ, А.В. *Основы цифрового телевидения*. Москва: Горячая линия–Телеком, 2001, pp. 132-136. ISBN: 5-93517- 059-0.

46. *International Telecommunication Union*. Standardization Sector. Recommendation ITU-T H.265 (V9) (09/2023). Series H: Audiovisual and multimedia systems Infrastructure of audiovisual services – Coding of moving video. High efficiency video coding.

47. Рекомендация МСЭ-R, ВТ.2073-0 (02/2015). *Использование стандарта высокоэффективного кодирования видеосигнала (HEVC) для радиовещания в формате ТСВЧ и ТВЧ Серия ВТ. Радиовещательная служба (телевизионная)*.

48. Hotărâre nr.52 din 01.02.2017 privind modificarea și completarea Anexei nr. 1 la Hotărârea Guvernului nr. 240 din 8 mai 2015, Art. 91. In: *Monitorul Oficial*, nr. 30-39, 03.02.2017.

49. Final draft ETSI EN 302 755 V1.2.1 (2010-10). European Standard (Telecommunications series): Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2).

50. MAKSIMOVIĆ-MOIĆEVIĆ, Sanja, ŠIKANJA-MARKOVIĆ, Danijela, TRPOVSKI, Željien. *Single Frequency Networks for DVB-T and Evolution Towards DVB-T2*. Scientific Technical Review, 2010, vol.60, No.3-4, pp. 93-98.

51. ГЕПКО, И.А., ОЛЕЙНИК, В.Ф., ЧАЙКА, Ю.Д., БОНДАРЕНКО, А.В. *Современные беспроводные сети: состояние и перспективы развития*. Киев: ЕКМО, 2009, сс. 86-87, 114-120. ISBN: 978-966-2153-30-9.

52. NICOLAESCU, Ștefan-Victor, MUREȘAN, Cătălin, CIURTIN, Mihaela. *Sisteme de acces radio de bandă largă conforme standardelor IEEE 802*. București: Editura AGIR, 2006, pp.127-128. ISBN: 973-720-046-2.

53. БУДЫЛИНА, Н.В., ШУВАЛОВ, В.П. *Сетевые технологии высокоскоростной передачи данных*. М.: Горячая линия–Телеком, 2018, сс. 28-31. ISBN: 978-5-9912-0536-8.

54. Tampere University of Technology, Department of Communications Engineering, Md. Sarwar Morshed. Synchronization Performance in DVB-T2 System. Master of Science Thesis, Subject approved by the Council of the Faculty of Computing and Electrical Engineering on 04.03.2009. Supervisors: Lic. Tech. Jukka Rinne, Dr. Ali Hazmi, pp. 4-7, 29-30, 32-39.

55. RUCKVERATHAM, Bundit, PROMWONG, Sathaporn. *Evaluation of SFN Gain for DVB-T2*. International Conference on Digital Arts, Media and Technology (ICDAMT), 01-04 March 2017, Chiang Mai, Thailand.

56. POLAK, Ladislav, BARTA, Vojtech, KUFA, Jan, SIMKA, Marek, ZEDKA, Radim, SOTNER, Roman, DHAKA, Arvind. *Single Frequency Networks for DVB-T2: Analysis of Real Case Scenarios in Czech Republic*. 2023 33rd International Conference Radioelektronika (RADIOELEKTRONIKA), 19-20 April 2023, Pardubice, Czech Republic.

57. CAIWEI, Li, SATO, Telemi, XIAOLIN, Zhang, BRUGGER, Roland, ANGULO, Itziar and ANGUEIRA, Pablo. *Planning Large Single Frequency Networks for DVB-T2*. In: *IEEE Transactions on Broadcasting*. Volume: 61, Issue: 3, September 2015, pp. 376-387.

58. Department of Systems Engineering Department of Electrical Engineering. Master thesis. *Design of a DVB-T Receiver for SFN on a DSP-Processor*. Degree project carried out in Computer Science at Linköping University of Technology by Erik Häggglund, LiTH-ISY-EX - 12/4640 - SE Linköping 2012.

59. ЛОХВИЦКИЙ, М.С., СОРОКИН, А.С., ШОРИН, О.А. *Мобильная связь: стандарты, структуры, алгоритмы, планирование*. Москва: Горячая линия–Телеком, 2018, pp. 24-26. ISBN: 978-5-9912-0757-7.

60. МАМЧЕВ, Г.В. *Особенности функционирования синхронной региональной сети эфирного цифрового телерадиовещания*. Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, УДК 621.397.6, 2012, p. 64.

61. ІАСОВ, М.І., DEMCIUC, I.I., AVRAM, I.A. *Practical Experience in the Configuration and Implementation of SFN DVB-T2 Clusters in the Republic of Moldova*. Digital Technologies: Collection/Ukr., Odessa: O.S. Popov Odessa National Academy of Telecommunications, 2018, No. 23, pp 104-117. ISSN 2307-9754.

62. ЯЦКИЙ, Д.В. *DVB-T2 SFN. Особенности и отличия от DVB-T*. Теле-Спутник, ноябрь, 2011.

63. ETSI TS 102 773 V1.4.1 (2016-03). Digital Video Broadcasting (DVB); Modulator Interface (T2-MI) for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2).

64. MORGADE, J., ANGUEIRA, P., ARRINDA, A., ORDIALES, J.L., BRUGGER, R., FRANK, J., KUNERT, C., PFEFFER, R. *DVB-T2 MISO/SISO Receiver Performance Limits in Single Frequency Networks: Practical Results*. IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB), 05-07 June 2013, London, UK. Electronic ISBN: 978-1-4673-6047-0.

65. KARYAKIN, V.L. *Problems of Exploitation of the DVB-T2 Transmitters Standard in Russia*. International Conference on Engineering Management of Communication and Technology (EMCTECH), 20-22 October 2020, Vienna, Austria.

66. TORMOS, M., TANOUGAST, C., DANDACHE, A., VERLAINE, P., MASSE, D., KASSER, P. *Evaluation performance analysis of DVB-T2 in a SFN Network*. 5th International Symposium On I/V Communications and Mobile Network. ISBN: 978-1-4244-5998-8, IEEE Xplore.



67. БЫКОВ, В.В., АЛЬ-МЕРШАХИ, С.М. Улучшение синхронизации OFDM сигналов в системе DVB-T2. T-Comm. In: *Телекоммуникации и транспорт*, 2016, № 6, сс. 21-26. Том 10.

68. IACOB, M., DEMCIUC, Iu. *Elemente de sincronizare a semnalului informațional în rețelele DVB-T2 cu o singură frecvență*. Lucrările Conferinței tehnico-științifice a studenților, masteranzilor și doctoranzilor, Secția Electronică și Telecomunicații, 26-29 martie 2019, volumul I, pp.4-7. Chișinău, Moldova. ISBN 978-9975-45-588-6.

69 IACOB, M., DEMCIUC, Iu. *Elements of Synchronous DVB-T2 Network. Proceedings of the International Conference: 2019 Systems Of Signal Synchronization, Generating And Processing In Telecommunications (SYNCHROINFO)*, 01-03 July 2019. P.G. Demidov Yaroslavl State University, Russia, Yaroslavl, Xplore Digital Library, <https://ieeexplore.ieee.org/document/8814170>, pp.1-7. ISBN 978-1-7281-3238-9.

70. БЫХОВСКИЙ, М.А., ДОТОЛЕВ, В.Г., ЛАШКЕВИЧ, А.В., НОСОВ, В.И., РИХТЕР, С.Г., СОРОКИН, Г.И., ТАРАСОВ, С.С. *Основы частотного планирования сетей телевизионного вещания*. Москва: Издательство “Горячая линия–Телеком”, 2015..

71. КАРЯКИН, В.Л. Фазовая синхронизация информационного сигнала в передатчиках одночастотных сетей цифрового ТВ вещания стандарта DVB-T2. In: *Телекоммуникации и транспорт*, № 8, 2014, с.52.

72. КОРЖИХИН, Е.О. Особенности построения одночастотных сетей в новом стандарте цифрового вещания DVB-T2. In: *Телекоммуникации и транспорт*, № 9, 2010, с.3.

73. CAIWEI, Li, SATO, T., ANGUEIRA, P., BRUGGER, R., ZHANG, X., MORGADE, J., PEÑA, I., ARRINDA, Amaia, ZHANG, Z. *Optimal DVB-T2 Network Planning using Theoretical SFNs*. 2014 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMCB) 25-27 June 2014, Beijing, China, ISBN: 978-1-4799-1654-2.

74. ВЕХНЕТ, К., ELSON, Agastra, SHKELZEN, C. *DVB-T2 Coverage Area in Albanian Allotments using existing Analog TV Transmitting Antennas*. 2018 26<sup>th</sup> International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM), 13-15 September 2018, Electronic ISSN: 1847-358X.

75. IACOB, M., DEMCIUC, Iu., AVRAM, I. *Selectarea modelului de calcul și proiectarea rețelei DVBT-2 în Republica Moldova*. Proceedings of the 9th International Conference „Microelectronics and Computer Science” & The 6th Conference of „Physicists of Moldova”: The 50th anniversary of Computers, Informatics and Microelectronics Faculty & Telecommunications Faculty, October 19-21, 2017, p. 171-176. Chișinău, Moldova. ISBN 978-9975-4264-8-0.

76. *Technical Planning Parameters and Methods for Terrestrial Broadcasting*. Australian Broadcasting Authority, Canberra, april 2004, p.4.

77. *Report ITU-R BT.2254-3 (03/2017)*, Frequency and network planning aspects of DVB-T2, BT Series Broadcasting service (television).

78. *Recommendation ITU-R P.370-7, VHF and UHF propagation curves for the frequency range from 30 MHz to 1000 MHz*, Broadcasting services (Question ITU-R 203/3) (1951-1953-1956-1959-1963-1966-1974-1978-1982-1986-1994-1995).

79. Рекомендация МСЭ-R P.1546-4 (10/2009): *Метод прогнозирования для трасс связи „пункта с зоной” для наземных служб в диапазоне частот от 30 до 3000 МГц*. Серия Р, Распространение радиоволн.

80. Рекомендация МСЭ-R P.1812-4 (07/2015): *Метод прогнозирования распространения сигнала на конкретной трассе для наземных служб „из пункта в зону” в диапазонах частот УВЧ и ОБЧ*. Серия Р, Распространение радиоволн.

81. ANEDDA, M., ANEDDA, A., MURRONI, M. *Coverage Optimization for DVB-T2 SFNs Using ITU-R P.1546 and ITU-R P.1812*. 2015 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting, 17-19 June 2015, Ghent, Belgium. Electronic. ISBN: 978-14799-5865-8.

82. MORGADE, Javier, ANGUEIRA, Pablo, ARRINDA, Amaia, PFEFFER, Ralf, STEINMANN, Volker, JÜRGEN Franc and BRUGGER, Roland. *SFN-SISO and SFN-MISO Gain Performance Analysis for DVB-T2 Network Planning*. In: *IEEE Transactions on Broadcasting*. Volume 60, p. 272-286. Issue: 2, June 2014.

83. POLAK, L., KALLER, O., TOCHVIL, T. *SISO/MISO Performances in DVB-T2 and Fixed TV Channels*. 2015 38th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP), 09-11 July 2015, Prague, Czech Republic.

84. MORGADE, Javier, ANGUEIRA, Pablo, MARTINEZ, Ariane, BRUGGER, Roland, PFEFFER, Ralf, STEINMANN, Volker. *A measurement-based methodology for the DVB-T2 MISO/SISO gain characterization in experimental networks*. 2013 International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications (ICEAA), 09-13 September, Turin, Italy.

85. **IACOB, M.**, Demciuc, Iu., Avram, I. *Particularities of the Implementation of Terrestrial Digital Television in the Republic of Moldova*. Abstract. Proceedings of the 10th International Conference on Electronics, Communications and Computing, Chişinău, Republic of Moldova, October, 23-26, 2019, p. 81. ISBN 978-9975-108-84-3.

86. **IACOB, M.**, Demciuc, Iu., Avram, I. *Конфигурация технических параметров одночастотных DVB-T2 сетей*. Сборник трудов XIII Международной научно-технической

конференции „Технологии информационного общества”. Москва: МТУСИ, 20-21 марта 2019 г., том 1, pp.190-194.

87. ЕГОРОВ, Е.И., КАЛАШНИКОВ, Н.И., МИХАЙЛОВ, А.С. *Использование радиочастотного спектра и радиопомехи*. Москва: Радио и связь, 1986, р. 84-86.

88. KARYAKIN, V.L. *Ways to Develop Regional DVB-T2 Standard Networks in Russia*. 2021 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO), 30 June 2021 - 02 July 2021, Kaliningrad, Russia.

89. УДК 621.396.6:621.397. ПОПОВ, А.С. *Применение методов Окамура-Хата и введенского для расчета зон покрытия цифровых телевизионных передатчиков*. Доклады ТУСУРа, № 2 (22), часть 2, декабрь 2010, с.176. Электроника. Измерительная техника Радиотехника и Связь

90. SATO, Telemi, BRUGGER, Roland, PEÑA, Ivan, ANGUEIRA, Pablo. *A Comparison Between Theoretical And Practical Planning Approaches For DVB-T2 Single Frequency Networks*. 2015 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting, 17-19 June 2015, Ghent, Belgium, Electronic ISBN:978-14799-5865-8.

91. KREŠIMIR, Ruščić, SKENDEROVIĆ, Andrej. *Measurements and Propagation Model Tuning in DVB-T2 Network*. Proceedings ELMAR-2014, 10-12 September 2014, Electronic ISBN: 978-953-184-199-3. Print ISSN: 1334-2630.

92. Bundit Ruckveratham and Sathaporn Promwong. *Performance Evaluation of DVB-T2 Propagation for Fixed Reception*. 2016 13th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), 28 June 2016 - 01 July 2016, Chiang Mai, Thailand.

93. JULIANAWATI, Lila, A'YUN, Qurrota, ERSTE ANGGRAENI, Martianda, ROSIYAH Faradisa. *Performance Evaluation of DVB-T2 TV Broadcast For Fixed Reception*. 2019 International Electronics Symposium (IES), 27-28 September 2019, Surabaya, Indonesia.

94. ETSI TR 101 290 V1.2.1 (2001-05). *Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems*.

95. КУШНИР, Ф.В., САВЕНКО, В.Г., ВЕРНИК, С.М. *Измерения в технике связи*. Москва: Издательство „Связь”, 1976.

96. *A practical Engineering Guide*. PROMAX, Signal description, A1.1 Digital signals, A1.1.2 Digital Terrestrial Television Second Generation (DVB-T2 standard/COFDM modulation), DVB-T2 Measurements, May 2016.

97. IACOB, M., Demciuc, Iu., Avram, I. *Сравнительная оценка качественных показателей принятого DVB-T2 сигнала в SFN сети*. Proceedings of the 6th International

Conference on Telecommunications, Electronics and Informatics, May 24-27, 2018, Chişinău, Moldova, pp.185-190. ISBN 978-9975-45-540-4.

98. Electronic Warfare and Radar Systems Engineering Handbook. NAWCWPNS TP 8347. 1 April 1997 w/Rev 2 of April 1999.

99. **IACOB, M.** *The Choice of DVB-T2 Signal Transmission Technology in The Shadow Areas of The Republic of Moldova.* Proceedings of the 12th International Conference on Electronics, Communications and Computing, 20-21 October 2022, Chisinau, Republic of Moldova. ISBN 978-9975-45-898-6.

100. 1326 Journal of Internet Technology, Volume 21 (2020) No.5, An Efficient Filtering Technique of Gap Filler System for Multi-standards Digital Terrestrial TV in an SFN, El Miloud Ar-Reyouchi.

101. Site-ul oficial Elenos Group, The Technological Leadership of the Elenos Group: Echo Cancellation: You have Gaps, we have answers! <https://www.elenos.com/ru/elenos-world/echo-cancellation-elenos-technological-leadership/>, accesat 03.06.2024.

102. (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 11, No. 2, 2020, Very High-Performance Echo Canceller for Digital Terrestrial Television in Single Frequency Network, El Miloud Ar-Reyouchi, Yousra Lamrani, Kamal Ghoumid, Salma Rattal.

103. Technical Ocumentation Digital SFN Repeater type: Halo 10-25 W Elti Panonska 23 9250 Gornja Radgona Slovenia.

104. R&S®TLU9 Low-Power UHF Transmitter and GapFiller Family.

105. GATES AIR, Ultra-Compact Series, UHF/VHF Broadcast Transmitters, User manual, DOCX-00014-D, December 2021, p. 28.

106. **IACOB, M.,** Demciuc, Iu., Avram, I. *Comparative Evaluation of Received Signal Parametrs in SFN DVB-T2 Service Area.* Proceedings of the International Conference: 2018 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO), 4-5 July 2018, Belarusian State Academy of Communications, Belarus, Minsk. IEEE Xplore Digital Library, <https://ieeexplore.ieee.org/document/8456937>, p 1-6. ISBN 978-1-5386-6474-2.

107. KARYAKIN, VI. L. *Evaluation of Efficiency of Fighting with Interference Distortion in Single-Frequency Networks of TV Broadcasting.* 2017 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SINKROINFO), 03-04 July 2017, Kazan, Russia.

108. LOMAKIN, A., PETROSYANTS, V., KANTUR, V., STATSENKO, V., STETSENKO, G. *Modeling and Evaluation of Intra-System Interference in DVB-T2 Single-Frequency Networks*. 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), 01-04 October 2019, Vladivostok, Russia.

109. **IACOB, Mihail**, DEMCIUC, Yurie, AVRAM, Ion. Parameters Estimation of Received Signal In Single-Frequency Network DVB-T2. Technical University of Moldova. In: *Journal of Engineering Science*, September, 2020, vol.XXVII (3), pp.90-101. ISSN 2587-3474.

110. **IACOB, M.**, DEMCIUC, Iu. *Practical Assessment of the Total Field Strength at the Receiving Point of the Synchronous DVB-T2 Network*. Proceedings of the 22th International Conference: 2019 Wave Electronics and Its Application in Information and Telecommunication Systems, 03-07 June 2019, St. Petersburg, State University of Aerospace Instrumentation (SUAI), Russia, St. Petersburg, <https://ieeexplore.ieee.org/document/8840656>, pp.1-9. ISBN 978-1-7281-2288-5.

111. EIZMENDI, Iñaki, PRIETO, Gorka, BERJON-ERIZ, Manuel, VELEZ, M., AMAIA, Arrinda, ANGUEIRA, Pablo. *DVB-T2 Performance in Presence of Multipath Laboratory Tests*. 2011 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB), 08-10 June 2011, Nuremberg, Germany.

112. **IACOB, M.**, DEMCIUC, Yurie I. *Research Opportunity To Estimate The Energy Gain Of The Received Signal Of The Cluster DVB-T2 SFN SISO*. The 11th International Conference on Electronics, Communications and Computing, 21-22 October, 2021 Chisinau, Republic of Moldova, p. 224. ISBN 978-9975-45-776-7.

113. **IACOB, M.**, DEMCIUC, Iu., AVRAM, I. *Выбор рекомендаций МСЭ-R для прогноза зон покрытия сигналом DVB-T2*. Сборник трудов XII Международной научно-технической конференции „Технологии информационного общества”. Том 1. Москва: МТУСИ, 14-15 марта 2018 г., сс.160-162.

114. **IACOB, M.**, DEMCIUC, Iu., AVRAM, I. *Estimarea valorilor prognozate ale intensității câmpului în zona de acoperire cu semnal DVB-T2*. Proceedings of the 6th International Conference on Telecommunications, Electronics and Informatics, May 24-27, 2018, Chișinău, Moldova, p.179-184. ISBN 978-9975-45-540-4.

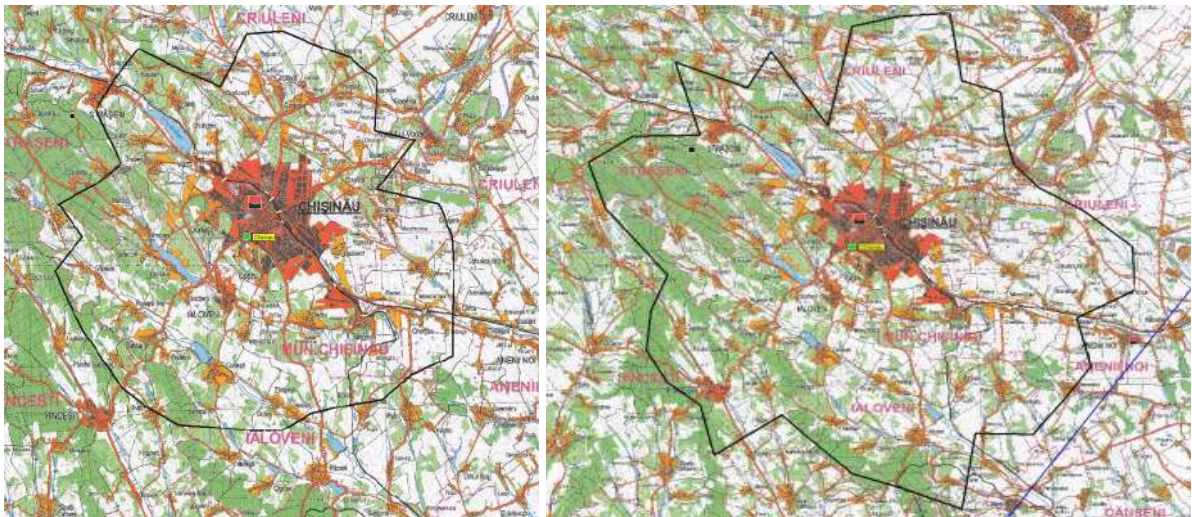
## ANEXE

### Anexa 1. Prognozarea ariei de acoperire cu semnal DVB-T2 transmis în mun. Chișinău pe canalul 58

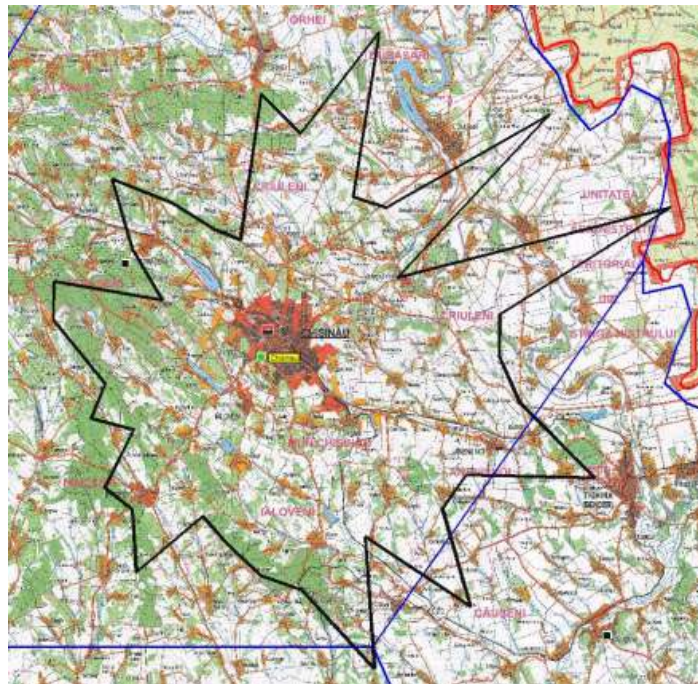
**Tabelul A1.1. Distanța de la antena de emisie până la hotarele zonei de acoperire cu valoarea  $E_{med} = 56 \text{ dB}(\mu\text{V/m})$**

Azimut (grade)	Distanța R (m), ITU-R P.1546-5	Distanța R (m), ITU-R P.370-7	Distanța R (m), ITU-R P.1812-3
0	21840	29640	36630
10	22510.42	31408.22	31496.86
20	21960.41	33396.84	48267.79
30	22337.59	25738.71	25738.71
40	21932.85	27106.87	27106.87
50	17888.1	23380.95	52446.8
60	20953.36	21961.8	22002.79
70	14937.59	23270.14	60757.65
80	20986.32	27600.59	33780.4
90	22170	32940	33240
100	22786.73	33750.85	36557.48
110	23687.92	28063.09	49454.5
120	25697.73	32[34]1.03	33009.67
130	23146.65	32303.87	33006.79
140	22827.81	33049.05	45505.85
150	21020.33	28990.9	28990.9
160	20299.54	37610.54	46[34]0.61
170	21262.64	33020.95	33050.5
180	20910	30540	30570
190	20803.85	26683.01	26683.01
200	21552.89	24105.71	23716.12
210	21303.17	32392.01	34676.74
220	21103.14	27809.79	27875.04
230	20400.22	28428.18	28385.91
240	20402.67	27889.51	20443.65
250	20499.46	25159.13	25159.13
260	20991.53	21992.54	21992.54
270	17790	24750	24720
280	20621.37	29395.79	29395.79
290	17044.44	33007.25	30682.55
300	15699.29	29690.51	15792.23
310	21272.2	23338.69	23338.69

Azimut (grade)	Distanța R (m), ITU-R P.1546-5	Distanța R (m), ITU-R P.370-7	Distanța R (m), ITU-R P.1812-3
320	22274.67	32346.14	32346.14
330	23413	24663.3	24663.3
340	18838.59	27940.07	18838.59
350	16478.33	16513.09	16478.33

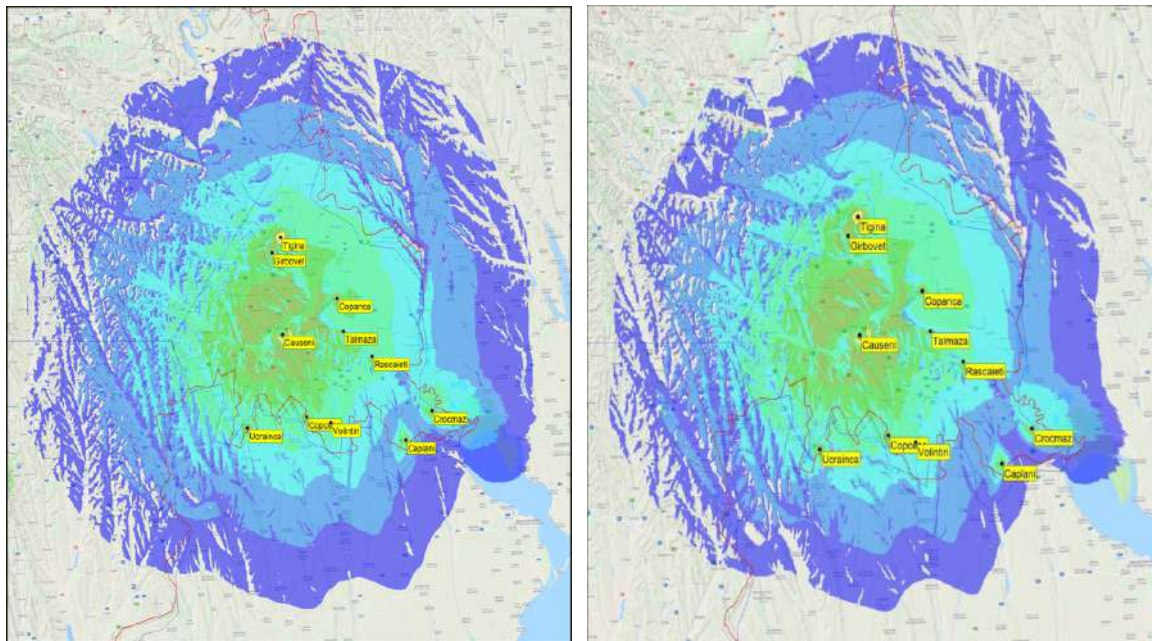


**Fig. A1.1. Aria de acoperire a emițătorului DVB-T2 canalul 58 conform ITU-R P.1546-5 (în stânga), conform ITU-R P.370-7 (în dreapta)**



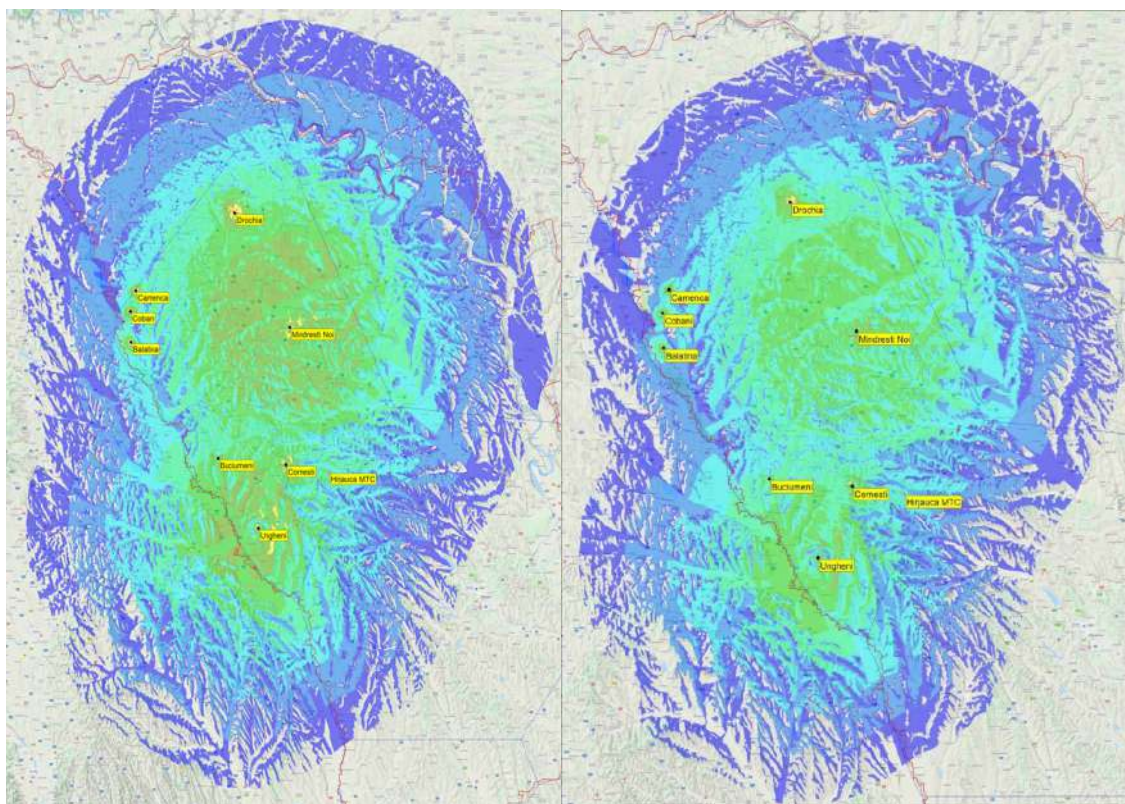
**Fig. A1.2. Aria de acoperire a emițătorului DVB-T2 canalul 58 conform ITU-R P.1812-3**

**Anexa 2. Prognozarea ariilor de acoperire a zonelor de servicii din cadrul „MUX-A”**



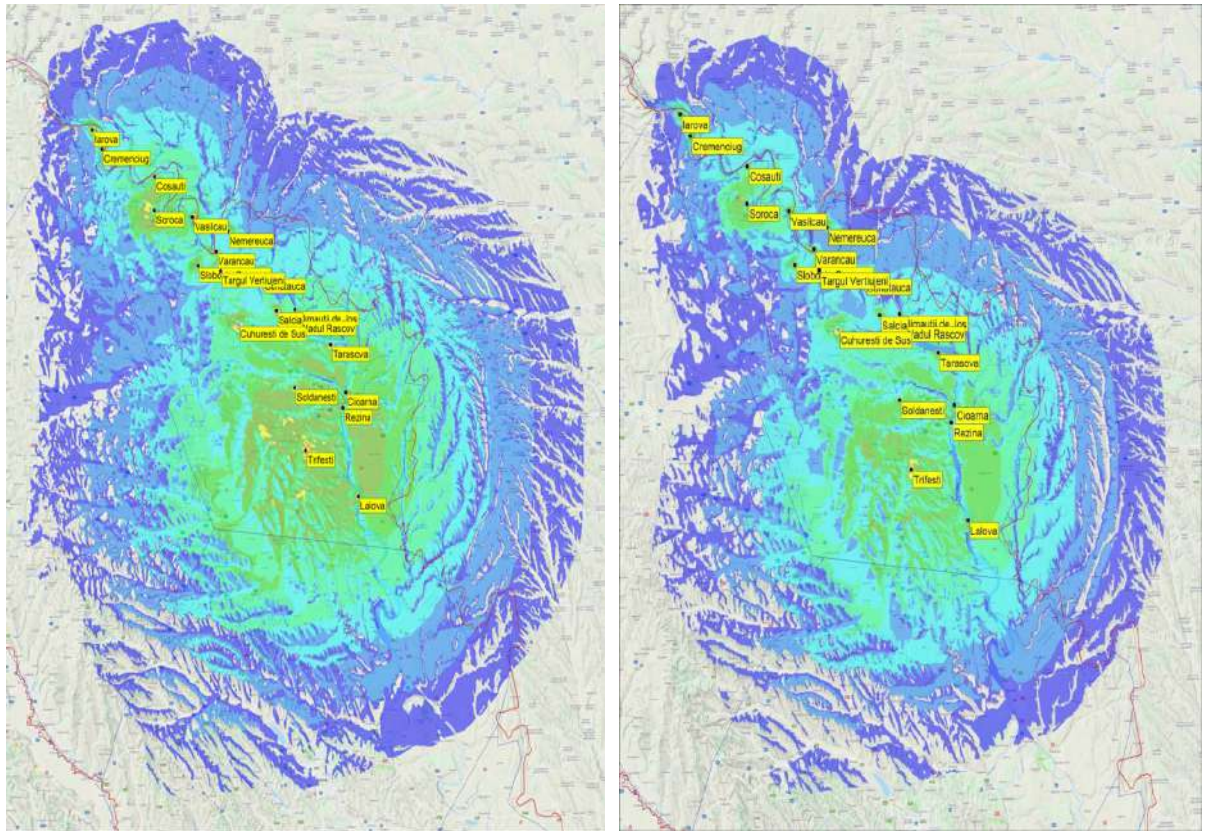
**Fig. A2.1. Harta de acoperire cu semnal DVB-T2 a zonei de servicii Căușeni pentru probabilitatea locațiunii 70%,  $E_{med} = 46 \text{ dB}\mu\text{V/m}$  (în stânga) și 95%,**

**$E_{med} = 52 \text{ dB}\mu\text{V/m}$  (în dreapta)**

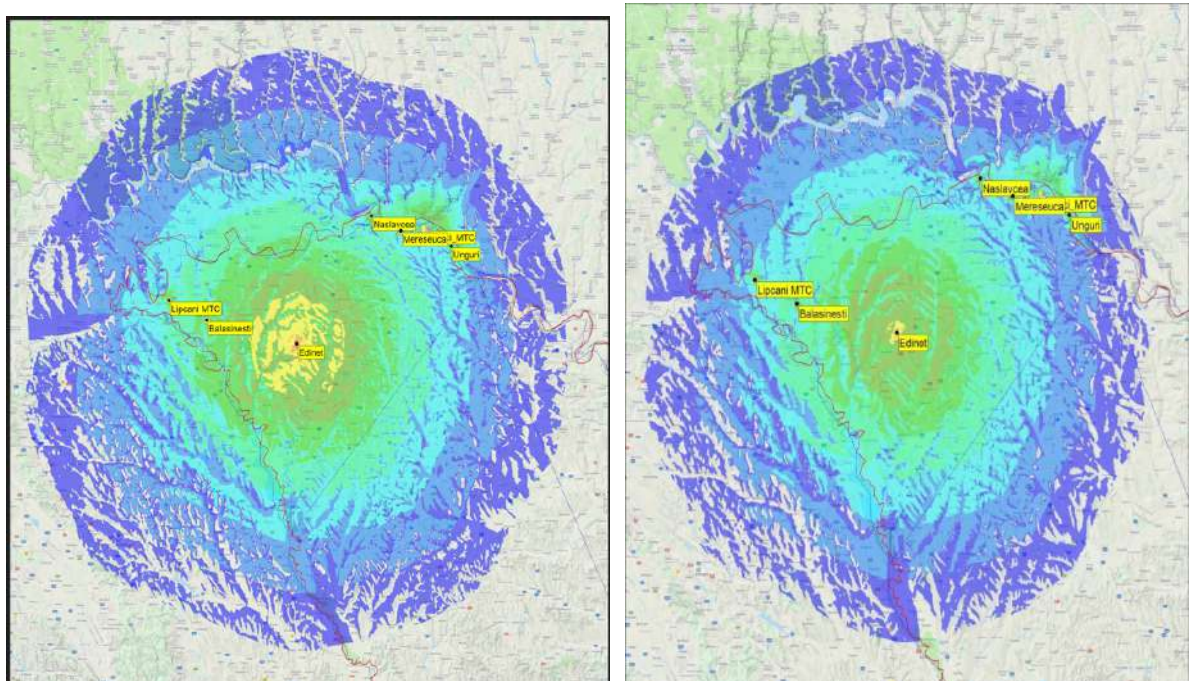


**Fig. A2.2. Harta de acoperire cu semnal DVB-T2 a zonei de servicii Mândreștii Noi pentru probabilitatea locațiunii 70% (în stânga) și 95% (în dreapta)**





**Fig. A2.3. Harta de acoperire cu semnal DVB-T2 a zonei de servicii Trifești pentru probabilitatea locațiunii 70% (în stânga) și 95% (în dreapta)**



**Fig. A2.4. Harta de acoperire cu semnal DVB-T2 a zonei de servicii Edineț pentru probabilitatea locațiunii 70% (în stânga) și 95% (în dreapta)**



Anexa 3. Parametrii antenelor de referință R&S HL 040 și RSH 4786

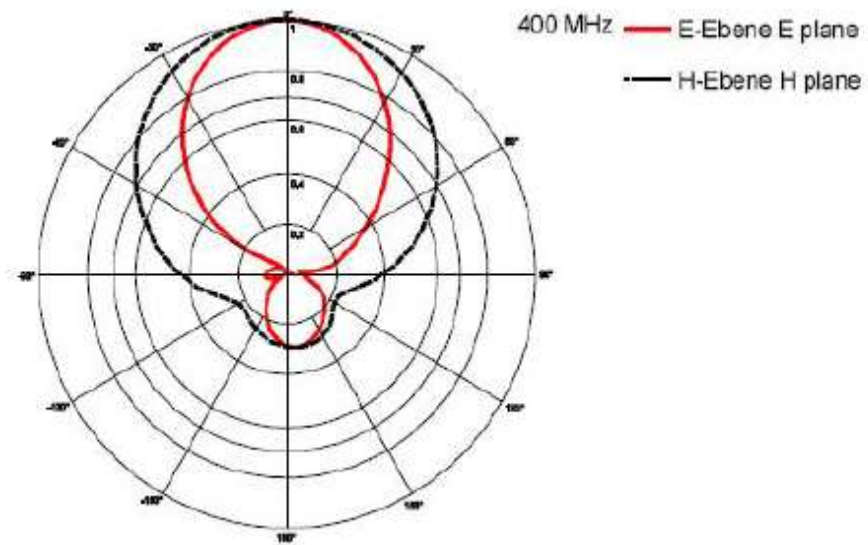


Fig. A3.1. Diagrama de directivitate a antenei direcționale de referință R&S HL 040

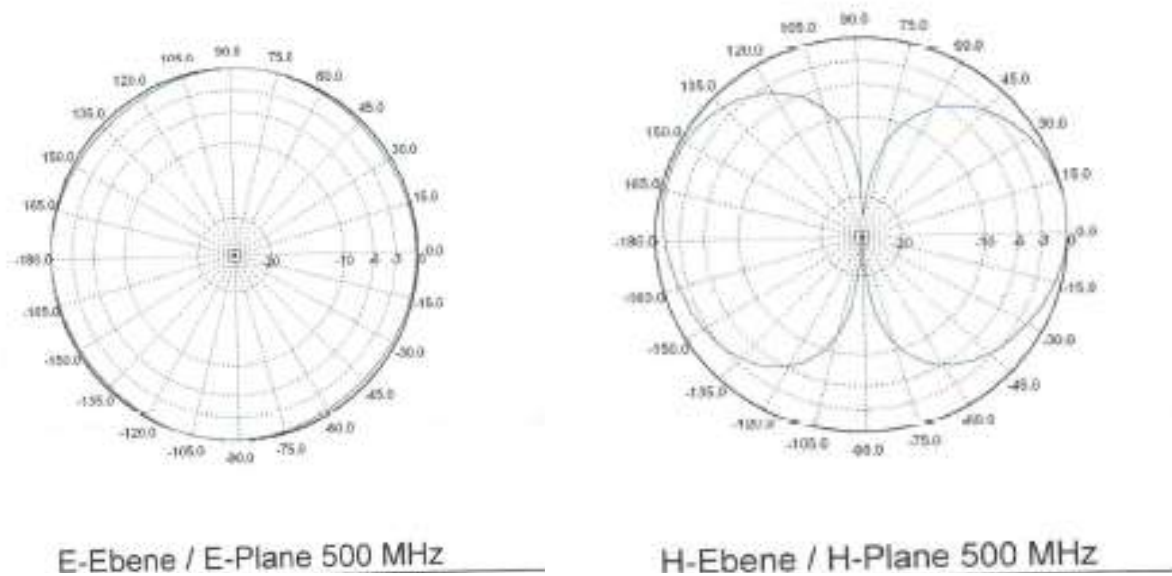


Fig. A3.2. Diagrama de directivitate a antenei circulare de referință RSH 4786

**Tabelul A3.1. Factorul antenei R&S HL 040**

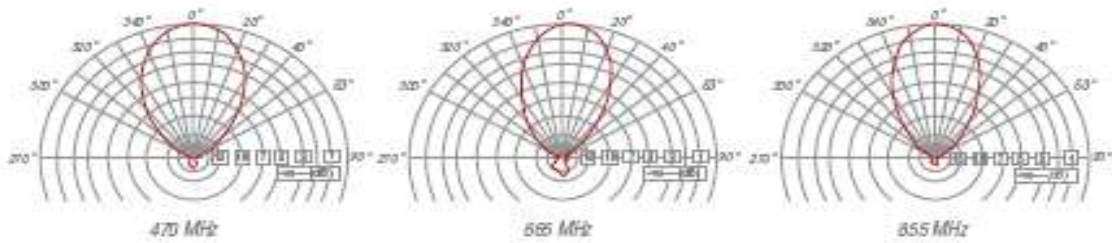
<b>Frecvența, MHz</b>	<b>Antena factor, dBm<sup>-1</sup></b>
400	14,26
450	15,17
482	16.00
500	16,37
550	17,27
600	17,96

**Tabelul A3.2. Factorul antenei RSH 4786**

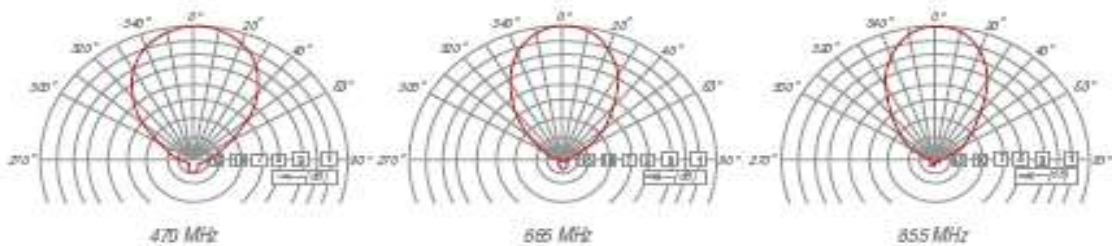
<b>Frecvența, MHz</b>	<b>Antena factor, dBm<sup>-1</sup></b>
450	26.25
455	25.71
460	25.2
465	24.77
470	24.36
475	23.91
480	23.55
485	23.43
490	23.25
495	23.22
500	23.49
505	23.72
510	23.76
515	23.92
520	24.12

**Anexa 4. Materiale suplimentare ce se referă la testarea Gap Filler-ului pe infrastructura retranslatorului din localitatea Holercani**

radiation patterns  
In E-plane

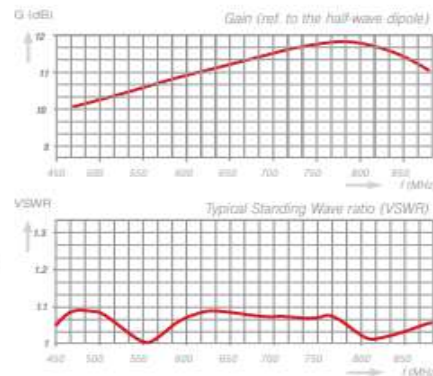
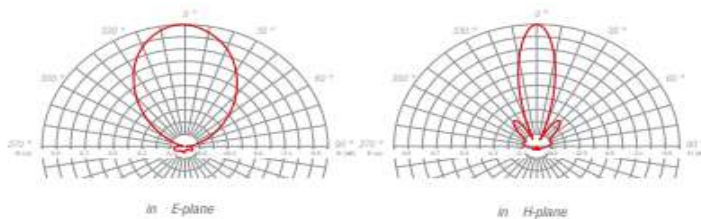


radiation patterns  
In H-plane

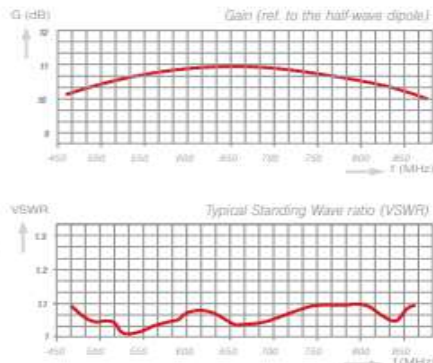
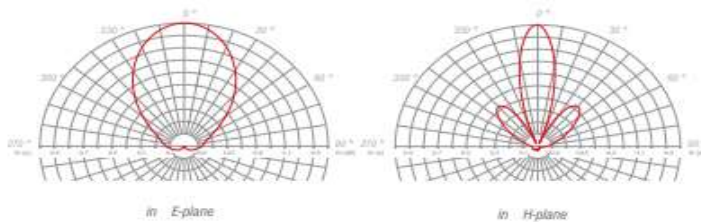


**Fig. A4.1. Diagramele de directivitate ale antenei LAP 4/5-50/16**

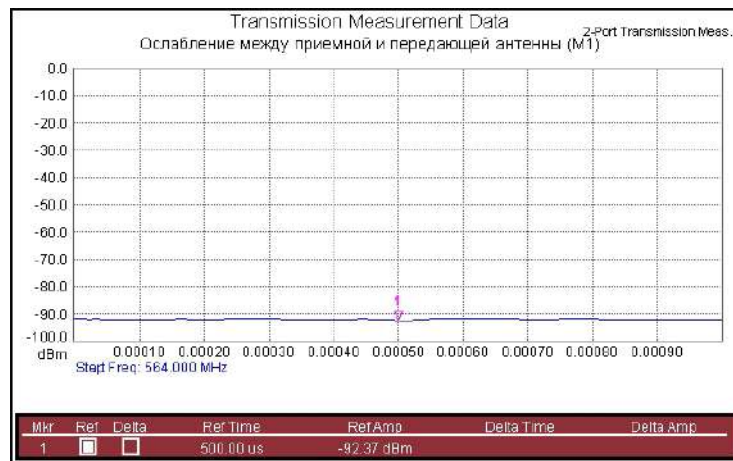
radiation patterns  
TVA 31/50  
if mid band 600MHz



radiation patterns  
TVA 51/50  
if mid band 600MHz



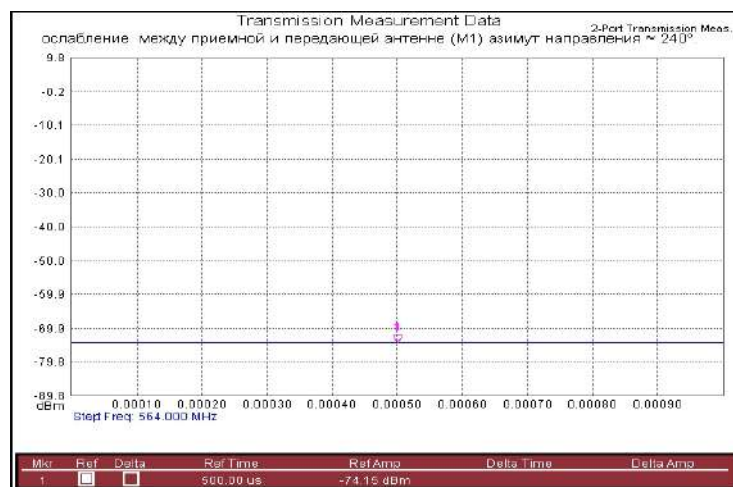
**Fig. A4.2. Diagramele de directivitate ale antenelor de emisie TVA 31/50 și TVA 51/50**



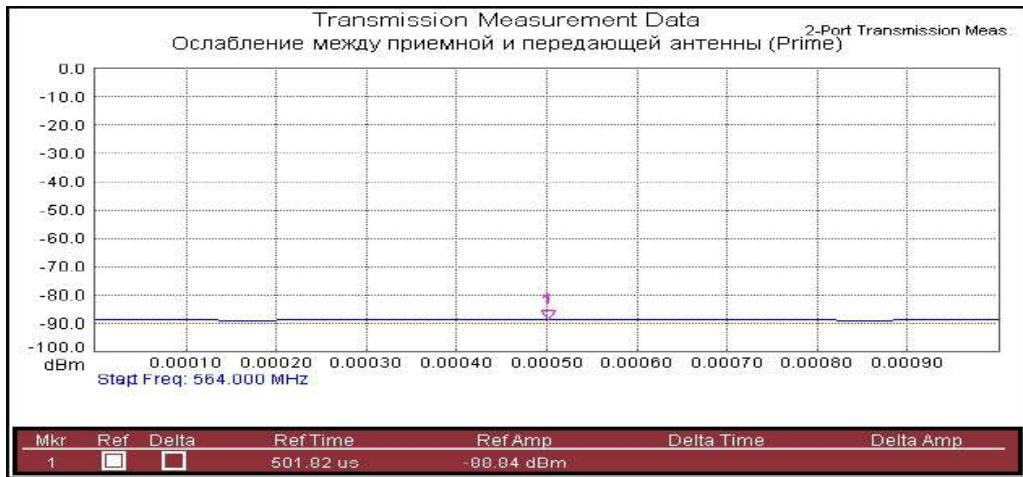
**Fig. A4.3. Măsurarea valorii  $A_{tx-rx}$  dintre antenele TVA 31/50 și LAP 4/5-50/16. Unghiul dintre direcțiile de radiație maximă,  $110^\circ$**



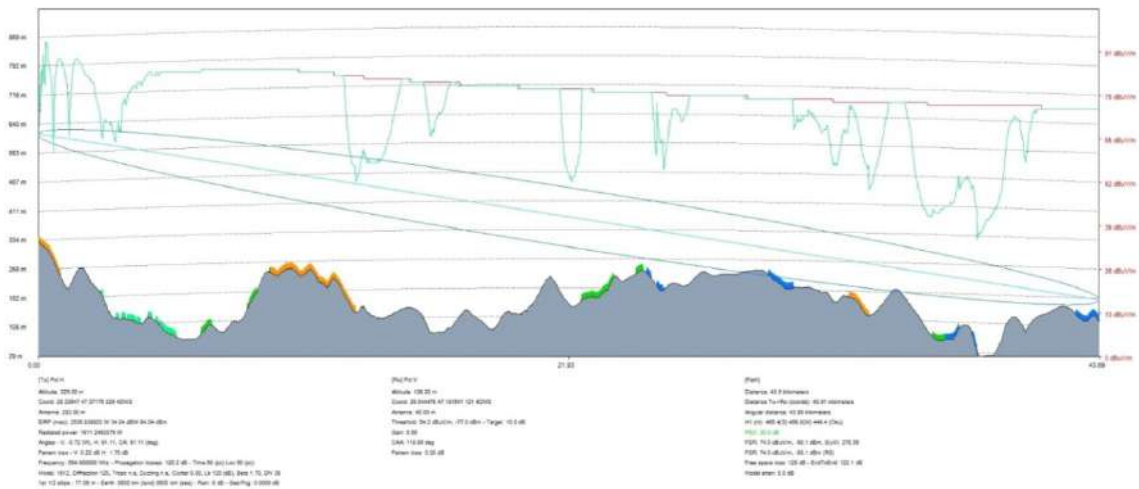
**Fig. A4.4. Măsurarea valorii  $A_{tx-rx}$  dintre antenele TVA 31/50 și LAP 4 / 5-50 / 16. Unghiul dintre direcțiile de radiație maximă,  $55^\circ$**



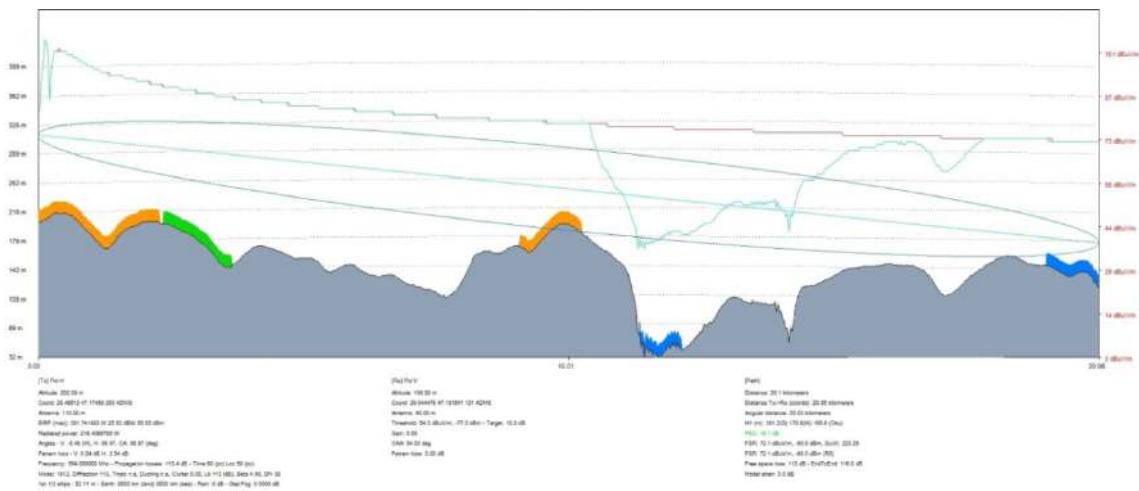
**Fig. A4.5. Măsurarea valorii  $A_{tx-rx}$  dintre antenele TVA 31/50 și LAP 4 / 5-50 / 16. Unghiul dintre direcțiile de radiație maximă,  $0^\circ$**



**Fig. A4.6. Măsurarea valorii  $A_{TX-RX}$  dintre antenele TVA 51/50 și LAP 4/5-50/16. Unghiul dintre direcțiile de radiație maximă,  $105^\circ$**



**Fig. A4.7. Profilul terenului dintre stația de emisie Strășeni și antena de recepție**



**Fig. A4.8. Profilul terenului dintre stația de emisie Ivancea și antena de recepție**





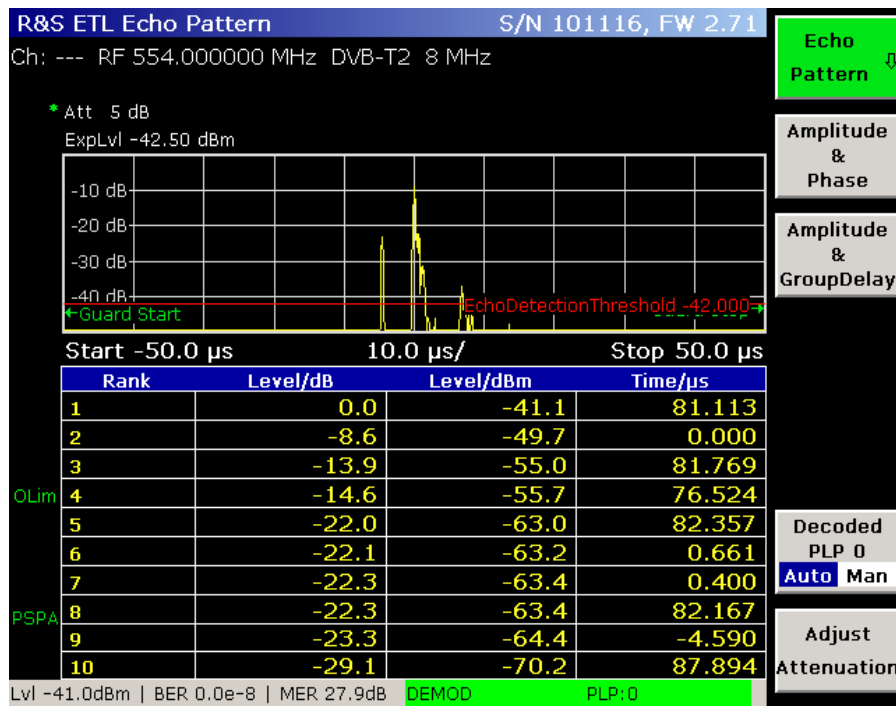


Fig. A4.12. Ecoul propriului semnal la intrarea Gap Filler-ului ( $P_{out} = 20$  W) conectat la antena de transmisie TVA 51/50 cu o direcție azimutală de  $130^\circ$

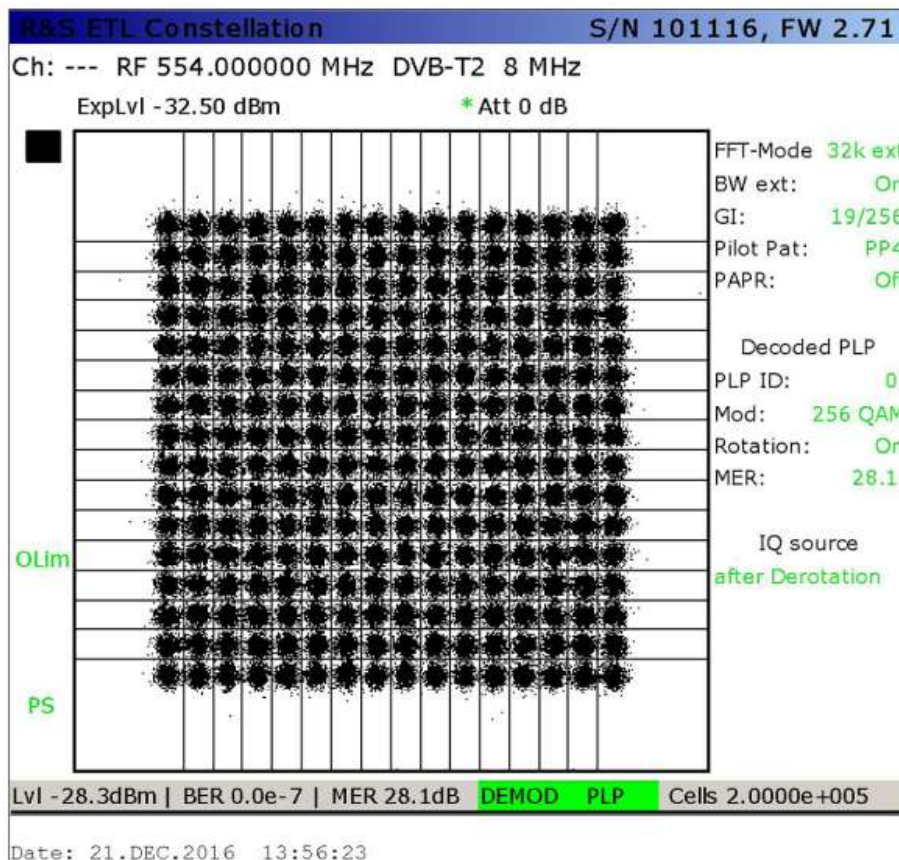


Fig. A4.13. Constelația semnalului DVB-T2 la ieșirea Gap Filler-ului ( $P_{out} = 20$  W) conectat la antena de transmisie TVA 51/50 cu o direcție azimutală de  $1^\circ$  [34]

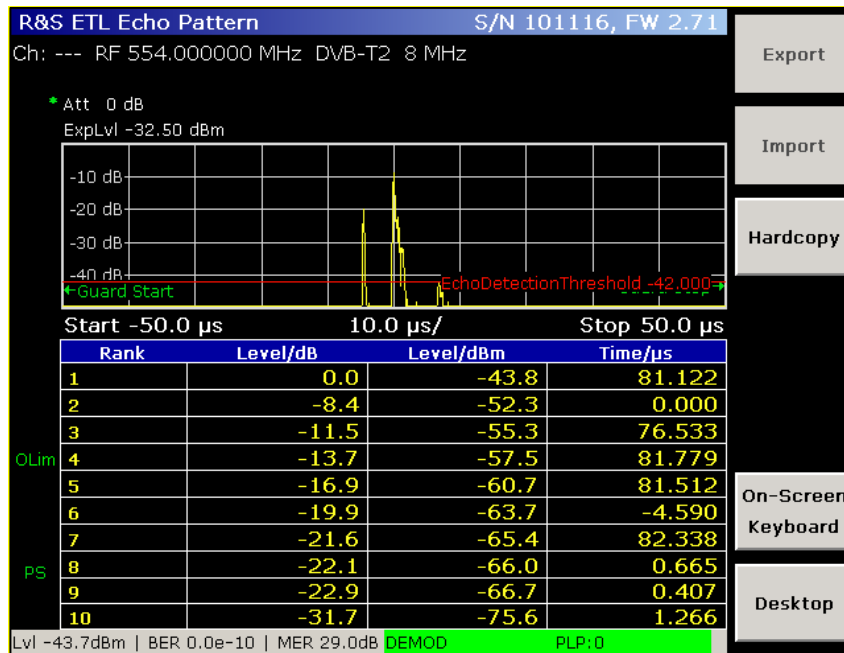


Fig. A4.14. Ecoul propriului semnal la intrarea Gap Filler-ului ( $P_{out} = 10$  W) conectat la antena de transmisie TVA 31/50 cu o direcție azimutală de 130°

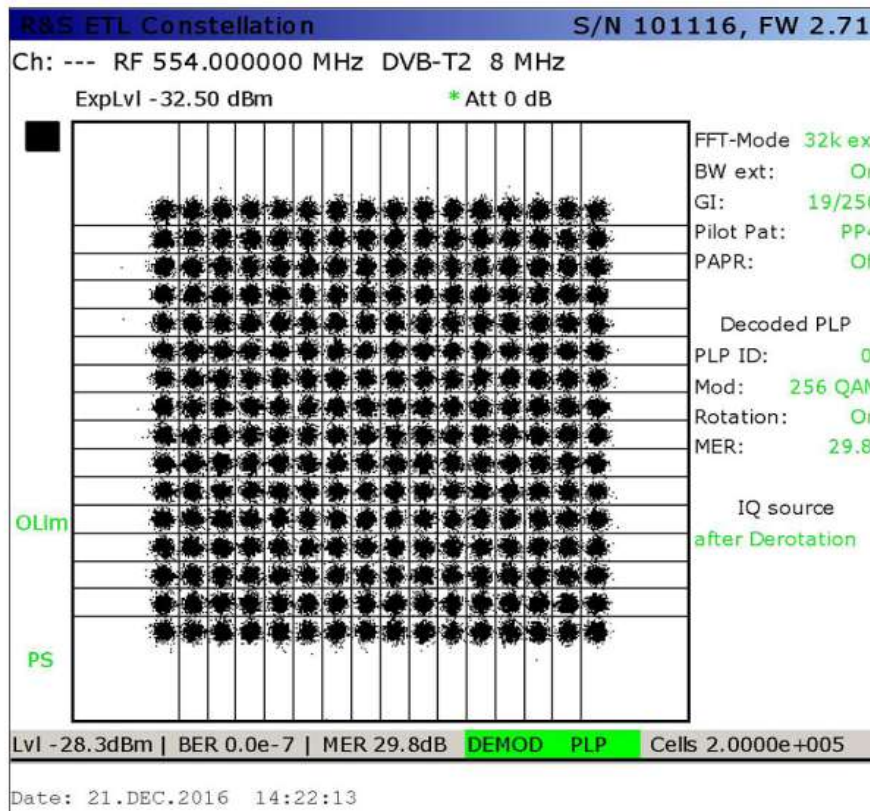


Fig. A4.15. Constelația semnalului DVB-T2 la ieșirea Gap Filler-ului ( $P_{out} = 10$  W) conectat la antena de transmisie TVA 31/50 cu o direcție azimutală de 130°

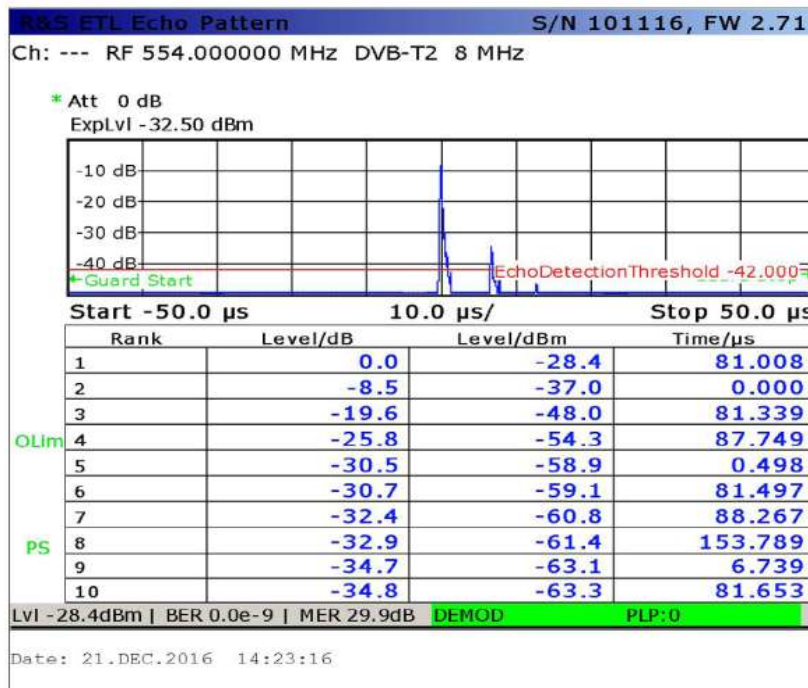


Fig. A4.16. Nivelurile și decalajele de timp ale semnalelor transmise de Gap Filler-ul ( $P_{out} = 10$  W) conectat la antena de emisie TVA 31/50 cu o direcție azimutală  $130^\circ$

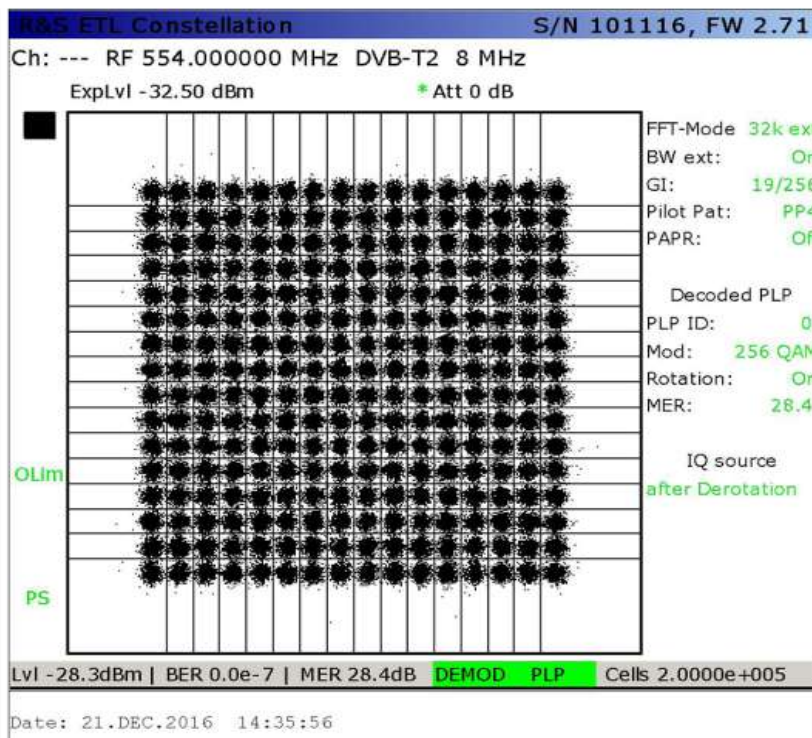


Fig: A4.17. Constelația semnalului DVB-T2 la ieșirea Gap Filler-ului ( $P_{out} = 20$  W) conectat la antena de transmisie TVA 31/50 cu o direcție azimutală de  $130^\circ$

## Anexa 5. Rețeaua DVB-T2 elaborată și implementată în Republica Moldova

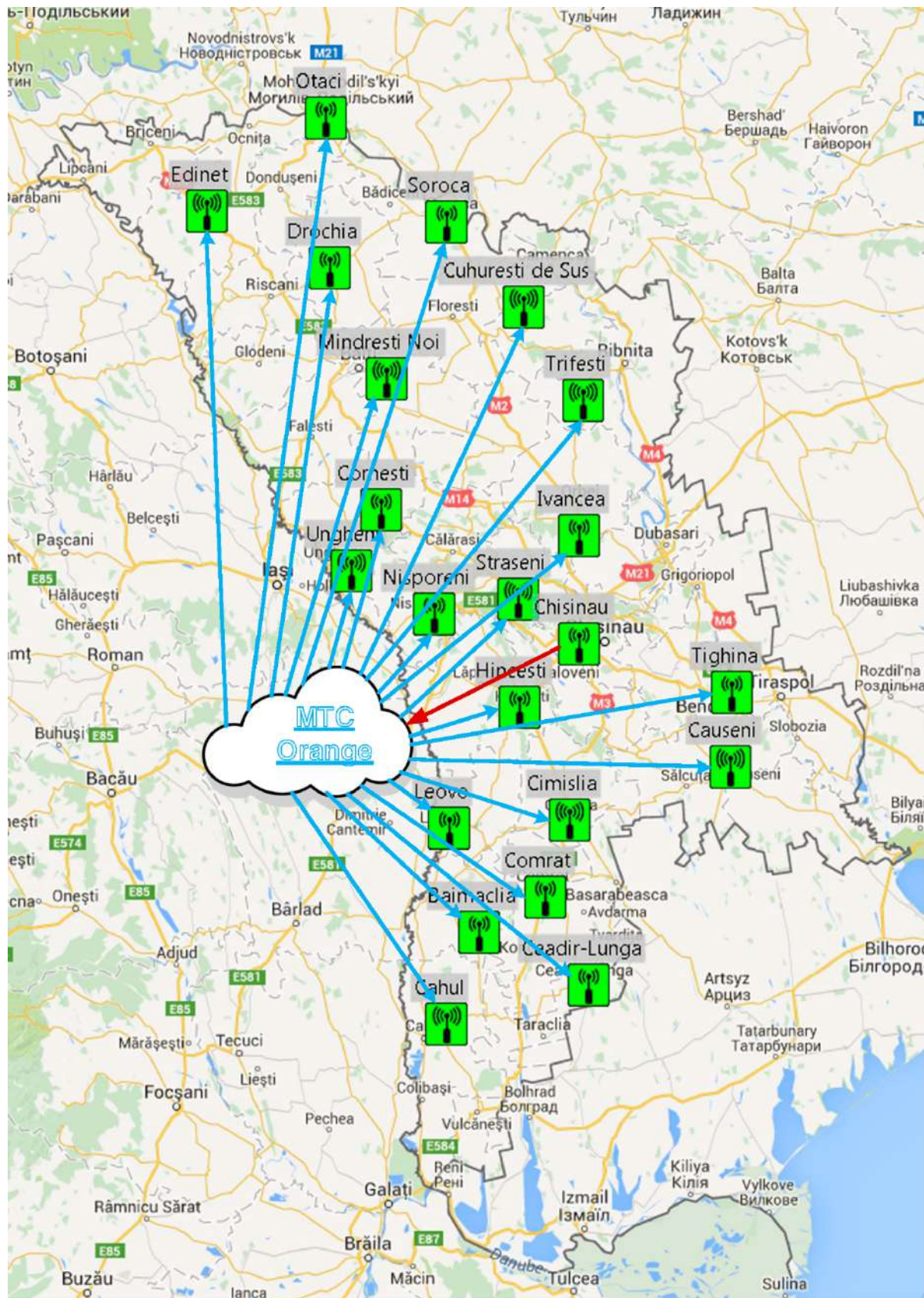
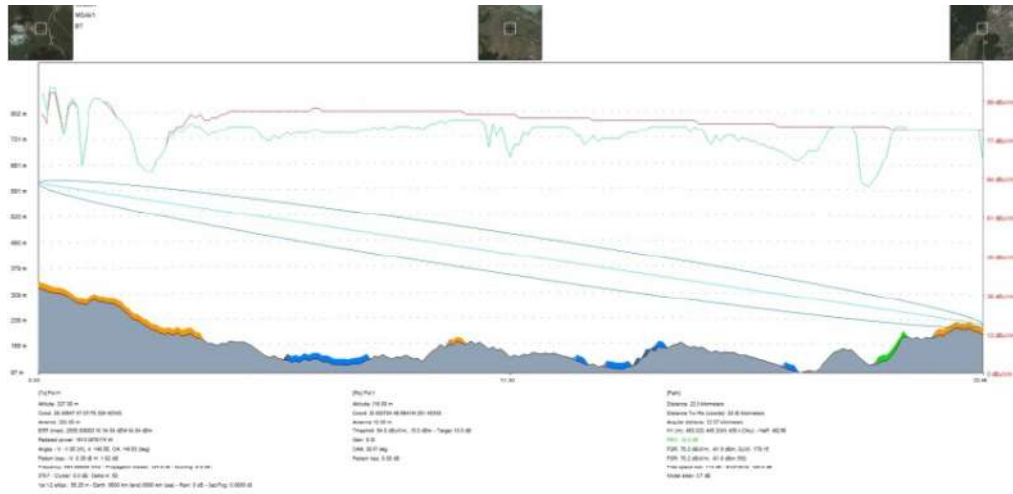
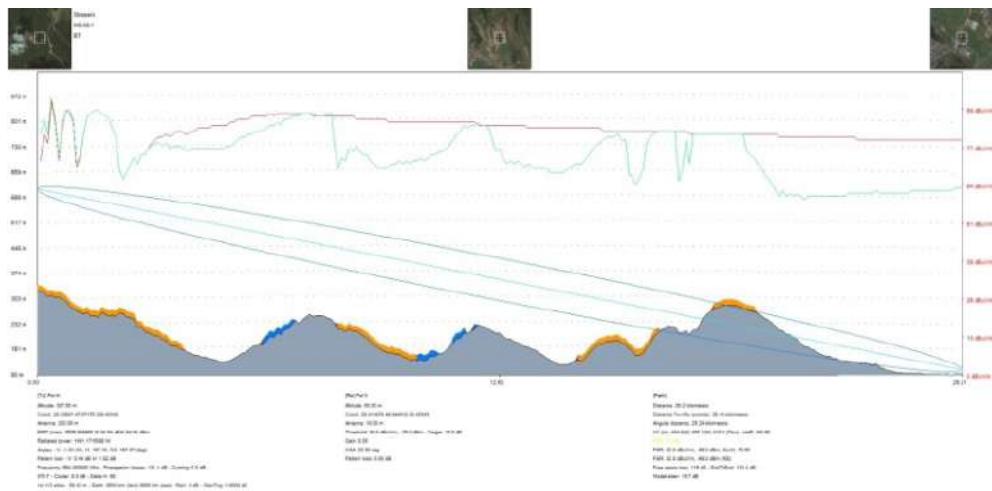


Fig. A5.1. Aplicarea semnalului IP la stațiile DVB-T2

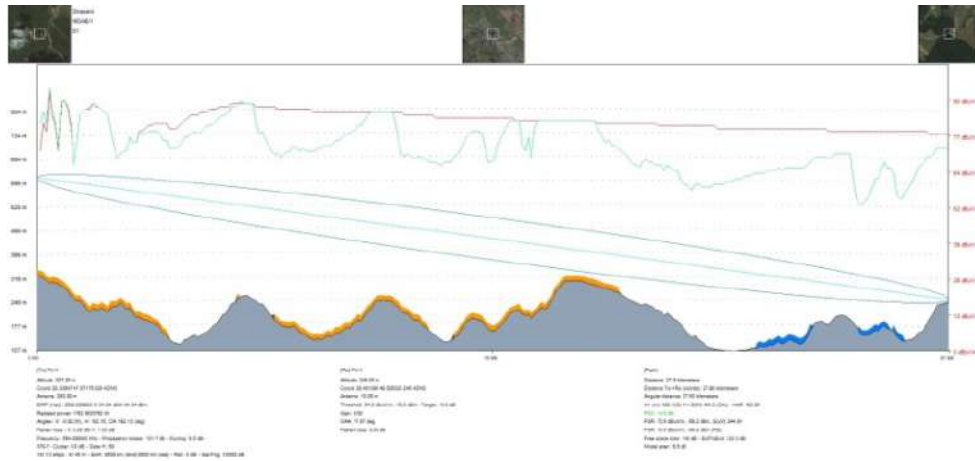
**Anexa 6. Parametrii tehnici ai punctelor de emisie și punctelor de recepție nr. 1-6 ale semnalului testat**



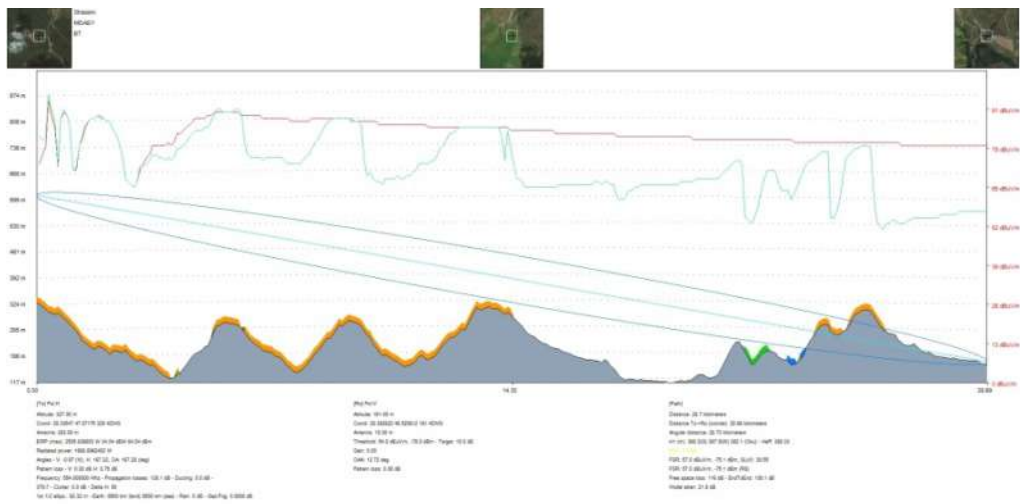
**Fig. A6.1. Relieful dintre stația Strășeni și punctul de test nr. 2**



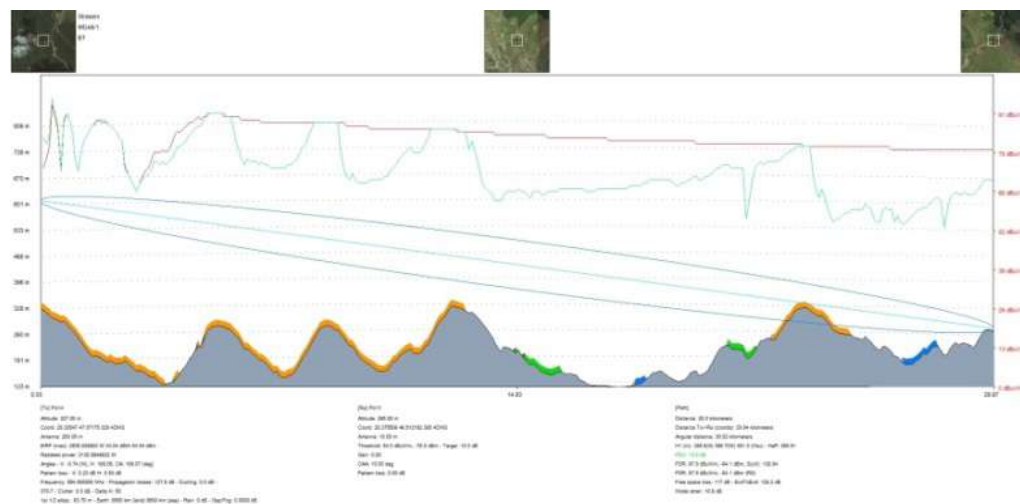
**Fig. A6.2. Relieful dintre stația Strășeni și punctul de test nr. 3**



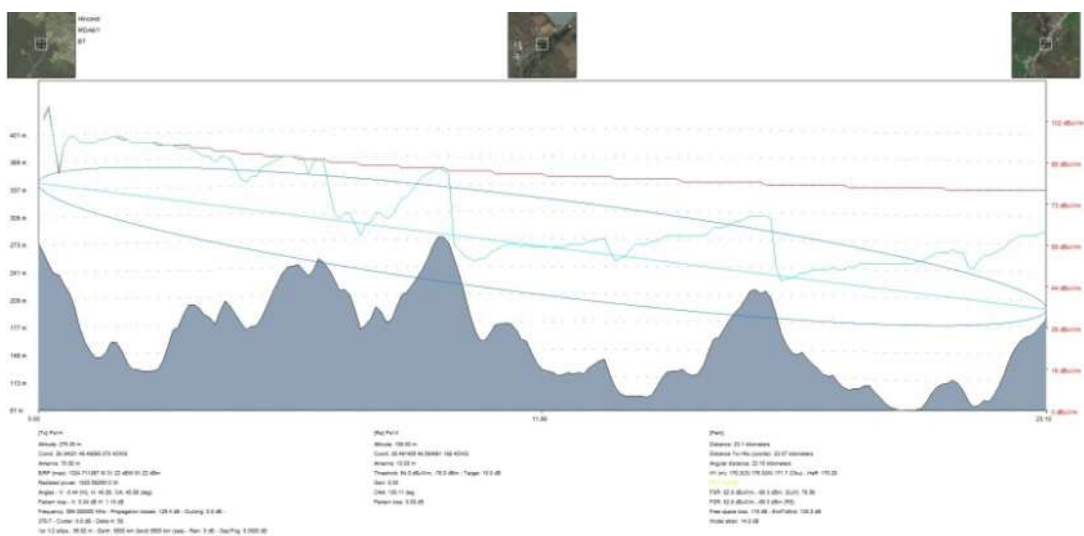
**Fig. A6.3. Relieful dintre stația Strășeni și punctul de test nr. 4**



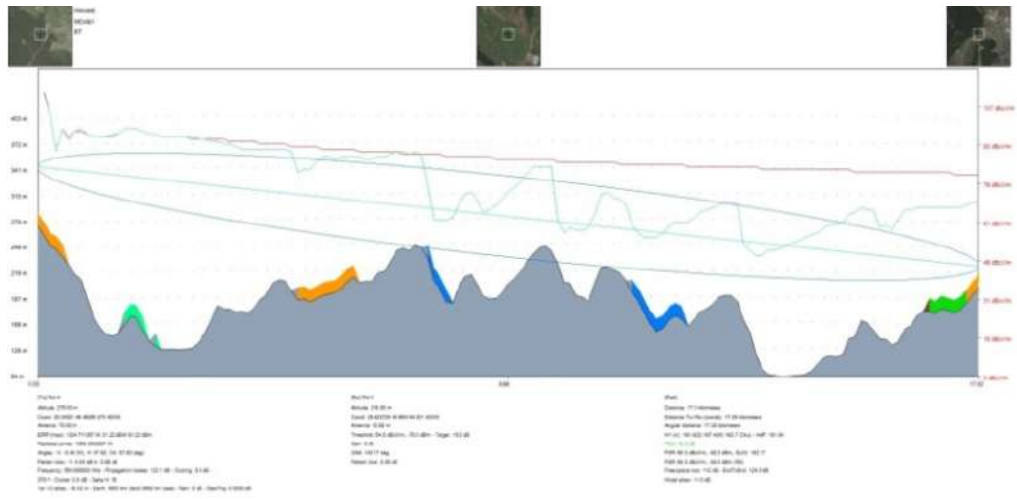
**Fig. A6.4. Relieful dintre stația Strășeni și punctul de test nr.5**



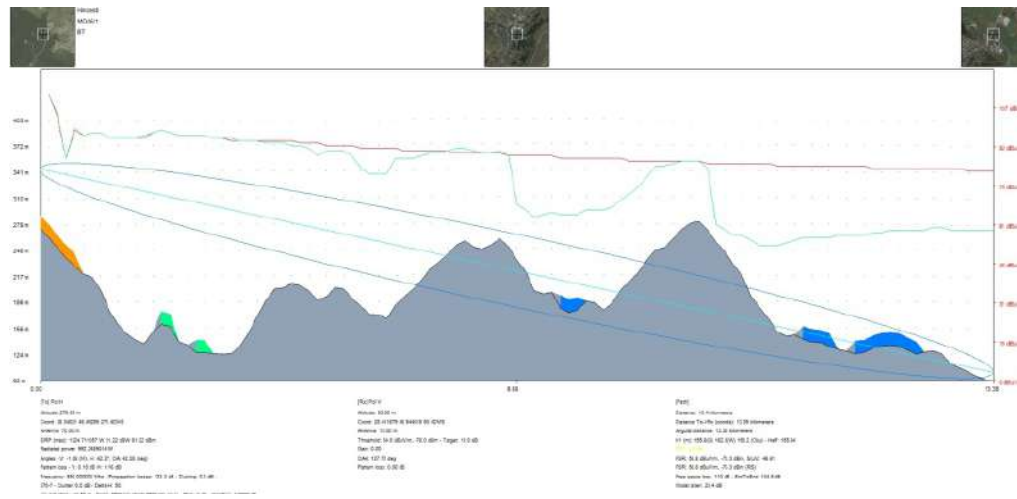
**Fig. A6.5. Relieful dintre stația Strășeni și punctul de test nr.6**



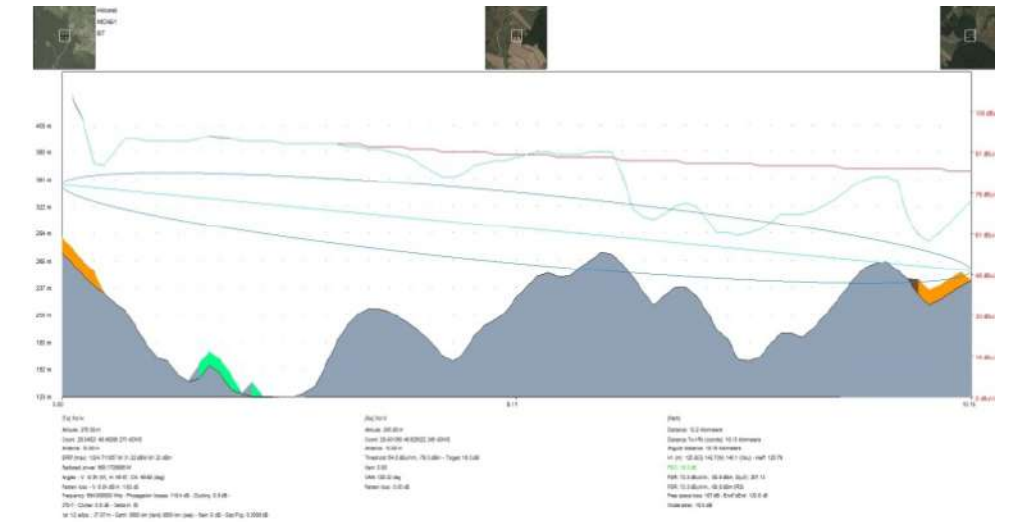
**Fig. A6.6. Relieful dintre stația Hâncești și punctul de test nr.1**



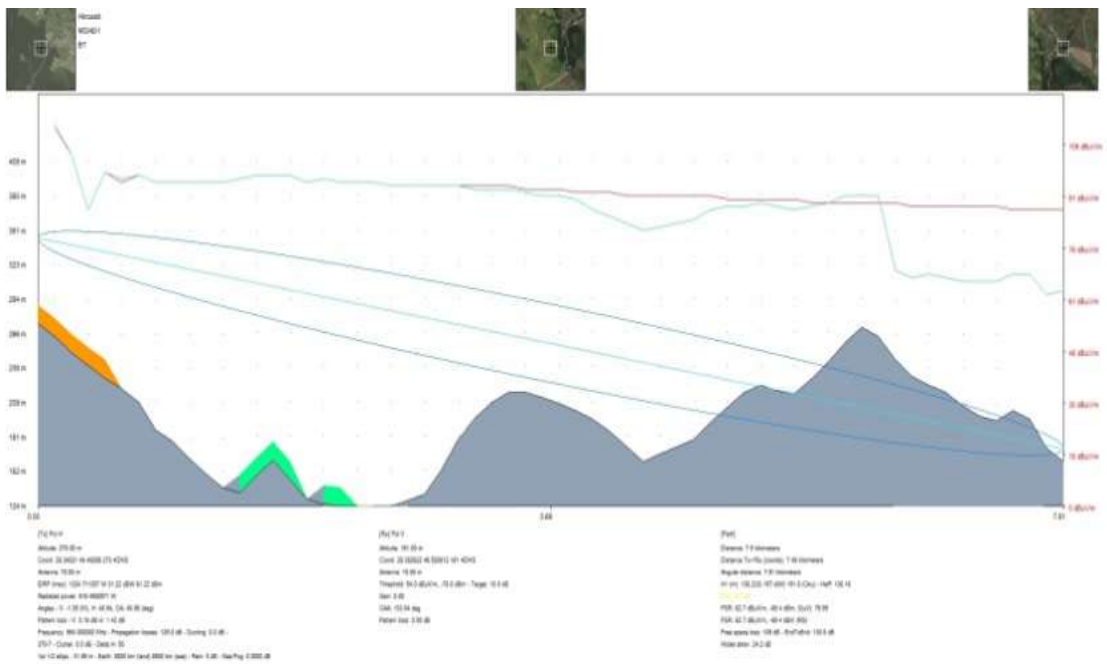
**Fig. A6.7. Relieful dintre stația Hâncești și punctul de test nr.2**



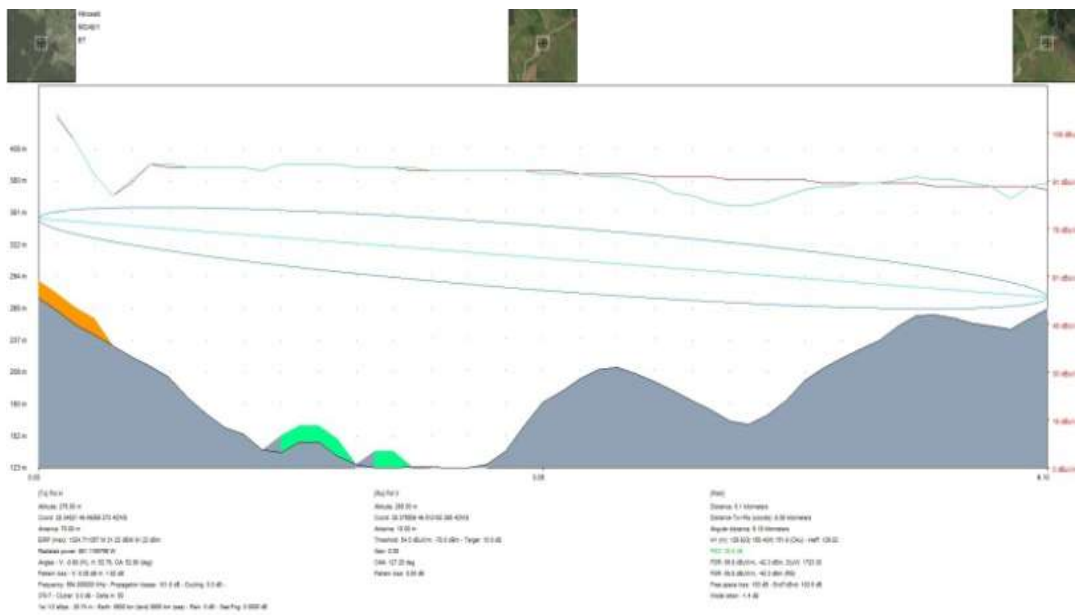
**Fig. A6.8. Relieful dintre stația Hâncești și punctul de test nr.3**



**Fig. A6.9. Relieful dintre stația Hâncești și punctul de test nr.4**



**Fig. A6.10. Relieful dintre stația Hâncești și punctul de test nr 5**



**Fig. A6.11. Relieful dintre stația Hâncești și punctul de test nr.6**







Fig. A7.4. Semnalul la ieșirea feeder-ului antenei R&S HL 040 orientate spre stația Strășeni (stația Strășeni – On, stația Hâncești – Off)



Fig. A7.5. Semnalul la ieșirea feeder-ului antenei R&S HL 040 orientate spre stația Strășeni (stația Strășeni – Off, stația Hâncești – On)

## Anexa 8. Act de implementare „MUX-A” din 23 decembrie 2019



Ministerul Economiei  
și Infrastructurii  
al Republicii Moldova

APROB

Ministrul Economiei și Infrastructurii

Anatol Usatii

23. decembrie 2019

**ACT  
de implementare**

Comisia în componența Directorului Tehnic Î.S. «Radiocomunicații» Dl. N. Covtun și Secretarul de Stat al Ministerului Economiei și Infrastructurii al Republicii Moldova Dl. V. Tarlev au întocmit prezentul Act, care confirmă că rezultatele tezei de doctorat a doctorandului Dl. M. Iacob cu tema „Elaborarea și implementarea rețelei informaționale de televiziune digitală terestră în Republica Moldova”, au fost testate și implementate cu succes la Î. S. «Radiocomunicații» în cadrul proiectului de construire a rețelei DVB-T2, SFN, asigurând un grad de acoperire de 93% din teritoriul RM. S-au obținut rezultate pozitive de testare a regimurilor de funcționare ale rețelei, prin care se difuzează mai multe fluxuri de date cu codificări și modulații diferite PLP0 și PLP1. Implementarea rezultatelor tezei de doctorat menționate aduce un șir de beneficii și efecte pozitive populației și statului Republica Moldova și anume:

**1. Impact social.**

Micșorarea decalajului dintre zonele rurală și urbană, ce ține de numărul de programe recepționate calitativ din eter (cca 3 programe) de către populație. Astfel, prin implementarea rezultatelor tezei de doctorat s-a urmărit majorarea numărului de programe în multiplex, până la 15 posturi calitate SD H.264, 22 programe SD H.265 sau cca 10 programe HD H.265.

**2. Impact de integrare a țării.**

Conectarea regiunii din stânga Nistrului la spațiul informațional al Republicii Moldova, și anume prin recepționarea prin eter a 15 programe TV emise în partea dreaptă a r. Nistru.

**3. Impact tehnic**

Folosirea eficientă a spectrului de frecvență, prin eliberarea benzii de 700MHz, actualmente folosită de către TV analogică, necesară a valorifica servicii noi de bandă largă.

**4. Efect economic.**

În urma implementării rezultatelor tezei de doctorat menționate și proiectului rețelei de televiziune digitală terestră DVB-T2 SFN costul de difuzare a unui program TV în multiplexul cu 15 sloturi s-a diminuat de cca 6 ori în comparație cu costurile de difuzare în regim analogic pentru aceeași arie de acoperire a teritoriului. Astfel costurile de difuzare se împart la 15 beneficiari. Cost de difuzare în rețeaua analogică cu 93 % de acoperire a teritoriului constituie cca 0,98 mln lei lunar (regim non stop). Costul unui slot de emisie în rețeaua digitală constituie cca 0,17 mln lei lunar. Efectul economic constituie cca 0,8 mln lei lunar per radio difuzor.

Director Tehnic  
ÎS «Radiocomunicații»

Nicolai Covtun

“ ”



Secretar de Stat  
Ministerul Economiei și Infrastructurii

Vitalie Tarlev

“ ” 2019

### **Declarația privind asumarea răspunderii**

Subsemnatul, declar pe răspundere personală că materialele prezentate în teza de doctorat sunt rezultatul propriilor cercetări și realizări științifice. Conștientizez că, în caz contrar, urmează să suport consecințele în conformitate cu legislația în vigoare.


IACOB Mihail

Semnătura



Data: 20.01.2025

## CURRICULUM VITAE

<b>INFORMAȚII PERSONALE</b>	
<b>Prenume, nume</b>	IACOB Mihail
<b>Adresă</b>	Republica Moldova, mun. Chișinău, str. Onisifor Ghibu 7/3, ap.37
<b>Telefon</b>	069164001
<b>E-mail</b>	<a href="mailto:mihail.iacob@radiocom.md">mihail.iacob@radiocom.md</a>
<b>Naționalitate</b>	Moldovean
<b>Data nașterii</b>	21.06.1976
<b>EXPERIENȚA PROFESIONALĂ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Administrator al Î.S. „Radiocomunicații”.</li> </ul>
	Perioada 2013–până în prezent
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vicedirector tehnic S.A. „Moldtelecom” Director Direcția rețele celulare</li> </ul>
	Perioada 2009–2013
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Membru al consiliilor tehnice ale Ministerului Dezvoltării Informaționale CT28 și CT29</li> </ul>
	Perioada 2007–2009
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inginer coordonator, Î.S. „Radiocomunicații”</li> </ul>
	Perioada 1998–2009
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inginer, Î.S. „Radiocomunicații”</li> </ul>
<b>EDUCAȚIE ȘI FORMARE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2013-2016 – Academia de Administrare Publică din Moldova, titlul de master în științe economice</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1993-1998 – Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Radioelectronică, specialitatea Radioaparatură și Telecomunicații: „Radiocomunicații și Transmisiuni de date”</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1983-1993 – Școala medie, com. Mingir, r-nul Hâncești</li> </ul>
<b>APTITUDINI ȘI COMPETENȚE</b>	

<b>PERSONALE</b>	
<b>Limba maternă</b>	Limba română
<b>Limbi străine cunoscute</b>	Limba engleză – utilizator începător
	Limba rusă – utilizator experimentat
	Limba franceză – utilizator începător
<b>Conferințe și seminare</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 9th International Conference „Microelectronics and Computer Science” &amp; The 6th Conference of ”Physicists of Moldova”, October 19-21, 2017, Chisinau, Moldova.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 12th International Conference „Technologies of the Information Society (ТНО 2018)”, Moscow Technical University of Communications and Informatics (MTUCI), March 14-2018, Moscova, Russia.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6th International Conference on Telecommunications, Electronics and Informatics, May 24-27, 2018, Chisinau, Moldova.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• International Conference „Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (Synchro info 2018)”, Minsk State Academy of Communications, 4-5 July 2018, Minsk, Belarus.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 13th International Conference „Technologies of the Information Society (ТНО 2019)”, Moscow Technical University of Communications and Informatics (MTUCI), March 20-21 2019, Moscova, Rusia.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor UTM, Secția Electronică și Telecomunicații, 26-29 martie 2019, Chișinău, Moldova.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 22th International Conference: 2019 Wave Electronics and Its Application in Information and Telecommunication Systems, 03-07 June 2019, St. Petersburg, State University of Aerospace Instrumentation (SUAI), Russia, St. Petersburg..</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• International Conference: 2019 Systems Of Signal Synchronization, Generating And Processing In Telecommunications (SYNCHROINFO), 01-03 July 2019, P.G. Demidov Yaroslavl State University, Russia, Yaroslavl.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10th International Conference on Electronics, Communications and Computing, „ECCO 2019”, October 23-26 2019, Chișinău, Republic of Moldova.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 11th International Conference on Electronics, Communications and Computing „ECCO 2021”, October 21-22 2021, Chișinău, Republic of Moldova.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 12th International Conference on Electronics, Communications and Computing „ECCO 2022”, October 20-21 2022, Chișinău, Republic of Moldova.</li> </ul>
<b>Premii, mențiuni, distincții</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2020 - deținător al distincției de stat Ordinul ”Gloria Muncii”</li> <li>• 2019 - decernat cu premiul de gradul II și diploma de gradul II, Art. 19.6 „Cel mai bun doctorand al anului”, Hotărârea Senatului UTM din 26 februarie 2019</li> <li>• 2012 - deținător al titlului onorific „Maestru în tehnologia informației și comunicații”</li> </ul>
<b>Aptitudini și competențe sociale</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Punctualitate, responsabilitate, ordonat, sociabil;</li> <li>• Spirit analitic, adaptat la lucru în echipă;</li> <li>• Orientat spre perfecționarea continuă a experienței profesionale, atingerea obiectivelor stabilite.</li> </ul>
<b>Competență profesională</b>	<p>În domeniul managementului:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• coordonarea și asigurarea activității subdiviziunilor prin administrarea utilizării optime a resurselor materiale, financiare, intelectuale și informaționale în procesul implementării planurilor strategice de activitate</li> </ul>
<b>Aptitudini și competențe tehnice</b>	Microsoft Office, Internet

Data completării 20 ianuarie 2025.

Semnătura



## LISTA PUBLICAȚIILOR ȘTIINȚIFICE

ale d-lui Mihail IACOB, doctorand UTM, administrator al Î.S.Radiocomunicații

### Articole în diferite reviste științifice

#### *În reviste internaționale*

1. **IACOB, M., DEMCIUC, Iu., AVRAM, I. The Transition of the Republic of Moldova to Digital Terrestrial Television.** *Digital Technologies: Collection / Ukr., Odessa: O.S. Popov Odessa National Academy of Telecommunications*, 2016, No. 20, pp. 97-104. ISSN 2307-9754.

2. **ЯКОБ, М.И., ДЕМЧУК, Ю.И., АВРАМ, И.А. Сравнительная оценка качественных показателей принятого сигнала в зоне обслуживания одночастотной сети DVB-T2.** *Digital Technologies: Collection / Ukr., Odessa: O.S. Popov Odessa National Academy of Telecommunications*, 2017, No. 21, pp. 116-128. ISSN 2307-9754.

3. **IACOB, M., DEMCIUC, Iu. Practical Experience in the Configuration and Implementation of SFN DVB-T2 Clusters in the Republic of Moldova.** *Digital Technologies: Collection / Ukr., Odessa: O.S. Popov Odessa National Academy of Telecommunications*, 2018, No. 23, pp. 104-117. ISSN 2307-9754.

4. **IACOB, Mihail, DEMCIUC, Yurie, AVRAM, Ion. Parameters Estimation of Received Signal In Single-Frequency Network DVB-T2.** *Technical University of Moldova, Journal of Engineering Science, September*, vol.XXVII (3), 2020, pp.90-101. ISSN 2587-3474.

5. **IACOB, Mihail, DEMCIUC, Yurie, AVRAM, Ion. Particularities of the Implementation of Terrestrial Digital Television in the Republic of Moldova.** *Technical University of Moldova, Journal of Engineering Science, December*, vol.XXVII (4), 2020, pp.55-64. ISSN 2587-3474.

### Materiale/teze la foruri științifice

#### *Conferințe internaționale în alte țări*

6. **IACOB, Mihail, DEMCIUC, Yurie, AVRAM, Ion. Выбор рекомендаций МСЭ-R для прогноза зон покрытия сигналом DVB-T2.** In: *Сборник трудов XII Международной научно-технической конференции „Технологии информационного общества”*. Том 1. Москва: МТУСИ, 14-15 марта 2018 г., сс.160-162.

7. **IACOB, Mihail, DEMCIUC, Yurie, AVRAM, Ion. Comparative Evaluation of Received Signal Parametr in SFN DVB-T2 Service Area.** *Proceedings of the International Conference: 2018 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO), 4-5 July 2018, Belarusian State Academy of*



*Communications, Belarus, Minsk. IEEE Xplore Digital Library, <https://ieeexplore.ieee.org/document/8456937>, pp. 1-6. ISBN 978-1-5386-6474-2.*

8. **IACOB, Mihail, DEMCIUC, Yurie, AVRAM, Ion. Конфигурация технических параметров одночастотных DVB-T2 сетей.** In: *Сборник трудов XIII Международной научно-технической конференции „Технологии информационного общества”*. Том 1, Москва: МТУСИ, 20-21 марта 2019, сс.190-194.

9. **IACOB, M., DEMCIUC, Iu. Practical Assessment of the Total Field Strength at the Receiving Point of the Synchronous DVB-T2 Network.** *Proceedings of the 22th International Conference: 2019 Wave Electronics and Its Application in Information and Telecommunication Systems, 03-07 June 2019, St. Petersburg, State University of Aerospace Instrumentation (SUAI), Russia, St.-Petersburg, <https://ieeexplore.ieee.org/document/8840656>, pp.1-9. ISBN 978-1-7281-2288-5.*

10 **IACOB, M., DEMCIUC, Iu. Elements of Synchronous DVB-T2 Network.** *Proceedings of the International Conference: 2019 Systems Of Signal Synchronization, Generating And Processing In Telecommunications (SYNCHROINFO), 01-03 July 2019 P.G. Demidov Yaroslavl State University, Russia, Yaroslavl, Xplore Digital Library, <https://ieeexplore.ieee.org/document/8814170>, pp.1-7. ISBN 978-1-7281-3238-9.*

#### ***Conferințe internaționale în Republica Moldova***

11. **IACOB, M., DEMCIUC, Iu., AVRAM, I. Selectarea modelului de calcul și proiectarea rețelei DVBT-2 în Republica Moldova.** *Proceedings of the 9th International Conference „Microelectronics and Computer Science” & The 6th Conference of „Physicists of Moldova”: The 50th anniversary of Computers, Informatics and Microelectronics Faculty & Telecommunications Faculty, October 19-21, 2017, Chișinău, Moldova, pp. 171-176. ISBN 978-9975-4264-8-0.*

12. **IACOB, M., DEMCIUC, Iu., C. BELENIUC, I. AVRAM. Trecerea Republicii Moldova la televiziunea digitală terestră – un imperativ al timpului.** *Proceedings of the 9th International Conference „Microelectronics and Computer Science” & The 6th Conference of „Physicists of Moldova”: The 50th anniversary of Computers, Informatics and Microelectronics Faculty & Telecommunications Faculty, October 19-21, 2017, Chișinău, Moldova, pp. 340-343. ISBN 978-9975-4264-8-0.*

13. **IACOB, M., DEMCIUC, Iu., AVRAM, I. Laboratorul de televiziune digitală din cadrul UTM.** *Proceedings of the 6th International Conference on Telecommunications,*

*Electronics and Informatics*, May 24-27, 2018, Chişinău, Moldova, pp.176-178. ISBN 978-9975-45-540-4.

14. **IACOB, M., DEMCIUC, Iu., AVRAM, I. Estimarea valorilor prognozate ale intensităţii câmpului în zona de acoperire cu semnal DVB-T2.** *Proceedings of the 6th International Conference on Telecommunications, Electronics and Informatics*, May 24-27, 2018, Chişinău, Moldova, pp.179-184. ISBN 978-9975-45-540-4.

15. **IACOB, M., DEMCIUC, Iu., AVRAM, I. Сравнительная оценка качественных показателей принятого DVB-T2 сигнала в SFN сети.** *Proceedings of the 6th International Conference on Telecommunications, Electronics and Informatics*, May 24-27, 2018, Chişinău, Moldova, pp.185-190. ISBN 978-9975-45-540-4.

16. **IACOB, M., DEMCIUC, Iu., AVRAM, I. Particularities of the Implementation of Terrestrial Digital Television in the Republic of Moldova, Abstract.** *Proceedings of the 10th International Conference on Electronics, Communications and Computing*, Chişinău, Republic of Moldova, October, 23-26, 2019, pp. 81. ISBN 978-9975-108-84-3.

17. **IACOB, M., DEMCIUC, Iu., AVRAM, I. Estimation of Parameters of a Received Signal in a Single-frequency Network DVB-T2.** Abstract. *Proceedings of the 10th International Conference on Electronics, Communications and Computing*, Chişinău, Republic of Moldova, October, 23-26, 2019, pp. 82. ISBN 978-9975-108-84-3.

18. **IACOB, Mihail, DEMCIUC, Yurie. Research Opportunity To Estimate The Energy Gain Of The Received Signal Of The Cluster DVB-T2 SFN SISO.** *Proceedings of the 11th International Conference on Electronics, Communications and Computing*, 21-22 October, 2021, Chisinau, Republic of Moldova, pp. 224. ISBN 978-9975-45-776-7.

19. **MIHAIL, I., IACOB. The Choice of DVB-T2 Signal Transmission Technology in The Shadow Areas of The Republic of Moldova.** *Proceedings of the 12th International Conference on Electronics, Communications and Computing*, 20-21 October, 2022, Chisinau, Republic of Moldova. ISBN 978-9975-45-898-6.

#### ***Conferinţe naţionale***

20. **IACOB, M., DEMCIUC, Iu. Elemente de sincronizare a semnalului informaţional în reţelele DVB-T2 cu o singură frecvenţă.** *Lucrările Conferinţei tehnico-ştiinţifice a studenţilor, masteranzilor şi doctoranzilor, Secţia Electronică şi Telecomunicaţii*, 26-29 martie 2019. Volumul I, pp.4-7. Chişinău, Moldova. ISBN 978-9975-45-588-6.