

**UNIVERSITETI POLITEKNIK I TIRANËS
FAKULTETI I TEKNOLOGJISË SË INFORMACIONIT
DEPARTAMENTI I ELEKTRONIKËS DHE TELEKOMUNIKACIONIT**

LORETA ANDONI

**PËR MARRJEN E GRADËS
“DOKTOR”
NË “TEKNOLOGJITË E INFORMACIONIT DHE KOMUNIKIMIT”
DREJTIMI “TELEKOMUNIKACION DHE INXHINIERI INFORMACIONI”**

DISERTACION

***TEKNIKA PËR RRITJEN E EFIÇENCËS SË PËRDORIMIT TË FREKUENCAVE NË
RRJETET NUMERIKE TË TRANSMETIMEVE AUDIOVIZIVE***

**Udhëheqës Shkencor
Prof. Asoc. ALEKSANDËR BIBERAJ**

TIRANË, 2021

**TEKNIKA PËR RRITJEN E EFIÇENCËS SË PËRDORIMIT TË
FREKUENCAVE NË RRJETET NUMERIKE TË TRANSMETIMEVE
AUDIOVIZIVE**

Disertacioni

i paraqitur në Universitetin Politeknik të Tiranës për marrjen e gradës
“Doktor” në “Teknologjitë e Informacionit dhe Komunikimit” drejtimi
Telekomunikacion dhe Inxhinieri Informacioni

nga
Loreta Andoni
2021

JURIA PËR VLERËSIMIN E DISERTACIONIT PËR FITIMIN E
GRADËS SHKENCORE “DOKTOR”

Miratuar

me vendimin e Këshillit të Profesorëve të FTI-së Nr._____, datë_____:

| | |
|------------------|-----------------------------|
| Kryetar i Jurisë | Prof. Dr. Rozeta MIHO |
| Anëtar i Jurisë | Prof. Dr. Gëzim KARAPICI |
| Anëtar i Jurisë | Prof. Asoc. Adrian SHEHU |
| Anëtar i Jurisë | Prof. Asoc. Olimpjon SHURDI |
| Anëtar i Jurisë | Prof. Asoc. Elson AGASTRA |

Dekan i Fakultetit të Teknologjisë së Informacionit

Prof. Dr. Elinda MEÇE

TABELA E PËRMBAJTJES

| | |
|---|-----|
| TABELA E PËRMBAJTJES | i |
| LISTA E SHKURTIMEVE | iv |
| LISTA E FIGURAVE..... | vi |
| LISTA E TABELAVE..... | ix |
| FALENDERIME..... | xii |
| ABSTRAKT | 1 |
| ABSTRACT | 3 |
| KAPITULLI I..... | 5 |
| 1.1 HYRJE | 5 |
| 1.2 BREZI UHF DHE SFIDAT AKTUALE TE SHFRYTEZIMIT TË TIJ | 7 |
| 1.2.1 Brezi UHF dhe Trasmetimet Televizive..... | 7 |
| 1.2.3 Tendencat e Përdorimit të Brezit UHF..... | 8 |
| 1.3 MOTIVIMI | 10 |
| 1.4 FORMULIMI I PROBLEMIT, QËLLIMI I PUNIMIT DHE KONTRIBUTI | 11 |
| 1.4 METODOLOGJIA E KËRKIMIT | 14 |
| 1.5 ANALIZA KRAHASIMORE ME PUNIME TË NGJASHME | 15 |
| KAPITULLI II..... | 17 |
| RRJETET E TRANSMETIMEVE NUMERIKE TELEVIZIVE NË PLANIN GE-06 | 17 |
| 2.1 PARATHËNIE | 17 |
| 2.2 STANDARTET E TRANSMETIMIT NUMERIK TELEVIZIV | 17 |
| 2.3 PLANI GE-06..... | 18 |
| 2.4 GJENERATAT E FUNDIT TE TRANSMETIMIT (DVB-T2) DHE KOMPRESIMIT (MPEG-4) | 19 |
| 2.5 PLANI GE-06 DHE KAPACITETET E TRANSMETIMIT PËR HDTV..... | 21 |
| 2.6 KAPACITETET E TRANSMETIMIT NË PLANIN KOMBËTAR TË FREKUENCAVE NUMERIKE | 22 |
| 2.7 QASJA E DVB-T2 NË PLANIN GE06 | 23 |
| 2.7.2 Modifikimi i Planit GE-06 | 26 |
| 2.7.3 Administratat e Prekura Potencialisht nga Modifikimet në Plan..... | 27 |
| 2.8 KRITERET PËR PARAMETRAT E PLANIFIKIMIT DHE MODIFIKIMIT TË PLANIT GE-06..... | 30 |
| 2.8.1 Modelet e Kanaleve | 31 |
| 2.8.2 Raporti C/N..... | 31 |
| 2.8.3 Raportet e Mbrojtjes..... | 32 |
| 2.8.4 Humbja në hyrjen e godinës | 33 |
| 2.8.5 Nivelet Minimale të Sinjalit për Sistemet e Transmetimit Digjital..... | 33 |
| 2.8.6 Intensiteti i Fushës të Sinjalit të Pranueshme të Interferencës..... | 35 |

| | |
|---|-----|
| 2.8.7 Faktorët e Korigjimit të Vendndodhjes | 38 |
| 2.8.8 Konfigurimet e Referencave të Planifikimit për DVB-T | 39 |
| 2.8.9 Rrjetet e Referencës për DVB-T | 40 |
| KAPITULLI III | 44 |
| RRJETET ME FREKUENCE TË VETME (SFN) | 44 |
| 3.1 TIPET E RRJETEVE..... | 44 |
| 3.2 RRJETET SFN | 46 |
| 3.3 FENOMENI ISI DHE VARIABLAT PËR SHMANGIEN E TIJ | 50 |
| 3.4 EFICENCA SPEKTRALE SHITESORE NË RRJETET SFN DVB-T2 | 56 |
| 3.5 RRIJJA E MADHËSISË SË RRJETIT SFN | 58 |
| 3.6.1 Modeli Teorik për Rrijen e Zonës së Mbulimit të SFN-së | 59 |
| 3.6.2 Distanca ndërmjet Stacioneve (ISD) | 60 |
| 3.7 INTERFERENCAT E JASHTME | 61 |
| 3.7.1 Metoda e Llogaritjes së Interferencës së Jashtme | 61 |
| 3.7.2 Distanca e Ripërdorimit (RUD) | 64 |
| 3.7.3 Modeli për Rillogaritjen e Distancës së Ripërdorimit | 64 |
| KAPITULLI IV | 67 |
| PËRZGJEDHJA E KONFIGURIMEVE OPTIMALE PËR RRJETIN SFN TË PROPOZUAR | 67 |
| 4.1 PARATHËNIE | 67 |
| 4.2 ZGJEDHJA E PARAMETRAVE TË RRJETIT | 67 |
| 4.2.1 Përzgjedhja e Intervalit Mbrojtës (GI) | 70 |
| 4.2.2 Përzgjedhja e Madhësisë së FFT (Fast Fourier Transform) | 71 |
| 4.2.4 Përzgjedhja e Konstelacionit dhe Efektet e Rotacionit..... | 73 |
| 4.2.5 Përzgjedhja e Modelit Pilot..... | 75 |
| 4.2.6 FEC (Korigjimi i Gabimit) | 78 |
| 4.2.7 Teknikat MIMO dhe MISO | 79 |
| 4.2.6 Skenar i Zbatimit të SFN të mëdha | 83 |
| KAPITULLI V | 84 |
| OPTIMIZIMI I MBULIMIT TË RRJETIT SFN TIRANË-FIER..... | 84 |
| 5.1 ASPEKTET E LLOGARITJES SË MBULIMIT PËR DVB-T2 SFN | 84 |
| 5.2.1 Pikat e matjeve për përcaktimin e mbulimit..... | 84 |
| 5.2 PARAMETRAT E RRJETEVE EGZISTUES TË SFN TIRANË DHE SFN FIER | 87 |
| 5.3 METODOLOGJIA E APLIKUAR PËR OPTIMIZIMIN E MBULIMIT | 95 |
| 5.3.1 Simulimi i vonesave statistike | 99 |
| 5.4 SIMULIMET PËR OPTIMIZIMIN E MBULIMIT | 100 |
| 5.4.1 Optimizimi i rrjetit SFN në konfigurimin 256QAM, FEC 2/3, 32k, GI 19/256, PP2 | 100 |
| 5.4.2 Optimizimi i rrjetit SFN në konfigurimin 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256 PP4..... | 111 |
| 5.4.3 Optimizimi i rrjetit SFN në konfigurimin 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256 PP2..... | 119 |

| | |
|---|-----|
| 5.4.4 Optimizimi i rrjetit SFN në konfigurimin 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256 PP4..... | 128 |
| 5.4.5 Optimizimi i rrjetit SFN në konfigurimin 256QAM, FEC 2/3, 32k, GI 1/8, PP2 | 136 |
| 5.4.6 Optimizimi i rrjetit SFN në konfigurimin 256QAM, FEC 3/4, 32k, GI 1/8 PP2 | 144 |
| 5.4.7 Përcaktimi i kohë vonesave për çdo transmetues | 153 |
| 5.4.8 Krahasimi i rezultateve të simulimeve | 154 |
| 5.5 RRITJA E EFIÇENCËS SPEKTRALE SHITESORE | 156 |
| KAPITULLI VI | 157 |
| KONKLUSIONE DHE VIJIMI I PUNIMIT NË TË ARDHMEN | 157 |
| 6.1 KONKLUSIONE | 157 |
| 6.2 VIJIMI I PUNIMIT NË TË ARDHMEN | 158 |
| BOTIME DHE KONFERENCA..... | 159 |
| REFERENCA | 160 |

LISTA E SHKURTIMEVE

- **BW** Bandwidth
- **CCI** Co-Channel Interference
- **DTT** Digital Terrestrial Television
- **DD** Digital Dividend
- **DVB-H** Digital Video Broadcasting - Handheld
- **DVB-T** Digital Video Broadcasting – Terrestrial
- **DVB-T2** Digital Video Broadcasting – 2nd Generation Terrestrial
- **ECC** Electronic Communications Committee
- **EIRP** Equivalent Isotropically Radiated Power
- **ETSI** European Telecommunications Standards Institute
- **CEPT** European Conference of Postal and Telecommunications Administrations
- **HD** High Definition
- **ISD** Inter Site Distance
- **ISI** Inter Symbol Interference
- **ITU** International Telecommunication Union
- **MIMO** Multiple Input and Multiple Output
- **MISO** Multiple Input and Single Output
- **MFN** Multi Frequency Network
- **MPEG** Moving Picture Experts Group
- **LSI** Layer Spectrum Efficiency
- **GE-06** Geneve 2006
- **GI** Guard Interval
- **OFDMA** Orthogonal Frequency-Division Multiple Access
- **RBF** Reuse Blocking Factor

- **SA** Simulated Annealing
- **SD** Standard Definition
- **SFN** Single Frequency Network
- **SE** Spectral Efficiency
- **SINR** Signal to Interference and Noise Ratio
- **SIR** Signal to Interference Ratio
- **SISO** Single Input and Single Output
- **UHF** Ultra High Frequency
- **VHF** Very High Frequency
- **WRC** World Radio Communication Conferences

LISTA E FIGURAVE

| | |
|--|----|
| FIGURA 1: NDARJA E GLOBIT NË TRE RAJONE PËR RREGULLIMIN RADIO NË NIVEL NDËRKOMBETAR NGA ITU | 11 |
| FIGURA 2: BASHKËJETESA E STANDARTEVE TË TELEVISIONIT NUMERIK NË MBARË BOTËN | 17 |
| FIGURA 3: FORMAT E ALLOTMENTEVE TË PLANIT NUMERIK | 22 |
| FIGURA 4: KONTURET E KOORDINIMIT ME ADMINISTRATAT E NDIKUARA | 28 |
| FIGURA 5: MASKA E SPEKTRIT DVB-T PËR GJERËSINË E BREZIT 8 MHZ..... | 29 |
| FIGURA 6: HAPËSIRA TË VOGLA MBULIMI SFN (RN 2) | 41 |
| FIGURA 7: HAPËSIRA TË MËDHA MBULIMI SFN (RN 1) | 42 |
| FIGURA 8: RRJETET SFN & MFN | 44 |
| FIGURA 9: TRANSMETIMI SHUME-DREJTIMËSH..... | 50 |
| FIGURA 10: ISI ME NJË SINJAL TË VONUAR | 51 |
| FIGURA 11: RRRITJA E KOHËZGJATJES SË SIMBOLIT ME FUTJEN E GI..... | 52 |
| FIGURA 12: POZICIONE TË DRITARES FFT | 53 |
| FIGURA 13: FUNKSIONI I PESHIMIT W (ΔT) PËR DVB-T2..... | 54 |
| FIGURA 14: RRJETI TEORIK GJASHTËKËNDOR SFN | 60 |
| FIGURA 15: MODELI I LLOGARITJES SË MADHËSISË MAKSIMAL SFN..... | 61 |
| FIGURA 16: RN GJASHTËKËNDËSH ME TRE TRANSMETUES (RRC06-A4-SI-AP3-1) | 63 |
| FIGURA 17: RN GJASHTËKËNDËSH ME SHTATE TRANSMETUES (RRC06-A4-SI-AP3-1) | 63 |
| FIGURA 18: RUD NË FUNKSION TË ISD PËR MARRJEN FIKSE | 64 |
| FIGURA 19: MODELI I LLOGARITJES SË DISTANCËS SË RIPËRDORIMIT TË FREKUENCËS . | 65 |
| FIGURA 20: INTERVALI I MBROJTJES | 70 |
| FIGURA 21: EFEKTI I GI NË SHPEJTËSINË E TRANSMETIMIT | 71 |
| FIGURA 22: FFT NË DVB-T2..... | 72 |
| FIGURA 23: NDIKIMI I MADHËSISË FFT NË DVB-T2 | 73 |
| FIGURA 24: KONSTELACIONET E RROTULLUARA DHE KLASIKE | 74 |
| FIGURA 25: STRUKTURE E MODELIT PILOT SISO: PP2, PP4 DHE PP8..... | 78 |
| FIGURA 26: RRJETI DVB-T2 MISO..... | 80 |
| FIGURA 27: MATRIXA ALAMOUTI MISO | 81 |
| FIGURA 28: PIKAT E TESTIMIT TË ALOTMENTIT TË TIRANËS..... | 85 |
| FIGURA 29: PIKAT E TESTIMIT TË ALOTMENTIT TË FIERIT..... | 86 |
| FIGURA 30: PIKAT E TESTIMIT TË ALLOTMENTIT TIRANË-FIER PAS OPTIMIZIMIT..... | 87 |
| FIGURA 31: RRJETET NUMERIK I KOMBËTAR | 88 |
| FIGURA 32: HAPËSIRAT E MBULIMI TË SFN TIRANË | 90 |
| FIGURA 33: HAPËSIRAT E MBULIMI TË SFN FIER | 90 |

| | |
|---|-----|
| FIGURA 34: STACIONET TRANSMETUESE TË MBULIMIT KOMBËTAR..... | 92 |
| FIGURA 35: ALLOTMENTI I TIRANËS DHE FIERIT PARA OPTIMIZIMIT | 93 |
| FIGURA 36: MBULIMI AKTUAL I SFN-VE TIRANË DHE FIER PËR EFEKT KRAHASIMI..... | 93 |
| FIGURA 37: LLOGARITJA E KAPACITETIT TË TRANSMETIMIT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP2 | 101 |
| FIGURA 38: PARAMETRAT TEKNIKË TË MARRËSIT PËR SIMULIMIN E KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP2 | 102 |
| FIGURA 39: SIMULIMI I MBULIMIT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP2 | 103 |
| FIGURA 40: SIMULIMI I INTERFERENCËS GLOBALE SIMULCAST PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP2 | 104 |
| FIGURA 41: SIMULIMI I MBULIMIT MBASI SHTOHEN PËRSËRITËSAT (GAPFILLER) PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP2 | 105 |
| FIGURA 42: NIVELI I INTERFERENCAVE REFERUAR RAPORTIT C/N+ I PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP2, PASI SHTOHEN STACIONET PËRSËRITËS 106 | 106 |
| FIGURA 43: NIVELI I INTERFERENCAVE MBASI SHTOHEN PËRSËRITËSAT NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP2 | 107 |
| FIGURA 44: CAKTIMI I KOHËS SË VONESËS PËR ÇDO STACION TRANSMETUES NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP2 | 108 |
| FIGURA 45: PARAMETRAT TEKNIKË TË MARRËSIT PËR SIMULIMIN E KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP2 | 109 |
| FIGURA 46: NIVELI I INTERFERENCAVE PAS SIMULIMIT TË VONESAVE STATIKE NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP2 | 110 |
| FIGURA 47: VETËM INTERFERENCAT PAS SIMULIMIT TË VONESAVE STATIKE NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP2 | 111 |
| FIGURA 48: SIMULIMI I MBULIMIT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP2 | 113 |
| FIGURA 49: SIMULIMI I INTERFERENCAVE REFERUAR RAPORTIT C/N+I MBASI SHTOHEN PËRSËRITËSAT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP4 | 115 |
| FIGURA 50: VETË INTERFERENCAT REFERUAR RAPORTIT C/N+I MBASI SHTOHEN PËRSËRITËSAT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP4 | 116 |
| FIGURA 51: NIVELI I INTERFERENCAVE MBAS SIMULIMIT TË VONESAVE STATIKE NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP4 | 118 |
| FIGURA 52: VETËM INTERFERENCA MBAS SIMULIMIT TË VONESAVE STATIKE NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP4 | 119 |
| FIGURA 53: SIMULIMI I MBULIMIT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256, PP2 | 122 |
| FIGURA 54: VETËM INTERFERENCA NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256, PP2 MBASI JANË SHTUAR PËRSËRITËSIT | 123 |
| FIGURA 55: VETËM INTERFERENCA NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256, PP2 MBASI JANË SHTUAR PËRSËRITËSIT | 124 |

| | |
|--|-----|
| FIGURA 56: CAKTIMI I KOHËS SË VONESËS PËR ÇDO STACION TRANSMETUES NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP2 | 125 |
| FIGURA 57: NIVELI I I INTERFERENCAVE MBAS SIMULIMIT TË VONESAVE STATIKE NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256, PP2 | 127 |
| FIGURA 58: VETËM INTERFERENCA MBAS SIMULIMIT TË VONESAVE STATIKE NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP4 | 128 |
| FIGURA 59: SIMULIMI I MBULIMIT MBAS SHTIMIN E GAPFILLERAVE PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256, PP4 | 131 |
| FIGURA 60: NIVELI I INTERFERENCAVE MBAS SHTIMIN E GAPFILLERAVE PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256, PP4 | 132 |
| FIGURA 61: VETËM INTERFERENCAT MBAS SHTIMIN E GAPFILLERAVE PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256, PP4 | 133 |
| FIGURA 62: NIVELI I I INTERFERENCAVE MBAS SIMULIMIT TË VONESAVE STATIKE NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256, PP4 | 135 |
| FIGURA 63: VETËM INTERFERENCAT MBAS SIMULIMIT TË VONESAVE STATIKE NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256, PP4 | 136 |
| FIGURA 64: SIMULIMI I INTERFERENCAVE REFERUAR RAPORTIT C/N+I MBASI SHTOHEN PËRSËRITËSAT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 1/8, PP2 | 138 |
| FIGURA 65: NIVELI I INTERFERENCAVE PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 1/2, 32K, GI 1/8, PP2, MBASI SHTOHEN PËRSËRITËSIT | 139 |
| FIGURA 66: VETËM INTERFERENCAT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 1/2, 32K, GI 1/8, PP2, MBASI SHTOHEN PËRSËRITËSIT..... | 140 |
| FIGURA 67: CAKTIMI I KOHËS SË VONESËS PËR ÇDO STACION TRANSMETUES NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 1/8, PP2 | 141 |
| FIGURA 68: NIVELI I INTERFERENCAVE MBAS SIMULIMIT TË VONESAVE STATIKE NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 1/8, PP2 | 143 |
| FIGURA 69: NIVELI I INTERFERENCAVE MBAS SIMULIMIT TË VONESAVE STATIKE NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 1/8, PP2 | 144 |
| FIGURA 70: SIMULIMI I MBULIMIT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 1/8, PP2, MBASI SHTOHEN PËRSËRITËSIT..... | 146 |
| FIGURA 71: NIVELI I INTERFERENCAVE PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 1/8, PP2, MBASI SHTOHEN PËRSËRITËSIT | 147 |
| FIGURA 72: VETËM INTERFERENCAVE PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 1/8, PP2, MBASI SHTOHEN PËRSËRITËSIT | 148 |
| FIGURA 73: CAKTIMI I KOHËS SË VONESËS PËR ÇDO STACION TRANSMETUES NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256, PP2 | 149 |
| FIGURA 74: NIVELI I INTERFERENCAVE MBAS SIMULIMIT TË VONESAVE STATIKE NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 1/8, PP2 | 151 |
| FIGURA 75: VETËM INTERFERENCAT MBAS SIMULIMIT TË VONESAVE STATIKE NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 1/8, PP2 | 152 |
| FIGURA 76: KRAHASIMI I REZULTATEVE TË SIMULIMEVE | 155 |

LISTA E TABELAVE

| | |
|---|----|
| TABELA 1: KAPACITETET E TRANSMETIMIT NUMERIK TELEVIZIV NË SHQIPËRI | 12 |
| TABELA 2: KAPACITETIT I OFRUAR NË PLANIN GE-06 | 21 |
| TABELA 3: KAPACITETET TRANSMETUESE TE PLANIT KOMBËTAR NUMERIK | 23 |
| TABELA 4: VARIANTET DVB-T2 ME KANAL 8 MHZ TË PËRSHTATURA PËR GE-06..... | 25 |
| TABELA 5: KARAKTERISTIKAT TEKNIKE TË MASKËS SË SPEKTRIT DVB-T PËR GJERËSINË E BREZIT 8 MHZ..... | 30 |
| TABELA 6: VLERAT C/N PËR KANALET GAUSSIAN DHE KANALET RICEAN | 32 |
| TABELA 7: HUMBJA NË HYRJE TË GODINËS..... | 33 |
| TABELA 8: F, GI, LF, P0 PËR RASTIN E SHËRBIMEVE FIKSE | 36 |
| TABELA 9: RASTET JO-KRITIKE PËR MASKËN DVB-T | 37 |
| TABELA 10: RASTET SENSITIVE PËR MASKËN DVB-T..... | 37 |
| TABELA 11: BO, BI, BV | 37 |
| TABELA 12: FAKTORI I KORIGJIMIT TË VENDNDODHJES “OUTDOOR” | 38 |
| TABELA 13: FAKTORI I KORIGJIMIT TË VENDNDODHJES “INDOOR” | 39 |
| TABELA 14: RPC1 PËR DVB-T | 39 |
| TABELA 15: PARAMETRAT E RN2 (ZONË E VOGËL SHËRBIMI, SFN E DENDUR) | 41 |
| TABELA 16: PARAMETRAT E RN1 (HAPËSIRA TË MËDHA MBULIMI SFN)..... | 43 |
| TABELA 17: AVANTAZHET DHE DISAVANTAZHET E RRJETEVE SFN DHE MFN | 45 |
| TABELA 18: PARAMETRAT E SISTEMIT DHE EFIÇENCA SPEKTRALE E DISA KONFIGURIMEVE TË RRJETIT DVB T2 | 57 |
| TABELA 19: EFIÇENCA SPEKTRALE SHTRESORE NË TRE SKENARË TË MARRJES STATIKE DVB-T2..... | 58 |
| TABELA 20: DISTANCA E RIPËRDORIMIT PËR MARRJEN FIKSE..... | 66 |
| TABELA 21: DVB-T2 KRAHASUAR ME DVB-T | 68 |
| TABELA 22: C/N DHE SHPEJTËSITË E TRANSMETIMIT TË BITIT | 69 |
| TABELA 23: DISTANCA MIDIS TRANSMETUESVE | 70 |
| TABELA 24: MADHËSITË FFT..... | 72 |
| TABELA 25: MADHËSIA FFT DHE INTERVALI I MBROJTJES..... | 72 |
| TABELA 26: NUMRI I BITEVE PËR KONSTELACION..... | 74 |
| TABELA 27: MODELI PILOT I SHPËRNDARË PËR KOMBINIME FFT-GI NE SISTEMIN SISO ... | 77 |
| TABELA 28: MODELI PILOT I SHPËRNDARË PËR KOMBINIME FFT-GI NË SISTEMIN MISO.. | 82 |
| TABELA 29: MARRJE FIKSE PËR SFN ME HAPËSIRË MBULIMI TË MADH..... | 83 |
| TABELA 30: PARAMETRAT TEKNIKË TË STACIONEVE TRANSMETUES NE SFN-TË AKTUALE TIRANË DHE FIER..... | 91 |
| TABELA 31: PARAMETRAT TEKNIKË TË STACIONEVE TRANSMETUES NE SFN-NË E PROPOZUAR TIRANË-FIER..... | 95 |

| | |
|--|-----|
| TABELA 32: PARAMETRAT TEKNIKË QË OPTIMIZOHEN APO INFLUENCOHEN NGA OPTIMIZIMI..... | 98 |
| TABELA 33 : PARAMETRAT E TRANSMETIMIT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP2..... | 101 |
| TABELA 34: PËRCAKTIMI I KOHË VONESAVE PËR SIMULIMIN E KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP2..... | 109 |
| TABELA 35: LLOGARITJA E KAPACITETIT TË TRANSMETIMIT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP4..... | 112 |
| TABELA 36: PARAMETRAT E TRANSMETIMIT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP4..... | 112 |
| TABELA 37: PARAMETRAVE TEKNIKË TË MARRËSIT PËR SIMULIMIN E KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP4..... | 114 |
| TABELA 38: PARAMETRAT TEKNIKË TË MARRËSIT PËR SIMULIMIN E KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP4..... | 117 |
| TABELA 39: PËRCAKTIMI I KOHË VONESAVE PËR SIMULIMIN E KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP4..... | 117 |
| TABELA 40: LLOGARITJA E KAPACITETIT TË TRANSMETIMIT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256, PP2..... | 120 |
| TABELA 41 : PARAMETRAT E TRANSMETIMIT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256, PP2..... | 120 |
| TABELA 42: PARAMETRAVE TEKNIKË TË MARRËSIT PËR SIMULIMIN E KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256, PP2..... | 121 |
| TABELA 43: PARAMETRAVE TEKNIKË TË MARRËSIT PËR SIMULIMIN E KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256, PP2, MBAS CAKTIMIT TË VONESAVE STATIKE..... | 126 |
| TABELA 44: PËRCAKTIMI I KOHË VONESAVE PËR SIMULIMIN E KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256, PP2..... | 126 |
| TABELA 45: LLOGARITJA E KAPACITETIT TË TRANSMETIMIT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256, PP4..... | 129 |
| TABELA 46: PARAMETRAT E TRANSMETIMIT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256, PP4..... | 129 |
| TABELA 47: PARAMETRAVE TEKNIKË TË MARRËSIT PËR SIMULIMIN E KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256, PP4..... | 130 |
| TABELA 48: PARAMETRAT TEKNIKË TË MARRËSIT PËR SIMULIMIN E KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256, PP4..... | 134 |
| TABELA 49: PËRCAKTIMI I KOHË VONESAVE PËR SIMULIMIN E KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256, PP4..... | 134 |
| TABELA 50: LLOGARITJA E KAPACITETIT TË TRANSMETIMIT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256, PP4..... | 137 |
| TABELA 51: PARAMETRAT E TRANSMETIMIT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256, PP4..... | 137 |
| TABELA 52: PARAMETRAT TEKNIKË TË MARRËSIT PËR SIMULIMIN E VONESAVE STATIKE KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 1/8, PP2..... | 142 |

| | |
|--|-----|
| TABELA 53: PËRCAKTIMI I KOHË VONESAVE PËR SIMULIMIN E KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 1/8, PP2..... | 142 |
| TABELA 54: LLOGARITJA E KAPACITETIT TË TRANSMETIMIT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 1/8, PP2 | 145 |
| TABELA 55: PARAMETRAT TEKNIKË TË MARRËSIT PËR SIMULIMIN E KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 1/8, PP2, MBASI SHTOHEN PËRSËRITËSIT | 145 |
| TABELA 56: PARAMETRAT TEKNIKË TË MARRËSIT PËR SIMULIMIN E VONESAVE STATIKE KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 1/8, PP2..... | 150 |
| TABELA 57: PËRCAKTIMI I KOHË VONESAVE PËR SIMULIMIN E KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 1/8, PP2..... | 150 |
| TABELA 58: KOHË VONESAT PËR ÇDO STACION TRANSMETIMI REFERUAR INTERFERENCAVE NË MBULIM (COVERAGE INTERFERENCE SFN/MFN SYNCHRONIZED) | 153 |
| TABELA 59: KOHË VONESAT PËR ÇDO STACION TRANSMETIMI SIPAS (NETWORK PLANNING/ SFN LAUNCH DELAY ASSIGNMENTS) | 153 |
| TABELA 60: KRAHASIMI I PARAMETRAVE TEKNIK PËR KONFIGURIMET E SIMULUARA . | 156 |

FALENDERIME

Së pari, doja të shprehja mirënjohjen dhe falenderime të veçanta për udhëheqësin e punimit të këtij disertacioni, Prof. Asoc. Aleksandër Biberaj, për rekomandimet dhe udhëzimet mjaft të vlefshme, mbështetjen e vazhdueshme në çdo aspekt dhe gjatë gjithë kohëzgjatjes së përgatitjes së këtij punimi.

Një falenderim të përzëmërt dhe me shumë respekt gjej rastin të përcjell për Prof. Dr. Rozeta Miho. Jam jashtëzakonisht mirënjohëse për çdo mbështetje dhe inkurajim në gjithë rrugëtimin tim pranë Universitetin Politeknik të Tiranës.

Faleminderit gjithë stafit të Departamentit të Elektronikës dhe Telekomunikacionit për çdo sugjerim dhe rekomandim, të cilat kanë qënë një ndihmë mjaft e madhe për finalizimin e këtij punimi. Në mënyrë të veçantë falenderoj Prof. Dr. Bexhet Kamo dhe Prof. Asoc. Elson Agastra për konsultimet teknike dhe çdo sugjerim të vlefshëm.

Falenderim të veçantë për kryetarin e Autoritetit të Mediave Audiovizive, z. Gentian Sala, për mundësimin e aksesit në programet profesionale të këtij institucioni si dhe falenderim të përzëmërt dy kolegeve të mia, Elkeda dhe Xhenisa, për bashkëpunimin shumë të mirë për simulimet e kryera në këtë punim.

Faleminderit familjes, shokut të pandarë të jetës time, Vangjushit, për inkurajimin dhe përkushtimin e veçantë deri në përfundimin e punimit dhe dy djemve të mi të mrekullueshëm Angjelo dhe Eneid, të cilët janë frymëzimi im për tu përballur me çdo sfidë.

Faleminderit dy prindërve të mi të shtrenjtë, të cilët i kanë kushtuar gjithë jetën e tyre profesionale kontributit në arsim dhe që gjithmonë na kanë edukuar me dëshirën për tu bërë njerëz të ditur dhe të vlefshëm në shoqëri. Faleminderit dy motrave të mia, Edi dhe Fjoralba, që janë mbështetja ime e përhershme.

ABSTRAKT

Komunikimet celulare me brez të gjerë po luajnë një rol gjithmonë e më të rëndësishëm në zhvillimet ekonomike dhe sociale të vendit dhe përbëjnë një nga faktorët bazë për tranzitimin drejt shoqërisë moderne të informacionit. Karakteristikat e favorshme të përhapjes e bëjnë brezin UHF më të kërkuar për garantimin e zgjidhjeve me kosto efektive të shërbimeve të lëvizshme me brez të gjerë. Për këtë arsye, gjetja e teknikave për menaxhimin më efektiv të këtij brezi ka marrë vëmendje të vecantë me qëllim krijimin e kapaciteteve frekuencore për shërbimet e lëvizshme. Digjitalizimi i plotë i transmetimeve audivizive përbën një hap të rëndësishëm në këtë drejtim, pasi mundëson lirimin e 168 MHz në brezin UHF, të cilat do të përdoren për shërbimet e lëvizshme broadband.

Lirimi i kësaj pjese të spektrit i emërtuar Dividenti Digjital (DD) ka krijuar sfida të forta për çdo vend, në veçanti për vendin tonë që është konsideruar rasti më i vështirë në rajon. Tashmë në Shqipëri DD1 (790-862 MHz) është duke u përdorur nga teknologjitë më të fundit të komunikimeve celulare me brez të gjerë. Ndërkohë, lirimi i DD2 (694-790 MHz) përbën një emergjencë, pasi në Europë ka filluar ose duhet të fillojë përdorimi e këtij brezi nga komunikimet celulare brenda vitit 2022. Çdo vonesë në lirimin e DD2, përveç se vonon përfitimin e avantazheve të rëndësishme të aksesit broadband, mund të jetë arsye e interferencave të dëmshme në vendet fqinjë.

Për të liruuar DD2 nevojitet gjetja e teknikave për rritjen e efikasitetit spektral në pjesën e brezit UHF të mbetur për përdorim nga transmetimet numerike tokësore televizive, me qëllim mbartjen në to të gjithë programeve aktuale televizive duke ruajtur apo përmirësuar cilësinë e transmetimit.

Përdorimi i spektrit të alokuar për transmetimet televizive rregullohet nga Marrëveshja GE-06 *“Për planifikimin e shërbimit të transmetimeve numerike tokësore në pjesë të Rajoneve 1 dhe 3, në bandat e frekuencave 174-230 MHz dhe 470-862 MHz”*, që është një traktat ndërkombëtar detyrues i nënshkruar dhe nga administrata shqiptare si pjesë e Rajonit 1. Plani GE-06 është hartuar bazuar në teknologjinë DVB-T, ndërkohë që implementimi i këtij plani në rrjetet numerike TV në Shqipëri bazohet në gjeneratën e fundit të transmetimeve televizive DVB-T2, e cila kombinuar me teknologjinë më të avancuar të kompresimit MPEG4 rrit me 100% efikasitetin e rrjeteve.

Bazuar në Planin GE-06, territori shqiptar është ndarë në 11 rrjete me frekuencë të vetme (SFN). SFN-të janë rrjete ku transmetuesit dërgojnë njëkohësisht të njëjtin sinjal në të njëjtin

kanal frekuence. DVB-T2 ofron rrjete SFN me përmasa më të mëdha krahasuar me DVB-T. Megjithatë, SFN-të janë ende në madhësitë që ofron teknologjia DVB-T.

Në këtë punim është propozuar që të zgjerohet një SFN derisa të mbulojë SFN-në fqinjë duke liruuar një frekuencë, që në këtë rast, është pjesë e brezit DD2. Për të arritur këtë, teknikat e avancuara të ofruara nga DVB-T2 janë analizuar për të gjetur konfigurimin optimal për SFN-në e propozuar, i cili duhet të ruajë ose të përmirësojë performancën e rrjetit. Zgjerimi i SFN-së mundësohet pa ndryshuar vendndodhjen e transmetuesve dhe fuqinë e tyre të transmetimit me qëllim që të mos shkaktohen interferenca të jashtme. Për arritjen e qëllimit janë analizuar teknikat e avancuara dhe mundësitë e panumërta të teknogjisë DVB-T2 që influencojnë në rritjen e madhësisë SFN për të eliminuar interferencat ndër simbol (ISI) dhe gjetjen e balancës ndërmjet kapacitetit të transmetimit dhe kualitetit të shërbimit.

Në punim është kryer optimizimi i mbulimit bazuar në simulimin e gjashtë konfiguracioneve të rrjetit që konsiderohen më të përshtatshme për të përmbushur kërkesat e SFN-së së propozuar. Për të reduktuar më tej vetë interferencat e rezultuara nga simulimi u shtuan katër përsëritësa (gap-filler). Si hap i fundit u simuluan vonesat statike të transmetuesve për çdo konfiguracion rrjeti nga ku rezultoi një përmirësim i dukshëm i interferencave. Simulimet janë kryer duke përdorur programin profesional të planifikimit të frekuencave audio/audiovizive “HTZ Communications”

Në përfundim të këtij punimi është konkluduar në konfiguracionin më të përshtatshëm, me të cilën SFN shfaq nivel të papërfillshëm interferencash dhe që lë hapësira për zmadhim të mëtejshëm të zonës së mbulimit duke përfshirë në të edhe dy SFN të tjera fqinjë.

Konkluzionet e këtij punimi tregojnë se teknologjia DVB-T2 ofron mundësira të panumërta për gjetjen e teknikave që rrisin efikasitetin spektrale dhe bëjnë të mundur lirin e brezit të Dividentit Digjital.

Fjalët kyçe: efikasiteti spektrale, dividend digjital, SFN, ISI, DVB-T2.

ABSTRACT

Broadband mobile communications are playing an increasingly important role in the economic and social development of the country and constitute one of the basic factors for the transition to modern information society. Favorable propagation characteristics make the UHF band the most sought for guaranteeing the cost-effective solutions of broadband mobile services. For this reason, finding techniques for the most effective management of this band has received special attention in order to create frequency capacities for mobile services. Full digitization of analogue broadcasting is an important step in this effort, as it enables the release of 168 MHz (790-862 MHz and 694-790 MHz) in the UHF band, named Digital Dividend.

The release of this part of the spectrum called Digital Dividend (DD) has created strong challenges for each country, especially for our country which is considered the most difficult case in the region. In Albania DD1 (790-862 MHz) is already being used by broadband mobile communications. Meanwhile, the release of DD2 (694-790 MHz) from digital television broadcasts is an emergency in our country, as in Europe has started or will begin within 2022 the use of this band by mobile communications. Any delay in the release of DD2 in addition to delaying the benefits of significant advantages of broadband access, may cause harmful interference in neighboring countries.

In purpose to release the second Digital Dividend band, it is necessary to find techniques which increase the spectral efficiency in the part of the remaining UHF band, allocated for digital terrestrial television broadcasting, in order to carry in them all current television programs while maintaining or improving the transmission quality. The use of spectrum by television broadcasting is regulated by the GE-06 Agreement "*On the planning of digital terrestrial broadcasting service in parts of Regions 1 and 3, in the frequency bands 174-230 MHz and 470-862 MHz*", which is a binding international treaty signed by the Albanian administration as part of Region 1 (ITU). The GE-06 plan is drafted based on DVB-T technology, while the implementation of this plan in digital TV networks in Albania is based on the latest generation of digital video broadcasting DVB-T2. DVB-T2 combined with the most advanced compression technology MPEG-4 increases by 50% the spectral efficiency of TV broadcasts.

Based on the GE-06 Plan, the Albanian territory is divided into 11 single frequency networks (SFN). SFNs are networks where transmitters simultaneously transmit the same signal using the same frequency channel. DVB-T2 offers larger SFN networks compared to DVB-T. However, SFNs are still in the sizes offered by DVB-T technology.

In this paper it is proposed to expand an SFN network to the extent that it covers the neighboring SFN, which uses a DD2 frequency. To achieve this, the advanced techniques

provided by DVB-T2 are analyzed in order to find the optimal configuration for the proposed SFN, which should maintain or improve the performance of the network. The increased size of SFN is achieved without changing the location of the transmitters and their transmission power in order to not cause external interference.

In order to achieve the goal, the technical parameters that influence the increase of SFN size are analyzed to eliminate Inter Symbol Interferences (ISI) and to find the balance between transmission capacity and service quality.

Coverage optimization is performed based on the simulation of eight network configurations that are considered as most suitable to meet the requirements of the proposed SFN. To reduce the interferences resulting from these simulations, four repeaters (gap-filler) were added. The last step is the simulation of static delays of the transmitters for each network configuration which resulted to improve the interference by approximately 5%. The simulations were performed using the professional audio/audiovisual frequency planning program "HTZ Communications".

At the end of this paper it is concluded with defining the most appropriate network configuration of the SFN, which insure negligible level of interference and furthermore gives opportunities for further extension of the SFN including in its coverage two other neighbor SFNs. The conclusions of this paper show that DVB-T2 technology offers countless opportunities to find techniques that increase spectral efficiency and enable the release of the Digital Dividend band.

Keywords: spectral efficiency, digital dividend, SFN, ISI, DVB-T2

KAPITULLI I

1.1 HYRJE

Spektri i frekuencave është një element parësor mbështetës i komunikimeve elektronike, pavarësisht nëse ai përfshin telefoninë mobile, aksesin pa tel në internet, apo transmetimet radio-televizive tokësore dhe satelitore. Menaxhimi i spektrit të radio frekuencave po merr një rol gjithnjë e më të rëndësishëm. Rrjetet me brez të gjerë janë tashmë në qendër të zhvillimit të teknologjive të informacionit dhe komunikimit. Për arsye të rëndësishme gjithnjë në rritje të konektivitetit pa tela në ofrimin e shërbimeve me brez të gjerë, politikat e menaxhimit të spektrit të frekuencave radio po bëhen më të rëndësishme se kurrë më parë. Frekuencat UHF, janë më të favorshmet për transmetimet me brez të gjerë si rezultat i cilësisë që ofrojnë, rrezes së madhe të mbulimit pa nevojën e pamjes së lirë “line of sight” ndërmjet transmetuesit dhe marrësit, si dhe depërtimit në godina.

Sfidat institucionale, ligjore dhe ekonomike vijnë kryesisht si rrjedhim i pamjaftueshmërisë të spektrit, që po bëhet gjithmonë e më e ndjeshme me përhapjen e paimagjinueshme të pajisjeve celulare dhe rritjen e kërkesave për transmetimin e të dhënave.

Kalimi nga televizioni analog në digjital është padyshim një hap i rëndësishëm në lirimin e një sasive të konsiderueshëm spektri si rezultat i efikasitetit më të madh të teknologjisë digjitale. Ky spektër njihet si “Dividendi Numerik” ose “Hapësirat e bardha”. Dividendi Numerik konsiderohet si një mundësi unike për të plotësuar kërkesën në rritje për shërbimet me brez të gjerë të komunikimit pa tel.

Në Shqipëri Dividenti i parë Numerik, brezi 790-862 MHz, u lirua plotësisht nga përdorimet nga transmetimet analoge audiovizive në fund të vitit 2017 dhe tashmë ai është në dispozicion të shërbimeve të lëvizshme me brez të gjerë.

Ndërkohë transmetimet tokësore televizive numerike në Shqipëri por dhe në Evropë kanë okupuar brezin UHF 470-790 MHz, i cili konsiderohet gjerësisht si një spektër premium për ofrimin e mbulimit celular. Brezi 694-790 MHz, i quajtur ndryshe Dividenti i dytë Numerik, është planifikuar të vihet në përdorim të shërbimeve të lëvizshme me brez të gjerë në Evropë brenda vitit 2020+/-2.

Në veçanti në Shqipëri, lirimi i Dividentit të dytë Numerik përbën sfidë mjaft serioze jo vetëm për faktin se frekuencat e këtij brezi përbëjnë 30% të rrjeteve të transmetimeve audiovizive, por edhe sepse pesë rrjete numerike televizive kombëtare janë licensuar përgjatë viteve 2016-2017 dhe kanë marrë të drejtën e përdorimit të tyre për një afat kohor 15 vjet.

Nga ana tjetër, edhe pse rrjeti numerik televiziv tokësor është platforma më popullore për konsum televiziv dhe ka gëzuar qasje ekskluzive në këtë spektër në dekadat e fundit, konsumi kryesor i përmbajtjes televizive lineare të transmetuar nga shërbimi numerik tokësor audioviziv gradualisht po i hap rrugë shërbimit me kërkesë me përmbajtje të larmishme. Rritja e konsumit të videos në platformat mobile përmes broadbandit pa tel është duke krijuar një sfidë të rëndësishme për operatorët celularë për të siguruar kapacitet të mjaftueshëm me infrastrukturën dhe spektrin ekzistues.

Tendencat e konvergjencës së konsumit video në TV tradicionale dhe platformat mobile janë stimuj të rinj për rregullatorin që të rishqyrtojë shfrytëzimin optimal të brezit të transmetimit UHF. Studime të ndryshme të rrjetit shpërndarës të përmbajtjes celulare kanë konkluduar në përfitime të mundshme në rastin e ri-planifikimit të brezit të transmetimit UHF dhe rialokimit e tij për një platformë konvergjente. Kjo platformë bazohet në infrastrukturën celulare dhe mund të ofrojë shërbim televiziv me të njëjtin nivel të kërkesave të cilësisë si DTT.

Nëpërmjet këtij punimi synohet evidentimi i zgjidhjeve teknike që mundësojnë përdorimin sa më efektiv të brezit UHF të alokuar për transmetimet numerike tokësore televizive, që rezultojnë në reduktuar në masë të konsiderueshme pasqirimin e plotë të Dividentit Numerik. Është e rëndësishme të theksohet që në gjetjen e teknikave do të mbahet në vëmendje ruajtja ose përmirësimi i kapaciteteve transmetuese dhe cilësisë së shërbimit të rrjeteve televizive numerike.

Aktualisht janë dhe dy drejtime të tjera të hulumtimeve, të cilat nuk janë trajtuar në këtë disertacion por, që kanë vëmendjen e organizmave ndërkombëtarë, rregullatoreve, operatorëve dhe prodhuesve për rëndësisë që kanë në rritjen e efikasitetit spektrale. Ato janë aksesit dytësor në “Hapësirën e Bardhë” dhe sistemi i shpërndarjes televizive të konvergjuar celulare, të cilat, duke përmirësuar efikasitetin e shfrytëzimit të brezit UHF, i shërbejnë sigurimit të kapacitetit shtesë të rrjeteve pa tel me brez të gjerë duke kënaqur kërkesat në rritje për trafikun e të dhënave mobile. Qasja dytësore në “Hapësirat e Bardha” është një zgjidhje fleksible që synon një skenar afatshkurtër në të cilin shërbimi DTT dhe shpërndarja e spektrit në brezin UHF do të mbeteshin kryesisht të pandryshuara. Ndërsa, një rrjet i shpërndarjes së përmbajtjes konvergjente është një qasje vizionare e pajisur për një afat kohor afatgjatë në të cilin brezi UHF rialokohet.

Megjithatë, këto parashikime për aksesin e spektrit në bandën UHF ende përballen me sfida të shumta për t'u materializuar në implementime në shkallë të gjerë. Nga njëra anë, industria e lëvizshme në shumicën e vendeve mbetet skeptike rreth qëndrueshmërisë tregtare të sistemit sekondar në Hapësirat e Bardha. Nga ana tjetër, ndërsa rialokimi i UHF-së krijon një mundësi unike për të inicuar progres në ripërdorimin e spektrit të transmetimit UHF për një platformë

multimediale të konvergjuar, evidenca sasiore për përfitimet e saj mbetet të krijohet për të justifikuar çdo plan investimi dhe rregullimi.

1.2 BREZI UHF DHE SFIDAT AKTUALE TE SHFRYTEZIMIT TË TIJ

Ndërsa brezi i transmetimit UHF njihet gjerësisht si gjithmonë e më shumë i kërkuar nga shërbimet e lëvizshme celulare me brez të gjerë, në krahasim me brezat e tjerë të spektrit, institucionet rregullatore në Evropë po dhe në mbarë botën kanë marrë iniciativa të forta për rritjen e efektivitetit të menaxhimit të këtij brezi. Digjitalizimi i transmetimeve tokësore televizive përbën një hap shumë të rëndësishëm në realizimin e këtij synimi, pasi krijon mundësinë e lirit të dy brezave të emërtuar Digjital Dividend 1 (DD1-800MHz) dhe Digjital Dividend 2 (DD2-700 MHz). Një nga sfidat aktuale në Shqipëri, është lirimi i frekuencave të DD2 nga transmetimet televizive dhe përdorimi i tyre nga shërbimet e lëvizshme me brez të gjerë. Lirimi i DD2 do të mundësohet kur në pjesën e brezit UHF (460-694 MHz), të përcaktuar për transmetime tokësore numerike televizive, të mundësohet transmetimi i të gjithë programeve egzistuese televizive me të njëjtën cilësi shërbimi. Për këtë arsye, vëmendja është përqëndruar në gjetjen e teknikave për rritjen e efikasitetit spektral në brezin 460-694 MHz.

1.2.1 BREZI UHF DHE TRANSMETIMET TELEVIZIVE

Transmetimi televiziv tokësor filloi me përdorimin e brezit të frekuencave shumë të larta (VHF). Më vonë u shtri në pjesën e poshtme të brezit të frekuencave ultra të lartë (UHF) për të përmbushur kërkesën për kanale televizive tokësore. Kushtet e favorshme të përhapjes dhe madhësia praktike e antenës në brezin UHF e bënë atë një zgjedhje ideale për shërbimin e transmetimit radioteleviziv.

Ndërsa kërkesat për më shumë kanale televizive u rriten, brezi i frekuencave të alokuara për shërbimin e transmetimit televiziv tokësor në UHF u shtri nga 470 MHz në 862 MHz në Evropë dhe 470-890 MHz në SHBA.

Futja e televizionit digjital në vitet 1990 solli teknologji të reja të transmetimit dhe kompresimit që mundësuan ofrimin e një sasive më të madhe të përmbajtjeve video duke shfrytëzuar më pak burime frekuencore sesa rrjetet televizive analoge. Tranzitimi në transmetimet televizive digjitale u përfundua në shumicën e vendeve evropiane brenda vitit 2012, duke liruar spektrin 790-862 MHz. Ky brez i quajtur dividendi i parë numerik, u shit më pas në ankand dhe sot përdoret në industrinë në rritje të brezit të gjerë të lëvizshëm. Ndërkohë

pritet të lirohet dividendi i dytë numerik (694-790 MHz). Në Evropë në UHF për transmetime televizive mbeti në dispozicion vetëm brezi 470-604 MHz.

Tranzitimi në transmetime digjitale ka shënuar hap të rëndësishëm në përdorimin eficient të spektrit të radiofrekuencave dhe njëkohësisht ka rivitalizuar industrinë e transmetimit tokësor dhe përbën evolucionin më të rëndësishëm në cilësinë e tij që nga shpikja e televizionit me ngjyra në vitet '50. Më shumë programe TV ofrohen dhe cilësia e videos është superiore krahasuar me homologët analogë. Në veçanti, DVB-T, standardi evropian për teknologjinë DTT (Transmetime Tokësore Digjitale) arriti suksese të jashtëzakonshëm.

E ardhmja e DTT, megjithatë, ndërvohet nga rritja e konkurrencës me platformat e tjera, të tilla si kablo, televizioni satelitor dhe protokoli internet (IPTV), por edhe nga venitja e transmetimit linear. Fokusi i shikuesve në televizor është bërë dytësor pasi ato janë gjithnjë e më shumë të fokusuar në aplikacione në pajisjet e tyre mobile, të cilat u sigurojnë konsumatorëve zgjedhje të përmbajtjes me cilësi të lartë dhe fleksibilitet të lartë. Industria e DTT ka tentuar të mbajë kompetencën e saj në shërbimin me kërkesë (VoD/jolineare) duke ofruar shërbimin HbbTV (Hibrid Broadband TV). Megjithatë, meqë HbbTV kërkon lidhje broadband, vlera e shtuar është mjaft e kufizuar në krahasim me alternativat kablore ose IPTV. Për më tepër, konsumi i përmbajtjes audiovizive po rritet me shpejtësi në smartphone dhe tableta, të cilat industria DTT ka luftuar për ti arritur por pa shumë sukses deri më tani. Transmetimi Digital Video i Lëvizshëm (DVB-H) nuk mundi të arrijë një audiencë të gjerë për shkak të mungesës së pajisjeve të përshtatshme dhe një modeli të qëndrueshëm biznesi për TV celulare bazuar në përmbajtjen lineare.

1.2.3 TENDENCAT E PËRDORIMIT TË BREZIT UHF

Suksesi komercial i shërbimit celular në dekadën e fundit e ka bërë veten një pjesë thelbësore të jetës së përditshme të çdo konsumatori. Me vendosjen e rrjeteve e gjeneratës së fundit të transmetimeve celulare në mbarë globin dhe përhapjen e smartfonëve dhe tabletave, trafiku i të dhënave celulare po rritet në mënyrë eksponenciale, duke çuar në një rritjeje prej 1000 herë në trafikun total të të dhënave në vitin 2021.

Në fakt, arsyeja kryesore për rritjen e të dhënave është konsumi i përmbajtjes audiovizive në platformat e lëvizshme. Me një shkallë shumë më të lartë se përmbajtja dhe aplikacionet të tjera celulare, trafiku i lëvizshëm i videove tashmë përbën më shumë se gjysmën e trafikut celular global. Ajo ka vazhduar të rritet me një normë kumulative vjetore prej 69% (më e lartë se norma e rritjes së trafikut celular në botë në 61%) dhe do të arrijë pothuajse 70% të pjesës totale të trafikut celular deri në fund të vitit 2021 (Burimi: cisco, BI Intelligence calculations, 2017).

Një ritëm i tillë i rritjes mund të vazhdojë deri sa operatorët celularë janë në përmbushin kapacitetet e kërkuara të rrjetit.

Për t'ju përgjigjur kërkesave në rritje me kapacitete të mjaftueshme transmetimi, operatorët e rrjeteve të lëvizshme nuk mund të gjejnë zgjidhje vetëm duke u bazuar në rikonfigurimin e infrastrukturës, pasi jo vetëm ka një vlerë të madhe të shpenzimeve kapitale, por gjithashtu një shpenzim në rritje operimi. Investimi i madh në teknologjitë e gjeneratave më të avancuara të shërbimeve të lëvizshme, Long Term Evolution (LTE) apo 5G, përbën një zgjidhje me përfundimin e plotë të adoptimit të pajisjeve fundore. Problem mbetet përmirësimi i efikasitetit të spektrit i cili është i kufizuar kur i afrohet kufirit të Shannonit.

Në të njëjtën kohë, përdorimi i celularëve në pika e nxehta publike (hotspot) ose rrjeteve Wi-Fi rezidenciale pritet të përbëjë vetëm 50% të trafikut të të dhënave të lëvizshme, pasi rrjetet Wi-Fi po paraqesin problem si rezultat i rritjes së trafikut dhe interferencave. Përveç kësaj, më shumë pajisje që kanë sot vetëm lidhje Wi-Fi, të tilla si tablet dhe laptop, do të pajisen me lidhje celulare për të plotësuar dëshirën në rritje për lëvizshmëri.

Si rrjedhim, shumë studime kanë konkluduar se mënyra me kosto më efektive për të garantuar kapacitetin e kërkuar është alokimi shtesë i spektrit. Çmimi i lartë për licencat e spektrit është një tregues i qartë i konkureshmërisë për zgjerimin e spektrit.

Një nga zgjidhjet për plotësimin e nevojave për kapacitete frekuencore të shërbimeve të lëvizshme me brez të gjerë është okupimi një sasi spektri të përdorura tradicionalisht nga transmetimet tokësore televizive mbas digjitalizimit të tyre.

Në këtë tezë fokusi përqëndrohet në gjetjen e teknikave që mundësojnë ruajtjen apo përmirësimin e kapaciteteve të transmetimit të rrjeteve tokësore numerike televizive në kapacitetet e reduktuara frekuencore mbas lirit të dividendit të dytë numerik, i cili përbën një brez të konsideruar ndërkombëtarisht si një spektër premium për ofrimin e mbulimit celular. Sfida kryesore në arritjen e qëllimit të këtij punimi është përdorimi i teknologjisë më të avancuar të transmetimeve tokësore numerike televizive DVB-T2 duke respektuar Marrëveshjen GE-06 *“Për planifikimin e shërbimit të transmetimeve numerike tokësore në pjesë të Rajoneve 1 dhe 3, në bandat e frekuencave 174-230 MHz dhe 470-862 MHz”*, e cila është firmosur nga vendi ynë si pjesë e Rajonit 1. Ndërkohë që Marrëveshja GE-06 është bazuar në teknologjinë DVB-T, si rrjedhim dhe ndarja në rrjete me frekuenca te vetme (SFN) e territorit të vendit, teknologjia aktuale e transmetimit bazohet në teknologjinë DVB-T2.

Nga ana tjetër, rrjetet numerike televizive tokësore përdorin kryesisht transmetues të fuqisë së lartë të montuar në kulla të larta, gjë që në zona të mëdha lë një përqindje të konsiderueshme të spektrit të pa shfrytëzuar për të shmangur vetë-interferencën nga transmetuesit e tjerë. Kjo mundëson përdorimin e përbashkët të frekuencave në bazë parësore por në regjim të fortë

rregullator për të garantuar funksionim pa prezencën e interferencave. Gjithashtu, meqenëse shërbimi i videos po fiton një pjesë gjithnjë e më të madhe në trafikun global të të dhënave mobile, konsumi i shërbimit televiziv po zhvendoset drejt përmbajtjes ndër-platformë dhe në kërkesë. Këto trende tregojnë një konvergjencë të qartë të shërbimeve të ardhshme të lëvizshme broadband dhe të transmetimit audioviziv.

1.3 MOTIVIMI

Ky punim është motivuar nga eksperiencia ime katër vjecare në procesin e digjitalizimit të transmetimeve analoge, ku njoha në detaje çdo sfidë të këtij procesi mjaft të rëndësishëm dhe me përmasa ndërkombëtare si dhe avantazhet mbresëlënëse të teknologjisë më të avancuar DVB-T2 si në cilësinë e transmetimit, në rritjen e numrit të programeve televizive dhe rritjen e efikasitetit të përdorimit të radiofrekuencave.

Nga ana tjetër eksperiencia e gjatë në sektorin e telekomunikacionit, si në çështje të rregullimit, ekspertizave të teknologjive të reja në shërbimet e lëvizshme, menaxhimin e spektrit të frekuencave, me ka bërë të njoh në thellësi sfidat ekonomike, sociale, institucionale që vijnë si rrjedhojë e pamjaftueshmërisë së frekuencave, në veçanti për ofrimin e shërbimeve me brez të gjerë të cilat përbëjnë sot një nga elementët bazë për tranzitimin drejt shoqërisë së informacionit.

Një nga masat e ndërmarra për këtë qëllim, në nivel ndërkombëtar (ITU) dhe evropian (Parlamenti Evropian, Komisioni Evropian, CEPT, etj.) është përcaktimi i vitit 2020+/-2 si afat për fillimin e përdorimit të dividentit të dytë numerik, brezit 694-790 MHz, nga shërbimet e lëvizshme me brez të gjerë. Kjo çështje përbën një sfidë mjaft të vështirë për Shqipërinë, së pari sepse një pjesë e frekuencave të këtij brezi janë të okupuara nga rrjetet privatë kombëtarë me të drejtë përdorimi të frekuencave deri në 2030-2031 dhe, së dyti, sepse në bazë të Planit Kombëtar Numerik të Frekuencave Audiovizive, të miratuara nga ITU, për rrjetet vendore numerike të transmetimeve audiovizive janë alokuar vetëm frekuenca të DD2.

Çdo vonesë në lirimin e dividentit të dytë digjital, përveç se vonon përfitimet ekonomike dhe sociale të vendit nga përdorimi i teknologjive më të avancuara të shërbimeve broadband, rrezikon të bëhet burim shqetësues interferencash për komunikimet celulare në vendet fqinje.

Rëndësia unike e kësaj çështjeje në nivel kombëtar dhe evropian, si një detyrim për një menaxhim të spektrit bazuar në politikat e koordinimit të ndërsjelltë me vendet fqinjë, ishin një shtysë e madhe për ta zgjedhur si temë të këtij disertacioni.

1.4 FORMULIMI I PROBLEMIT, QËLLIMI I PUNIMIT DHE KONTRIBUTI

Brezi UHF 694-790 MHz, aktualisht i okupuar nga transmetimet numerike tokësore televizive, duhet të lirohet me qëllim përdorim e tij, duke filluar nga viti 2022, nga shërbimet e lëvizshme me brez të gjerë. Për tu mundësuar ky ndryshim kërkohet që brezi i mbetur për përdorim nga transmetimet numerike tokësore televizive (470-694 MHz) të përdoret më efektivisht me qëllim mbartjen në numrit egzistues të programeve televizive duke ruajtur apo përmirësuar cilësinë e transmetimit.

Marrëveshja së Gjenevës (GE-06) “Për planifikimin e shërbimit të transmetimeve numerike tokësore në pjesë të Rajoneve 1 dhe 3, në bandat e frekuencave 174-230 MHz dhe 470-862 MHz” rregullon përdorimin e frekuencave për transmetimet numerike tokësore televizive në Rajonin 1 ku bën pjesë Shqipëria.

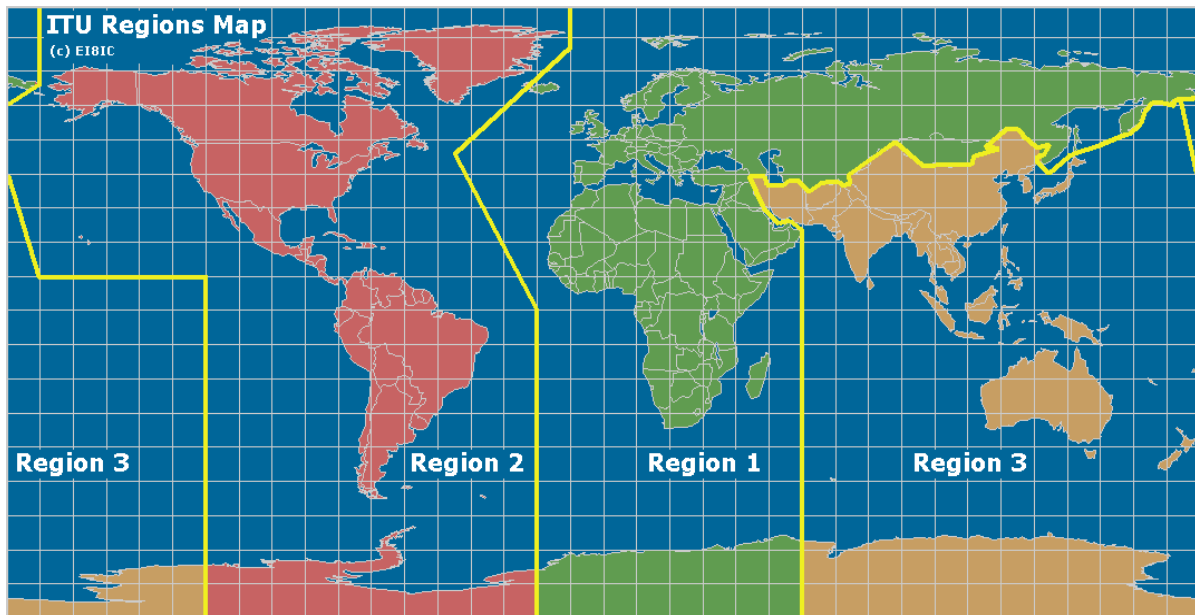


FIGURA 1:NDARJA E GLOBIT NË TRE RAJONE PËR RREGULLIMIN RADIO NË NIVEL NDËRKOMBETAR NGA ITU

Kërkesat për lirimin e Dividentit Digjital reduktuan në masën 43% kapacitetin frekuencor të miratuar nga Marrëveshja GE-06 për Shqipërinë.

Dividenti i parë Digjital, brezi 800 MHz, tashmë është plotësisht dhe ekskluzivisht, i përdorur në bazë parësore nga komunikimet e lëvizshme me brez të gjerë.

Ndërkohë, lidhur me Dividentin e dytë Numerik (DD2), Parlamenti Europian në 15 Mars 2015 njoftoi: “Nga 30 Qershor 2020, vendet anëtare do të lejojnë përdorimin e brezit 700 MHz (694-790 MHz) për sistemet tokësore të shërbimeve të komunikimeve elektronike me brez të gjerë. Mund të lejohen vonesa deri në dy vjet”.

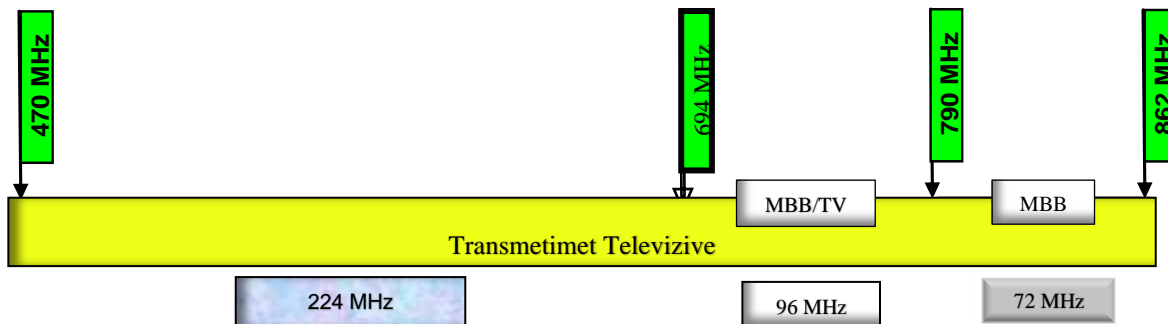


FIGURA 2: DIVIDENTI DIGJITAL

Lirimi i 'Dividentit të dytë Numerik' detyron rrjetet aktuale DTT të evakujnë 30% të kapacitetit të spektrit “post-switchover” për transmetimin tokësor. Kjo përbën një sfidë serioze për Shqipërinë pasi ky brez tashmë është i okupuar nga operatorë të rrjeteve numerike televizive kombëtarë, të licensuar përgjatë viteve 2016-2017, me të drejtë përdorimi të frekuencave për një afat kohor 15 vjet, pra deri në vitet 2031-2032, dhe gjithashtu është planifikuar për përdorim nga rrjetet numerike audiovizive vendore (Tabela 1).

| Kanalet e caktuara për licencimin e operatorëve private kombëtare dhe atyre me eksperiencë në transmetimet numerike | | | | | | | | | | | |
|---|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|----------------|-------------|--------------|--------------|---------------------|--------------|
| Numri Rrjeteve | Allot. Shkoder | Allot. Kukes | Allot. Diber | Allot. Lezhe | Allot. Tirane | Allot. Elbasan | Allot. Fier | Allot. Berat | Allot. Korçe | Allot. Gjirokastrer | Allot. Vlore |
| MUX 3 | 34 | 50 | 55 | 33 | 41 | 42 | 35 | 32 | 51 | 44 | 46 |
| MUX 4 | 59 | 40 | 30 | 46 | 53 | 48 | 28 | 36 | 55 | 29 | 57 |
| MUX 5 | 45 | 42 | 25 | 29 | 59 | 49 | 22 | 54 | 57 | 50 | 43 |
| MUX 6 | 22 | 36 | 54 | ----- | 57 | 46 | 29 | 24 | 21 | 48 | ----- |
| MUX 7 | 51 | 52 | 60 | ----- | 39 | 40 | 45 | 47 | 27 | 35 | ----- |

| Kanalet e caktuara për licencimin e rrjeteve numerike të operatorëve private lokale e rajonale | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|----------------|-------------|--------------|--------------|---------------------|--------------|
| Numri Rrjeteve | Allot. Shkoder | Allot. Kukes | Allot. Diber | Allot. Lezhe | Allot. Tirane | Allot. Elbasan | Allot. Fier | Allot. Berat | Allot. Korçe | Allot. Gjirokastrer | Allot. Vlore |
| 9 | | 56(DD2) | 63(DD1) | | 61(DD1) | 56(DD2) | 51(DD2) | 54(DD2) | 57(DD2) | 50(DD2) | |
| 10 | | 65(DD1) | 69(DD1) | | | 58(DD2) | | 61(DD1) | 59(DD2) | 53(DD2) | |
| 11 | | | | | | 62(DD1) | | 65(DD1) | 64(DD1) | 56(DD2) | |
| 12 | | | | | | 68(DD1) | | 66(DD1) | | 58(DD2) | |
| 13 | | | | | | | | | | 60(DD2) | |
| 14 | | | | | | | | | | 63(DD1) | |
| 15 | | | | | | | | | | 67(DD1) | |
| 16 | | | | | | | | | | 69(DD1) | |

■ Kanalet që okupohen nga DD2, ----- Kanalet që okupohen nga DD1

TABELA 1: KAPACITETET E TRANSMETIMIT NUMERIK TELEVIZIV NË SHQIPËRI (www.ama.gov.al)

Shqipëria është konsideruar rasti më i vështirë në rajon për lirimin e Dividentit të Dytë Numerik.

Plani GE-06 u bazua në sistemin e transmetimit video digjital tokësor (DVB-T) i përshkruar si “Sistemi B” në Rekomandimin ITU-R BT.1306-3.

Për të lejuar përdorimin më të mirë të burimeve të spektrit, në vitin 2009 konsorciumi DVB botoi kushtet specifike për teknologjitë DVB-T2 si një zgjerim i standardit ekzistues DVB-T. Një zgjerim i tillë rezulton në rritjen me 30-50% të efektshmërisë së DVB-T2-shit kundrejt DVB-T-së.

Duke marrë në konsideratë tregun e mediave televizive në Shqipëri me një numër relativisht të madh të operatorëve të transmetimeve analoge televizive (rreth 72 operatorë) si dhe detyrimin për të liruar Dividentët Numerik u vendos me akte ligjore detyrimi që Shqipëria të kalonte direkt në implementimin e sistemit më të avancuar DVB-T2.

Gjithashtu, duke marrë në konsideratë krahasimin midis dy tipeve të rrjetit numerik të transmetimit MFN (Rrjet me Shumë Frekuenca) dhe SFN (Rrjet me Frekuencë të Vetme), u përzgjedh më i favorshëm përdorimi i rrjeteve SFN, të cilat rrisin konsiderueshëm efikasitetin në përdorimin e burimit frekuencor.

Rrjetet numerike kombëtarë apo rajonalë në Shqipëri kanë përfituar nga avantazhet e përdorimit të rrjeteve SFN dhe teknologjia DVB-T2, përveç se SFN-të kanë ende përmasat e që ofron DVB-T, të miratuara nga Plani GE-06.

Rritja e përmasave SFN ofruar nga teknologjia DVB-T2 deri në dyfishimin e përmasave SFN bazuar në teknologjinë DVB-T2 përbën një faktor të rëndësishëm në rritjen e efikasitetit të përdorimit të burimeve frekuencore. Bazuar në Marrëveshjen GE-06, ndryshimet e madhësive të rrjeteve SFN që shkaktojnë interferenca me administratat fqinjë që ndodhen brenda një rreze 1000 km, kërkojnë koordinim intensiv. Në rastin e Shqipërisë, nevojitet koordinimi me 14 administrata gjë që kërkon një diapazon kohor të konsiderueshëm.

Në kushtet kur lirimi i DD2 duhet të përfundojë brenda një afati relativisht të shkurtër, ky punim synon gjetjen e zgjidhjeve teknike që mundësojnë zgjerimin e madhësive SFN pa ndryshuar pozicionin apo fuqinë e transmetimit të transmetuesve për të shmangur interferencat e jashtme dhe si rrjedhim koordinimin me administratat fqinjë. Duke marrë në konsideratë që hapësirat e mbuluara nga një SFN (alotmentet) janë pothuajse të përshtatura me ndarjet administrative me qëllim ofrimin e programeve rajonale apo lokale, ky studim teston rritjen e përmasave të një rrjeti SFN deri në mbulimin alotmentit që shërbehet nga rrjeti SFN fqinjë, pa krijuar interferenca të jashtme. Gjithashtu, rritja e përmasave të rrjetit SFN do të bëhet në kushtet e ruajtjes apo përmirësimit të kapacitetit të transmetimit (bps) dhe cilësisë së shërbimit (QoS).

Bashkimi i dy SFN-ve egzistuese në një të vetme do të mundësonte lirim të një frekuence të brezit DD2.

Është e rëndësishme të theksohet që vendet fqinjë kanë përfunduar procesin e digjitalizimit të transmetimeve TV dhe të lirit të dividentit të parë numerik dhe janë në proces të lirit të dividentit të dytë numerik, të cilat do të përdorin së shpejti për shërbimet e lëvizshme me brez të gjerë. Çdo vonesë në lirim të dividentit të dytë numerik në Shqipëri do të krijonte probleme serioze interferencash të ndërsjellta me vendet fqinjë.

Për sa më sipër, qëllimi i këtij disertacioni është rritja e efikasitetit të spektrit, të përcaktuar për transmetimet numerike tokësore televizive, duke rritur përmasat SFN, deri në bashkimin e dy SFN-ve egzistuese, nëpërmjet qasjes më të mirë të sistemeve të transmetimit DVB-T2 në Planin GE06, gjë që do të mundësojë lirim të një frekuence të Dividentit të dytë Digjital (DD2).

Kontributi i kësaj teze është se bashkimi i dy rrjeteve SFN-ve egzistuese duke ruajtur apo përmirësuar kapacitetin dhe cilësinë e transmetimit bëhet pa prekur Marrëveshjen GE-06, që do të thotë që në SFN-në e re densiteti i fuqisë “peak” në çdo 4 kHz nuk do të kalojë densitetin e fuqisë spektrale në të njëjtën 4 kHz të hyrjes numerike në planin GE-06.

1.5 METODOLOGJIA E KËRKIMIT

Ky punim është bazuar në literaturën bashkëkohore të organizatave ndërkombëtare /europiane si Bashkimi Ndërkombëtar i Telekomunikacioneve (ITU), Bashkimi i Transmetuesve Audiovizivë Europianë (EBU), modeleve teorike të rekomanduara në to, studimeve të ngjashme dhe eksperiencave të zbatuara në vende të tjera.

Zgjidhjet përkatëse teknike që lidhen me qasjen më të mirë të sistemit të transmetimit DVB-T2 në Planin GE-06, pa prekur këtë plan, synojnë investigimin e mundësisë së rritjes së përmasave të rrjetit SFN deri në mbulimi e dy SFN-ve egzistuese fqinjë, duke liruar një frekuence të brezit të Dividentit të dytë Numerik.

Studimi merr në konsideratë modelet teorike të zgjerimit të rrjetit SFN, modelet e llogaritjes së interferencave të brendshme dhe të jashtme, modelet për rillogaritjen e distancës së ripërdorimit të frekuencave si dhe modelet e llogaritjes së sinjalit në marrje. Modelet teorike SFN janë përdorur si një mjet për të përzgjedhur konfigurime optimale për skenarin e mbulimit që i përgjigjet qëllimit të këtij studimi. Në analizën e konfigurimeve të rrjetit, është mbajtur në vëmendje ruajtja e performancës së rrjetit dhe plotësimi i kriterëve dhe kufizimeve të Marrëveshjes komplekse GE-06.

Në përzgjedhjen e konfigurimeve të rrjetit janë marrë në konsideratë, gjithashtu, marrëveshjet e koordinimit me vendet fqinjë për ndarjen dhe përdorimin e frekuencave për transmetimet numerike.

Qasje të ndryshme kërkimore për të ofruar një analizë gjithëpërfshirëse mbi aspekte të ndryshme të problemit kanë shërbyer gjithashtu si referenca të vlefshme. Këto studime përmbajnë analiza dhe rezultate të ngjashme.

Për optimizimin e mbulimit bazuar në simulime të intervalit të mbrojtës dhe vonesave statistike është përdorur programin profesional i planifikimit të frekuencave audio/audiovizive “HTZ Communications”.

1.6 ANALIZA KRAHASIMORE ME PUNIME TË NGJASHME

Një studim i realizuar nga Li C.W., Telemi. S. Member IEEE, Zhang X.L., Brugger R., Angulo I., Member IEEE, Angueira P., Senior Member, IEEE, analizon, ashtu si dhe në këtë punim, marrëdhënien e ngushtë midis e.r.p. së rrjetit, distancës maksimale ndërmjet transmetuesit, distancës së ripërdorimit dhe kufijve të raportit C/N, e cila përcakton shpejtësinë e bitit; Studimi ka treguar realizimin e SFN-ve të mëdha me karakteristika të transmetuesve si në rastin e studimit tonë;

Gjithashtu, PROGIRA (prodhues i software-ve për rrjetet radio-televizive), në studimin “High and Low Tower Broadcast Networks”, krahason topologjitë e rrjetit dhe efikasitetin e spektrit për rrjetet e transmetimit HT (High Tower) dhe LT (Low Tower) (Rrjetet Europiane Broadcast (BNE)). Studimi vlerëson hapësirat për të zvogëluar kërkesat e spektrit për SFN më të mëdha duke përdorur DVB-T2 pa ndryshuar infrastrukturën ekzistuese dhe me të njëjtat kapacitete transmetuese. Rezultatet tregojnë se SFN-të më të mëdha se afërsisht 200 km, mund të realizohen me rrjete kombëtare HT (High Tower) me mesatarisht 4 frekuenca.

Faktori i ripërdorimit të frekuencës është i pavarur nga arkitektura e rrjetit (HT ose LT) për sa kohë që zonat e mbulimit të SFN-së janë mjaft të mëdha.

Shëmbuj optimizimi të mbulimit bazuar në simulime të vonesave statistike janë realizuar me sukses në dy rrjete SFN në Baskia (Spanjë) dhe ishulli Sardinia (Itali). Mbulimi është përmirësuar duke minimizuar zonat që vuajnë nga vetë interferenca. Studimi ka demonstruar efikasitetin e algoritmeve heuristike në optimizimin e mbulimit.

Në të dy studimet e sipërpërmëndura ka patur një përmirësim të mbulimit në të cilat kanë rezultuar në përmirësime të kënaqshme të mbulimeve konkretisht në marrje fikse (DVB-T2 8K). Simulimi i përdorur ka kombinuar heuristikën SA (simulated annealing) dhe ASA (advanced simulated annealing) dhe një mjet parashikimi të përhapjes me objektivin

përfundimtar të optimizimit të mbulimit të rrjetit SFN duke zvogëluar zonat e vet interferuara ne vendet Baske (DVB-T / T2) dhe ishullin e Sardeniës (DVB-T2). Rezultatet tregojnë se mbulimi rritet deri në 4.9% në Baskia, Spanjë, (DVB-T 8K) dhe deri në 7% në ishullin e Sardeniës (DVB-T2 8K) për marrësit fiks.

KAPITULLI II

RRJETET E TRANSMETIMEVE NUMERIKE TELEVIZIVE NË PLANIN GE-06

2.1 PARATHËNIE

Transmetimi televiziv tokësor është në përfundim të një tranzicioni revolucionar në epokën numerike në mbarë botën. Ky revolucion është i dyti më i madhi në sektorin e mediave televizive që nga tranzitimi i TV-së bardh e zi në atë me ngjyra.

Përfitimi galopant i përfshirjes së botës televizive në epokën numerike lidhet me përdorimin më të kursyer të burimit frekuencor, i cili përbën një aset në ndërtimin e shoqërive të sotme moderne digjitale. Tashmë:

- më shumë të dhëna të transmetuara për njësi bandwidth-i dhe si rrjedhim rritje në kapacitetin e rrjeteve transmetuese audiovizive duke përmirësuar efikasitetin e spektrit;
- ofrimi i cilësisë më të mirë të sinjalit nëpërmjet rritjes së qëndrueshmërisë së transmetimeve kundrejt interferencave dhe degradimit të figurës. Suportimi i shërbimeve HD dhe interaktive.

2.2 STANDARTET E TRANSMETIMIT NUMERIK TELEVIZIV

Siç duket dhe në Figurën 2, për transmetimin tokësor të programeve televizive numerike në rang ndërkombëtar përdoren katër sisteme konkurruese:

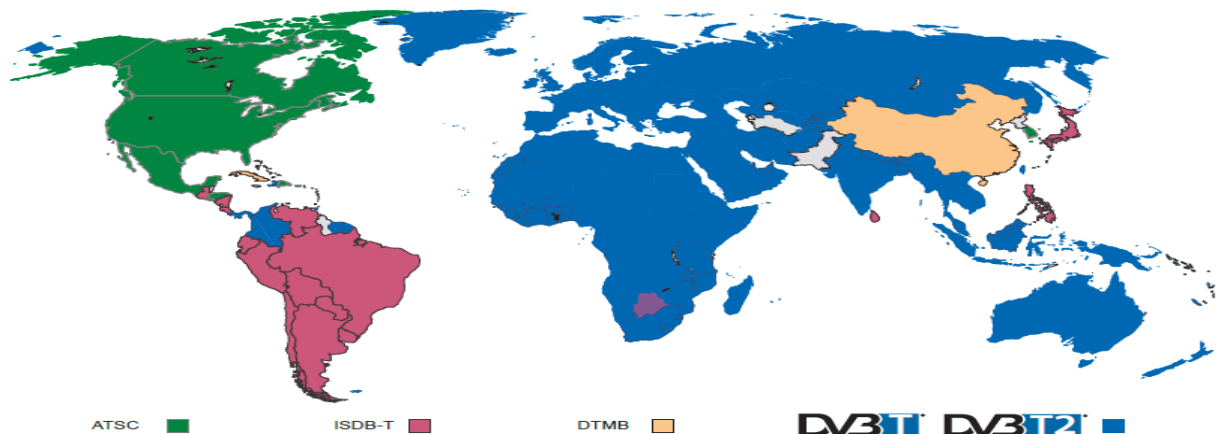


FIGURA 2: BASHKËJETESA E STANDARTEVE TË TELEVISIONIT NUMERIK NË MBARË BOTËN (DVB-PROJECT)

- ISDB-T (Transmetimi Digital i Shërbimeve të Integruara Tokësore) në Japoni.
- SBTVD-T (Sistemi Brazilian i Televizionit Digital Tokësor) në Brazil.
- DMB-T/H (Digital Multimedial Transmetim-Terrestrial / Handheld) në Kinë.
- Standardi ATSC në SHBA.

Projekti DVB është realizuar në Europë nga EBU (European Broadcasting Union), ETSI (Instituti Evropian i Standardeve të Telekomunikacionit) dhe CENELEC (Komiteti Evropian për Standardizimin Elektroteknik). Për transmetimet tokësore përdoret standardi DVB-T (Digital Video Broadcasting Terrestrial).

DVB është një industri që udhëheq mbi 270 rrjete transmetimi televizive. DVB është adoptuar si standardi i televizionit numerik në shumë shtete. Tre standardet kryesore të sisemit DVB dhe më të përdorura janë DVB-S për rrjetat satelitore, DVB-C për rrjetat kabllore dhe DVB-T për rrjetet tokësore.

Viti 2009 shënoi kompletimin e familjes të standardit DVB me gjeneratat e dyta DVB-T2, DVB-C2 dhe DVB-S2. Këto sisteme transmetimi ndryshojnë kryesisht nga skema e modulimit dhe kodet e korigjimit të gabimeve.

2.3 PLANI GE-06

Marrëveshja e Gjenevës (GE-06) *“Për planifikimin e shërbimit të transmetimeve numerike tokësore në pjesë të Rajoneve 1 (pjesë të Rajonit 1 që ndodhen në perëndim të meridianit 170°E dhe në veri të paraleleve 40°S, përveç territorit të Mongolisë) dhe në Republika Islamike e Iranit, në bandat e frekuencave 174-230 MHz dhe 470-862 MHz”* u miratua nga Konferenca Rajonale e Radiokomunikacionit në qershor 2006.

Për ndarjen e frekuencave për shërbimet e transmetimeve numerike tokësore për Rajonin 1, Marrëveshja GE-06 u bazua në teknologjinë DVB-T.

Parimi bazë i kësaj Marrëveshje është ndarja e barabartë e spektrit të frekuencave ndërmjet vendeve anëtare të Rajonit 1 të Bashkimit Ndërkombëtar të Telekomunikacioneve, të cilat kanë nënshkruar këtë marrëveshje, ashtu si dhe vendi ynë.

Në Planin GE-06, kapaciteti total në dispozicion është i shprehur në numrin e multipleksereve (shtresave), të cilat mbulojnë me shërbim të gjithë territorin e një vendi. Një shtresë përfaqëson një grup kanalesh që mund të përdoret për të siguruar një mbulim të plotë ose të pjesshëm kombëtar. Për shumë shtete Evropiane kjo është ekuivalente me:

- Tre shtresa T-DAB në Brezin III
- Një shtresë DVB-T në Brezin III
- Shtatë deri në tetë shtresa DVB-T në Brezin IV/V

Një hyrje në Planin GE-06 nënkupton një multiplekser DVB-T me zonën përkatëse të mbulimit. Kjo vlen si për caktimet frekuencore “assignment” ashtu edhe për alotmentet. Alotmentet janë mbulimi i realizuar nga një caktim frekuencor i vetëm që funksionon si një Rrjet me Frekuencë të Vetme (SFN). Për mbulime kombëtare, rajonale opo lokale përdoren disa plane hyrëse.

Bazuar në aktet finale të kësaj Marrëveshje për çdo administratë nënshkruese janë miratuar:

- karakteristikat specifike të stacioneve të transmetimit brenda Zonës së Planifikimit në brezat e frekuencave 174-230 MHz dhe 470-862 MHz,
- rregullat për modifikimin e këtyre karakteristikave ose vendosjen e stacioneve të reja sipas dispozitave përkatëse të neneve 4 dhe 5 të kësaj Marrëveshje.
- zbatimi i neneve 4 dhe 5 të kësaj Marrëveshje për shërbimet e tjera parësore tokësore, për të cilat janë përcaktuar këto breza.

Parimi bazë i Planit të Gjenevës është që subjektet e regjistruara të mbrohen dhe që çdo aktivizim i ri të përputhet me subjektet e regjistruara në plan. Kur një kërkesë e re koordinimi konkludohet pozitivisht, subjekti i koordinuar bëhet pjesë e planit me të njëjta të drejta. Në rast të një kërkesë të re koordinimi, negociimi midis shteteve anëtare në përgjithësi kërkojnë një afat kohor rreth 3 vjet.

2.4 GJENERATAT E FUNDIT TE TRANSMETIMIT (DVB-T2) DHE KOMPRESIMIT (MPEG-4)

Dy vjet mbas miratimit të Marrëveshjes GE-06, në qershor 2008 Projekti DVB lançoi DVB-T2 si standardin e ri të transmetimit tokësor, i cili u miratua nga Instituti i Standardeve Evropiane të Telekomunikacionit (ETSI) në shtator 2009.

DVB-T2 prezanton teknikat më të fundit të modulimit dhe kodimit për të mundësuar përdorimin më efikas të spektrit për shpërndarjen e shërbimeve audio, video dhe të të dhënave në pajisje fikse, portabël dhe të lëvizshme.

Standardi DVB-T2 ofron një diapazon shumë më të zgjeruar të zgjedhjeve të parametrave teknik, të cilat së bashku me kodimin e përmirësuar të korrigjimit të gabimit lejojnë një rritje të kapacitetit deri në gati 50% për funksionimin e rrjeteve MFN dhe madje edhe më i lartë për funksionimin e SFN.

DVB-T2 ofron gjeneratën e re FEC (mbrojtje nga gabimi) dhe modulimin (256-QAM) duke rezultuar në një rritje kapaciteti mbi 30% duke iu afruar kufirit Shannon. Numri maksimal i bartësve OFDM rritet nga 8k në 32k. Intervalit të mbrojtjes i shtohen gjatësitë: 1/128, 19/256, 19/128. Në ndryshim nga DVB-T që përdor modelin pilot të vazhduar, DVB-T2 zbaton modelin pilot të shpërndarë sipas gjatësisë së intervalit të mbrojtjes (GI) duke zvogëluar me 10% pjesën “overhead” të simbolit.

DVB-T2 gjithashtu shton tre gjerësi brezi sinjali të reja 1.7 MHz, 5 MHz dhe 10 MHz. Kombinimi i skemave të ndryshme të modulimit me madhësinë FFT dhe intervalet e mbrojtjes lejon ndërtimin e rrjeteve MFN dhe SFN të dizenuara për aplikime të ndryshme: nga marrja e lëvizshme me shpejtësi të ulët por e fuqishme te marrja fikse me shpejtësi të lartë për përdorim në ambiente shtëpie dhe zyre.

Një nga avantazhet e DVB-T2 krahasuar me pasardhësin e tij DVB-T është rritja zonave të mbulimit të rrjeteve SFN, kryesisht duke mbajtur konstant karakteristikat e transmetuesit, cilësinë e videos dhe numrin e programeve.

Standardi i gjeneratës së dytë, DVB-T2, ofron kapacitetet transmetimi 30-50% krahasuar me DVB-T në kushtet e përdorimit të antenave ekzistuese marrëse.

DTT ka rritur me tej kapacitetet e transmetimit me duke kombinuar DVB-T2 me gjeneratën e fundit të kompresimit MPEG-4.

MPEG-4 (H.264) është një standard kompresimi video dhe audio i përmirësuar që mundëson rritjen deri në dyfishin e efikasitetit kundrejt standardit të kompresimit MPEG-2. Kjo do të thotë që një Multiplexer DTT mund të mbështesë deri dy herë me shumë programe kur përdor MPEG-4 në krahasuar me MPEG-2, me të njëjtin kualitet figure dhe zëri.

Kombinimi i dy teknologjive DVB-T2 dhe MPEG4 rrisin kapacitetin e një Multiplekseri (MUX) deri në 160% për marrjen fikse, megjithatë disa ekspertë këmbëngulin për mundësi rritje deri në vlerën 100%. Për këtë arsye dhe duke marrë parasysh numrin konsiderueshëm të lartë të rrjeteve televizive në vendin tonë, zbatimi i standarteve DVB-T2 dhe MPEG-4 u bë një detyrim ligjor.

Nëpërmjet kompresimit MPEG4 bëhet i mundur transmetimi i 4 ose 5 programeve HDTV për multiplekser për marrjen fikse, ose 2 deri 3 programe HDTV në multiplekserin për marrje portabël ose të lëvizshme.

Maksimumi i kapacitetit në dispozicion në Planin GE-06 në termat e numrit të programeve në kushtet e kombinimit të DVB-T2 me MPEG-4 si është si më poshtë:

| | Brezat UHF IV/V | Brezi VHF III |
|--------|--------------------|------------------|
| DVB-T | 7-24 | 1-3 |
| DVB-T2 | 21-40 | 4-5 |

TABELA 2: KAPACITETIT I OFRUAR NË PLANIN GE-06

Të dhënat në tabelën e mësipërme bazohen në supozimet e mëposhtme:

- shumica e shteteve kanë në Planin GE-06 7-8 shtresa në UHF dhe 1 shtresë në VHF;
- të gjitha hyrjet e Planit DVB-T do të përdoren për të siguruar shërbimet HDTV;
- performanca e enkoderave MPEG-4, të cilët vazhdojnë të evoluojnë, janë mjaftueshëm të avancuar për implementimin e DVB-T2.

Duhet të kuptohet se këto kushte nuk mund të jenë gjithmonë të aplikueshme në praktikë. Maksimumi i shpejtësisë së bitit mund të arrihet vetëm me përdorimin e SFN-ve në intervale të shkurtra mbrojtje, përndryshe shpejtësia neto aktuale e bitit është më pak se maksimumi i deklaruar.

2.5 PLANI GE-06 DHE KAPACITETET E TRANSMETIMIT PËR HDTV

Në një studim të realizuar nga Komiteti Teknik Europian EBU, është parashikuar se në të ardhmen të gjitha programet TV do të jenë në kualitetin HD dhe se minimumi 20 deri në 25 programeve do të ofrohen nga platforma tokësore.

Plani i transmetimit numerik GE-06 bazon implementimin e shërbimeve HDTV në përdorimin e teknologjisë DVB-T. Por jo të gjithë regjistrimet DVB-T në Planin GE-06 ofrojnë të njëjtën mundësi për HDTV, kryesisht për shkak të referencave të ndryshme të konfigurimit për planifikimin (RPC) ose varianteve të sistemit të përdorura për krijimin e Planit GE-06. Sidoqoftë, Plani GE-06 premtion një shkallë të konsiderueshme të fleksibilitetit në implementimin e rrjetave të transmetimit që mund të përdoren në favor të HDTV.

Një program HD kërkon një “bit rate” fiks 10-20 Mbit/s në varësi të formatit dhe metodës së përdorur të kompresimit (p.sh. MPEG-2 ose MPEG-4). Në zhvillimet e ardhshme në kodimin video, është supozuar se “bit rate” fiks i rekomanduar për HD do të reduktohet në 8-10 Mbit/s për program. Nëse aplikohet multipleksori statistikor arrihet një “bit rate” mesatar 7-8 Mbit/s për program HD, të cilat nëse multipleksohen së bashku në një multipleksor DVB-T kërkojnë një shpejtësi të transmetimit të bitit 24 Mbit/s).

Një multipleksor DVB-T ofron shpejtësi të transmetimit të bit-it që varion nga 8 Mbit/s (QPSK, 2/3) në 27 Mbit/s (64 QAM, 3/4) dhe teorikisht mund të arrijë të transmetojë një deri

në tre programet HD për marrjen fikse dhe një maksimum prej një ose dy programe HD për variantet e marrjes portabël dhe të lëvizshme.

2.6 KAPACITETET E TRANSMETIMIT NË PLANIN KOMBËTAR TË FREKUENCAVE NUMERIKE

Plani Shqiptar i Frekuencave Numerike, i miratuar me Marrëveshjen GE-06, të ratifikuar nga Kuvendi i Shqipërisë, përfshin:

- 7 mbulime kombëtare me DVB-T (Televizion Numerik Tokësor) në brezin UHF
- 1 mbulim kombëtar me DVB-T në brezin VHF
- 2 mbulime kombëtare me T-DAB (radio numerike) po në brezin VHF

Përveç mbulimeve kombëtare, plani përfshin edhe mbulime lokale:

- Suballotmenti i Tiranës me 7 mbulime lokale DVB-T në UHF, 1 mbulim në DVB-T VHF dhe 2 mbulime në T-DAB VHF.
- Planifikimi i një numri frekuencash për mbulime lokale në disa zona të Shqipërisë.

1. Për DVB-T në UHF:



2. Për DVB-T në VHF



3. Për T-DAB në VHF (Radio numerike)



FIGURA 3: FORMAT E ALLOTMENTEVE TË PLANIT NUMERIK (www.ama.gov.al)

Tabela e mëposhtme paraqet kapacitetet transmetuese të Planit të Frekuencave Numerike të Shqipërisë të miratuara nga Marrëveshja GE-06. Në tabelë janë paraqitur frekuencat, përdorur nga një SFN për mbulimin e secilit allotment. Rreshtat me të njëjtën ngjyrë paraqesin kombinimet e frekuencave (SFN-ve) të allotmenteve për një rrjet numerik MFN me mbulim kombëtar.

| Mbulimet | Allotmenti Shkoder | Allotmenti Kukes | Allotmenti Diber | Allotmenti Lezhe | Allotmenti Tirane | Allotmenti Elbasan | Allotmenti Fier | Allotmenti Berat | Allotmenti Korçe | Allotmenti Gjirokastr | Allotmenti Vlore | Mbulimet | Sub Allotmenti Tirane |
|----------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|--------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------------|------------------|-----------|-----------------------|
| | Kanali TV | Kanali TV | Kanali TV | Kanali TV | Kanali TV | Kanali TV | Kanali TV | Kanali TV | Kanali TV | Kanali TV | Kanali TV | | Kanali TV |
| Mb. 1 Kombëtar | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 | 21 | | |
| Mb. 2 Kombëtar | 22 | 26 | 24 | 23 | 21 | 23 | 22 | 24 | 21 | 26 | 23 | Mbulimi 1 | 26 |
| Mb. 3 Kombëtar | 28 | 32 | 25 | 29 | 34 | 33 | 27 | 25 | 27 | 29 | 38 | Mbulimi 2 | 37 |
| Mb. 4 Kombëtar | 35 | 37 | 37 | 38 | 38 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 37 | Mbulimi 3 | 44 |
| Mb. 5 Kombëtar | 41 | 40 | 36 | 43 | 53 | 42 | 29 | 32 | 43 | 37 | 46 | Mbulimi 4 | 50 |
| Mb. 6 Kombëtar | 45 | 42 | 54 | 46 | 57 | 46 | 31 | 36 | 45 | 36 | 57 | Mbulimi 5 | 60 |
| Mb. 7 Kombëtar | 51 | 50 | 55 | 66 | 59 | 46 | 35 | 47 | 51 | 44 | 64 | Mbulimi 6 | 64 |
| Mb. 8 Kombëtar | 59 | 52 | 60 | 69 | 61 | 49 | 45 | 52 | 55 | 46 | 60 | Mbulimi 7 | 67 |
| Mb. Vendore | | 56 | 63 | | | 56 | 51 | 54 | 57 | 50 | | | |
| Mb. Vendore | | 65 | 69 | | | 58 | | 61 | 59 | 53 | | | |
| Mb. Vendore | | | | | | 62 | | 65 | 64 | 56 | | | |
| Mb. Vendore | | | | | | 68 | | 66 | | 58 | | | |
| Mb. Vendore | | | | | | | | | | 60 | | | |
| Mb. Vendore | | | | | | | | | | 63 | | | |
| Mb. Vendore | | | | | | | | | | 67 | | | |
| Mb. Vendore | | | | | | | | | | 69 | | | |

Plani Kombëtar i Frekuencave Numerike (GE-06)

TABELA 3: KAPACITETET TRANSMETUESE TE PLANIT KOMBËTAR NUMERIK (www.ama.gov.al)

Bazuar në Planin e Frekuencave Numerike në Shqipëri, frekuencat e brezit DD2 përdoren në masën 24.5% nga transmetimet televizive tashme numerike. Duke marrë në konsideratë edhe përqindjen e përdorimit të frekuencave DD1, Plani Kombëtar i Frekuencave Numerike ka një reduktim në masën 43% të kapacitetit frekuencor krahasuar me atë të miratuar nga Marrëveshja GE-06.

Sa më sipër, qartëson se lirimi i Dividentit të dytë Numerik DD2 (694-790 MHz) përbën një sfidë serioze për Shqipërinë, një detyrim në kuadër të respektimit të detyrimeve që rrjedhin nga anëtarësimi në Bashkimin Ndërkombëtar të Telekomunikacioneve dhe statusit aktual të anëtarësimit në Bashkimin Europian.

2.7 QASJA E DVB-T2 NË PLANIN GE06

Marrëveshja GE-06 lejon zbatimin e DVB-T2 nën konceptin e zarfit; d.m.th. me kusht që ajo të mos shkaktojë më shumë ndërhyrje dhe as të kërkojë mbrojtje më të lartë se hyrja/regjistrimi në Planin GE-06.

Implementimi i një sistemi DTT DVB-T2 në Planin GE-06 lejohet në respektim të kushteve të përcaktuara në këtë Marrëveshje, të trajtuara në detaje në Kapitullin IV të saj. Ruajtja e niveleve

të interferencave dhe kërkesat e maskës së spektrit që përcakton Marrëveshja GE-06 janë arsyeja pse zbatimi i standardit DVB-T2 shmang nevojën për të rinegociuar një traktat të madh ndërkombëtar që përfshin mbi 110 vende. Standardi DVB-T2, gjithashtu, është në përputhje me kërkesat e Radio Rregulloreve të ITU-së, kuadrin ndërkombëtar që rregullon përdorimin e spektrit të frekuencave dhe orbitave satelitore.

RRC-06 miratoi DVB-T si sistemin e transmetimit televiziv për të cilin u zhvillua Plani GE-06. Marrëveshja GE-06 miratoi këtë sistem të transmetimit si të vetmin për modifikimin e Planit, sic përshkruhet në Nenin 4 të saj. D.m.th vetëm ky sistem transmetimi mund të përdoret kur kërkohen modifikime në transmetimin TV në Plan. Kjo nënkupton që nëse një shtet anëtar që ka firmosur Marrëveshjen GE-06 dëshiron të zbatojë caktimin frekuencor duke përdorur DVB-T2 ose një sistem tjetër transmetimi, atëherë caktime të tilla frekuencore duhet së pari të paraqiten si modifikime të Planit, duke treguar se janë përdorur karakteristikat teknike të sistemeve të transmetimit DVB-T.

Kur hyrja e Planit të vihet në veprim, administrata mund të njoftojë sistemin aktual të transmetimit (p.sh. DVB-T2) sipas Nenit 5 të Marrëveshjes GE-06. Sipas kësaj dispozite, një zbatim i tillë është i kufizuar të mos shkaktojë më shumë interferenca ose të kërkojë një nivel më të lartë mbrojtjeje sesa hyrja në Planin origjinal.

Konsiderohet e rëndësishme që implementimi i DVB-T2 të përdor caktimet frekuencore të DVB-T dhe allotmentet e Planit GE-06, në mënyrë që të shmanget ri-planifikimi dhe kjo rrit kompleksitetin në zbatimin e DVB-T2. Për këtë arsye, zbatimi i DVB-T2 duhet të ruaj nivelet e interferencës dhe kërkesat e maskës së spektrit siç përcaktohet nga GE-06, sipas të cilës dendësia e fuqisë kulmore mbi çdo 4 kHz të një zbatimi të tillë nuk duhet të kalojë dendësinë e fuqisë së pikut në të njëjtin 4 kHz të hyrjes në Planin përkatës të transmetimit digjital”.

Si rrjedhim DVB-T2 i zbatuar në Planin GE06:

- duhet të ofrojë raporte të njëjta ose më të mira mbrojtjeje dhe vlera minimale të mesatares së fuqisë të fushës për variante të përshtatshme ekuivalente;
- mund të përdorë të njëjtin polarizim linear (të vetëm ose të përzier) të hyrjes së Planit të Transmetimit Digjital;
- mund të realizojë të njëjtat zona mbulimi duke përdorur nivele të njëjta ose më të ulta të fuqisë së rrezatuar;
- mban densitetin e njëjtë ose më të ulët të fuqisë së pikut për variantet që operojnë në të njëjtën brez dhe kanë të njëjtin numër ose më të madh të transportuesve OFDM (madhësia FFT) për të njëjtat nivele të fuqisë së rrezatuar.

- duhet të ruaj dendësi të njëjtë ose më të ulët të fuqisë së pikut për variantet që veprojnë në të njëjtën gjerësi brezi dhe që kanë të njëjtin numër ose më të madh të transportuesve OFDM (madhësia FFT) për të njëjtat nivele të fuqisë së rrezatuar.

DVB-T2 ofron fleksibilitet të mjaftueshëm për sa i përket numrit të varianteve që ofron për të ruajtur të njëjtën hapësirë mbulimi dhe për të lejuar funksionimin e një caktimi frekuencor brenda kufizimeve që Marrëveshja GE-06 (Neni 5.1.3). Për të siguruar që implementimi i DVB-T2 respekton kufizimet e fuqisë së rrezatuar jashtë gjerësisë së brezit të veprimit, zbatimi DVB-T2 duhet të përputhet me maskën e spektrit të hyrjes korresponduese në Planin GE-06 siç është përcaktuar në Marrëveshjen GE-06.

Karakteristikat teknike të zbatimit të DVB-T2 duhet të jenë të tilla që të gjejnë konfigurime të favorshme që garantojnë konformitetin me hyrjen përkatëse të Planit GE06 (Seksionin II, Shtojcës 4, dhe Rregullore dhe Procedura, Pjesa A10/GE06 5.1.3, vendimet 1 në 3). Vetëm implementimet e DVB-T2 që janë në përputhje me hyrjen përkatëse të Planit Digjital do të regjistrohen.

Rekomandimi ITU-R BT.1877 tregon se varianti i kanalit 8 MHz në DVB-T2 (i përdorur aktualisht në rrjetet SFN që janë objekt i këtij studimi) është në përputhje me Planin GE06. Paqartësi mbetet në lidhje me zbatimin e varianteve dhe / ose opsioneve të ndryshme DVB-T2, për shembull, modaliteti i zgjatur i bartësit dhe gjerësia shtesë e brezit. P.sh. varianti me FFT 1k për kanalin 8 MHz nuk është kompatibël me GE-06 DVB-T.

| Modulimi | Madhësia FFT | Shpejtësia e kodit | Intervali i Mbrojtjes |
|------------------------|--------------|------------------------------|--|
| QPSK ose 16-QAM ose | 2k | 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6 | 1/32, 1/16, 1/8, 1/4 |
| 64-QAM ose 256-QAM | 4k | 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6 | 1/32, 1/16, 1/8, ¼ |
| | 8k | 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6 | 1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4 |
| | 16k | 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6 | 1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4 |
| | 32k | 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6 | 1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128 |
| | 8k extended | 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6 | 1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4 |
| | 16k extended | 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6 | 1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4 |
| | 32k extended | 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6 | 1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128 |

TABELA 4: VARIANTET DVB-T2 ME KANAL 8 MHz TË PËRSHTATURA PËR GE-06 (ITU-R BT.1877)

Është e rëndësishme të theksohet se nëse aplikohet filtrim i përshtatshëm, të gjitha sinjalet RF në DVB-T2 mund të zbatohen në përputhje me maskën e spektrit përkatës të Marrëveshjes GE-06.

Për sa i përket potencialit të tyre të interferencave, të gjitha variantet e sistemit DVB-T2 1.7 MHz, 7 MHz dhe 8 MHz (përfshirë të gjitha madhësitë FFT, si dhe gjerësitë e brezit normal, ose të shtrirë) mund të përdoren për sa kohë që maska e spektrit GE-06 respektohet. Kjo e bën DVB-T2 të vështirë për tu zbatuar nga administratat kur ato janë regjistruar në MIFR.

2.7.1 MODIFIKIMI I PLANIT GE-06

Marrëveshja GE-06, në nenin 4 të saj, konsideron modifikime të Planit GE-06:

- a) ndryshimet e karakteristikave të një alotmenti, ose të një caktimi frekuencor në një stacion transmetimi, të miratuara në Plan;
- b) shtimin në Plan të një alotmenti ose të një caktimi frekuencor në një stacion transmetimi; ose,
- c) shtimin në Planin Digjital të një caktimi frekuencor që buron nga një alotment në Planin Digjital; ose
- d) anulimin nga Plani të një alotmenti, ose një caktimi frekuencor në një stacion transmetimi.

Sic edhe duket, rasti i trajtuar në këtë punim i përket tipit të modifikimeve në pikat a) dhe d) më sipër.

Administrata që propozon të ndryshojë karakteristikat e një caktimi frekuencor/alotmenti në Plan, duhet të kërkojë marrëveshjen e çdo administrate tjetër, të cilat konsiderohen se preken nga këto ndryshime.

Një administratë konsiderohet se preket në lidhje me shërbimin e saj të transmetimit kur tejkalohe kufijtë e dhënë në maskën e spektrit që përcakton Marrëveshja GE-06.

Në studim qëllimi është bashkimi i dy alotmenteve, të shërbyera secila nga një rrjet SFN, në një allotment të vetëm që do të mbulohet vetëm nga një rrjet SFN aplikohen modifikimet që i përkasin rastit c) dhe d). Për të garantuar që nuk do të tejkalohe kufijtë e dhënë në maskën e spektrit që përcakton Marrëveshja GE-06, domethënë që modifikimet në plan nuk do të prekin (shkaktojnë interferenca) administrat fqinjë, këto modifikime do të bëhen pa ndryshuar pzcionet gjeografike të transmetuesve, fuqitë e tyre të transmetimit dhe pa shtuar transmetues të rinj, përveç se përsëritësa (gap-filler) me fuqi 50W.

2.7.2 ADMINISTRATAT E PREKURA POTENCIALISHT NGA MODIFIKIMET NË PLAN

Identifikimi i administratave të prekura potencialisht ka si qëllim përcaktimin e sipërfaqes ku modifikimi i Planit prek parametrat e përcaktuara në Planin GE-06 dhe për këtë arsye kërkohet koordinimi me vendet që ndodhen brenda kësaj sipërfaqe. Plani GE06 përcakton një metodologji për identifikimin e administratave të prekura, e cila bazohet në parametrat e parashikuara të rrjetit që do të përdoren pas modifikimit. Gjithashtu, duke marrë parasysh se detajet e funksionimit të stacioneve të prekura potencialisht janë të panjohura, metodologjia i referohet parametrave për rastin më të keq të rrugëve të përhapjes dhe të parametrave të sistemit të stacioneve të panjohura marrëse.

Metodologjia lejon përcaktimin e distancës për secilin azimuth rreth stacionit të ri të propozuar ose të modifikuar, ose zonën brenda së cilës ndodhet stacioni, përtej të cilit forca e fushës interferuese pritet të jetë më pak se një vlerë specifike. Kur kjo distancë përcaktohet për secilin azimuth, përcaktohet një kontur i forcës së fushës, të quajtur konturi i koordinimit, i cili rrethon zonën e koordinimit.

Për të identifikuar administratat e prekura potencialisht nga një modifikim i propozuar në Plan, është e nevojshme të identifikohet niveli përkatës i forcës së fushës që do të përdoret në llogaritje. Përcaktimi i forcës së fushës bëhet brenda intervalit të frekuencave të Planit për largësi nga stacioni transmetues që do modifikohet deri në 1000 km me përqindje të kohës nga 1 deri në 50% dhe për lartësi të ndryshme të antenës së transmetimit. Metodologjia i referohet një dallimi midis rrugëve të transmetimit si mbi tokë, dete të ftohtë apo dete të ngrohtë. Gjithashtu, siguron procedura për trajtimin e lartësive të antenave me efekt negativ dhe përhapjes në rrugë të ndryshme (d.m.th. me kombinime të tokës dhe detit). Për qëllime të GE06, lartësitë e antenave transmetuese tokësore nuk janë më të larta se 3000 m.

Për të identifikuar ndonjë shërbim të prekur potencialisht merren në konsideratë të gjitha vendet, kufijtë e të cilëve ndodhen brenda ose kryqëzohen me konturin 1000 km. Vlera kritike e forcës së fushës të koordinimit është niveli i forcës së fushës, i cili, kur tejkalohet, përcakton që kërkohet koordinim. Krijohet një kontur për secilën interval frekuence bazuar në vlerën kritike korresponduese të koordinimit të shërbimit të transmetimit video që do të mbrohet nga modifikimi i Planit. Më pas zgjidhen caktimet frekuencore për të cilat vlerat korresponduese kritike duhet të nxirren nga tabelat e vlerave limit në Shtojcën 1 të Marrëveshjes.

Për secilën vlerë kritike limit vendoset një kontur koordinimi. Si rezultat do të ketë për secilin interval frekuencash, disa konture të mundshme koordinimi për çdo lloj shërbimi të konsideruar të prekur nga modifikimi.

Analiza finalizohet nga llogaritjet e sakta të intensitetit të fushës në kufijtë kombëtarë të vendeve të identifikuara.

Kur njoftohet një caktim në një shërbim tjetër parësor, ndërtohen konturet e koordinimit për stacionet transmetuese bashkë me stacionet marrëse në vendet e specifikuara ose zonave të shërbimit. Më i madhi i të dyve është për t'u marrë parasysh për identifikimin e administratave të ndikuara.

Ndërtimi i kontureve gjeometrike varet nga tipi i të dhënave të Planit Numerik. Për çdo tip të të dhënave të Planit Numerik përcaktohet një pikë reference. Nga kjo pikë reference zhvillohen prej 360 radiale me një çvendosje prej 1° duke filluar nga Veriu i Vërtetë. Pika ku radialët kryqëzohen me konturin ndërprerës të intensitetit të fushës dhe çdo kontur gjeometrik të shtrirë jashtë kufijve kombëtar të administratave njoftuese është vendosja e pikave të llogaritjes. Në këtë Aneks, procedurat përcaktojnë për çdo hap një gradë në azimuth rreth koordinimit të stacionit transmetues ose stacionit në një shërbim tjetër tokësor, distancën në të cilën intensiteti i fushës është arritur dhe kështu distancën e përdorur për të krijuar konturin e koordinimit. Të gjitha llogaritjet e intensitetit të fushës janë bazuar në modelin e përhapjes të përshkruar në Kapitullin 2 të Aneksit 2 në këtë Marrëveshje.



FIGURA 4: KONTURET E KOORDINIMIT ME ADMINISTRATAT E NDIKUARA (ama.gov.al)

Në vijim përshkruhen supozimet bazë të bëra për llogaritjen e interferencave dhe vendosjen e pikës së referencës të përdorur për ndërtimin e kontureve të koordinimit.

Për një stacion transmetues që operon në një rrjet me frekuencë të vetme (SFN), konturet e koordinimit janë llogaritur duke përdorur si pikë reference qendrën e gravitetit të koordinatave

gjeografike të të gjithë vendndodhjeve të transmetuesve në SFN. Kontributet individuale të intensitetit të fushës të transmetuesave janë kombinuar nëpërmjet metodës së shumës së fuqisë (shih Kapitullin 3 të Aneksit 2 tek Marrëveshja).

Në rastin e një allotmenti, pika e referencës është qendra e gravitetit të zonës së mbuluar nga allotmenti, e cila mund të jetë e vendosur brenda ose jashtë kësaj zone mbulimi. Në rastin e dytë, pika e referencës merret sa më afër pikës së qendrës së gravitetit që përfshihet në zonën e allotmentit. Karakteristikat e referencës së rrjetit (RN) dhe plani i konfigurimit të referencës (RPC) janë referenca kryesore për përcaktimin e intensitetit interferues të fushës. Çdo pikë testuese në kufi të allotmentit do të konsiderohet si burim i interferencës potenciale të allotmentit (shih Paragrafin 3 në këtë Seksion për përshkrimet e detajuara). Intensiteti më i madh i fushës i arritur në çdo pikë llogaritjeje të marrë në konsideratë, nga çdo pikë testuese në kufi të allotmentit konsiderohet si vlera e intensitetit të fushës që do të përdoret.

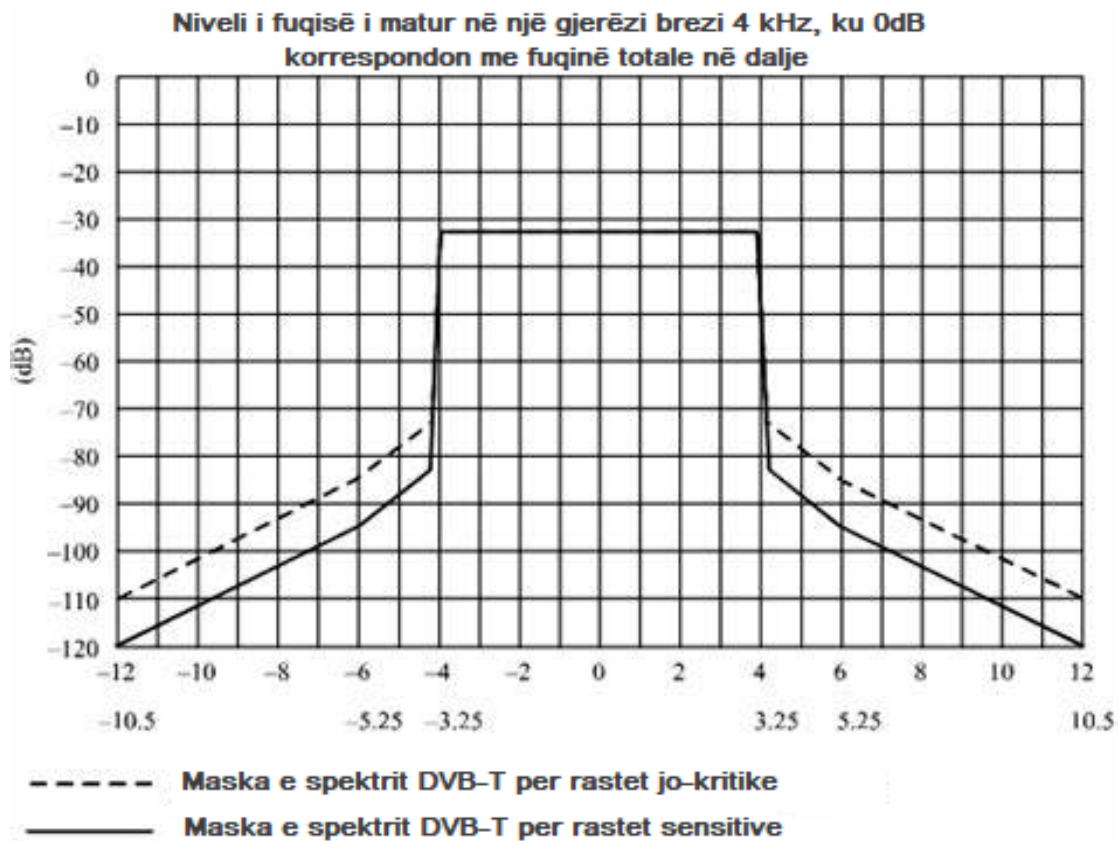


FIGURA 5: MASKA E SPEKTRIT DVB-T PËR GJERËSINË E BREZIT 8 MHz (PLANI GE-06)

| | Kanalet 8 MHz | |
|--------------------------|---------------------|---------------------|
| | Rastet jo-kritike | Rastet sensitive |
| Frekuenca Relative (MHz) | Niveli Relativ (dB) | Niveli Relativ (dB) |
| -12 | -110 | -120 |
| -6 | -85 | -95 |
| -4.2 | -73 | -83 |
| -3.9 | -32.8 | -32.8 |
| +3.9 | -32.8 | -32.8 |
| +4.2 | -73 | -83 |
| +6 | -85 | -95 |
| +12 | -110 | -120 |

TABELA 5: KARAKTERISTIKAT TEKNIKE TË MASKËS SË SPEKTRIT DVB-T PËR GJERËSINË E BREZIT 8 MHz (PLANI GE-06)

Marrëveshja GE-06 përcakton metodologjinë për të identifikuar administratat (zonat) që mund të preken, me të cilat duhet të kërkohet një marrëveshje. Metodologjia përcakton një zonë brenda së cilës tejkalohe kufijtë e forcës së fushës.

Procesi i identifikimit të administratave të prekura potencialisht bazohet në përcaktimin e kontureve të koordinimit të lidhura me modifikimet e propozuara.

Në rastin e këtij studimi, siç edhe u theksua më sipër, garantohet që modifikimet e bëra në plan nuk prekin administratat fqinjë, fuqitë e rrezatuara nga transmetuesit mbeten në të njëjtë vlerë.

2.8 KRITERET PËR PARAMETRAT E PLANIFIKIMIT DHE MODIFIKIMIT TË PLANIT GE-06

Modifikimi, ashtu si dhe hartimi i Planit GE-06, bazohet në respektimin e kriterëve për parametrat e mëposhtëm, të cilat kanë qënë objekt analize në këtë studim:

- fuqia minimale mesatare e fushës;
- fuqitë interferuese e fushës;

Përcaktuar bazuar në vlerat e kërkuara për:

- raportet Sinjal/Zhurmë (C/N);
- raportet e mbrojtjes;
- humbjet në hyrjen e ndërtesave;
- faktorët e korigjimit të vendndodhjes dhe kohës në përqindje;
- kufizimet e maskës së spektrit të zbatuar në një transmetim numerik.

2.8.1 MODELET E KANALEVE

Për të verifikuar performancën në një gamë të gjerë të kushteve të marrjes së sinjalit duke përfshirë marrjen fikse, portabël, celulare, janë përdorur modele të ndryshme kanali për të siguruar rezultate të simuluar të performancës.

Kanalet kryesore të marrjes së sinjalit që hasen në transmetimet tokësore kërkojnë një C/N të caktuar.

- Kanali Gaussian (AWGN): Ky kanal karakterizohet nga një sinjal i vetëm i kërkuar ku vetëm zhurma Gaussian është e pranishme.
- Kanali Ricean: Përdoret për marrjen fikse ku ka kryesisht një sinjal të vetëm të drejtpërdrejtë dhe reflektime më të vogla të amplitudës.
- Kanali Rayleigh: Kryesisht përdoret për planifikimin e marrjes portative të brendshme dhe të jashtme.

Ky punim trajton vetëm zbatimin e teknologjisë DVB-T2 në rrjetet fikse dhe, për këtë arsye, trajtohet modeli i kanalit Ricean.

2.8.2 RAPORTI C/N

Për variante të ndryshme sistemi Tabela 6 përcakton vlerat e raportit C/N për kanalën Ricean .

Diferenca në C/N e kërkuar për kanalën Ricean është 0.2 deri 0.5 dB kur krahasohet me kanalet Gaussian.

| Variantet e sistemit | Modulimi | Shkalla e kodit | Gauss | Rice |
|----------------------|----------|-----------------|-------|-----------|
| | | | | FX |
| A1, D1 | QPSK | 1/2 | 4.9 | 5.9 |
| A2, D2 | QPSK | 2/3 | 6.8 | 7.9 |
| A3, D3 | QPSK | 3/4 | 7.9 | 9.1 |
| A5, D5 | QPSK | 5/6 | 9.0 | 10.3 |
| A7, D7 | QPSK | 7/8 | 9.9 | 11.3 |
| B1, E1 | 16-QAM | 1/2 | 10.6 | 11.6 |
| B2, E2 | 16-QAM | 2/3 | 13.0 | 14.1 |
| B3, E3 | 16-QAM | 3/4 | 14.5 | 15.7 |
| B5, E5 | 16-QAM | 5/6 | 15.6 | 16.9 |
| B7, E7 | 16-QAM | 7/8 | 16.1 | 17.5 |
| C1, F1 | 64-QAM | 1/2 | 16.2 | 17.2 |
| C2, F2 | 64-QAM | 2/3 | 18.4 | 19.5 |
| C3, F3 | 64-QAM | 3/4 | 20.0 | 21.2 |
| C5, F5 | 64-QAM | 5/6 | 21.4 | 22.7 |
| C7, F7 | 64-QAM | 7/8 | 22.3 | 23.7 |

TABELA 6: VLERAT C/N PËR KANALET GAUSSIAN DHE KANALET RICEAN

Nga tabela e mësipërme shihet se në SFN-të egzistuese të Tiranë dhe Fierit, ku aplikohet modulimi 64 QAM dhe shkalla e kodit 3/4, vlera C/N është 21.2 dB. Qëllimi i këtij punimi është që zgjerimi i madhësisë SFN me rrjetin DVB-T2 do të ruaj apo të përmirësojë performancën e rrjetit si në këndvështimin e kapacitetit ashtu dhe të cilësisë së transmetimit.

2.8.3 RAPORTET E MBROJTJES

Raporti i mbrojtjes, i shprehur zakonisht në decibel, është vlera minimale e raportit të sinjalit të kërkuar ndaj atij të padëshiruar të shkaktuar nga interferues të jashtëm në hyrjen e marrësit. Ato mbulojnë raportet mbrojtjes “intra” (DVB-T2 vs. DVB-T2) dhe raportet mbrojtëse “inter” (DVB-T2 kundrejt sistemeve të tjera radio jo-T2, televiziv si dhe jo-televiziv), brenda-kanalit si dhe raportet e mbrojtjes së kanalit me kanalet fqinjë. Raportet e mbrojtjes të trajtuara në këtë punim janë të vlefshme për gjerësinë e brezit 8 MHz. Ato vlejné edhe për gjerësitë e brezit 1.7, 5, 6 dhe 7 MHz.

Për përcaktimin e raporteve të mbrojtjes për DVB-T është marrë për bazë Rekomandimi ITU-R BT.1368-6.

Raporti i mbrojtjes DVB-T2 kundrejt DVB-T2/DVB-T

- Raportet e mbrojtjes “intra” DVB-T2 (DVB-T2 kundrejt DVB-T2) për ndërhyrjet brenda kanalit janë identike me vlerat përkatëse të C/N. E njëjta gjë vlen për raportet e mbrojtjes DVB-T kundrejt DVB-T2.
- Raportet e mbrojtjes së kanaleve fqinjë jepen në ITU-R Rec. BT.2033.
- Në modelin e zgjeruar të gjerësisë së brezit së DVB-T2 ka një rritje prej vetëm 0.2 në 0.3 dB e cila duket një ndryshim i papërfillshëm.
- Për raportet e mbrojtjes së T-DAB të ndërhyrë nga DVB-T2 supozohet se vlejné të njëjtat vlera siç raportohen për ndërhyrjen nga DVB-T. Këto gjenden në [RRC06].

DVB-T2 kundrejt LTE

Interferenca e DVB-T2 në LTE konsiderohet e rëndësishme për arsye të operimit në kanale të njëjtë apo fqinjë.

- Lidhur me intreferencen ne te njejtin kanal “co-channel” asnjë informacion nuk është në dispozicion.
- Rasti i interferences në kanalën fqinjë të DVB-T2 nga LTE merret në kontekstin e diskutimit të dividentit digjital në Evropë [ECC148]. Ngarkesat e ulta të trafikut shkaktojnë degradime në raportet e mbrojtjes dhe pragjet e mbingarkesës në disa dizajne të marrësve. Përsëri, informacioni gjendet në [BT2033]. Karakteristikat e sinjalit LTE të përdorura në matje janë dhënë në Raportin ITU-R BT.2215 [BT2215].

2.8.4 HUMBIA NË HYRJEN E GODINËS

Tabela 7 përmban vlerat mesatare për humbjen në hyrjen e godinës dhe devijimin përkatës nga standardi në UHF.

| | Humbja në Hyrje të Godinës | Devijimi standart |
|-----|----------------------------|-------------------|
| UHF | 8 dB | 5.5 dB |

TABELA 7: HUMBIA NË HYRJE TË GODINËS

2.8.5 NIVELET MINIMALE TË SINJALIT PËR SISTEMET E TRANSMETIMIT DIGJITAL

Forcat e fushës që përftohen nën kriteret, si më poshtë:

- Lartësia e antenës marrëse: 10 m mbi nivelin e tokës

- Probabiliteti i vendndodhjes: 50%
- Përqindja në kohë: 50%

cilësohen si "minimum mesatar i forcës të fushës", simbolizuar me E_{med} . Këto forca të fushës korrespondojnë me nivelet minimale të sinjalit të nevojshëm për të kapërcyer zhurmën natyrore dhe të prodhuar nga njeriu (në mungesë të interferencës nga transmetuesit e tjerë) të njohur edhe si "forcat minimale të shfrytëzueshme të fushës".

Minimumi i mesatares së forcës së fushës llogaritet me formulën e mëposhtme:

$$P_n = F + 10 \log_{10}(kT_0B)$$

$$P_{s \min} = C/N + P_n$$

$$A_a = G + 10 \log_{10}(1.64x\lambda^2/4\pi)$$

$$\varphi_{\min} = P_{s \min} - A_a + L_f$$

$$E_{\min} = \varphi_{\min} + 120 + 10 \log_{10}(120\mu) = \varphi_{\min} + 145.8$$

$$E_{med} = E_{\min} + P_{mmn} + C_l \quad \text{për}$$

marrjen fikse

$$C_l = \mu * \sigma_c$$

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_b^2 + \sigma_m^2}$$

Ku:

P_n : fuqia e zhurmës në hyrje të marrësit (dBW)

F : figura e zhurmës në marrës (dB)

k : konstantja e Boltzmannit ($k = 1.38 \times 10^{-23}$ J/K)

T_0 : temperature absolute ($T_0 = 290$ K)

B : gjerësia e brezit të zhurmës në marrës (7.61×10^6 për një kanal 8MHz DVB-T)

$P_{s \min}$: fuqia minimale në hyrje të marrësit

C/N : raporti sinjal/zhurmë RF në hyrje të marrësit e kërkuar nga sistemi

A_a : hapja efektive e antenës

G : fitimi i antenës në lidhje me gjysëm dipol (dBW/m²)

λ : gjatësia e valës së sinjalit (m)

φ_{\min} : fluksi i densitetit të fuqisë minimale në pikën e marrjes

L_f : humja e feeder (dB)

E_{\min} : forca minimale e fushës në vendndodhjen e antenës marrëse (dB (μ V / m))

E_{med} : minimum i forca mesatare e fushës (dB (μ V / m))

P_{mmn} : lejimi i zhurmës së krijuar nga njeriu (dB)

L_h : faktori i korigjimit të humbjes së lartësisë (vendndodhja e antenës marrëse në 1.5 m mbi nivelin e tokës) (dB)

L_b : humbja mesatare e hyrjes në ndërtesë (dB)

Cl : faktori i korigjimit të vendndodhjes (dB)

c : devijimi standard i kombinuar (dB)

m : standardi makro-shkallë i devijimit (dB) ($\sigma_m = 5.5$ dB)

b : humbja e devijimit standard për hyrjen në ndërtesë (dB)

μ : faktori i shpërndarjes (0.52 për 70%, 1.64 për 95% dhe 2.33 për 99%).

2.8.6 INTENSITETI I FUSHËS TË SINJALIT TË PRANUESHME TË INTERFERENCËS

Intensiteti i fushës, E , për interferencën e pranueshme të sinjalit televiziv për rastet e shërbimeve fikse llogaritet duke përdorur formulën:

$$E = -37 + F - G_i + L_F + 10 \log (B_i) + P_o + 20 \log f - K \text{ dB}(\mu\text{V/m})$$

ku:

F : zhurma e marrësit

B_i : gjerësia e brezit të stacionit transmetues tokësor (MHz)

G_i : amplifikimi i antenës marrëse (dBi)

L_F : humbja e kabllit fider të antenës (dB)

f : frekuenca qendrore e stacionit interferues (MHz)

P_o : zhurma e ambientit (dB) (vlera tipike është 0 dB për brezin UHF)

K : Faktori i korigjimit të mbivendosjes (në DVB-T).

Rekomandimi ITU-R F.758-4, ITU-R F.1670-1 dhe ITU-R SM.851-1, përcakton vlerat si në Tabelën 8 për F , G_i , L_F dhe P_o për rastin e shërbimeve fikse:

| Frekuenca (MHz) | 174-230 | 500 | 800 |
|---------------------|---------|-----|-----|
| F (dB) | 5 | 5 | 5 |
| G_i (dBi) | 9 | 14 | 16 |
| L_F (dB) | 4 | 5 | 5 |
| P_o (dB) | 1 | 0 | 0 |
| $F - G + L_F + P_o$ | 1 | -4 | -6 |

TABELA 8: F , G_i , L_F , P_o PËR RASTIN E SHËRBIMEVE FIKSE

Në brezin UHF, ndryshimet e $(F - G + L_F + P_o)$ në frekuencën relative 500 MHz përcaktohen duke përdorur formulën: $10 \log (f/500)$.

Për llogaritjet e interferencës në marrësin e interferuar merret në konsideratë edhe koeficienti i mbivendosjes së korigjimit K (dB). Koeficienti i mbivendosjes, K , është llogaritur duke patur parasysh pikën e thyerjes së maskës (Kapitulli 3, Aneksi 2, Marrëveshja GE 06).

Koeficienti i mbivendosjes K ndërvaret nga mbivendosja e gjerësisë së brezit B_o , i llogaritur si me poshtë:

$$B_o = \text{Min} (B_v, (B_v + B_i)/2 - \square f)$$

ku:

B_v : gjerësia e brezit të marrësit të interferuar

B_i : gjerësia e brezit të sinjalit interferues

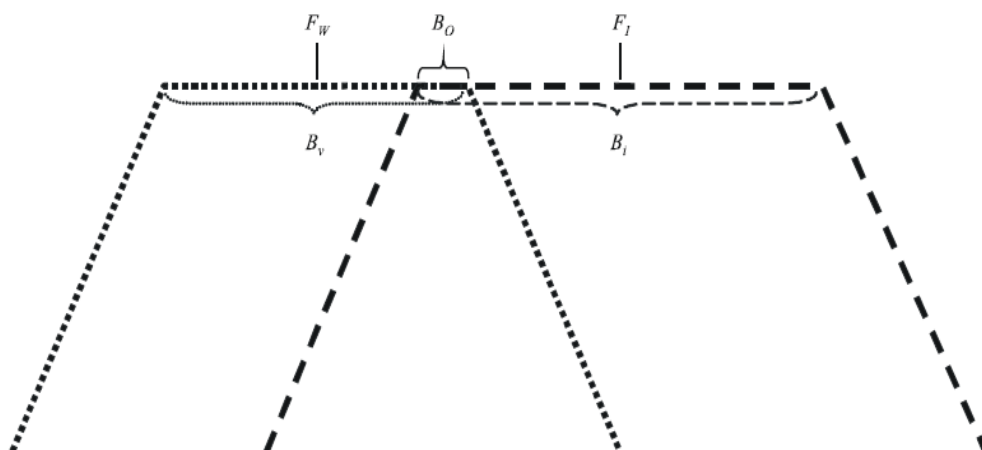
$\square f$: ndryshimi ndërmjet qendrës së frekuencës së sistemit të shërbimit fiks dhe qendrës së frekuencës DVB-T interferuese.

| Gjerësia e brezit të mbivendosur, B_o | Koeficienti i mbivendosjes, K (dB) |
|---|--------------------------------------|
| $B_o = B_v$ | 0 |
| $B_v > B_o > 10^{-4} B_v$ | $10 \log_{10} (B_o/B_v)$ |
| $10^{-4} B_v > B_o > -0.5$ | -40 |
| $B_o = -1$ | -45 |
| $B_o = -2$ | -52 |
| $B_o = -4$ | -60 |
| $B_o = -8$ | -77 |

TABELA 9: RASTET JO-KRITIKE PËR MASKËN DVB-T

| Gjerësia e brezit e mbivendosur, B_o | Koeficienti i mbivendosjes, K (dB) |
|--|--------------------------------------|
| $B_o = B_v$ | 0 |
| $B_v > B_o > 10^{-5} B_v$ | $10 \log_{10} (B_o/B_v)$ |
| $10^{-5} B_v > B_o > -0.5$ | -50 |
| $B_o = -1$ | -55 |
| $B_o = -2$ | -62 |
| $B_o = -4$ | -70 |
| $B_o = -8$ | -87 |

TABELA 10: RASTET SENSITIVE PËR MASKËN DVB-T



F_w : qendra e frekuencës së sinjalit të dëshiruar

F_l : qendra e frekuencës së sinjalit interferues

TABELA 11: B_o, B_l, B_v

2.8.7 FAKTORËT E KORIGJIMIT TË VENDNDODHJES

Saktësia e modelit të parashikimit të përhapjes mund të përmirësohet me aplikimin e një numri faktorësh korigjimi.

Për shkak të degradimit të mprehtë të cilësisë që ndodh kur nuk arrihet raporti i kërkuar bartës-interferencë ose raporti i kërkuar zë-zhurme, kërkohet një përqindje më e lartë e probabilitetit të vendndodhjes për forcat e kërkuara të fushës (dhe përqindje më e ulët për sinjalet e interferuara). Prandaj, kërkohet një korigjim i vlerës së marrë të quajtur faktor i korigjimit të vendndodhjes.

Llogaritjet e përputhshmërisë për sistemet e transmetimit numerik bazohen në kurbat e përhapjes për 50% kohë për forcën e kërkuar të fushës në terren, dhe 1% për forcën e padëshiruar të fushës, siç janë dhënë në Kapitullin 2 të Shtojcës 2 të Marrëveshjes GE-06.

Rekomandimi ITU-R P.1546 jep një shkallë standarde devijimi makro prej 5.5 dB për sinjalet me brez të gjerë. Kjo vlerë do të përdoret për të përcaktuar ndryshimin e forcës së fushës në “outdoor”, e cila merret parasysh në kuptimin e "faktorit të korigjimit të vendndodhjes".

Faktorët e korigjimit të vendndodhjes për ndryshimet në shkallë makro janë dhënë në Tabelën 12.

| Objektivi i mbulimit Propabiliteti i mbulimit (%) | Faktori i korigjimit të vendodhjes (VHF and UHF) (dB) |
|---|--|
| 99 | 13 |
| 95 | 9 |
| 70 | 3 |

TABELA 12: FAKTORI I KORIGJIMIT TË VENDNDODHJES “OUTDOOR” (ITU-R P.1546)

Ndryshimet e forcës së fushës në “indoor” janë rezultati i kombinuar i ndryshimeve “outdoor” dhe ndryshimit për shkak të shuarjeve nga ndërtesat. Për UHF, ku të dy devijimet standarde të sinjalit janë 5.5 dB, vlera e kombinuar është 7.8 dB.

Faktori i korigjimit të vendndodhjes për ndryshimet në shkallë makro në vendndodhjet “indoor” jepen në Tabelën 13.

| Objektivi i mbulimit Propabiliteti i mbulimit (%) | Faktori i korigjimit të vendodhjes (UHF) (dB) |
|---|--|
| 95 | 13 |
| 70 | 4 |

TABELA 13: FAKTORI I KORIGJIMIT TË VENDNDODHJES “INDOOR” (ITU-R P.1546)

2.8.8 KONFIGURIMET E REFERENCAVE TË PLANIFIKIMIT PËR DVB-T

Konfigurimet e Referencave të Planifikimit (RPC) janë struktura rrjeti që përfaqësojnë një rrjet tipik të vërtetë për qëllime analize dhe përshtatshmërie. Qëllimi kryesor i përdorimit të Konfigurimeve Referencë të Planifikimit është përcaktimi i potencialit për ndjeshmërinë kundrejt interferencave në rrjetet tipike të transmetueve numerike.

Për të përcaktuar konfigurimin e referencës të planifikimit (RPC) për DVB-T, konfigurimet e planifikimit mund të grupohen sipas mënyrës së marrjes së sinjalit dhe brezit të frekuencave.

Konfigurimet e Referencave të Planifikimit bazuar në mënyrat e marrjes së sinjalit janë grupuar si më poshtë:

- RPC 1: RPC për marrje fikse;
- RPC 2: RPC për marrje portabël “outdoor” ose cilësi më të ulët të mbulimit të marrjes portabël ose të lëvizshme “indoor”;
- RPC 3: RPC për cilësi më të lartë të mbulimit për marrje të portabël ose të lëvizshme “indoor”.

Për DVB-T, Konfigurimi i Referencës së Planifikimit në UHF i referohet frekuencës 650 MHz, si në Tabelën 14.

| RPC | RPC 1 |
|---|-------|
| Referenca e propabilitetit të vendodhjes | 95% |
| Referenca e C/N (dB) | 21 |
| Referenca (E_{med}) _{ref} (dB(μ V/m)) në $f_r = 650$ MHz | 56 |

TABELA 14: RPC1 PËR DVB-T (ITU-R P.1546)

(E_{med})_{ref}: Vlera e referencës për minimumin mesatar të intesitetit të fushës

Për frekuencat e tjera, vlerat referencë të intensitetit të fushës rregullohen duke shtuar faktorin e korigjimit të përcaktuar sipas rregullit vijues:

$$-(E_{\text{med}})_{\text{ref}}(f) = (E_{\text{med}})_{\text{ref}}(f_r) + \text{Corr};$$

- për marrjen fikse, $\text{Corr} = 20 \log_{10}(f/f_r)$, ku f është frekuenca aktuale dhe f_r frekuenca refereruese e brezit përkatës (650 MHz);

Parametrat e referencës së RPC1 nuk i përkasin vetëm sistemit DVB-T ose një zbatimi real të tij, por vlejnë për një numër të madh implementimesh të ndryshme reale.

Devijimi standard i përdorur për llogaritjen e faktorit të korigjimit të vendndodhjes për RPC 1 do të jetë 5.5 dB në UHF.

2.8.9 RRJETET E REFERENCËS PËR DVB-T

Me qëllim përcaktimin e potencialit dhe ndjeshmërisë nga interferencat të rrjeteve tipike të transmetimit numerik, Plani GE-06 ka modeluar katër rrjete reference (RN) që përfaqësojnë 4 tipe të rrjeteve DVB-T.

1. *Rrjeti i referencës 1 (zonë e madhe e shërbimit SFN)*
2. *Rrjeti i referencës 2 (zonë e vogël e shërbimit, SFN i dendur)*
3. *Rrjeti i referencës 3 (zonë vogël e shërbimit SFN, zonë urbane)*
4. *Rrjeti i referencës 4 (zona e vogël e mbyllur e shërbimit SFN)*

Për rrjetet e referencës është zgjedhur një strukturë e hapur rrjeti duke marrë në konsideratë se zbatimet reale normalisht i ngjajnë një prej katër tipeve të rrjeteve. Për rastin në studim, zona e shërbimit përcaktohet si një gjashtëkëndësh rreth 15% më i madh se gjashtëkëndëshi i formuar nga transmetuesit periferikë. Sidoqoftë, për të lejuar zbatimin e rrjetit me potenciale shumë të ulëta për interferenca, është prezantuar gjithashtu një rrjet referencë me një strukturë rrjeti gjysëm të mbyllur.

Në disa raste, potencialet për interferenca në rrjetet e referencës i mbivlerësojnë ndjeshëm ato në zbatimin në rrjetin real, për shembull, kur gjeometria standarde e një rrjeti referimi ndryshon ndjeshëm nga forma e veçantë e zonës së shërbimit real. Në këto raste, administratat mund të përdorin një metodë të përshtatshme, të rënë dakord mbi baza bilaterale, për të modeluar më mirë potencialin e ndërhyrjes së rrjetit të referencës.

3.5.7.1 RRJETI AKTUAL I REFERENCËS DHE RRJETI I REFERENCËS PAS OPTIMIZIMIT

Bazuar në përcaktimet e marrëveshjes GE-06, distancat e transmetuesve në rrjetet numerike aktuale janë konsideruar në përputhje me rrjetin referues RN2 dhe konfigurimit të referencës së planit RPC1. Të dhënat teknike paraqiten në figurën më poshtë:

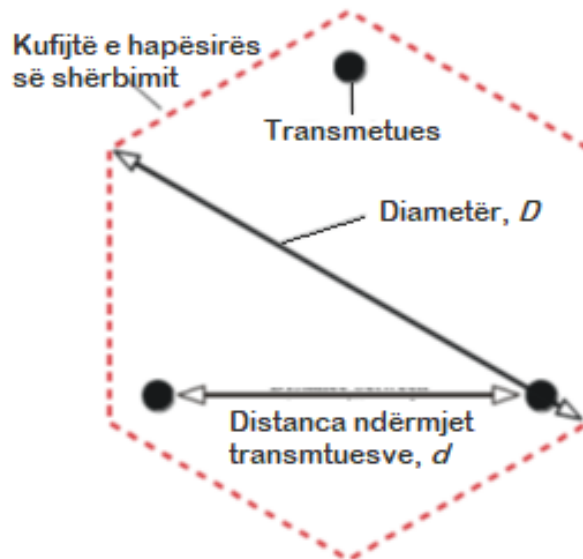


FIGURA 6: HAPËSIRA TË VOGLA MBULIMI SFN (RN 2)

| RPC 1 | |
|--|---------------|
| Antena fikse | |
| Tipi i rrjetit | I hapur |
| Gjeometria e hapësirës së shërbimit | Gjashtëkëndor |
| Numri i transmetuesve | 3 |
| Gjeometria e rrjetit të transmetuesve | Trekëndor |
| Distanca ndërmjet transmetuesve d (km) | 40 |
| Diametri i hapësirës së shërbimit D (km) | 53 |
| Lartësia efektive e antenës Tx (m) | 150 |
| "Pattern" i antenës Tx | Jo-e drejtuar |
| e.r.p. (dBW) Brezat IV/V | 31.8 |

*Vlera e e.r.p. e treguar në këtë tabelë përmban një shtesë fuqie prej 3 dB.

TABELA 15: PARAMETRAT E RN2 (ZONË E VOGËL SHËRBIMI, SFN E DENDUR) (PLANI GE-06)

Ky lloj rrjeti konsiston në tre transmetues të vendosur në rrethin e një trekëndëshi barabrinjës. RN 2 është menduar për zona të vogla mbulimi SFN. Kjo zonë shërbimi ka një diametër që varion nga 30 deri në 50 km.

Aktualisht pikat e transmetimit në allotmentet aktualë të Tiranës dhe të Fierit respektojnë distancën me përafërsi nga 25-40 Km midis tyre. Në rastin kur bashkojmë dy allotmentet në një të vetëm, diametri i zonës së shërbimit merr përmasat 90-160 Km. Si pasojë e zgjerimit të zonës së shërbimit, rrjeti referues nga tipi RN2 kalon në tipin RN1. Të dhënat teknike të një rrjeti referues RN1 janë sipas tabelës më poshtë:

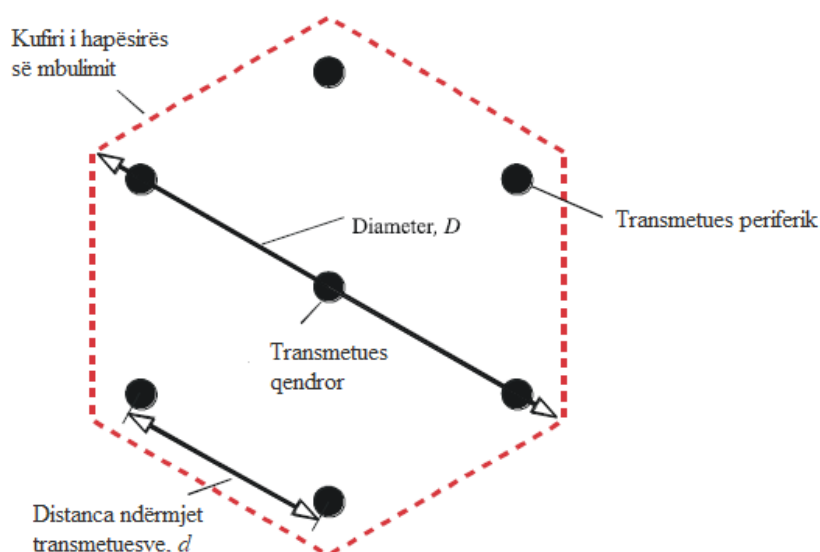


FIGURA 7: HAPËSIRA TË MËDHA MBULIMI SFN (RN 1)

| RPC 1 | |
|--|---------------|
| Antena fikse | |
| Tipi i rrjetit | I hapur |
| Gjeometria e hapësirë së shërbimit | Gjashtëkëndor |
| Numri i transmetuesve | 7 |
| Gjeometria e rrjetit të transmetuesve | Trekëndor |
| Distanca ndërmjet transmetuesve d (km) | 70 |
| Diametri i hapësirës së shërbimit D (km) | 161 |
| Lartësia efektive e antenës Tx (m) | 150 |
| "Pattern" i antenës Tx | Jo-e drejtuar |
| e.r.p. (dBW) Brezat IV/V | 42.8 |

*Vlera e e.r.p. e treguar në këtë tabelë përmban një shtesë fuqie prej 3 dB.

TABELA 16: PARAMETRAT E RN1 (HAPËSIRA TË MËDHA MBULIMI SFN) (PLANI GE-06)

Siç vihet re dhe nga tabela distanca midis pikave të transmetimit variojnë nga 40-70 Km. Si edhe në rastin e këtij studimi kalohet nga rrjeti referues me tre transmetuesa (alotmentet Tiranë dhe Fier) në një alotment me shtatë transmetues kryesorë (altomenti Tiranë-Fier).

KAPITULLI III

RRJETET ME FREKUENCE TË VETME (SFN)

3.1 TIPET E RRJETEVE

Për shfrytëzimin optimal të kapaciteteve të krijuara nga Plani Kombëtar i Frekuencave Numerike, secili alotment mbulohet nga një rrjet me frekuencë të vetme (SFN- single frequency network). Për krijimin e mbulimeve më të mëdha së një alotment kombinohen dy ose më shumë SFN. Për krijimin e një rrjeti kombëtar kërkohet kombinimi i SFN-ve të 11 alotmenteve, duke krijuar një rrjet MFN (multi frequency network).

Mundësia e ndërtimit të një SFN-je konsiderohet si një nga tiparet përcaktuese të transmetimit numerik. Kjo lejon një rritje të ndjeshme në efikasitetin e përdorimit të spektrit të radio frekuencave. Nga ana tjetër, SFN-të kanë avantazhin që zgjerimi i rrjetit dhe shtimi i transmetuesve shtesë (gap-fillers) mund të bëhet pa nevojën e riplanifikimit.

Një nga çështjet kryesore në lidhje me SFN-të është kërkesa për sinkronizim të transmetuesve që ndodhen larg njëri-tjetrit. SFN përdor një rrjet të transmetuesve të fuqisë së ulët me forcë të fushës më uniforme. Të gjithë transmetuesit sinkronizohen në mënyrë të përkryer, përdorin të njëjtën frekuencë dhe transmetojnë të njëjtën përmbajtje.

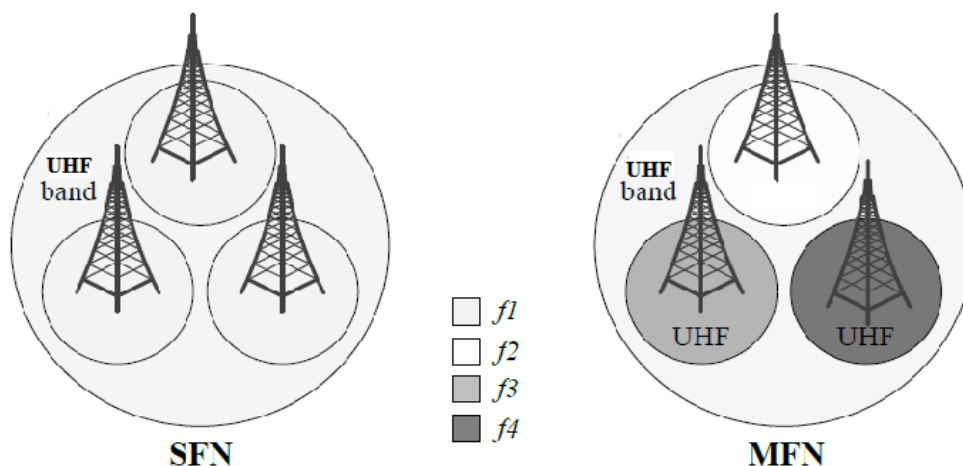


FIGURA 8: RRJETET SFN & MFN

Kalimi nga rrjeti MFN në një rrjet SFN ka një avantazh të padiskutueshëm që në rastin e këtij studimi është kursimi i 8 MHz të gjerësisë së brezit të liruuar. Përveç efikasitetit më të mirë të spektrit të përshkruar më lartë, SFN ka efikasitet më të mirë të energjisë. Energjia elektrike e konsumuar nga të gjithë transmetuesit e SFN-së do jetë më e ulët se në sistemin MFN me të njëjtën zonë mbulimi. Krahasuar me rrjetin MFN, SFN për transmetimin e të njëjtit sinjal në

të njëjtën hapësirë mbulimi përdor shumë transmetues dhe si rrjedhim reduktohet fuqia e tyre e transmetimit.

SFN-të kërkojnë kontroll të përqëndruar të frekuencës dhe kohës; sistemi global i pozicionimit (GPS) është më i përdorur për të siguruar një frekuencë të qëndrueshme dhe referencë kohore ndaj së cilës mund të menaxhohet sinkronizimi i kohës së rrjetit. Dështimi në sinkronizim në çdo pjesë të rrjetit ose një shmangie në frekuencën e një transmetuesi mund të rezultojë në interferenca të forta.

Në një MFN rajonale, nuk ndodh që të gjitha frekuencat e transmetuesve të influencohen në të njëjtën masë dhe në të njëjtën kohë. Diversiteti i frekuencave në një MFN zbut sadopak interferencën. Në një SFN të madhe, nuk ekziston një diversitet i tillë i frekuencës dhe si pasojë interferenca, kur ndodh, në një moment të caktuar, mund të ndikojë në zona më të mëdha sesa do të ndikoheshin në një MFN.

Në kalimin nga një rrjet MFN në një rrjet SFN, si në rastin e studiuar në këtë punim, duhet të vlerësohet me kujdes intervali i mbrojtjes për të menaxhuar të gjitha jehonat e simboleve që arrijnë marrësin. Nëse të gjitha sinjalet e vonuara (ekot i simbolit) vijnë tek marrësi brenda intervaleve të mbrojtjes, është e mundur të përpunohen sinjalet në mënyrë inteligjente për të shmangur shuarjet apo deformimet. Ky është elementi më i rëndësishëm për projektimin e rrjetit të frekuencave të vetme (SFN).

Në mënyrë të përgjithshme si më poshtë përmbledhen avantazhet dhe disavantazhet e një rrjeti SFN kundrejt rrjetit MFN.

| | <i>Avantazhet</i> | <i>Disavantazhet</i> |
|------------|--|---|
| <i>SFN</i> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Efiçencë e shkëlqyer spektrale ➤ Efiçencë e lartë e përdorimit të energjisë elektrike) ➤ Marrje e kënaqshme e sinjalit në mjediset e brendshme | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Ndarja e rrjeteve për përmbajtje lokale e vështirë ➤ Kosto shtesë për sikronizim ➤ Kosto shtesë për mbrojtjen nga vetë-interferenca. |
| <i>MFN</i> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Bashkekzistenca me kanalet analoge ➤ Nuk ka kufizime për ofrimin e programeve rajonale | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Përdorim jo efektiv i spektrit (edhe pse shumë më mirë se në analog) ➤ Jo shumë i favorshëm për DVB-H ➤ Nuk ka mbulim të mirë në mjediset e brendshme ➤ Efiçencë më e ulët e përdorimit të energjisë elektrike |

TABELA 17: AVANTAZHET DHE DISAVANTAZHET E RRJETEVE SFN DHE MFN

Duke krahasuar rrjetet e ndryshme dhe duke marrë në konsideratë tre parametrat si mbulimi, kanalet e frekuencave dhe kapaciteti i transmetimit, është konstatuar se SFN-të rajonale janë rreth 10% më efikente se MFN-të, ndërsa SFN-të kombëtare janë rreth 15% më efikente. Nëse krahasimi i efikasitetit bëhet në aspektin e numrit të programeve që mund të transmetohen me konfigurime të ndryshme të rrjetit përsëri arrihet në të njëjtat përfundime.

Ndërkohë, rritja e madhe e hapësirave të mbulimit të një SFN-je, ku efica e përdorimit të spektrit rritet, kufizohet nga disavantazhet e mëposhtme:

- SFN-të e mëdha, për shkak të rrezes së tyre të mbulimit, kërkojnë një interval më të gjatë mbrojtje dhe, për këtë arsye, kapaciteti i transmetimit për multiplekser zvogëlohet ndjeshëm.
- SFN-të e mëdha janë shumë më pak praktike për shpërndarjen e përmbajtjes rajonale. SFN mund të përdoren në një larmi zonash mbulimi. Në mënyrë tipike, ato përdoren për mbulim kombëtar ose rajonalë, por mund të përdoren për zona më të vogla lokale (madje edhe në nivelin e një qyteti të vetëm).

3.2 RRJETET SFN

Transmetuesit brenda një SFN-je nuk mund të funksionojnë në mënyrë të pavarur - përmbajtja që ata transmetojnë duhet të jetë identike, dhe koha në të cilën ata transmetojnë duhet të kontrollohet saktësisht. Sinjalet e transmetuara nga stacionet brenda një SFN duhet:

- të jenë sinkronizuar saktësisht në kohë;
- të transmetojnë në një kanal frekuencë;
- të transmetojnë përmbajtje identike.

Këto kërkesa rrisin kompleksitetin në rrjet. +

Për një e.r.p. të caktuar mund të hasen tre regjime të ndryshme të sjelljes për çdo skenar të veçantë të kombinimit h_{eff} , ISD, GI, C/N. Në regjimin e parë, e.r.p.-të e transmetuesit është shumë e ulët për të mbuluar të gjithë zonën e shërbimit. Kjo mund të kapërcehet duke shtuar përsëritësa. Në regjimin e dytë, niveli i vetë-interferencës në SFN është aq i lartë sa që nuk mund të arrihet mbulimi i plotë. Kjo nuk mund të kapërcehet nga një ndryshim (rritje ose ulje) i e.r.p.-së. Nëse gjendet një kombinim i të dy rasteve, mbizotëron e dyta. Në regjimin e tretë konsiderohen rastet kur degradimi vet-interferencës (SI) mund të zbutet nga rregullimi i karakteristikave individuale të transmetuesve si p.sh. vonesa kohore statike, sic edhe do të trajtohet me poshtë. Në këtë studim janë aplikuar regjimi i parë dhe i tretë.

SFN-të mund të kategorizohen si të hapura ose të mbyllura:

Në një rrjet të hapur, nuk merren masa për të minimizuar nivelin e rrezatimit drejt zonave jashtë zonës së mbulimit. Ka raste, edhe pse të rralla, ku një rrjet i hapur mund të përbëhet nga një transmetues i vetëm.

Në një rrjet të mbyllur, niveli i rrezatimit drejt zonave jashtë zonës së mbulimit zvogëlohet duke ruajtur përqindjen e mbulimit brenda zonës së shërbyer. Kjo mund të bëhet duke përdorur antena të drejtuara në stacionet transmetuese në periferi të zonës së mbulimit.

Megjithëse një SFN mendohet si një rrjet relativisht homogjen me të gjithë transmetuesit që kanë të njëjtën lartësi dhe e.r.p., në praktikë, shumë SFN ndërtohen duke përdorur një përzierje të transmetuesve të energjisë së lartë, të mesme dhe të ulët me e.r.p. që variojnë nga 10 kW deri në 50 W.

Në një rrjet real, që mbulon një zonë të madhe mund të ketë distanca të konsiderueshme ndërmjet transmetuesve. Nëse një rrjet i tillë është projektuar si një rrjet i mbyllur, kjo do të shkaktojë më pak ndërhyrje në një distancë të caktuar jashtë zonës së tij të mbulimit sesa po të ishte projektuar si një rrjet i hapur. Arsyeja për këtë është se niveli i interferencave përcaktohet kryesisht nga fuqia e rrezatuar nga transmetuesit më afër kufirit të zonës së mbulimit. Sidoqoftë, në një rrjet të mbyllur që mbulon një zonë të vogël, fuqia e rrezatuar nga transmetuesit kontribuon relativisht më shumë në nivelin e ndërhyrjes dalëse sesa në një rrjet të mbyllur që mbulon një zonë të madhe. Si rrjedhim, për zonat relativisht të mëdha të mbulimit, distanca e ndarjes midis zonave që shërbehen nga e njëjta frekuencë (co-channel) do të jetë përgjithësisht më e vogël për rrjetet e mbyllura sesa për ato të hapura. Për zonat më të vogla të mbulimit distanca e ndarjes për rrjetet e mbyllura afrohet me atë të rrjeteve të hapura.

Numri i stacioneve transmetuese dhe distancat e ndarjes midis tyre ndryshojnë shumë nga rrjeti në rrjet dhe varen nga varianti i sistemit, mënyra e marrjes së sinjalit (fikse, e lëvizshme ose e lëvizshme) dhe madhësia e zonës që do mbulohet.

Në një SFN distanca e ndarjes midis transmetuesve ndikon në madhësinë e intervalit mbrojtës, i cili nga ana tjetër përcakton madhësinë e rrjetit. Një rrjet i stacioneve me fuqi të ulët ose të mesme të vendosura afër, ofron disa përparësi krahasuar me rrjetet e bazuara në transmetues të energjisë së lartë të ndarë nga distanca të mëdha.

Për rastin e SFN-ve rajonale, mund të përdoren rrjete të dendura transmetuesish me e.r.p. konsiderueshëm më të vogël krahasuar me rastin kur një transmetues i vetëm i shërben gjithë zonës së mbulimit. Për transmetimin digjital tokësor, koncepti i "emetimit të shpërndarë" në një SFN nënkupton ofrimin e forcës së kërkuar të fushës në të gjithë zonën e shërbimit nga një numër transmetuesish të energjisë së ulët, të sinkronizuar ose një numër përsëritësash që marrin sinjalin nga transmetuesi kryesor për të përmirësuar mbulimin e tij. Në rastin e fundit,

implementuar dhe në kë punim, përsëritësit sinkronizohen në kohë dhe nuk nevojitet asnjë infrastrukturë paralele e shpërndarjes për t'u sjellë sinjalin.

Gjithashtu, SFN-të lokale me densitet të lartë mund të përdoren për të plotësuar SFN të madhe në zonat ku mbulimi bëhet i pamundur për shkaqe të ndryshme si për shembull topografisë.

Së fundi, zvogëlimi i ndikimit të interferencave bashkë-kanale përtej kufirit të zonës së shërbimit mund të realizohet nëpërmjet direktivitetit të antenës transmetuese. Për shembull, mund të parashikohen topologji të tilla të rrjetit, në të cilat pjesa qendrore e zonës së shërbimit është e mbuluar nga një SFN i madh me transmetues të energjisë së lartë të ndarë nga distanca të mëdha, por afër kufirit të zonës së mbulimit instalohet një rrjet i dendur transmetuesish me e.r.p. të vogël dhe me antena me lartësi të ulët dhe të drejtuara. Kjo lejon reduktimin e ndërhyrjeve në zonat fqinjë dhe ruajtje të nivelit të kërkuar të shërbimit brenda zonës së mbulimit.

Antenat transmetuese mund të kenë modelin omni-direksionale ose të drejtuara. Për stacionet e vendosura afër kufirit të një zone të mbulimit SFN, antenat e drejtuara mund të përdoren për të zvogëluar ndërhyrjet jashtë zonës së mbulimit, duke zvogëluar kështu distancën e ndarjes për frekuencat në fjalë dhe për të mbrojtur zonat e mbulimit të shërbimeve të tjera ekzistuese. Kjo është veçanërisht e vërtetë për stacionet me fuqi të mesme dhe të lartë.

Pjerrësia e antenës është një mjet efikas për të mos lejuar fuqinë e rrezatuar të stacioneve të fuqisë së lartë në pjesën e jashtme të zonës së mbulimit dhe, në të njëjtën kohë, për të zvogëluar potencialin e ndërhyrjeve në distanca të mëdha dhe për shërbimet e tjera të radios.

Zonat e mbulimit të shërbyera nga transmetuesit e vendosur përgjatë kufirit të zonës së mbulimit dhe duke përdorur antena direktive të drejtuar nga brenda zonës së mbulimit (domethënë, në një rrjet të mbyllur) do të rezultojnë në distanca më të shkurtra të ripërdorimit të frekuencave krahasuar me mbulimin ekuivalent të arritur nga përdorimi i antenave jo-të drejtuara (domethënë, në një të hapur rrjeti). Në rastin kur rrugët e përhapjes së sinjalit janë në pjesën më të madhe det, distancat e ripërdorimit të frekuencave është më e madhe sesa për rastin e rrugëve tokësore.

DVB-T2, në krahasim me paraardhësin e tij DVB-T, ka futur dukshëm më shumë fleksibilitet në planifikimin dhe implementimin e një rrjeti SFN. Në veçanti, kohëzgjatjet në rritje të intervalit mbrojtës që ofron DVB-T2 lejojnë që madhësia maksimale praktike e SFN të zgjatet duke ruajtur shpjëtësinë e transmetimit (ose anasjelltas, shpejtësia e transmetimit të SFN-së ekzistuese të rritet ndërkohë që ruhet mbulimi). Në rastin e parë, duhet vlerësuar sa është shtrirja maksimale e mundshme e një SFN, a ka ndonjë kufizim në zonën gjeografike që një SFN mbulon.

Masia e zgjerimit të zonave të mbulimit të SFN-së në praktikë kufizohet nga një numër faktorësh teknikë dhe jo-teknikë. Vetë-interferenca vendos kufizimin kryesor në madhësinë e një SFN-je. Në terma të gjerë, një SFN do të përmbajë zona të errëta mbulimi nëse transmetuesit ndahet nga distanca që tejkalojnë intervalin e mbrojtjes. Mbulimi mund të rifitohet duke rritur intervalin e mbrojtjes së sinjalit ose duke përmirësuar qëndrueshmërinë e tij. Sidoqoftë, realizimi i secilës prej këtyre opsioneve ndikon në uljen e shpejtësisë e transmetimit të rrjetit. Si rrjedhim është e rëndësishme të gjendet kombinimi më i kënaqshëm i tyre. Gjithashtu, rritja e numrit të stacioneve brenda rrjetit në mënyrë që të zvogëlohet distanca ndërfaqe (ISD) do të kapërcente vetë-interferencën pa prekur mbulimin ose kapacitetin e transmetimit. Por, ky option nuk është i dëshirueshëm jo vetëm për koston e lartë por edhe për faktin që mund të jetë arsye për të shkaktuar interferenca të jashtme. Eksperiencat kanë treguar shtimi i përsëritësve (gao-filler) është një rast i këshillueshëm për përmirësimin e mbulimit dhe reduktimit të interferencave. Faktorët shtesë jo-teknikë ndikojnë, gjithashtu, në përcaktimin e madhësisë së rrjetit SFN siç janë kërkesat për transmetimin programeve rajoneve sipas ndarjeve administrative. Kjo është arsyeja që zonat e mbulimit të rrjeteve SFN janë në përgjithësi të përshtatura me kufijtë e ndarjeve administrative.

Mbulimi dhe performanca e një SFN-je është një rezultat i përbashkët i parametrave të të gjithë transmetuesve në SFN. Për shkak të numrit të madh të parametrave të përfshirë në proces, gjetja e konfigurimit të duhur është mjaft kompleks. Duke ofruar më shumë mundësi të parametrave të sistemit sesa paraardhësi i tij DVB-T, DVB-T2 lejon rrjete më të mëdha SFN për të njëjtat parametra të sistemit. Sidoqoftë, vetë-interferenca në SFN krijon kufizime në distancën ndër-transmetuese dhe madhësinë e rrjetit. Në mënyrë që të bëhet përdorimi optimal i spektrit, e njëjta frekuencë ripërdoret në zona të ndryshme gjeografike - përtej distancës së ripërdorimit për të shmangur interferencat në kanal. Në këtë punim, është përdorur një metodologji e bazuar në modelet teorike të rrjetit. Një numër arkitekturash të rrjetit dhe modeleve të referencës së rrjetit janë marrë në konsideratë për marrjen fikse në mënyrë që të studiojmë efektet e parametrave të planifikimit në madhësinë SFN dhe distancën minimale të ripërdorimit. Shpejtësia e bitit, madhësia e rrjetit dhe distanca e ripërdorimit janë të lidhura ngushtë. Për më tepër, intervali mbrojtës nuk është i vetmi parametër kufizues dhe se ndikimi i tij varet fuqimisht nga pjesa tjetër e parametrave në DVB-T2 si dhe nga karakteristikat e rrjetit (Fuqia e rrezatuar ekuivalente, lartësia efektive, largësia ndër-transmetuesi), të cilat në rastin tonë mbeten të pandryshuara. Duke supozuar se kërkesat e C / N janë rreth 21 dB dhe bitrate mbi 30 Mbps, është konstatuar se një SFN mund të arrijë deri në përmasat 360 x 360 km për shpejtësi transmetimi 39.2 Mbps dhe 720 x 720 km shpejtësi transmetimi 37.5 Mbps. Distanca e ripërdorimit do të ketë gjithashtu një varësi komplekse nga mënyra DVB-T2 dhe veçanërisht nga parametrat e rrjetit, duke filluar nga nën 100 deri në 300 km. Megjithatë, skenarë bazuar në raste të tilla specifike të SFN nuk kanë zbatueshmëri praktike. Modelet teorike të SFN përfaqësojnë një mjet të dobishëm për të analizuar kufijtë e performancës së rrjeteve DVB-T2.

Për më tepër, topologjitë e ndryshme të rrjetit do të kërkojnë parametra të ndryshëm DVB-T2 dhe do të shfaqin kufij të ndryshëm të madhësisë së mbulimit dhe të distancave minimale të ripërdorimit.

Modelet teorike të SFN-ve janë përdorur edhe në këtë punim si një mjet për të përcaktuar konfigurimet optimale të planifikimit të rrjetit që përmbush kërkesat specifike. Këto konfigurime duhet të marrin në konsideratë marrëveshjet ndërkombëtare të koordinimit siç është GE-06.

Në rastin e këtij studimi, si për SFN-të egzistuese dhe për SFN-në e zgjeruar që mbulon dy alotmentet egzistuese, topologjia e shpërndarjes së transmetuesve i përket rrjetit të mbyllur me një mbrojtje të mirë nga ndërhyrjet (co-channel), me antena të drejtuara dhe transmetues te fuqive 10 kw dhe 50W.

3.3 FENOMENI ISI DHE VARIABLAT PËR SHMANGIEN E TIJ

Në transmetimin digjital, informacioni transmetohet përmes një numri të madh të bartësve, secila prej të cilave transporton sasi të vogla informacioni. Çdo pjesë e informacionit që transportohet nga një bartës modullohet në fazë dhe amplitudë dhe emërtohet simbol. Modulimi dhe demodulimi bëhen nëpërmjet Transformimit të Shpejtë të Anasjelltë të Furierit (IFFT) dhe Transformimit të shpejtë të Furierit (FFT). Marrësit demodulojnë sinjalin gjatë kohëzgjatjes së simbolit. Nëse shënojmë me n simbolin që dritarja FFT kërkon të demodulojë në një moment të caktuar, me $n - 1$ dhe $n + 1$ shënojmë simbolet paraardhëse dhe pasardhëse dhe në Figurën 9 tregohet pozicioni i dritares FFT me gjatësi të njëjtë me simbolin.

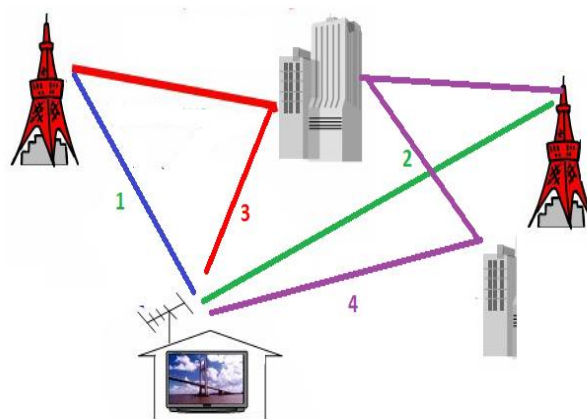


FIGURA 9: TRANSMETIMI SHUME-DREJTIMËSH

Sinjalet SFN vijnë nga transmetues të ndryshëm dhe përshkruajnë rrugë të ndryshme, duke arritur në kohë të ndryshme për marrësin. Ky fenomen e bën të vështirë sinkronizimin e saktë të gjitha sinjaleve.

Sinkronizimi i simbolit n që vjen me sinjalin e parë shkakton një mbivendosje të dritares FFT me simbolin e mëparshëm $n - 1$ të sinjalit të vonuar (për shkak se vjen nga një transmetues më i largët apo rrugë më e gjatë). Meqenëse simbol $n - 1$ mbart informacione të ndryshme nga simboli n , mbivendosja vepron si interferencë në simbolin n , që quhet interferencë inter simbol (ISI).

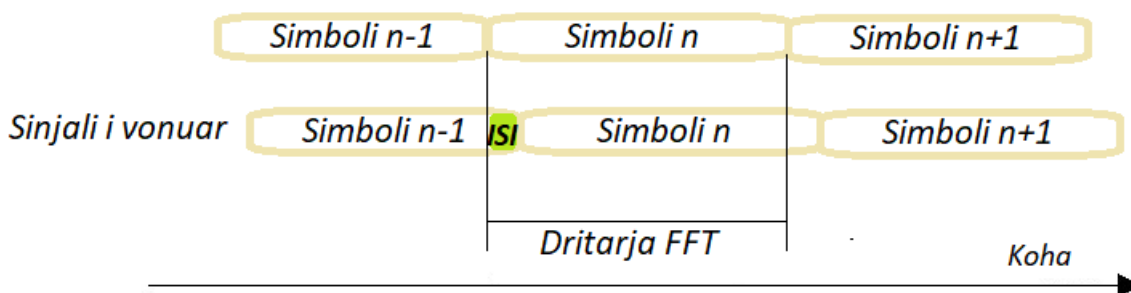


FIGURA 10: ISI ME NJË SINJAL TË VONUAR

Për të kapërcyer këtë interferencë ISI ndërfitet një interval kohor me gjatësi të caktuar në fillim të çdo simboli që emërtohet intervali i mbrojtjes dhe shënohet me Δ .

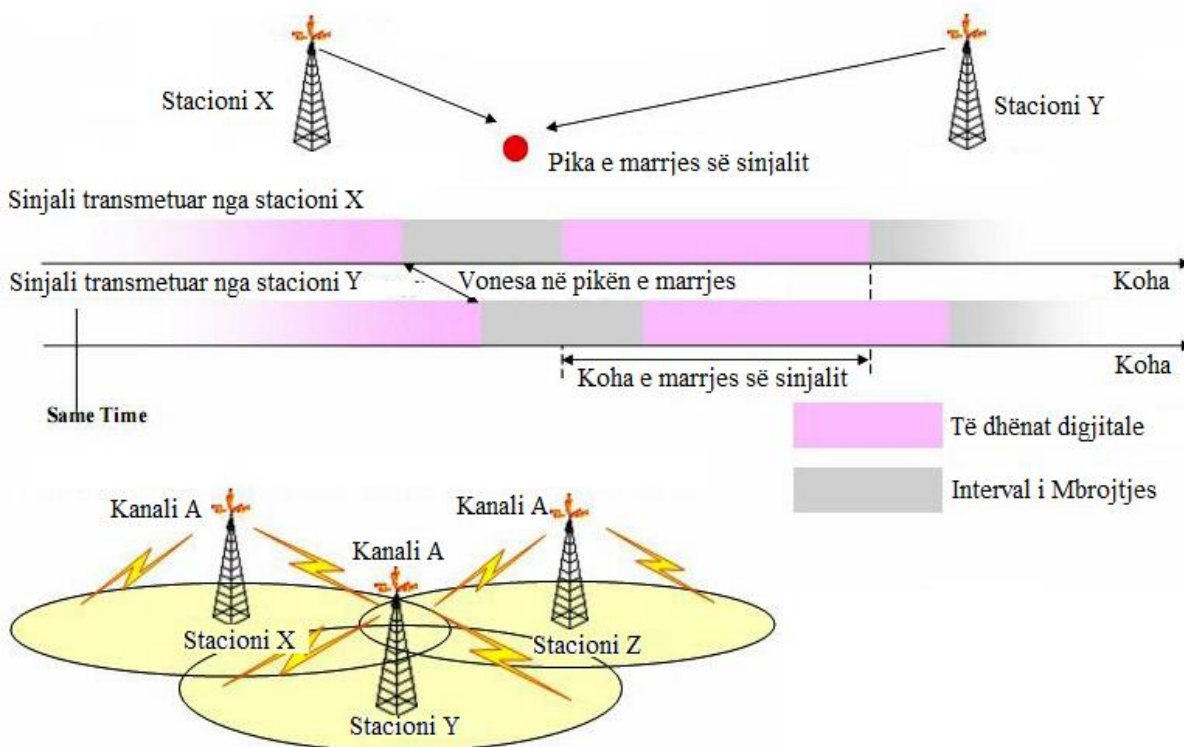




FIGURA 11: RITJA E KOHËZGJATJES SË SIMBOLIT ME FUTJEN E GI

Kohëzgjatja origjinale e simbolit emërtohet kohëzgjatja e dobishme e simbolit T_u , ndërsa kohëzgjatja totale e simbolit mbasi shtohet dhe intervali i mbrojtjes emërtohet me T_s . Kohëzgjatja e dritares FFT gjatë së cilës vlerësohet simboli ruhet në vlerën origjinale T_u dhe ortogonaliteti nga OFDM realizohet, gjithashtu, me kohëzgjatjen origjinale të simbolit T_u dhe jo me kohëzgjatjen T_s . Intervali i mbrojtjes lejon që dritarja FFT të pozicionohet në mënyrë që të mos ketë mbivendosje ndërmjet simboleve që arrijnë në kohë të ndryshme, duke shmangur kështu ISI.

Por ndërfutja e intervalit të mbrojtjes okupon një pjesë të kohës së transmetimit të të dhënave "të dobishme" duke zvogëluar në këtë mënyrë kapacitetin e transmetimit. Ndërsa përqindja e simbolit që përdoret për intervalin e mbrojtjes rritet, shpejtësia e transmetimit të të dhënave zvogëlohet. Për të zgjidhur këtë problem, janë analizuar të gjithë faktorët e tjerë që ndikojnë në rritjen e hapësirës së mbulimit të rrjetit SFN me qëllim rritjen sa më pak të intervalit të mbrojtjes me kushtin që të shmanget interferenca ISI.

Nëse do të përdorej një sistem me një numër më të madh bartësish, kohëzgjatja e simbolit do të rritej dhe për të njëjtin proporcion të intervalit mbrojtës mbrojtja nga interferencat ISI do jetë më e mirë në terma të kohës absolute. Por, rritja e numrit të bartësve ka edhe disa pengesa: - kompleksitet më i lartë (FFT kryhet në një numër më të madh të kampioneve dhe kërkohet më shumë memorie) - ndjeshmëri më e lartë ndaj zhurmës së fazës së akorduesit. Megjithatë, këto disavantazhe konsiderohen të rëndësishme sekondare krahasuar me rolin e përmasave FFT në rritjen e madhësisë së SFN-së.

Pozicionimi i dritares FFT përbën, gjithashtu, një element të rëndësishëm në shmangien e interferencave ISI. Kohëzgjatja e simbolit lejon një numër pozicionesh të ndryshme të mundshme të dritares FFT për vlerësimin e një simboli.

Përdorimi i një strategjie të përshtatshme sinkronizimi për pozicionimin e dritares të Transformimit të shpejtë Fourier (FFT) në anën e marrësit është një faktor i rëndësishëm që ndikon në zbutjen e interferencës ISI.

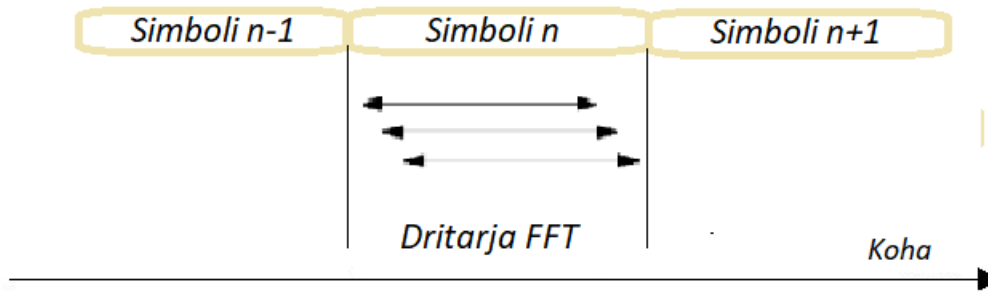
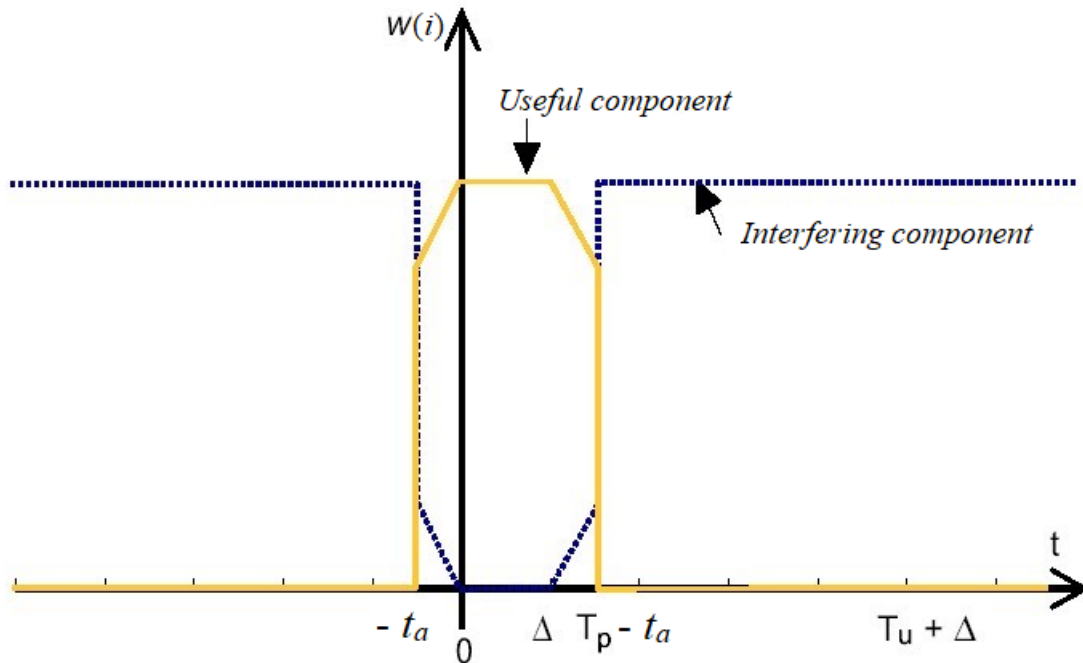


FIGURA 12: POZICIONE TË DRITARES FFT

Në varësi të vonesës nga fillimi i dritares FFT sinjali që vjen konsiderohet të jetë i dobishëm ose interferues. Zgjedhja e strategjisë më të përshtatshme të vendosjes dhe pozicionimit të dritares Fast Furrier Transform (FFT) për të demoduluar sinjalet e shumta të marra është e lidhur fort me cilësinë e shërbimit të sistemit. Janë pesë strategji për sinkronizimin e Dritares FFT: TL (sinjali i parë mbi nivelin e pragut), SS (sinjali më i fortë), CG (qendra e gravitetit), (QO) pothuajse optimale dhe C/I (C/I maksimal). Në marrës, dritarja FFT (Fast Fourier Transform) për të demoduluar sinjalin duhet të jetë e pozicionuar si duhet. Në këtë punim, dritarja FFT sinkronizohet me sinjalin e parë të marrë mbi nivelin e pragut, koha e mbërritjes së të cilit shënohet me t .

QoS në një pikë të marrësit varet nga raporti midis pjesës së dobishme të sinjalit (C) dhe pjesës interferuese të sinjalit (I).

Bazuar në karakteristikat e COFDM sinjalet me vonesë relative të përhapjes më të shkurtër se GI kontribuojnë në mënyrë konstruktive në pjesën e dobishme të sinjaleve të kombinuara, C, ndërkohë që sinjalet që arrijnë jashtë GI-së trajtohen si interferencë, I.


 FIGURA 13: FUNKSIONI I PESHIMIT $w(\Delta t)$ PËR DVB-T2

- Kur jehona arrin brenda intervalit mbrojtës Δ , fuqia e saj kontribon në sinjalet “e dobishme”;
- Kur jehona arrin jashtë intervalit mbrojtës Δ , por brenda T_p (ekualizohet saktë), kontributi i saj ndahet në një komponent të dobishëm (pjesë e simbolit OFDM) dhe një komponent interferues (pjesë e simbolit të mëparshëm OFDM);
- Kur jehona arrin jashtë T_p , është interferencë e pastër me të njëjtin efekt si një zhurmë Gaussiane.

Raporti ndërmjet kontributit të dobishëm dhe interferues modelohet nga funksioni i ponderimit:

$$w_i = \begin{cases} 0 & \text{if } t \leq \Delta - T_p \\ \left(\frac{T_u+t}{T_u}\right)^2 & \text{if } \Delta - T_p < t \leq 0 \\ 1 & \text{if } 0 \leq t \leq \Delta \\ \left(\frac{(T_u+\Delta)-t}{T_u}\right)^2 & \text{if } \Delta < t \leq T_p \end{cases} \quad (3.1)$$

ku:

C_i: është kontributi i energjisë nga sinjali i-të në hyrjen e marrësit

C: është fuqia totale efektive e sinjalit të dobishëm

I: është fuqia totale efektive interferuese

w_i : është koeficienti i peshimit për përbërësin i -të

Tu: është gjatësia e dobishme e simbolit

Δ : është gjatësia e intervalit roje

t: është koha e mbërritjes së sinjalit

T_p : është intervali gjatë të cilit sinjalet kontribuojnë dobishëm.

Për një vendodhje të caktuar të marrjes së sinjalit, fuqia e kontributit të dobishme (C) dhe fuqia interferuese (I) e sinjalit llogariten si më poshtë:

$$\begin{aligned} C &= \sum_i w_i C_i \\ I &= \sum_i (w_i - 1) C_i \end{aligned} \quad (3.2)$$

QoS në një vendodhje të caktuar të marrjes së sinjalit varet nga raporti Bartës/Interferencë dhe Zhurme (CINR), të shënuar me Y . Nëse nuk llogaritet interferenca nga rrjetet fqinjë të jashtëm dhe konsiderohet vetëm vetë-interferenca e SFN-së, barazimi merr formën si më poshtë

$$Y = \frac{U}{I+N} = \frac{\sum_{i=1}^N U_i}{\sum_{i=1}^N I_i + N} = \frac{\sum_{i=1}^N P_i w(i)}{\sum_{i=1}^N P_i [1-w(i)] + N} \quad (3.3)$$

Kur gjithashtu konsiderohet interferenca nga SFN-të e tjera fqinjë (co-channel), dhe duke supozuar që numri i përgjithshëm i transmetuesve në rrjetet ndërhyrëse është N_I , Y mund të shkruhet si:

$$\frac{U}{I+N_0} = \frac{\sum_{i=1}^N U_i}{\sum_{i=1}^N I_i + \sum_{k=1}^{N_I} \tilde{I}_k + N_0} = \frac{\sum_{i=1}^N P_i w(i)}{\sum_{i=1}^N P_i [1-w(i)] + \sum_{k=1}^{N_I} \tilde{P}_k + N_0} \quad (3.4)$$

ku \tilde{P}_k është fuqia e marrë nga transmetuesi interferues i k -të.

Kriteri për cilësi të përshtatshme të shërbimit nënkupton që CINR të jetë më i lartë se Raporti i i caktuar i Mbrojtjes (PR) që imponohet nga parametrat e sistemit, shpejtësia e kodimit dhe lloji i kanalit. Meqë interferenca nga një sinjal OFDM është e ngjashme me zhurmën, PR mund të merret e barabartë me raportin e kërkuar bartëse zhurmë (C/N) të sistemit në shqyrtim.

Propabiliteti i mbulimit P_c për një piksel në pikën e marrjes së sinjalit është:

$$P_c > P\{y > PR\} = P\{y_{dB} > (PR)_{dB}\} \quad (3.5)$$

Një mënyrë tjetër, e aplikuar në këtë studim për zbutjen e interferencave ISI dhe përmirësimin e mbulimit është rregullimi i kohës së emetimit të secilit simbol nga secili transmetues. Nisja e sinjalit nga transmetuesi mund të vonohet për të rregulluar që të arrijë tek marrësi gjatë intervalit të mbrojtjes ose intervalit të ekualizimit. Rregullimi i vonesës statike ka një ndikim të drejtpërdrejtë në konfigurimin e vonesës relative në secilin pikë marrëse. Vonesat e nisjes së sinjalit në çdo transmetues të SFN-së optimizohen në mënyrë që zonat e vetë-interferuar të mund të zvogëlohen sa më shumë që të jetë e mundur. Zbatimi i vonesës statike në transmetuesit e SFN-së është provuar se përmirëson ndjeshëm mbulimin.

Nga sa më sipër, vetë-interferenca në rrjet mund të mbahet mjaft e ulët nga një zgjedhje e kujdeshme e parametrave të ndryshëm të sistemit. Optimizimi i parametrave të ndryshëm të rrjetit si dhe të vonesave statike të transmetuesve të SFN-së çojnë në reduktimin deri në eliminimin e interferencave ISI.

3.4 EFICENCA SPEKTRALE SHITESORE NË RRJETET SFN DVB-T2

Siç edhe u theksua më lartë, rritja e efikasitetit spektral është duke u bërë gjithnjë e më shumë një faktor i rëndësishëm në mënyrë specifike për brezin UHF, pasi një sasi e konsiderueshme spektri i përdorur më parë për transmetimet televizive tani po ri-alokohet për përdorim nga gjeneratat më të fundit të sistemeve të komunikimit të lëvizshëm me brez të gjerë. Në të njëjtën kohë, kërkesat për cilësinë e transmetimeve televizive janë në rritje dhe HDTV është një domosdoshmëri për aparatet modern televizivë me ekrane të mëdha e të sheshtë. Transmetimi digjital kërkon gjerësi të madhe brezi dhe përmbajtje digjitale. DVB-T2 është projektuar për të përmbushur këto kërkesa, duke rritur efikasitetin spektral në mënyrë fleksibël, nëpërmjet ofrimit të skenareve të ndryshme të marrjes së sinjalit duke zgjedhur opsionet më të mira të konfigurimit të parametrave teknikë.

Efikasiteti spektral e një sistemi transmetimi radio përcaktohet si shpejtësia e transmetimit të të dhënave për njësi frekuence, e matur në bit/s/Hz. DVB-T2 ka një efikasitet të lartë spektral, veçanërisht për marrjen fikse.

Tabela 18 tregon eficiencyn spektrale në dy skenarë DVB-T2 të marrjes statike, të cilat janë marrë nga Raporti ITU-R BT.2254 “Frekuencat dhe aspektet e planifikimit të rrjetit të DVB-T2”. Këto dy skenarë janë simuluar në këtë punim.

| FFT MODULIMI | TIPI I KODIMIT | GI [μ s] | Data rate [Mbit/s] | C/N [dB] | TIPI I RRJETIT | MËNYRA E MARRJES SË SINJALIT | EFIÇENCA SPEKTRALE [bit/s/Hz] |
|-----------------|----------------|---------------|--------------------|----------|----------------|------------------------------|-------------------------------|
| 32K ext 256 QAM | 2/3 | 28 | 40.2 | 20.0 | MFN | fixed | 5.0 |
| 32K ext 256 QAM | 2/3 | 448 | 33.4 | 21.2 | Large SFN | fixed | 4.2 |
| 32k ext 256 QAM | 2/3 | 224 | 37.0 | 20.8 | Medium SFN | fixed | 4.6 |

TABELA 18: PARAMETRAT E SISTEMIT DHE EFIÇENCA SPEKTRALE E DISA KONFIGURIMEVE TË RRJETIT DVB T2

SFN-të rrisin gjithashtu eficiencyn e planifikimit të spektrit, pasi koncepti i alotmentit thjeshton aspektet teknike të procesit të koordinimit të frekuencave. Alotmentet SFN lejojnë, gjithashtu, përmirësimin e mbulimit në mënyrë progresive nëpërmjet shtimit të transmetuesve të rinj pa nevojën e një ri-planifikimit të përdorimit të frekuencës ose koordinimit shtesë të frekuencës për sa kohë që respektohen kufizimet e planit të shpërndarjes të frekuencës.

Në DVB-T2 për vlerësimin e eficiencyn spektrale përdoret koncepti i eficiencyn shtesore të spektrit. Shtesë konsiderohet bashkësia e kanaleve të frekuencës, së bashku me zonat e tyre të shërbimit, të cilat mund të përdoren për të siguruar mbulim të plotë kombëtar ose të pjesshëm të gjithë vendin.

Eficiencyn shtesore e spektrit (LSE) është rezultat i përlllogaritjes së eficiencyn të spektrit të frekuencave të një sistemi transmetimi duke marrë në konsideratë një parametër të vlerësuar në mënyrë të veçantë në këtë punim që është distanca e ripërdorimit të frekuencës (një faktor që karakterizon distancën përtej së cilës një kanal mund të ripërdoret pa shkaktuar interferenca të dëmshme. Ripërdorimi i frekuencave ka një ndikim të madh në përgjithësi në konsumin e spektrit të një sistemi transmetimi. Për këtë arsye, LSE është më holistik se masat tradicionale të rritjes së eficiencyn spektrale të cilat zakonisht bazohen në performancën e një sistemi transmetimi në izolim. Si rrjedhim LSE përcakton sasinë totale të spektrit që një sistem kërkon për të ofruar një sërë shërbimesh në një hapësirë të caktuar të shërbyer nga disa rrjete që ripërdorin frekuenca dhe lejon një krahasim të drejtpërdrejtë të një sistemi me një tjetër, duke marrë parasysh faktorët si topologjia e rrjetit dhe planet e frekuencave. Eficiencyn spektrale shtesore llogaritet me formulën e mëposhtme:

$$\text{Eficenca Spektrale Shtresore (LSE)} = \frac{\text{Eficenca Spektrale (SE)}}{\text{Faktori i Bllokimit të Ripërdorimit (RBF)}}$$

Meqenëse RBF është pa njësi matëse, LSE ka të njëjtën njësi matëse me eficientën spektrale (SE); bit/s/Hz. Konsumi i spektrit, së bashku me konsideratat e kostos janë aspektet kryesore që përcaktojnë eficientën e një topologjie të caktuar rrjeti (SFN ose MFN).

Rrjetet SFN ofrojnë eficientë më të lartë shtresore të spektrit në krahasim me rrjetet tradicionale MFN, për arsye të numrit më të vogël të frekuencave të përdorura në një shtresë.

Tabela 19 tregon eficientën spektrale shtresore të dy skenarëve të ndryshëm të marrjes statike që përkatësisht i përkasin skenarit të SFN-ve egzistuese që kanë përmasat e një SFN-je mesatare dhe SFN-së së propozuar në këtë studim me përmasa të një SFN-je të madhe.

| TIPET E RRJETEVE DVB-T2 | MËNYRAT E MARRJES SË SINJALIT | EFIÇENCA SPEKTRALE (SE) [bit/s/Hz] | FAKTORI BLOKIMIT TË RIPERDORIMIT TË FREKUENCËS [bit/s/Hz] | EFIÇENCA SPEKTRALE SHITESORE (LSE) [bit/s/Hz] |
|--------------------------------|--------------------------------------|---|--|--|
| MFN | Fiks | 5.0 | 7 | 0.71 |
| SFN e madhe | Fiks | 4.2 | 4 | 1.05 |
| SFN e mesme | Fiks | 4.6 | 5 | 0.93 |

TABELA 19: EFIÇENCA SPEKTRALE SHITESORE NË TRE SKENARË TË MARRJES STATIKE DVB-T2

Për mbulime rajonale, e cila kërkon SFN me madhësi mesatare, RBF konsiderohet 5 siç llogaritet në [BS 2014-1]. Për zona shërbime që kërkojnë SFN të mëdha RBF konsiderohet 4 ndërsa për SFN shumë të mëdha RBF merr vlerën 2.

Në rastin e këtij studimi, duke qënë se kalojmë nga dy SFN me madhësi mesatare, të cilat mund të konsiderohen si një rrjet MFN me dy frekuenca që zëvendësohet nga një SFN e madhe, Tabela 19 tregon diferencat e përlllogaritura të eficientës spektrale shtresore sipas të cilave rezultojnë se teknikat e ndjekura në këtë punim rrit LSE-në.

3.5 RRIJJA E MADHËSISË SË RRJETIT SFN

Një nga sfidat kryesore të SFN është shmangia e vetë interferencës, gjë që realizohet duke sakrifikuar një përqindje të rrjedhës së sinjalit për intervalin e mbrojtjes.

Rritja e madhësisë së një SFN-je do të thotë rritje e distancave midis transmetuesve, dhe në rastin e këtij studimi SFN e propozuar është pothuajse dyfish i SFN-ve aktuale. Kjo do të thotë se për të shmangur vet-interferencën, në kushtet kur nuk do të shtohen transmetues të rinj, kërkohet rritja e intervalit të mbrojtjes. Rritja e intervalit të mbrojtjes zvogëlon kapacitetin e transmetimit, por ndërkohë ky studim synon të mbulojë me një rrjet SFN të njëjtën zonë të mbuluar aktualisht nga dy SFN por pa ndryshuar kapacitetin e transmetimit dhe gjithashtu pa lejuar degradimin e sinjalit.

Marrëveshja GE-06 ka ofruar modele teorike si në seksionin më poshtë për rritjen e zonës së mbulimit, të cilat janë marrë në konsideratë në këtë studim.

3.5.1 MODELI TEORIK PËR RRITJEN E ZONËS SË MBULIMIT TË SFN-SË

Studimi bazohet në një model teorik gjashtëkëndor të rrjetit SFN siç tregohet në Figurën 14. Rrjeti ka shtatë transmetues (Tx), njëri prej të cilëve është pozicionuar në qendër dhe gjashtë të tjerët në kufijtë e një hapësire gjashtëkëndore. Të gjithë transmetuesit në këtë model kanë të njëjtin h_{eff} dhe karakteristika e.r.p.. Të gjithë transmetuesit janë sinkronizuar në kohë dhe frekuencë.

Rrjeti mund të jetë i hapur ose i mbyllur. Zona e shërbimit të rrjetit të mbyllur kufizohet në zonën brenda vijës që ndërlidh të gjithë transmetuesit periferikë. Zona brenda linjës me vija të kuqe është një zonë e hapur e shërbimit të rrjetit, që është, gjithashtu, gjashtëkëndore dhe diametri i shërbimit D tejkalon atë të rastit të mbyllur me 15%.

Ky konfigurim bazë i rrjetit përdoret për të përcaktuar rrezen maksimale të mbulimit për e.r.p.-në e kërkuar dhe shërben si pikë fillimi për analizat në vijim.

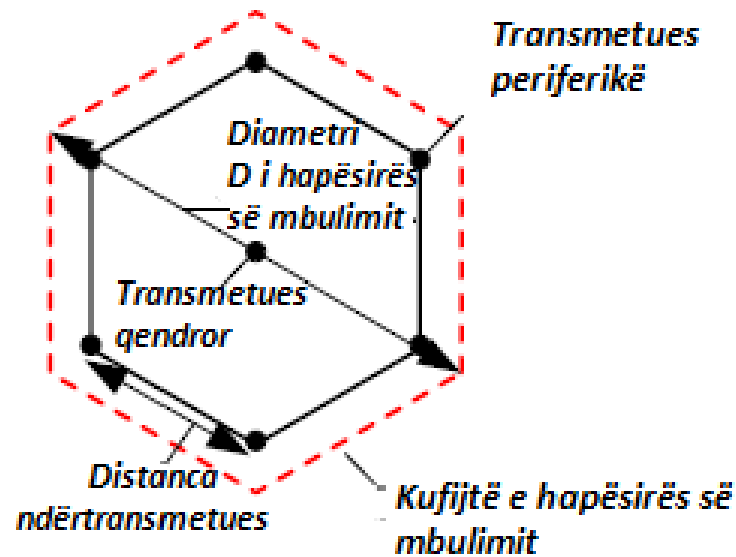


FIGURA 14: RRJETI TEORIK GJASHTËKËNDOR SFN

Për sistemet numerike të transmetimit, probabiliteti i mbulimit duhet të jetë mjaft i lartë për të kapërcyer degradimin e shpejtë të cilësisë së sinjalit nga perfeksioni deri në rënie të plotë. Një minimum i probabilitetit të kërkuar të mbulimit është përzgjedhur të jetë prej 95% për marrjen indoor, outdoor fiks.

3.5.2 DISTANCA NDËRMJET STACIONEVE (ISD)

Ekzistojnë disa faktorë që ndikojnë në distancën e ndarjes së transmetuesve, për shembull fuqia e rrezatuar, lartësia e antenës, mënyra e marrjes, varianti i sistemit dhe rruga e përhapjes. Duhet të theksohet se këto mund të jenë të ndryshme për rrjete të ndryshme.

Distanca e ripërdorimit të frekuencave midis dy zonave të mbulimit të shërbyera nga i njëjti kanal (co-channel) është distanca minimale e nevojshme për të shmangur interferencat e dëmshme në secilën prej dy këtyre dy zonave. Distanca e ripërdorimit të frekuencave ka një ndikim të rëndësishëm në numrin e blloqeve të frekuencës ose kanaleve të nevojshme për të krijuar mbulimin e një zone më të madhe që përmban disa vende ose rajone, secili me programet e veta.

Kohëzgjatja e intervalit të mbrojtjes rregullon madhësinë e vetë interferencës dhe si rrjedhim vonesën maksimale të jehonës së pranueshme nga sistemi dhe, në përputhje me rrethanat, distancën maksimale të mundshme ndërmjet dy transmetuesve në një SFN. Hapësira ndërmjet dy transmetuesve në një SFN nuk duhet do të jetë dukshëm më e madh se distanca e lejuar nga intervali i mbrojtjes, përveç nëse zgjidhet një mënyrë shumë “robust” transmetimi. Kufiri i

sipërm për maksimumin e kërkuar C/N është më i ulët sa më shumë ISD tejkalon distancën e GI.

Modeli si më poshtë është marrë si referencë për të analizuar madhësinë e mundshme që një SFN-së mund të arrijë. Madhësia rritet duke shtuar transmetues të mëtejshëm, pra unaza të mëtejshme të transmetuesve.

Efekti mbi mbulimin është se raporti i përgjithshëm C/I ndryshon. Në shumicën e rasteve raporti C/I zvogëlohet pasi shumë transmetues përtej distancës së GI shtohen, gjë që lejon rritjen e SI në rrjet.

Supozohet se ISD është një parametër fiks i rrjetit dhe, si i tillë, për llogaritjen e madhësisë SFN, topologjia e rrjetit të transmetimit bazohet në unaza shtesë gjashtëkëndore, siç tregohet në Figurën 15.

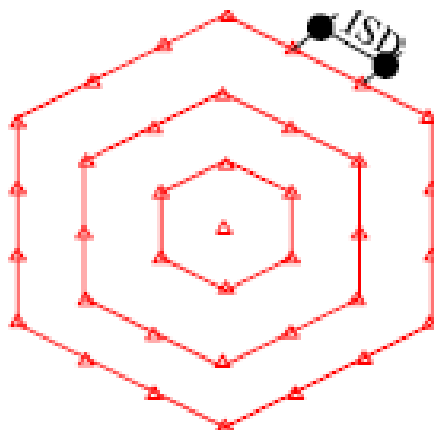


FIGURA 15: MODELI I LLOGARITJES SË MADHËSISË MAKSIMAL SFN

Kushti për mbulimin është që pikat marrëse të sinjalit brenda zonës së shërbimit të kenë një probabilitet mbulimi mbi vlerën minimale të kërkuar për të arritur cilësinë e kënaqshme të marrjes. Madhësia maksimale e SFN-së llogaritet duke shtuar unaza të njëpasnjëshme dhe duke derisa probabiliteti i mbulimit të mos bjerë prapun për të gjithë zonën e shërbimit. Një rrjet i mbyllur është përdorur për këtë lloj llogaritje mbulimi.

3.6 INTERFERENCAT E JASHTME

3.6.1 METODA E LLOGARITJES SË INTERFERENCËS SË JASHTME

Për llogaritjen e interferencës së jashtme të rrjetit referencë çdo pikë testimi e kufirit të allotmentit është marrë si një burim i interferencave të jashtme. Për këtë llogaritje është e

domosdoshme të dihet si është pozicionuar dhe orientuar rrjeti referencë në lidhje me pikën testimi në kufirin e allotmentit.

Të gjitha rrjetet referencë mund të karakterizohen si gjashtëkëndësha. Një brinjë (“brinja e startit”) e gjashtëkëndëshit është vendosur pingule me vijën midis pikës së testimit dhe pikës së llogaritjes. Qendra e brinjës së startit pozicionohet pastaj tek pika e testimit në kufi.

Në këtë pozicion vertikale të tjera dhe qendra e gjashtëkëndëshit janë më tepër larg nga pika e llogaritjes se vertikalja e brinjës start. Kjo fikson pozicionin e rrjetit referencë dhe transmetuesve të tij.

Rrjeti referencë lëviz pastaj rreth kufirit të allotmentit në një pikë tjetër testi, ku intensiteti i fushës është përsëri i vendosur për të njëjtën pikë llogaritje. Kjo procedurë përsëritet derisa rrjeti referencë kthehet në pozicionin e startimit.

Intensiteti i fushës në pikën e llogaritjes vlerësohet veçmas për çdo transmetues të rrjetit referencë. Për këtë qëllim, e. r. p. për rrjetet referencë DVB-T duhet të përfshijnë një rezervë fuqie prej 3 dB.

Rezultati i shumës së intensitetit të fushës të sinjaleve interferues përcaktohet nëpërmjet metodës së shumatores së fuqive. Përhapja me trase të përzier tokë-det llogaritet në bazë të Kapitullit 2 të Aneksit 2 të Marrëveshjes.

Një pamje e situatës është dhënë për të dy konfigurimet e mundshme të rrjetit referencë (3 transmetues dhe 7 transmetues) në Figurat 16 dhe 17.

Në sajë të lëvizjes të një gjashtëkëndëshi imagjinar rreth një kufiri kombëtar, mundet që një ose më shumë transmetues të rrjetit referencë të shtrihen jashtë territorit të administrimit për allotmentet e të cilëve kryhet llogaritja.

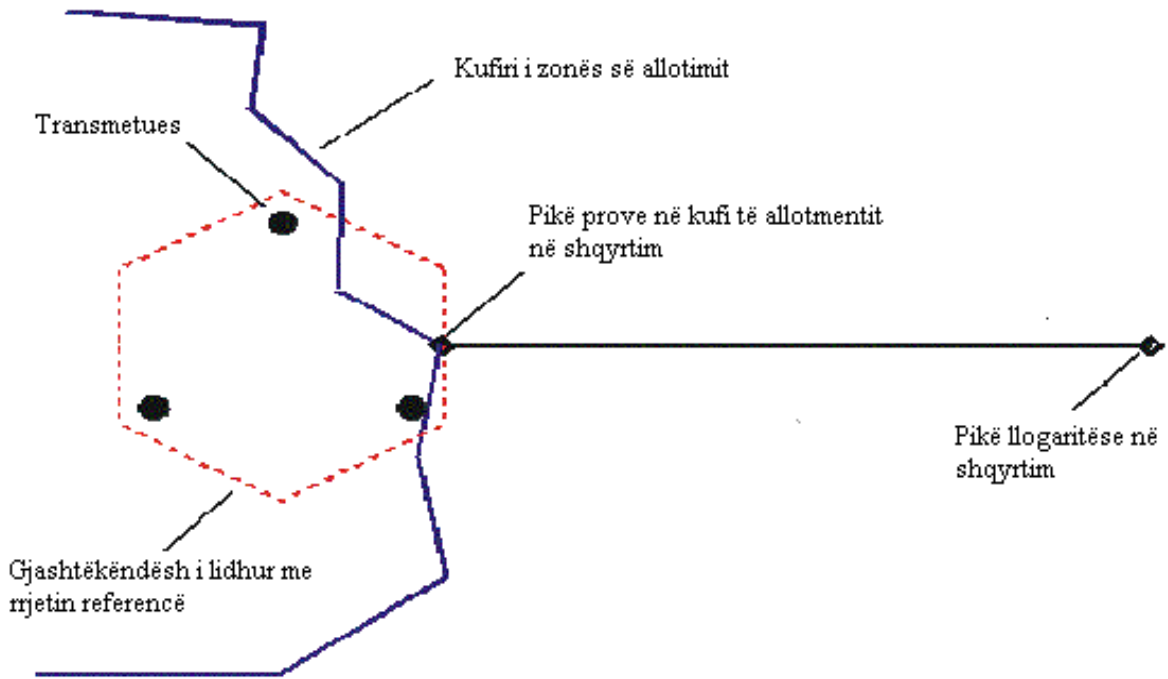


FIGURA 16: RN GJASHTËKËNDËSH ME TRE TRANSMETUES (RRC06-A4-SI-AP3-1)

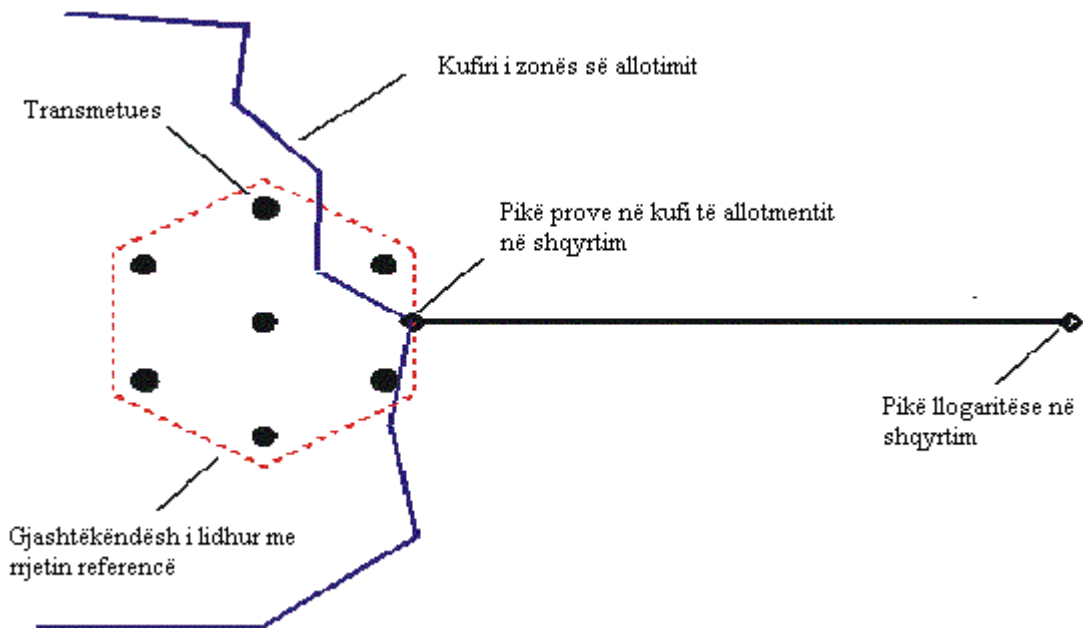


FIGURA 17: RN GJASHTËKËNDËSH ME SHTATE TRANSMETUES (RRC06-A4-SI-AP3-1)

3.6.2 DISTANCA E RIPËRDORIMIT (RUD)

Distanca e ripërdorimit (RUD) është distanca minimale që duhet të respektojnë zonat e mbuluara nga e njëjta frekuencë për të shmangur interferencat.

Interferenca co-channel është në çdo rast më e lartë se efekti i vetë-interferencës. Në mënyrë që të kompensohet interferenca co-kanaleve, distanca ndërmjet rrjetit nën studim dhe atyre interferuese duhet të rritet me qëllim që të zvogëlohet fuqia e interferencave.

Me rritjen e kërkesave C/N , transmetimi bëhet më i ndjeshëm ndaj vetë-interferencave dhe interferencat në kanalet fqinjë. RUD rritet me rritjen e vlerës së pragut C/N . Kjo rritje është afërsisht lineare për aq kohë sa e.r.p. është mjaft e lartë për të siguruar kudo në zonën e shërbimit një buxhet lidhje që është shumë më lartë se niveli i zhurmës. Nëse buxheti i lidhjes i afrohet limitit të zhurmës, sjellja bëhet jolineare.

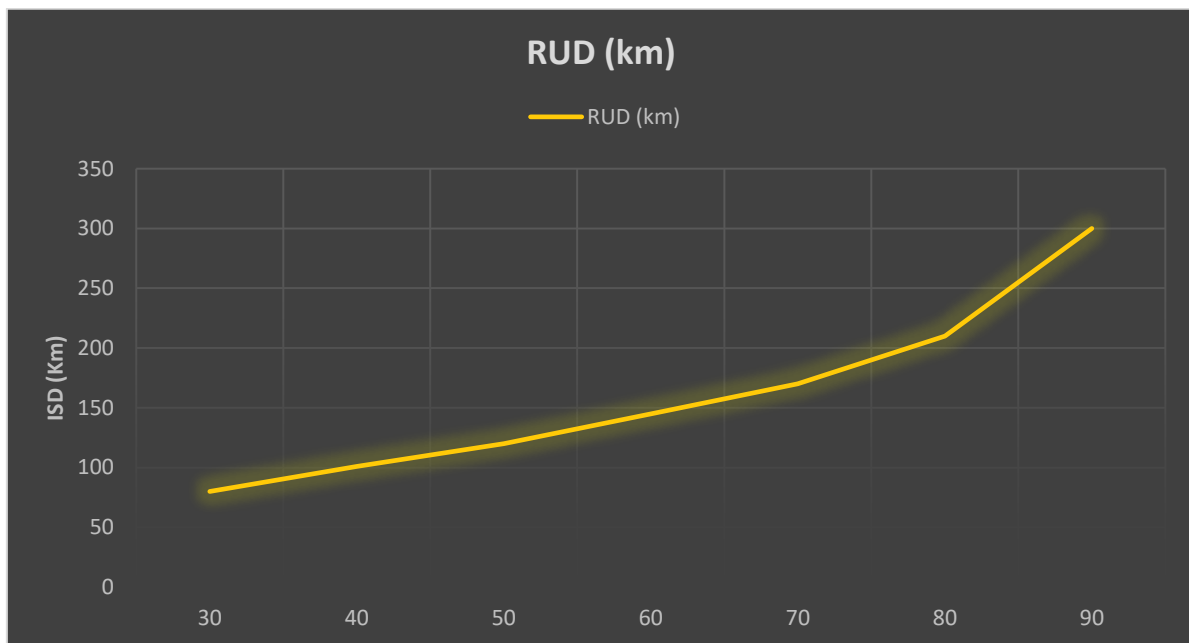


FIGURA 18: RUD NË FUNKSION TË ISD PËR MARRJEN FIKSE (PLANI GE-06)

3.6.3 MODELI PËR RILLOGARITJEN E DISTANCËS SË RIPËRDORIMIT

Në mënyrë që të llogaritet distanca minimale e ripërdorimit, modeli përcakton gjashtë SFN që interferojnë të vendosura simetrisht rreth SFN-së të kërkuar, siç tregohet në Figurën 19. Të gjitha rrjetet e padëshiruara janë identike me rrjetin e kërkuar, i cili konsiderohet i hapur.

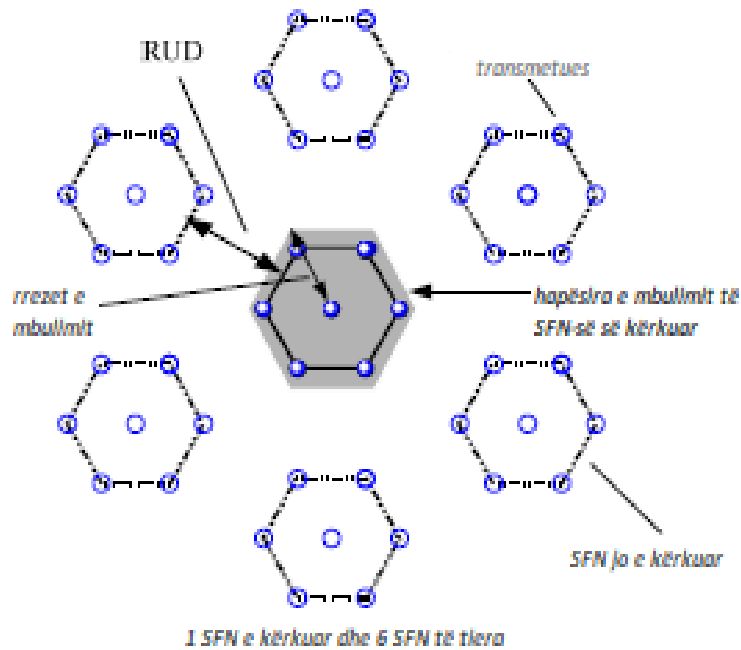


FIGURA 19: MODELI I LLOGARITJES SË DISTANCËS SË RIPËRDORIMIT TË FREKUENCËS (EBU TECH3384)

Përveç vetë-interferencës së SFN-së së kërkuar, gjashtë rrjetet SFN të padëshiruara, që përdorin të njëjtën frekuencë, gjenerojnë nivele të interferencave të padëshiruara brenda rrjetit të kërkuar SFN qendër. Qëllimi është gjetja e distancës minimale të kërkuar ndërmjet SFN-së qendër dhe gjashtë SFN-ve periferike duke ruajtur interferencën e ndërsjelltë nën raportin e duhur të mbrojtjes. Për ta bërë këtë, gjashtë SFN-të interferuese lëvizin drejt SFN-së së kërkuar derisa probabiliteti i mbulimit në çdo vend brenda zonës së kërkuar SFN bie nën pragun minimal. Rrjeti konsiderohet i hapur. Kjo konsiderohet të jetë përfaqësuese e rastit më të keq dhe më realist për planifikimin e vërtetë se sa një rrjet i mbyllur kur interferenca e ndërsjelltë në mes të rrjeteve është analizuar.

Nëse unazat e mëtejshme shtohen në rrjet distanca e ripërdorimit do të rritet. Kjo do të thotë që raporti midis distancës së ripërdorimit dhe diametrit të zonës së shërbimit zvogëlohet. Në krahasimin e paraqitur në Tabelën 20 përdoren vlerat minimale e.r.p. të derivuara për 7-Tx SFN, të rritura me 3 dB për të përballuar interferencën shtesë të kanalit.

Kjo nënkupton që raporti ndërmjet distancës së ripërdorimit dhe diametrit të hapësirës së shërbimit është një tregues për efikasitetin e përdorimit të spektrit: një raport më i vogël, domethënë një diametër më i madh SFN në krahasim me RUD, tregon një ripërdorim më të mirë të frekuencës. Kështu, distanca e ripërdorimit do të ketë një ndikim në numrin e kanaleve të nevojshme për mbulimin e një rajoni ose vendi.

| C/N: (Mënyra 4: 17.4 dB/Mënyra 6: 21.3 dB/Mënyra 8: 24.8dB) | | |
|--|------------------------|--------------------|
| ISD[km]/h_{eff} [m] | Numri i unazave | RUD [km] |
| 60/150 | 1/1/1 | 176/213/247 |
| 60/300 | 2/1/1 | 140/163/192 |
| 30/80 | 2/2/2 | 131/165/197 |
| 30/80 | 3/3/3 | 139/175/208 |
| 15/40 | 4/4/4 | 99/133/167 |
| 15/40 | 11/7/6 | 108/147/175 |

TABELA 20: DISTANCA E RIPËRDORIMIT PËR MARRJEN FIKSE (EBU TECH3384)

KAPITULLI IV

PËRZGJEDHJA E KONFIGURIMEVE OPTIMALE PËR RRJETIN SFN TË PROPOZUAR

4.1 PARATHËNIE

Në këtë kapitull synohet që të evidentohen konfigurimet e rrjetit SFN DVB-T2 që përmbushin qëllimin e këtij punimi, duke patur gjithmonë në konsideratë kufizimet që detyron Marrëveshja GE-06.

Pasi janë kryer analiza të çdo parametri teknik të rrjetit DVB-T2 (Kapitulli III), synohet të konkludohet me propozime konkrete të konfigurimeve të rrjetit SFN me madhësi sa hapësira që mbulojnë dy alotmentet egzistuese Tiranë dhe Fier duke ruajtur performancën e transmetimit.

4.2 ZGJEDHJA E PARAMETRAVE TË RRJETIT

Kur planifikohet një rrjet numerik SFN sigurisht iu referohemi kërkesave të rrjetit. Si gjithmonë duhet të bëhet një kompromis midis kapacitetit dhe qëndrueshmërisë së sistemit.

Mbulimi dhe performanca e një SFN-je është një rezultat i përbashkët i parametrave të të gjithë transmetuesve në SFN. Për shkak të numrit të madh të parametrave të përfshirë në proces, gjetja e konfigurimit të duhur është mjaft kompleks. Qëllimi i punimit është gjetja e konfigurimeve optimale për rrjetin SFN Tiranë-Fier. Duke ofruar më shumë mundësi të parametrave të sistemit sesa paraardhësi i tij DVB-T, DVB-T2 lejon rrjete më të mëdha SFN për të njëjtat parametra të sistemit. Sidoqoftë, vetë-interferenca në SFN krijon kufizime në distancën ndër-transmetuese dhe madhësinë e rrjetit. Në mënyrë që të bëhet përdorimi optimal i spektrit, e njëjta frekuencë ripërdoret në zona të ndryshme gjeografike - përtej distancës së ripërdorimit për të shmangur interferencat në kanal. Në këtë punim, është përdorur një metodologji e bazuar në modelet teorike të rrjetit për të garantuar ruajtjen e distancës së ripërdorimit të frekuencave. Një numër arkitekturash të rrjetit dhe modeleve të referencës së rrjetit janë marrë në konsideratë për marrjen fikse në mënyrë që të studiojmë efektet e parametrave të planifikimit në madhësinë SFN dhe distancën minimale të ripërdorimit të frekuencave. Shpejtësia e bitit, madhësia e rrjetit dhe distancat e ripërdorimit të frekuencave janë tre parametra të lidhur ngushtë ndërmjet tyre.

Për rastin e këtij studimi madhësia SFN pothuajse dyfishohet sikundër edhe distancat ndërmjet transmetuesve. Në zgjedhjen e gjatësisë së intervalit mbrojtës merret në konsideratë që nuk ndryshohen pozicionet e antenave dhe fuqitë e tyre të transmetimit, me qëllim mos shkaktimin

e interferencave të jashtme, shmangia e të cilave do të kërkonte koordinime intesive dhe kohë relativisht të gjatë.

DVB-T2 përdor teknikën më të fundit të modulimit dhe kodimit për të mundësuar rritjen e efikasitetit të përdorimit të spektrit të disponueshëm për transmetimet tokësore. Këto teknika të reja rrisin me 50% efikasitetin e DVB-T2 kundrejt çdo sistemi tjetër DTT në botë.

Si dhe në standardet e gjeneratës së parë DVB-T, DVB-T2 përdor modulimin OFDM (Multipleksimi Ortogonal me Ndarje në Frekuencë), me një numër të madh të nën-bartësve transportues të një sinjali.

Avantazhet e DVB-T2 kundrejt DVB-T përfshijnë ofrimin e parametrave teknik shtesë dhe të evoluuar. Dallimet kryesore të dy mënyrave të transmetimit DVB-T dhe DVB-T2 paraqiten në Tabelën 21. DVB-T2 përfshin inovacione të rëndësishme teknike, siç është gjenerata më e fundit e korigjimit të gabimit (FEC), konstelacioni i nivelit të lartë (256 QAM), rritje në numrin e bartësve OFDM (16K dhe 32K) me zgjerim opsional të gjerësisë së brezit, fraksione të reja të Guard Interval (GI), dhe optimizime të modelit Pilot Pattern (PP) sipas GI; por ajo gjithashtu përfshin funksionalitete të reja të tilla si PLP (Physical Layer Pipes), interleaver në kohë, "rotated constellations", mënyra e transmetimit Alamouti Multi-Input Single-Output (MISO), mekanizmat Peak to-Average Power Ratio (PAPR), (FEFs (Future Extension Frames), (GSE (Encapsulation Generic Stream)), dhe një profil "mobile" i njohur si T2-Lite.

Vlera më e lartë e madhësisë FFT 16k dhe 32k u futën për të rritur gjatësinë e intervalit të mbrojtjes pa ulur efikasitetin e spektrit.

| | DVB-T | DVB-T2 |
|-----------------------------------|--|--|
| FEC | Kodimi Konvolucional + RS 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8 | LDPC + BCH 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6 |
| Modulimi | COFDM: QPSK, 16QAM, 64QAM | COFDM: QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM |
| Intervali i sigurisë | 1/4, 1/8, 1/16, 1/32 | 1/4, 19/256, 1/8, 19/128, 1/16, 1/32, 1/128 |
| Madhësia FFT | 2k, 8k | 1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k |
| Pilotët e shpërndarë | 8% of total | 1%, 2%, 4%, 8% of total |
| Brezat e frekuencave | Brezi III, IV/V (VHF, UHF) | Brezi III, IV/V (VHF, UHF) + L Brezi |
| Raster i kanalit | 6, 7, 8 MHz | 1.75, 5, 6, 7, 8, 10 MHz |
| Shkalla C/N (Rice channel) | 5 (QPSK 1/2) to 23 dB (64QAM 7/8) | 3(QPSK 1/2) to 24 dB (256QAM 5/6) |
| Distanca maksimale SFN Tx (8 MHz) | 67.2 km (mënyra 8k) | 159.6 km (mënyra 32k), 134.4 km (mënyra 16k) |
| Konstelacioni i rrotulluar | - | Amplifikimi i fuqisë në kanalet me multipath, SFN, interference... |
| Interleaving | Bit, frekuencë | Bit, qelizë, kohë, frekuencë |
| Larmishmëria | SISO (SIMO if diversity receiver) | SISO, MISO (SIMO, MIMO if diversity receiver) |
| Shpejtësia maksimale e bitit | 31.7 Mbps (8k, 64QAM, CR = 7/8, GI = 1/32) | 50.3 Mbps (32k, 256QAM, CR = 5/6, GI = 1/128, 1% scattered pilots) |

TABELA 21: DVB-T2 KRAHASUAR ME DVB-T (DVB PROJECT)

Përzgjedhja e modelit më mirë të përshtatshëm të transmetimit është një aspekt i rëndësishëm i planifikimit në rrjetet DVB-T2. Konfigurimet e ndryshme (skema e modulimit, shpejtësia e kodimit dhe modeli pilot) ndikojnë në kufijtë e kërkuar C/N të marrësit që bashkë me kapacitetin e transmetimit përcaktojnë performancën e sistemit. Një kategorizim në kuptimin e shpejtësisë së bitit (bitrate) dhe diapazonit të vlerave C/N është dhënë në Tabelën 22.

| VLERAT C/N DHE SHPEJTËSITË E TRANSMETIMIT TË BITIT PËR MARRJEN FIKSE | | |
|--|---|--------------------|
| Modeli i marrjes | Shpejtësia e transmetimit të bitit [Mbit/s] | Diapazoni C/N [dB] |
| Marrje fikse | 18.3=<Shpejtësi<=36.9 | 13.3=<C/N<=23.2 |

TABELA 22: C/N DHE SHPEJTËSITË E TRANSMETIMIT TË BITIT (REPORT ITU-R BT.2254)

Për të llogaritur C/N e kërkuar për secilin model transmetimi për marrjen fikse aplikohet kanali Rician.

Në zgjedhjen e konfigurimit të rrjeti për DVB-T2 bëhet kompromis mes kapacitetit të transmetimit dhe qëndrueshmërisë së sistemit e cila ndërvaret nga kërkesat e rrjetit.

Siç edhe është theksuar, referenca kryesore për zgjedhjen e modelit të rrjetit SFN është përcaktimi i gjatësisë së intervalit të mbrojtjes apo distancave të transmetuesve brenda kësaj SFN-je bazuar në madhësisë fizike të hapësirës që kërkohet të mbulohet me shërbim.

Përzgjedhja e gjatësisë së intervalit të mbrojtjes ka një ndërvarësi reciproke nga madhësia FFT, e cila lidhet me skenarin e marrjes (në rastin tone për marrje fikse). Sigurisht tentohet drejt madhësive FFT të rendit të lartë si 16k apo 32k pasi një madhësi më e madhe FFT zvogëlon fraksionin e GI dhe rrit kapacitetin e transmetimit.

Zgjedhja e modulimit gjithashtu lidhet shpejtësinë e bitit (kapaciteti) si dhe qëndrueshmërinë e sistemit (robustness); skemat e modulimit të rendit më të lartë ofrojnë më shumë kapacitet por ndikojnë në uljen e qëndrueshmërisë së sistemit. Sidoqoftë, duhet të theksohet se për shkak të kodimit më efikas të kanalit, konstelacionit të rrotulluar, etj., të ofruar nga DVB-T2, 256-QAM do të kërkojë vlera C/N sa ato të kërkuara më parë për 64-QAM në DVB-T, që është vlera në rendin e 17-20 dB (EBU tech3384 dhe Report ITU-R BT.2254).

Rritja e qëndrueshmërisë së sistemit do të ketë gjithashtu një ndikim të madh në performancën e SFN pasi që një C/N më e ulët e kërkuar do të zvogëlojë ndjeshmërinë për vetë-interferencën SFN.

Modelet Pilot (PP) të disponueshme në DVB-T2 (PP1 deri në PP8) një parametër tjetër që marrë vëmendje. Zgjedhja e modeleve pilot lidhet me performancën e sistemit, që siç jepet nga kufiri Nyquist, lidhet me sinjalet e vonuara që arrijnë jashtë intervalit të mbrojtjes. Zmadhimi i kufirit të Nyquist do të thotë që ekualizimi i kanaleve është i pasaktë dhe se mbrojtja ndaj interferencave ndër-simbole (ISI) është e vogël.

4.2.1 PËRZGJEDHJA E INTERVALIT MBROJTËS (GI)

Për të shmangur interferencën ndër simbol (ISI), fillimi i secilit simbol paraprihet nga një hapësirë interval mbrojtje (GI). Gjatë intervalit të mbrojtjes të njëjtat simbole që arrijnë në marrës në kohë të ndryshme merren pa asnjë interferencë inter simbol (ISI). Për sa kohë që jehonat bien brenda këtij intervali, ato nuk do të ndikojnë në aftësinë e marrësit për të dekoduar në mënyrë të sigurt të dhënat aktuale, pasi të dhënat vlerësohen vetëm jashtë intervalit të mbrojtjes.

Ky parametër bazë në një rrjet SFN përcakton madhësinë e rrjetit, distancën ndërmjet transmetuesve (ISD) dhe si rrjedhim faktorin e ripërdorimit të frekuencave, të cilat lidhen drejtëpërdrejtë me efikasitetin spektral shtesore (LSI).



FIGURA 20: INTERVALI I MBROJTJES (EBU TECH3384)

Distanca midis transmetuesve mund të llogaritet duke përdorur formulën si vijon:

$$D = (GI * T_U) * c$$

Në Tabelën 23 jepen distancat maksimale dhe minimale midis transmetuesve bazuar në madhësitë GI.

| Distanca midis transmetuesve (D) | Interval i Mbrojtjes (GI) | Madhësia FFT | |
|----------------------------------|---------------------------|--------------|----------|
| | | 8K | 32K |
| Distanca Maksimale | 1/4 | 76.200 Km | 268.8 Km |
| Distanca Minimale | 1/128 | 2.1 Km | 8.4 Km |

TABELA 23: DISTANCA MIDIS TRANSMETUESVE (EBU TECH3384)

Në raste si edhe në këtë studim ku pozicioni i transmetuesve është i para përcaktuar, gjatësia e intervalit të mbrojtjes përcaktohet nga distanca e transmetuesve.

Duke qënë se në këtë punim dy SFN-të egzistuese kanë një interval mbrojtje $1/16$, për SFN-në e propozuar, në të cilën distanca maksimale midis transmetuesve pothuajse dyfishohet, propozohen të simulohen intervalet e mbrojtjes $19/256$ dhe $1/8$.

Meqenëse intervali i mbrojtjes zvogëlon sasinë e kohës së disponueshme për transmetimin e të dhënave në një simbol, vendosja e tij ka një efekt negativ në shpejtësinë e transmetimit të bitit. Zgjatja e intervalit mbrojtës ul shpejtësinë e bitit.

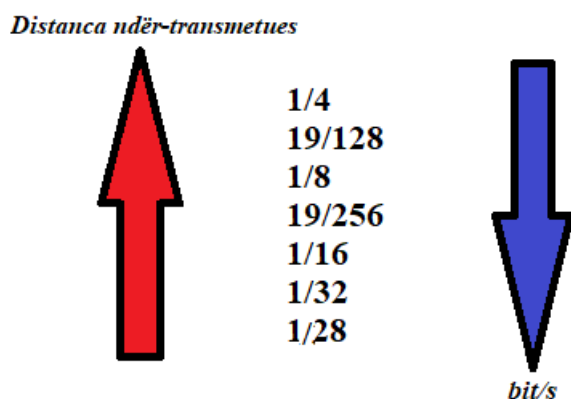


FIGURA 21: EFEKTI I GI NË SHPEJTËSINË E TRANSMETIMIT

Për të ruajtur shpejtësinë e transmetimit të bitit, kur kërkohet rritja e madhësisë së SFN-së, si në rastin e këtij studimi, intervali i mbrojtjes zgjidhet më vogli i mundur që shmang interferencën ISI. Për të bërë të mundur këtë faktorë të tjerë që ndikojnë në minimizimin e vetë-interferencave merren në konsideratë si: madhësia FFT, modeli pilot, vendosja e përsëritësve (gap-filler), pozicionimi i intervalit të ekualizimit në marrës, vonesat statike në transmetuesit e SFN-së, të trajtuara dhe të marra në konsideratë në këtë punim.

4.2.2 PËRZGJEDHJA E MADHËSISË SË FFT (FAST FOURIER TRANSFORM)

Në sistemet DVB-T ekzistojnë katër madhësi të ndryshme FFT: 1K, 2K, 4K, 8K, 16K dhe 32K. DVB-T2 shtoi dy madhësi më të gjata FFT, 16k dhe 32k. Rritja e numrit të bartësve rrit kohëzgjatjen e simbolit (1ms për 8k, 4ms për 32k), e cila ndihmon në rritjen e madhësisë së SFN pa rritur intervalin e mbrojtjes sepse gjatësia më e madhe e FFT do të japë një tolerancë më të madhe të vonesës për të njëjtin fraksion të intervalit të mbrojtës.

| <i>Madhësia FFT</i> | <i>Kohëzgjatja – Tu (μs)</i> | <i>Numri i bartësve</i> |
|---------------------|------------------------------|-------------------------|
| 1k | 112 | 853 |
| 2k | 224 | 1705 |
| 4k | 448 | 3409 |
| 8k | 896 | 6817 |
| 16k | 1792 | 13633 |
| 32k | 3584 | 27265 |

TABELA 24: MADHËSITË FFT (REPORT ITU-R BT.2254-4)

Ose, për të njëjtin mbulim SFN, një madhësi më e madhe FFT zvogëlon kohëzgjatjen e intervaleve të mbrojtjes.

| <i>INTERVALI I MBROJTJES</i> | <i>DVB-T 8K</i> | <i>DVB-T2 32K</i> |
|------------------------------|-----------------|-------------------|
| 224 us | 25% | 6.25% |
| 112 us | 12.5% | 3.12% |

TABELA 25: MADHËSIA FFT DHE INTERVALI I MBROJTJES (REPORT ITU-R BT.2254)

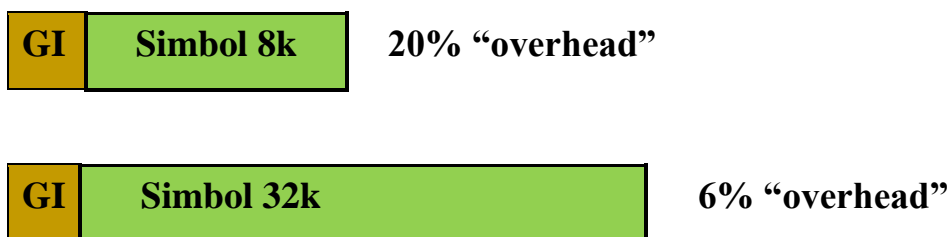


FIGURA 22: FFT NË DVB-T2 (REPORT ITU-R BT.2254)

Duhet të theksohet se 32K përdoret kryesisht në transmetimet fikse për shkak të ndjeshmërisë së tij ndaj Doppler.

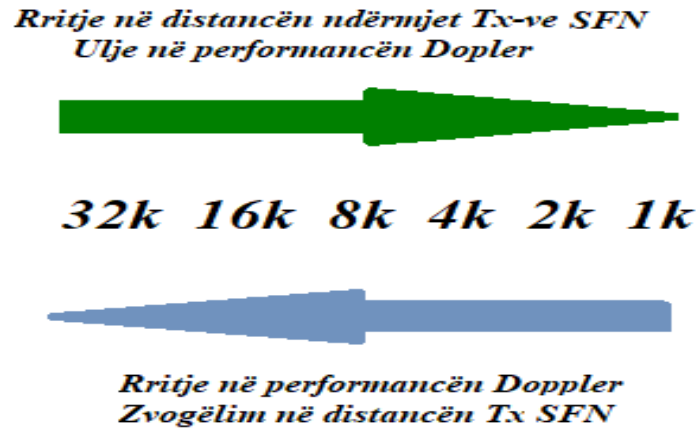


FIGURA 23: NDIKIMI I MADHËSISË FFT NË DVB-T2

Bazuar në sa më sipër, dhe gjithashtu në modelet teorike të rekomanduara nga ITU, për rastin e SFN-së Tiranë-Fier rekomandohet madhësia FFT 32k, si edhe përdoret në SFN-të ekzistuese.

4.2.4 PËRZGJEDHJA E KONSTELACIONIT DHE EFEKTET E ROTACIONIT

Në DVB-T2, është shtuar skema e modulimit të lartë 256-QAM që mundësohet nga teknikat e reja të mbrojtjes së gabimeve.

Në specifikimin DVB-T2 është përfshirë teknika e konstelacionit të rrotulluar për të arritur një performancë më të mirë në skenarët e përhapjes. Qëllimi është rritja e rendit të diversitetit për të arritur një tepicë në bite informacioni të modulimit të koduar, për të përmirësuar performancën e marrësit në skenarë të vështirë të përhapjes.

Në konstelacionin normal marrësi në një pikë caktuar për të identifikuar se çfarë informacioni është transmetuar ka nevojë për të dy komponentët në-fazë (I) dhe kuadraturë (Q). Nëse ndonjë nga komponentët ndikohet nga humbje të konsiderueshme në kanal, simboli apo informacioni i transmetuar humbet.

Në rastin e një konstelacioni të rrotulluar, një kënd i caktuar rrotullimi zbatohet në planin kompleks në një konstelacion klasik të sinjalit, i tillë që secili komponent, I ose Q, të ketë informacion të mjaftueshëm për të gjetur se cili ishte simboli është transmetuar. Pamja e një konstelacioni të rrotulluar tregohet në Figurën 24, ku gjithashtu është vizatuar edhe konstelacioni përkatës konvencional. Pas rrotullimit, një proces ndërfitës kryhet vetëm mbi përbërësit Q në mënyrë që të transmetojmë veçmas I dhe Q të një pike konstelacioni në bartës të ndryshëm dhe madje edhe në hapësira të ndryshme kohore. Kështu, nëse një nga përbërësit shkatërrohet ose preket nga një shuarje e thellë selektive e kanalit, përbërësi tjetër mund të përdoret për të rikuperuar informacionin. Për më tepër, për shkak të këtij procesi ndërthurjeje, përbërësit në fazë dhe kuadraturë të një simboli të transmetuar ndikohen nga shuarjet e

pavarura. Rezultati i kësaj teknike është të rrisë fuqinë e marrësit në skenarët e përhapjes me shuarje të thella dhe/ose humbjes së plotë të sinjalit.

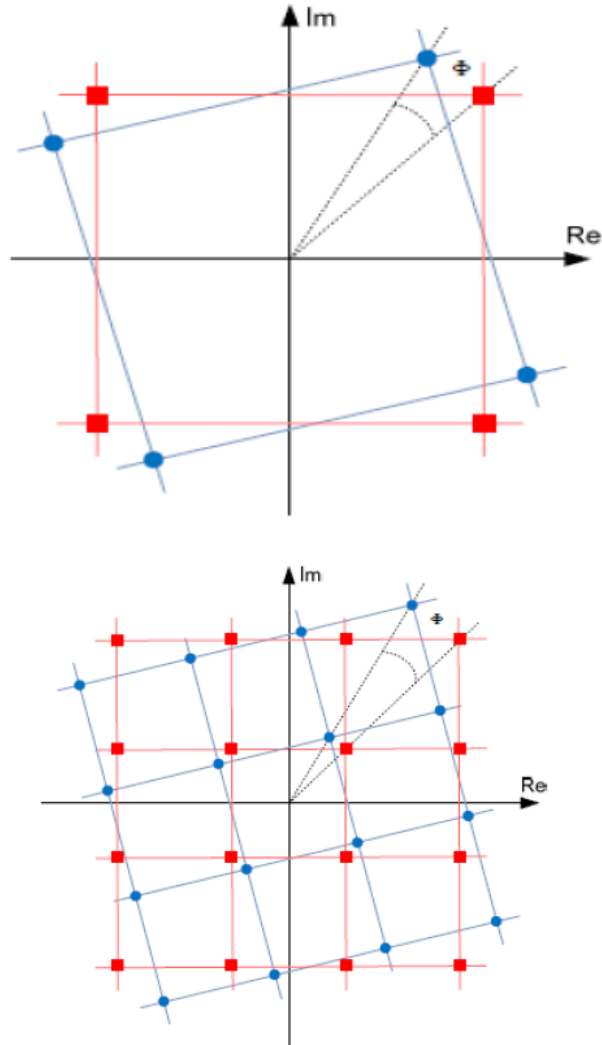


FIGURA 24: KONSTELACIONET E RROTULLUARA DHE KLASIKE (DVB-PROJECT)

Tabela 26 tregon numrin e biteve për çdo konstelacion në DVB-T2.

| Konstelacioni DVB-T2 | Numri i Biteve (n) | Këndi i rrotullimit (grade) |
|----------------------|--------------------|-----------------------------|
| QPSK | 2 | 29.0 |
| 16-QAM | 4 | 16.8 |
| 64-QAM | 6 | 8.6 |
| 256-QAM | 8 | $\text{atan}(1/16)$ |

TABELA 26: NUMRI I BITEVE PËR KONSTELACION (DVB-PROJECT)

Në DVB-T2, për shkak të kodimit më efikas të kanalit, modulimi 256-QAM me konstelacion të rrotulluar kërkon të njëjtat vlera C/N si ato të kërkuara me DVB-T për 64-QAM, në varësi të normës së kodit të përdorur.

Për SFN-në e propozuar në këtë punim është rekomanduar modulimi 256 QAM me konstelacion të rrotulluar.

4.2.5 PËRZGJEDHJA E MODELIT PILOT

Në sistemin e koduar OFDM, një numër i madh bartësish fqinjë ortogonalë përdoren për të bartur të dhëna në disa kanale paralele. Një numër i vogël i bartësve janë caktuar për modelet pilot, të cilat përdoren për të vlerësuar kanalën. DVB-T2 mbështet tetë modele pilot të ndryshëm. Përzgjedhja e modeleve pilot varet nga konfigurimi i sistemit të përzgjedhur dhe mënyra e transmetimit: SISO (dalje të vetme hyrje të vetme) ose MISO (dalje të vetme hyrje të shumëfishtë).

Pilotët janë bartës që nuk përmbajnë informacion neto, por shërbejnë për qëllime të tilla siç janë vlerësimi i kanalit, ekualizimi, korigjimi i gabimit dhe sinkronizimi. Nga llojet e ndryshme të pilotëve si pilotë të vazhduar, të shpërndarë, P2 dhe pilotë të mbylljes së frame-it, vetëm pilotët e shpërndarë mund të ndryshohen.

Pilotët e shpërndarë përdoren nga marrësi DVB-T2 për të bërë matjet e kanalit dhe për të vlerësuar përgjigjen e kanalit për çdo qelizë OFDM në mënyrë që shtrembërimet në sinjalin e marrë të korigjohen. Sa më e lartë dendësia e pilotëve aq më mirë monitorohen luhatjet e kanalit në frekuencë dhe në kohë.

Në DVB-T2, janë të disponueshme tetë modele pilot, PP1 deri PP8. Meqenëse modele të caktuara janë më të përshtatshme për lloje të veçanta të kanaleve, diapazoni në modelet e pilotëve i jep planifikuesit të rrjetit më shumë liri për të përpëthur mënyrën e transmetimit dhe modelin pilot me kanalën e synuar të transmetimit ose me ngarkesën e kërkuar. Për përcaktimin e modelit pilot që do përdoret duhet të merren parasysh faktorët në vijim:

Performanca Doppler: Modelet me një cikël përsëritje të shpeshtë (psh $Dy = 2$), në të cilin pilotët përsërisin çdo sekondë simbolin OFDM, sigurojnë performancën më të mirë Doppler. Për rrjetet ku Doppler është një faktor dominues, si në rastin e marrësve të lëvizshëm, modelet 2, 4 ose 6 duhen konsideruar.

Kapaciteti: Modelet më pak të dendura, domethënë ato me distancën më të madhe midis pilotëve, si në kohë (Dy) dhe në frekuencën (Dx), sigurojnë transmetimin e një sasive më të

madhe të dhënash pasi më pak bartëse përdoren për pilotët, dhe rrjedhimisht të tjerat janë në dispozicion për të mbartur të dhëna.

Nga PP2 në PP8 numri i pilotëve të shpërndarë zvogëlohet ku teorikisht operacioni më i mirë pritet në PP2 dhe më e keqja është PP8. Secili prej modeleve është më i përshtatshëm për lloje të veçanta të kanaleve sesa të tjerat dhe kjo i jep planifikuesit të rrjetit më shumë liri për të përputhur mënyrën e transmetimit dhe modelin pilot me kanalin e synuar të transmetimit ose me ngarkesën.

Ka një ndërvarësi midis skenarit të marrjes së sinjalit dhe modelit pilot të përshtatshme.

Marrja fikse: Marrja fikse, e cila shqyrtohet në këtë punim me një sistem antenë të drejtuar zakonisht shfaq një ambient Doppler të ulët. Si e tillë PP7, që është më pak “robust” për Doppler mund të konsiderohet për të maksimizuar kapacitetin.

Në rrjetet SFN të mëdha ku zgjidhen intervale mbrojtje të gjatë p.sh. GI 1/8, si dhe në rastin e këtij studimi, modelet PP2 - PP4 rekomandohen. Me qëllim gjetjes së një ekuilibri ndërmjet performancës së Doppler dhe madhësisë së intervalit të mbrojtjes është provuar se modeli pilot 2 mund të sigurojë kompromisin më të mirë.

C/N ndërvaret në masë të konsiderueshme nga modeli pilot. Modelet më të dendura pilot ofrojnë një C/N më të lartë se ato me densitet më të ulët.

Distanca e vogël (D_x) e pilotëve në PP1 e provon këtë model si më të fuqishëm ndaj interferencës intersimbol, ndërsa PP6 dhe PP7 janë më të prekshme ndaj tij.

Vetëm një set i modeleve piloti është i lejuar për çdo kombinim të madhësisë FFT dhe intervalit të mbrojtjes - këto janë paraqitur në Tabelën 27. Kjo tabelë vlen vetëm për modelin SISO (dalje të vetme hyrëse të vetme) të DVB-T2.

| Madhësia FFT | Intervali i Mbrojtjes | | | | | | |
|--------------|-----------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|-------------------|------------|
| | 1/128 | 1/32 | 1/16 | 19/256 | 1/8 | 19/128 | 1/4 |
| 32k | PP7 | PP4 PP6 | PP2 PP8 PP4 | PP2 PP8 PP4 | PP2 PP8 | PP2 PP8 | n/a |
| 16k | PP7 | PP7 PP4 PP6 | PP2 PP8 PP4 PP5 | PP2 PP8 PP4 PP5 | PP2 PP3 PP8 | PP2 PP3 PP8 | PP1 PP8 |
| 8k | PP7 | PP7 PP4 | PP8 PP4 PP5 | PP8 PP4 PP5 | PP2 PP3 PP8 | PP2 PP3 PP8 | PP1 PP8 |
| 4k.2k | n/a | PP7 PP4 | PP4 PP5 | n/a | PP2 PP3 | n/a | PP1 |
| 1k | n/a | n/a | PP4 PP5 | n/a | PP2 PP3 | n/a | PP1 |

TABELA 27: MODELI PILOT I SHPËRNDARË PËR KOMBINIME FFT-GI NE SISTEMIN SISO (DVB-PROJECT)

Për rastin e këtij punimi, në paragrafët e mësipërm 4.3.1 dhe 4.3.2 janë përzgjedhur si më të përshtatshmit për SFN-në e propozuar përkatësisht intervalet e mbrojtës GI 19/256 dhe GI 1/8 dhe madhësia FFT 32k. Bazuar në tabelën më sipër, modelet pilot që do të simulohen do të jenë përkatësisht: për kombinimin GI 19/256 – FFT 32K modelet pilot PP2 dhe PP4, ndërsa për kombinimin GI 1/8 – FFT 32K modeli pilot PP2.

Modeli pilot PP8 kërkon që marrësi të përdorë një strategji të barazimit të kanaleve që është krejtësisht ndryshe nga të tjerët. Asnjë marrës nuk dihet se ka inkorporuar këtë regjim, kryesisht për shkak të kompleksitetit shtesë të kërkuar në marrës. Për këtë arsye, modeli pilot PP8 nuk është simuluar në këtë punim.

Në figurat e mëposhtme, diagramat tregojnë pozicionimin e pilotëve të shpërndarë për modelet PP2, PP4 dhe PP8 në një rrjet tradicional SISO.

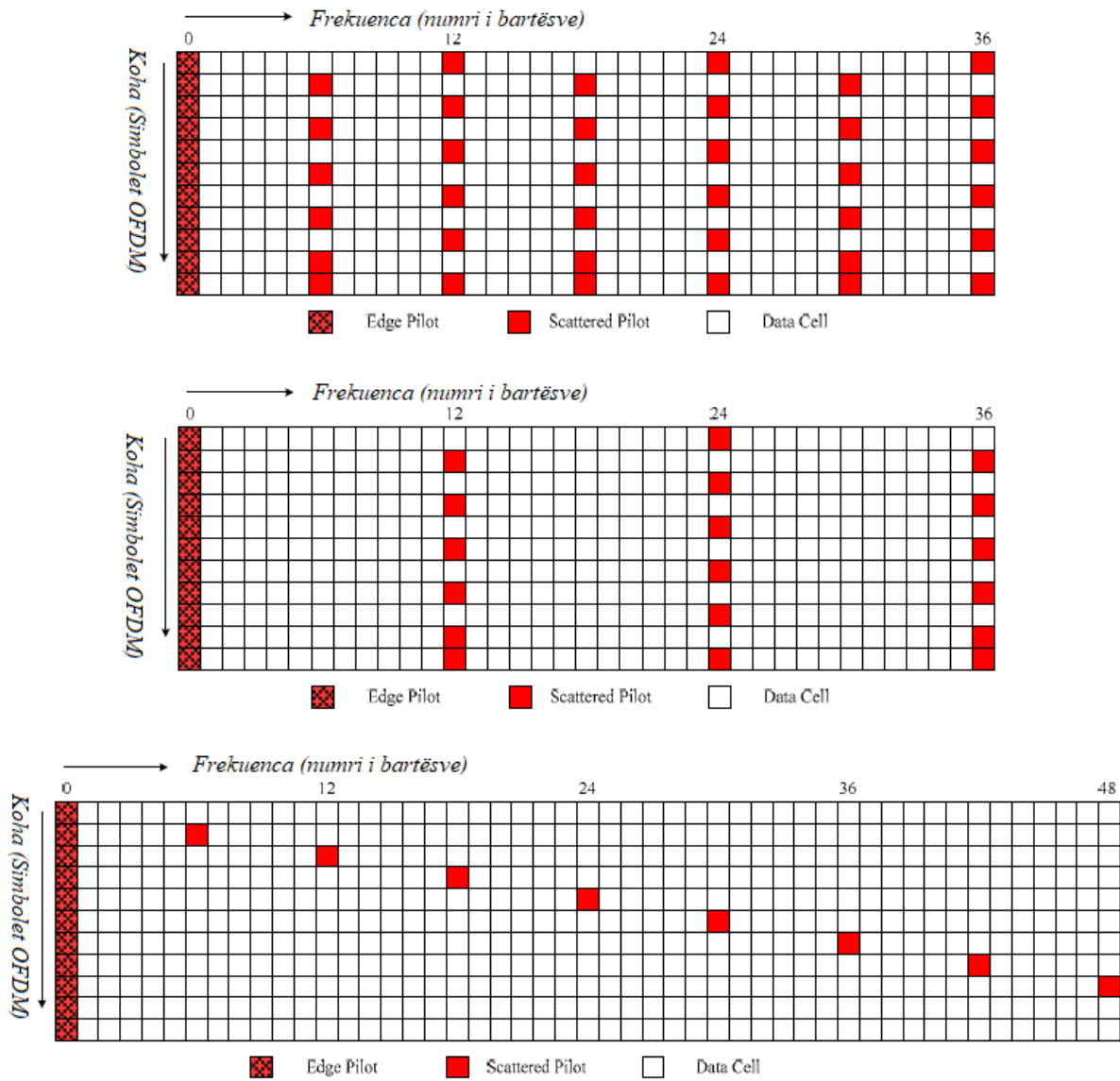


FIGURA 25: STRUKTURE E MODELIT PILOT SISO: PP2, PP4 DHE PP8 (DVB-PROJECT)

4.2.6 FEC (KORIGJIMI I GABIMIT)

Për tu mbrojtur nga nivelet e larta të zhurmave dhe interferencave, DVB-T2 përdor kodet LDPC (Kontroll i barazisë me densitet të ulët) dhe BCH (Bose-Chaudhuri-Hocquengham) të cilat janë me efçente se kodimi (Convolutional and Reed-Solomon) përdorur nga DVB-T. DVB-T2 prezantoi shpejtësitë shtesë të kodeve 3/5 dhe 4/5, dhe hoqi shpejtësinë e kodit 7/8.

Variacionet në shpejtësitë e kodit ndihmojnë gjetjen e balancës midis shpejtësisë së transmetimit të bit-it dhe qëndrueshmërisë së sistemit. Sa më e vogël shpejtësia e kodit aq më e lartë qëndrueshmëria e sistemit (mbrojtja nga interferencat dhe zhurmat) por me koston e uljes së kapacitetit të transmetimit. Si e tillë shpejtësia më e vogël e kodit 1/2 zbatohet në rastet e niveleve të larta të ndërhyrjeve. Ndërkohë shpejtësia më e madhe e kodit 5/6 është varianti

më pak i përdorur për arsye të kapacitetit të ulët të transmetimit që ofron pavarësisht mbrojtjes së lartë kundrejt interferencave dhe zhurmave që ofron. Në rastin e SFN-ve me marrje të lëvizshme të sinjalit karakterizuar nga efekte të forta Doppler rekomandohet shpejtësi të vogla kodi.

Bazuar në rekomandimet teknike të dokumentit të Bashkimit të Transmetuesve Evropian – EBU tech3384 dhe Report ITU-R BT.2254 kandidati kryesor për marrje fikse në SFN me përmasa të mëdha është normat e kodit 2/3. Në rastin e këtij punimi, për të ruajtur apo përmirësuar performancën e rrjeteve egzistuese janë simuluar konfigurimet me shpejtësi kodi 2/3 dhe 3/4 (përdorur në rrjetet egzistuese SFN).

4.2.7 TEKNIKAT MIMO DHE MISO

Rrjetet SFN janë konsideruar si më të favorshme për transmetimet numerike televizive, pasi reduktojnë në një masë të konsiderueshme fuqinë e transmetimit për të njëjtën cilësi sinjali krahasuar me rrjetet MFN. Megjithatë, edhe në rrjetet SFN ka raste të degradimit të performancës së sinjalit për shkak të interferencave inter simbol ISI. Zgjidhja e prezantuar nga Projekti Digital Video Broadcasting (DVB) është aplikimi i teknikave MISO (Multi Input - Single Output) dhe MIMO (Multi Input - Multi Output) në transmetimet televizive. Parimi ku bazohen këto teknika është diversiteti hapësinor i transmetimit të sinjalit që sjellin dy avantazhe të mëdha krahasuar me teknikën SISO (Single Input - Single Output):

1. Nëpërmjet diversitetit hapësinor përmirësohet cilësia e lidhjes duke sinjalizuar në rastet kur ka shuarje në kanalet e transmetimit.
2. Nëpërmjet multipleksimit hapësinor mundësohet rritja e shpejtësisë së biteve të informacionit pa rritur gjerësinë e brezit ose fuqinë e transmetimit.

Në rrjetet DVBT-2 është zbatuar së pari teknika MISO, e cila përdor pjesërisht avantazhet e teknikës MIMO. MISO është një teknikë e transmetimit divers e bazuar në kodimin hapësinor-kohë që siguron rezistencë të lartë ndaj degradimit të sinjalit. Standardi DVB-T2 ofron teknologjinë MISO duke përdorur një matricë të modifikuar Alamouti. Në teknikat MISO rritet vetëm numri i antenave transmetuese ndërsa në pajisjen marrëse aplikohen disa modifikime. Ndërkohë në rastin e teknikës MIMO shtohen antena edhe tek marrësi. Si rrjedhim, për arsye të numrit të madh të pajisjeve marrëse, zbatimi i teknikës MIMO kërkon një investim të konsiderueshëm në infrastrukturë. Për këtë arsye, është duke u studiuar nëse përmirësimi që sjell teknika MIMO në performancën e sistemit e justifikon investimin e madh në infrastrukturë.

Konfigurimi i rrjetit MISO është paraqitur në Figurën 26. Referuar diagramës shihet se në rrjetit MISO transmetimi i sinjalit bëhet në të njëjtën kohë në versione të ndryshme. Në figurat më

poshtë, është paraqitur rasti më i thjeshtë ku në çdo pikë transmetimi vendosen vetëm dy transmetues dhe sinjali transmetohet në dy variante të ndryshme.

Zakonisht, megjithëse jo domosdoshmërisht, transmetuesit janë të ndarë gjeografikisht nga njëri-tjetri, pasi ky është përgjithësisht konfigurimi më i dobishëm. Në këtë mënyrë rrjeti përdor më mirë avantazhet e diversitetit të transmetimit në mënyrë që të përmirësojë SNR e sistemit.

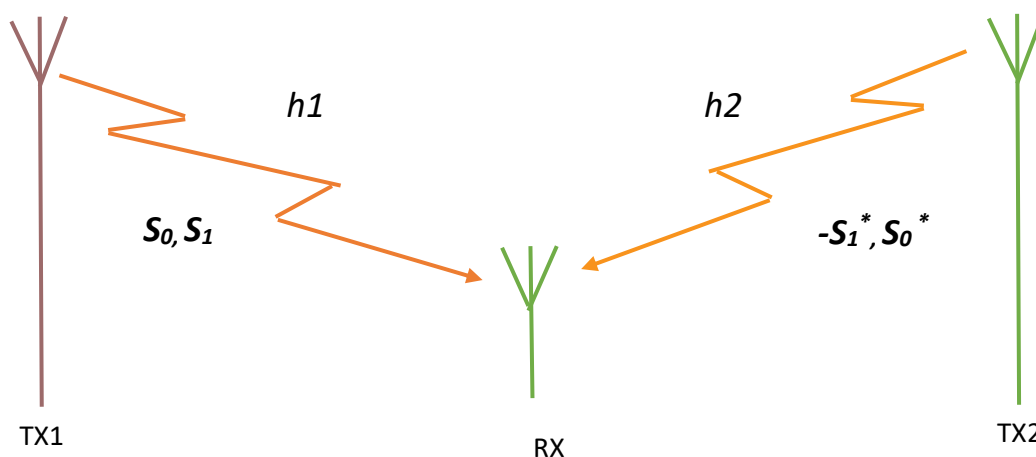


FIGURA 26: RRJETI DVB-T2 MISO (DVB-PROJECT)

Ky sistem bazohet në konceptin e kodimit Alamouti. Nga një antenë transmetohet versioni i pandryshuar i sinjalit origjinal dhe nga antena tjetër transmetohet një version i modifikuar, ku simbolet këmbehen në çifte (në domenin e frekuencës) konjugohehen dhe, përveç kësaj, njëri prej tyre invertohet. Duke kryer këtë proces, sinjalet në marrje kombinohen në mënyrë të tillë që SNR të rezultojë më e lartë. Kompleksiteti ekstra i futur nga përdorimi i kësaj teknike është i papërfillshëm në anën e marrësit.

Meqenëse të dy antenat (ose grupet e antenave), secili që përfaqëson një kanal divers, transmetojnë sinjalin e tyre nga vendndodhje të ndryshme, dëmtimet e kanalit që ndikojnë në çdo sinjal divers ndryshojnë. Është statistikisht e pamundur që dëmtimi të prekë të dy kanalet në të njëjtën kohë në të njëjtën mënyrë. Duke njohur statusin e secilit kanal, marrësi mund të kombinojë të dy sinjalet në mënyrë të tillë që të favorizojë pjesët e sinjalit që janë më pak të degraduara. Si rrjedhim, sinjali i kombinuar paraqitet në marrës me C / I më të lartë kundrejt një kanali të vetëm, ndërkohë që transmetuesit transmetojnë me gjysmën e fuqisë së kërkuar në SISO.

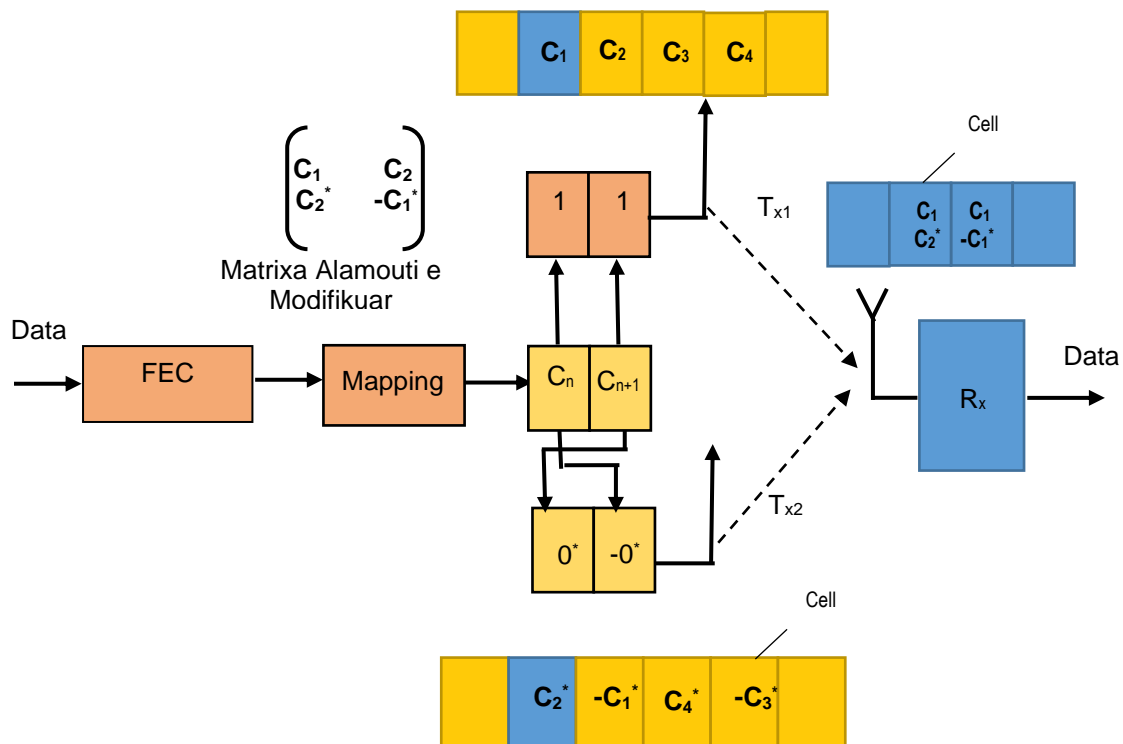


FIGURA 27: MATRIXA ALAMOUTI MISO (DVB-PROJECT)

4.3.7.2 RASTE TË PËRFITIMEVE NGA TEKNIKA MISO

Një rrjet MISO është më i dobishëm kur sinjalet me madhësi të barabartë nga dy grupe të ndryshme transmetuesish janë të kombinuara. Prandaj, duhet të merret në konsideratë maksimizimi i mbivendosjeve të sinjaleve ndërmjet dy grupeve për të përfituar “gain” më të madh.

Rrjetet portabël dhe të lëvizshme zakonisht kanë më shumë gjasa të përfitojnë nga teknika MISO, pasi ato në përgjithësi përmbajnë më shumë antena omnidireksionale në marrje, gjë që do të rriste mundësinë e mbivendosjes së sinjaleve. Për më tepër, në këto raste rrjeti i transmetuesve ka tendencë të jetë më i dendur si rrjedhim transmetuesit do kenë fuqi më të ulët, gjë që mund të rris mbivendosjen.

Rrjetet fikse me antena relativisht direksionale mund të mos jenë të përshtatshme për rrjetin MISO, përveç nëse antenat transmetuese janë vendosur relativisht afër së bashku dhe bien afërsisht brenda gjerësisë së rreze të shumicës së antenave në marrje.

Meqenëse ekzistojnë vetëm dy "variante" të mundshme të sinjalit të transmetuar kur aplikohet MISO, në praktikë mund të jetë e vështirë të rregullohen transmetuesit në dy grupe në mënyrë

që të maksimizohet fitimi MISO në SFN me zonë mbulimi të madh. Megjithatë, në një rrjet SFN me një transmetues kryesor qendror të rrethuar nga disa transmetues të vegjël, mundësohet përfitim më efikas nga MISO. Mbivendosja midis stacioneve të vegjël do të ishte i vogël dhe mbivendosja e mbulimit do të ekzistonte midis transmetuesit kryesor dhe stacioneve që e rrethojnë. Transmetuesit kryesor caktohet atëherë si njëri nga grupet e transmetuesve dhe stacionet e tjerë në grupin tjetër transmetues.

Megjithatë, ashtu si në rrjetet SISO, ka disa kufizime të rëndësishme në dizenjimin e sistemit MISO që kufizojnë zgjedhjen e mundshme të intervalit të mbrojtjes dhe modelit pilot. Për shembull, në regjimin MISO intervali i mbrojtjes 1/4 nuk është i disponueshëm.

| Madhësia FFT | Intervali i Mbrojtjes | | | | | | |
|--------------|-----------------------|-------------------|------------|------------|------------|------------|-----|
| | 1/128 | 1/32 | 1/16 | 19/256 | 1/8 | 19/128 | 1/4 |
| 32k | PP8 PP4 PP6 | PP8 PP4 | PP2 PP8 | PP2 PP8 | n/a | n/a | n/a |
| 16k | PP8 PP4 PP5 | PP8 PP4 PP5 | PP3 PP8 | PP3 PP8 | PP1 PP8 | PP1 PP8 | n/a |
| 8k | PP8 PP4 PP5 | PP8 PP4 PP5 | PP3 PP8 | PP3 PP8 | PP1 PP8 | PP1 PP8 | n/a |
| 4k, 2k | n/a | PP4 PP5 | PP3 | n/a | PP1 | n/a | n/a |
| 1k | n/a | n/a | PP3 | n/a | PP1 | n/a | n/a |

TABELA 28: MODELI PILOT I SHPËRNDARË PËR KOMBINIME FFT-GI NË SISTEMIN MISO (EBU TECH3384)

Për qëllimet e këtij punimi, ku konfigurimet e konsideruara më të përshtatshme për rrjetin SFN të propozuar përmbajnë kombinimet FFT 32K – GI 19/256 dhe FFT 32K – GI 1/8, regjimi MISO mund të zbatohet vetëm për kombinimin e parë me modelet pilot PP2 dhe PP8. Ndërkohë modeli pilot PP8 nuk mund të përdoret derisa marrësit të kenë të inkorporuar një strategji të barazimit të kanalit që është thelbësisht e ndryshme nga të tjerët dhe asnjë marrës ende nuk e ka përfshirë. Si rrjedhim, të vetmet konfigurime rrjeti që mund të simuloheshin në rastin e këtij punimi për regjimin MISO janë ato që përmbajnë kombinimet FFT 32K – GI 19/256 – PP2.

Për arsye të kufizimeve, të përmëndura më sipër, që regjimi MISO paraqet në topologji rrjeti fiks si në rastin e rrjetit SFN të propozuar në këtë punim, studimi nuk përmban simulime të rrjetit bazuar në këtë teknikë. Përfitimet e teknikës MISO në përmirësimin e performancës së

rrjetit SFN Tiranë – Fier do jenë objekt i studimeve të mëtejshme që do të vijojnë në përpjekje të lirimit të plotë të brezit DD2.

4.2.8 SKENAR I ZBATIMIT TË SFN TË MËDHA

DVB-T2 ofron një diapazon shumë më të gjerë të zgjedhjeve të parametrave sesa DVB-T. Mundësitë e zgjedhjes janë aq të mëdha saqë nuk është e mundur të marrin në konsideratë të gjitha kombinimet e mundshme.

Për qëllimin e këtij punimi është marrë në konsideratë skenari i rekomanduar në EBU Tech 3348 SFN për marrjes fikse me përmasa të mëdha. Parametrat bazohen në të dhënat e specifikuara nga ETSI në Udhëzimin Implementues [TS 102 831, EN 302 755].

Në skenarët e SFN-ve me hapësirë mbulimi të madh dhe madhësi mesatare sugjerohet që të përdoret madhësia FFT 32k, për shkak të ndjeshmërisë ndaj Doppler. Megjithatë FFT 16k mund të jenë gjithashtu e përshtatshme. Kjo do të rezultojë në përdorimin e një fraksioni më të lartë të GI, dhe kështu kapacitet të reduktuar, për të arritur kohëzgjatjen e kërkuar të intervalit të mbrojtjes.

Për SFN-të e mëdha në parim është gjithashtu e rekomanduar gjatësia e intervalit të mbrojtjes GI 1/8, megjithatë rezultatet kanë treguar se edhe gjatësia e intervalit të mbrojtjes G/I 19/256 është e mjaftueshëm për të shmangur vetë-interferencat në SFN.

| Gjerësia e Brezit | 8 MHz |
|----------------------------|-------------------|
| Madhësia FFT: | 32K |
| Bartësi: | I zgjeruar |
| Modeli Pilot i Shpërndarë: | PP2 |
| Intervali i Mbrojtjes: | 1/8 (448 μ s) |
| Modulimi: | 256 QAM |
| Norma e kodit: | 2/3 |
| C/N (Rice) | 21.2 dB |
| Shpejtësia e të dhënave | 33.4 Mbit/s |

TABELA 29: MARRJE FIKSE PËR SFN ME HAPËSIRË MBULIMI TË MADH (EBU TECH3384)

KAPITULLI V

OPTIMIZIMI I MBULIMIT TË RRJETIT SFN TIRANË-FIER

5.1 ASPEKTET E LLOGARITJES SË MBULIMIT PËR DVB-T2 SFN

Në mënyrë që të llogaritet mbulimi dhe niveli i interferencave të SFN-së Tiranë-Fier, kufijtë e zonë së shërbimit dekompozohen në një numër të madh elementësh së vegjël (pixels), afërsisht në formë katrore, (p.sh., 2×2 km) të quajtur Pika Testimi (TPs (testpoints)). Një TP përshkruhet nga gjerësia, gjatësia, lartësia dhe numri i banorëve, dhe përfaqëson sjelljen e çdo marrësi (p.sh. një antenë marrëse e përdoruesit) brenda tij. Për shkak të natyrës gjenerike të rezultateve, llogaritjet janë kryer mbi një terren homogjen të sheshtë duke përdorur modelin e përhapjes ITU-R Rec.P.1546-4.

Brenda çdo zone të vogël, forca e fushës P paraqet variacion të rastësishëm me vendndodhjen për shkak të shuarjeve dhe supozohet të jetë një variacion i rastit normal (log-normal) (RV) me mesataren μ dhe devijimi standard σ . μ llogaritet sipas modelit të përhapjes të ITU-R Rec.P.1546-4.

Vlera e σ për shpërndarjen e forcës së fushës mund të llogaritet me barazimin:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_0^2 + \sigma_1^2} \quad (5.1)$$

ku σ_0 dhe σ_1 janë respektivisht devijimet standarde nga shuarjet dhe humbjet e depërtimit në ndërtesa. Në UHF, vlera mesatare e humbjes së depërtimit në ndërtesa është 11 dB dhe devijimi i tij standard σ_1 është 6 dB.

Duke pasur parasysh tranzicionin shumë të shpejtë nga marrja e kënaqshme në dështimin e plotë të marrjes dhe për shkak të kërkesave të cilësisë së lartë të shërbimit (QoS) në transmetimet numerike, planifikimi i televizionit digjital bazohet në mbrojtjen 99% të kohës nga interferencat. Kështu që vlerat e fuqisë së fushës që tejkalohe për 1% të kohës përdoren për sinjalin e padëshiruar ($E_{\text{interferenca}} 1\%$), i cili është afër mbrojtjes 99% të kohës dhe vlerat e fuqisë së fushës tejkalohe për 50% të kohës për sinjalin e kërkuar ($E_{\text{dohishme}} 50\%$).

5.2.1 PIKAT E MATJEVE PËR PËRCAKTIMIN E MBULIMIT

Allotmenti i Tiranës

Kanali frekuencore për këtë allotment është Ch 53.

Pikat e testimit të këtij allotmenti janë në përputhje me përcaktimet e GE-06 (në total 10 pika testimi).

| | |
|---|--------|
| 6 | AL005D |
|---|--------|

| | |
|---|---|
| 8 | 1 |
|---|---|

| | |
|----|----|
| 9a | 1 |
| 9b | 10 |

| | | | | | | | | |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 9c1 | 413426 | 413001 | 412321 | 412018 | 411717 | 410141 | 410748 | 412217 |
| 9c2 | 0192721 | 0193126 | 0192510 | 0192526 | 0193054 | 0192712 | 0195525 | 0201533 |
| 9c1 | 412555 | 413338 | | | | | | |
| 9c2 | 0200228 | 0194813 | | | | | | |

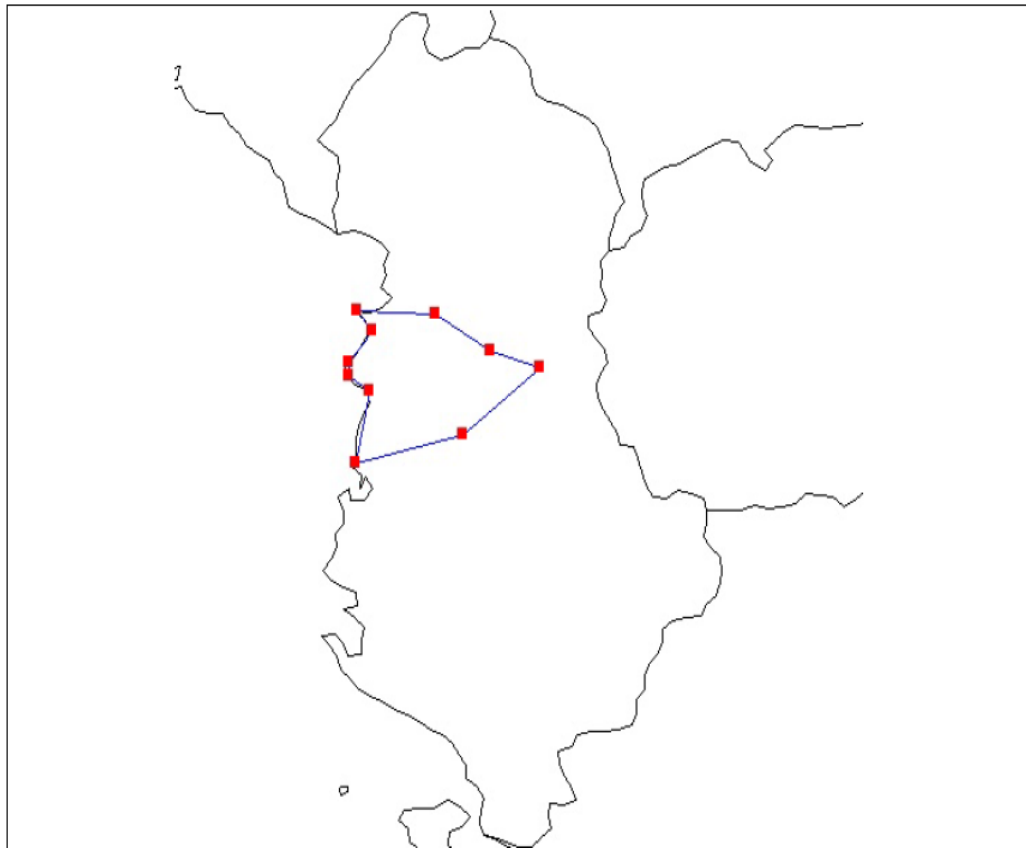


FIGURA 28: PIKAT E TESTIMIT TË ALLOTMENTIT TË TIRANËS (AMA)

Allotmenti i Fierit

Kanali frekuencore për këtë allotment është Ch 28.

Pikat e testimit të këtij allotmenti janë në përputhje me përcaktimet e GE-06 (në total 10 pika testimi).

| | |
|---|--------|
| 6 | AL007D |
|---|--------|

| | |
|---|---|
| 8 | 1 |
|---|---|

| | |
|----|----|
| 9a | 1 |
| 9b | 10 |

| | | | | | | | | |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 9c1 | 410141 | 405409 | 403907 | 402935 | 402414 | 402903 | 404507 | 405021 |
| 9c2 | 0192712 | 0192337 | 0192025 | 0194410 | 0194543 | 0195047 | 0194400 | 0194758 |
| 9c1 | 405738 | 410417 | | | | | | |
| 9c2 | 0194128 | 0193748 | | | | | | |

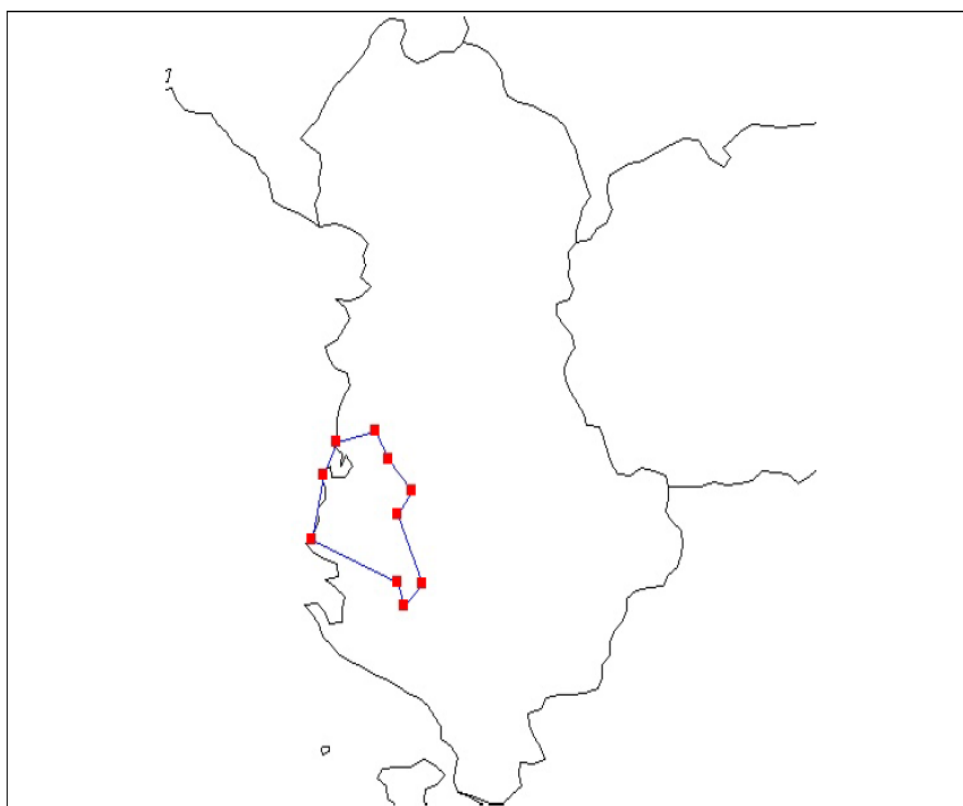


FIGURA 29: PIKAT E TESTIMIT TË ALLOTMENTIT TË FIERIT (AMA)

Kanali frekuencor për allotmentin e ri do të jetë Ch 28.

Pikat e testimit për përcaktimin e mbulimit mbeten të pandryshuara edhe pas optimizimit të rrjetit.



FIGURA 30: PIKAT E TESTIMIT TË ALLOTMENTI TIRANË-FIER PAS OPTIMIZIMIT (AMA)

5.2 PARAMETRAT E RRJETEVE EGZISTUES TË SFN TIRANË DHE SFN FIER

Territori i Shqipërisë është ndarë në njëmbëdhjetë allotmente të cilat mbulohen secila nga një rrjet SFN. Bashkësia e kanaleve të frekuencës (11 SFN-ve), së bashku me zonat e tyre të shërbimit mundësojnë rrjete (shtresa) me mbulim të plotë kombëtar dhe disa rrjete (shtresa) rajonale/lokale në gjithë vendin. Të gjitha këto rrjete përdorin teknologjinë DVB-T2 dhe teknikën e kompesimit MPEG4.

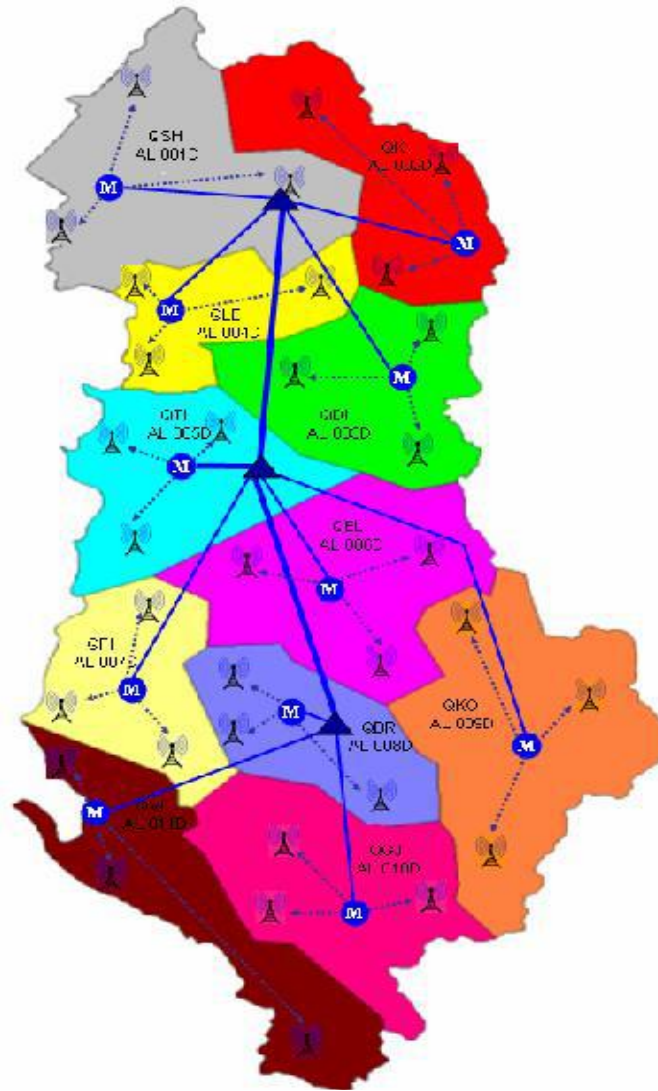


FIGURA 31: RRJETET NUMERIK I KOMBËTAR (AMA)

Rrjetet kombëtare apo lokale janë kombinim i SFN-ve të mëposhtme:

- Mux 1.1 - Rrjet SFN Shkodër. Headend në Shkodër.
- Mux 1.2 - Rrjet SFN Kukës. Headend në Kukës.
- Mux 1.3 - Rrjet SFN Dibër. Headend në Dibër.
- Mux 1.4 - Rrjet SFN Lezhë. Head End në Lezhë.
- Mux 1.5 - Rrjet SFN Tiranë. Headend në Tiranë.
- Mux 1.6 - Rrjet SFN Elbasan. Headend në Elbasan
- Mux 1.7 - Rrjet SFN Fier. Headend në Fier
- Mux 1.8 - Rrjet SFN Berat. Headend në Berat.
- Mux 1.9 - Rrjet SFN Korçë. Headend në Korçë
- Mux 1.10 - Rrjet SFN Gjirokastrër. Headend në Gjirokastrër

Mux 1.11 - Rrjet SFN Vlorë. Headend në Vlorë.

Në këtë studim janë marrë si referencë rrjetet SFN Tiranë dhe Fier të një prej operatorëve të rrjetit numerik kombëtar. Rrjeti numerik kombëtar ka detyrimin të realizojnë një mbulim të popullsisë në masën prej 95% për zonat urbane dhe 70% për zonat rurale.

Për rastin e marrë në studim janë marrë në konsideratë të dhënat e mëposhtme të rrjetit aktual:

- Modeli i ngritjes numerike: 50x50 m
- Modeli i llogaritjes së forcës së fushës: IRT2D, gjatësia e antenës së marrësit 10 m, pa morfo
- Kufijtë e zbatimit: Sipas udhëzuesit për implementimin e DVB-T2
- Probabiliteti lokal: 95% urban dhe 90% periferike, 70% rurale dhe 50% periferike
- Link buxheti bazuar në ETSI TR 102 831
- Vlerat e link buxhetit janë të ngjashme me vlerat e forcës së fushës të përcaktuara nga EBU (raport EBU TECH 3348, maj 2011).
- Modulatori mbështet modulimin DVB-T2 në përputhje me EN 302 755.
- Modulatori mbështet skemat e mëposhtme të modulimit;
 - QPSK
 - 16 QAM
 - 64 QAM
 - 256 QAM
- Modulatori mbështet kanalet e bandwidthit 1,7 MHz, 5 MHz, 6 MHz, 7 MHz ose 8 MHz
- Modulatori mbështet intervale mbrojtëse nga 1/128 në 1/4
- Modulatori mbështet transportuesit 2K, 4K, 16K dhe 32K dhe mënyrën e zgjatur.
- Modulatori mbështet shpejtësitë e kodit nga 1/2 deri në 5/6.

Si më poshtë janë hartat e mbulimit të allotmenteve (rrjeteve lokale numerike SFN) Tiranë dhe Fier.

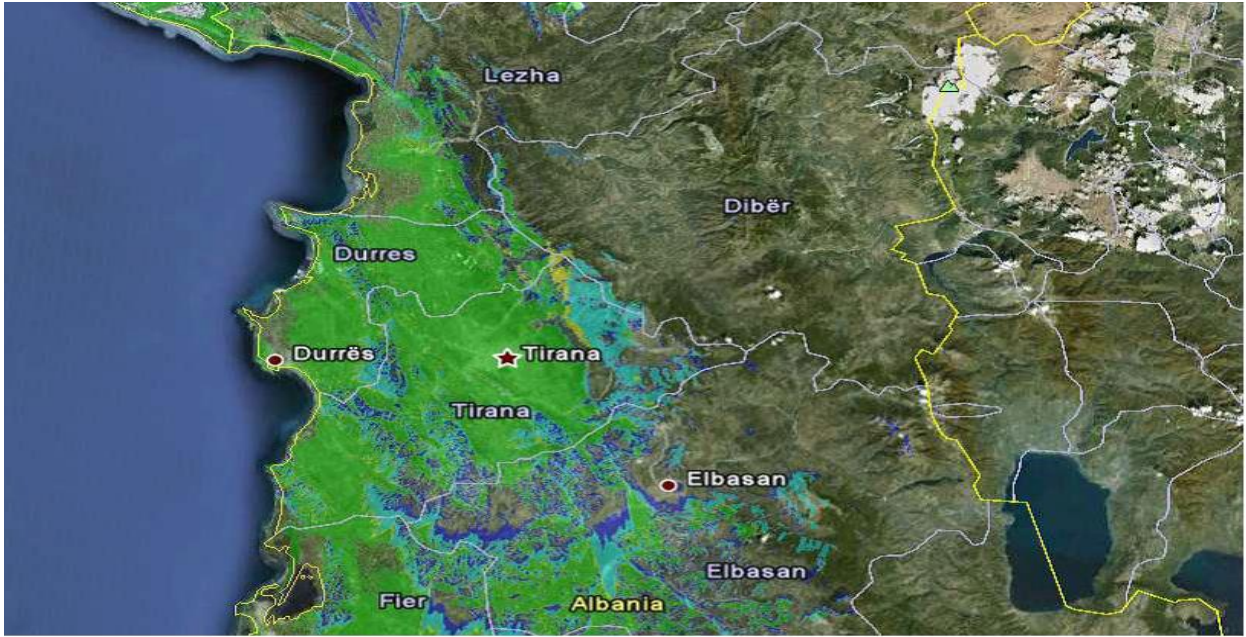


FIGURA 32: HAPËSIRAT E MBULIMI TË SFN TIRANË (AMA)



FIGURA 33: HAPËSIRAT E MBULIMI TË SFN FIER (AMA)

Distancat midis transmetuesve në SFN-të aktuale Tiranë dhe Fier:

Allotmenti Tiranë

Fushë Dajt - Kodër Ishëm 33.1 Km

Fushë Dajt- Kavajë 36.7 Km

Kodër Ishëm- Kavajë 39.7 Km

Allotmenti Fier

Likovun-Ardenicë 17.7 Km

Likovun- Ballsh 19.7 Km

Ardenicë- Ballsh 28 Km

| Callsign | Address | Info(2) | X Y Z code | Antenna (m) | Rad power (W) | Nominal power (W) | Frequency MHz | Azimuth (°) |
|------------|-------------|---------|--------------------------------------|-------------|---------------|-------------------|---------------|-------------|
| QFR_AL007D | Ardenice | Ch 28 | 19.35379 40.49290 160 4DMS | 50 | 2238 | 891 | 530 | 0 |
| QFR_AL007D | Ballsh | Ch 28 | 19.43050 40.35201 463 4DMS | 8 | 2238 | 891 | 530 | 0 |
| QFR_AL007D | Likovun | Ch 28 | 19.30559 40.40361 240 4DMS | 15 | 2238 | 891 | 530 | 0 |
| QTR_AL005D | Kavaje | Ch 53 | 19.33486 41.10545 36 4DMS | 35 | 724 | 457 | 730 | 0 |
| QTR_AL005D | Koder Ishem | Ch 53 | 19.35513 41.32211 137 4DMS | 15 | 724 | 457 | 730 | 200 |
| QTR_AL005D | Fushe Dajt | Ch 53 | 19.55182 41.22013 1613 4DMS | 15 | 724 | 457 | 730 | 0 |

TABELA 30: PARAMETRAT TEKNIKË TË STACIONEVE TRANSMETUES NE SFN-TË AKTUALE TIRANË DHE FIER (AMA)

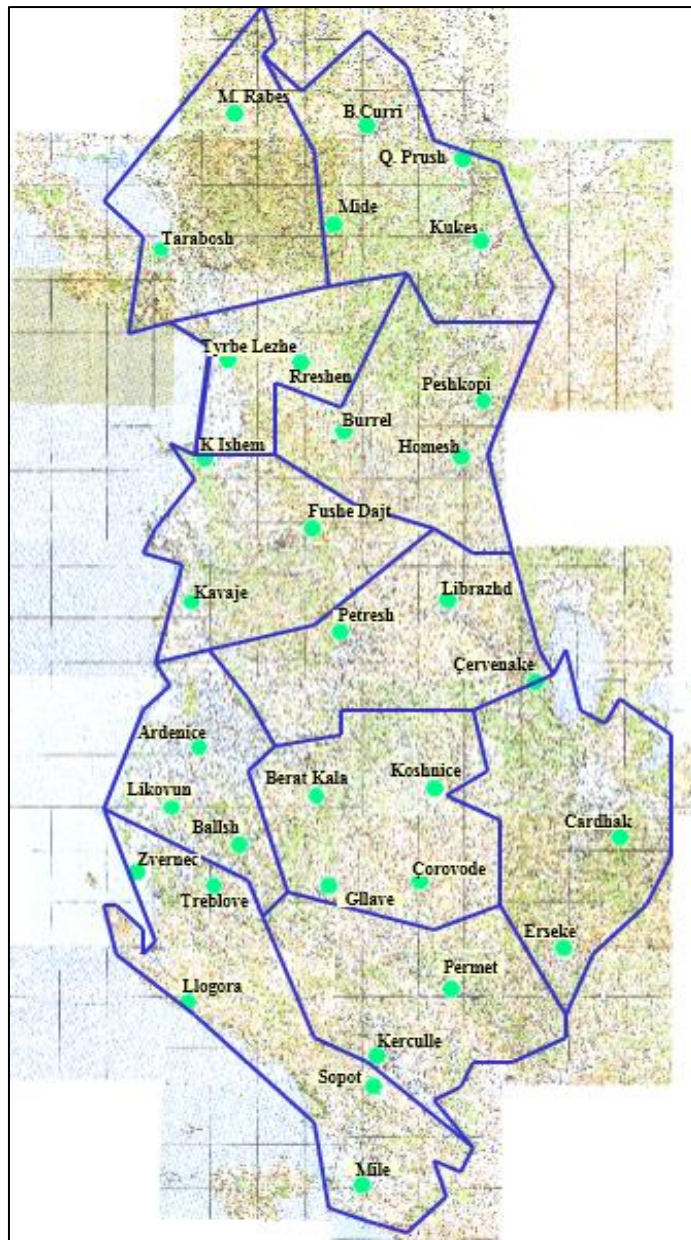


FIGURA 34: STACIONET TRANSMETUESE TË MBULIMIT KOMBËTAR (AMA)

Më poshtë tregohet harta e mbulimit aktual në alotmentet e Tiranës dhe Fierit.

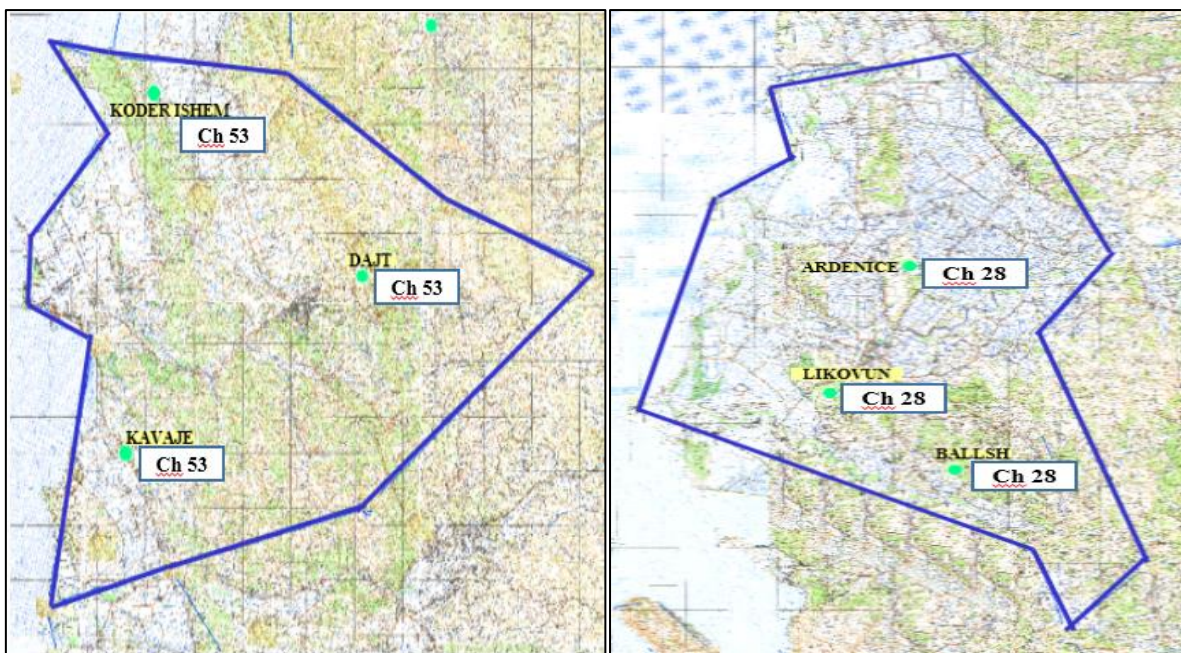


FIGURA 35: ALLOTMENTI I TIRANËS DHE FIERIT PARA OPTIMIZIMIT (AMA)

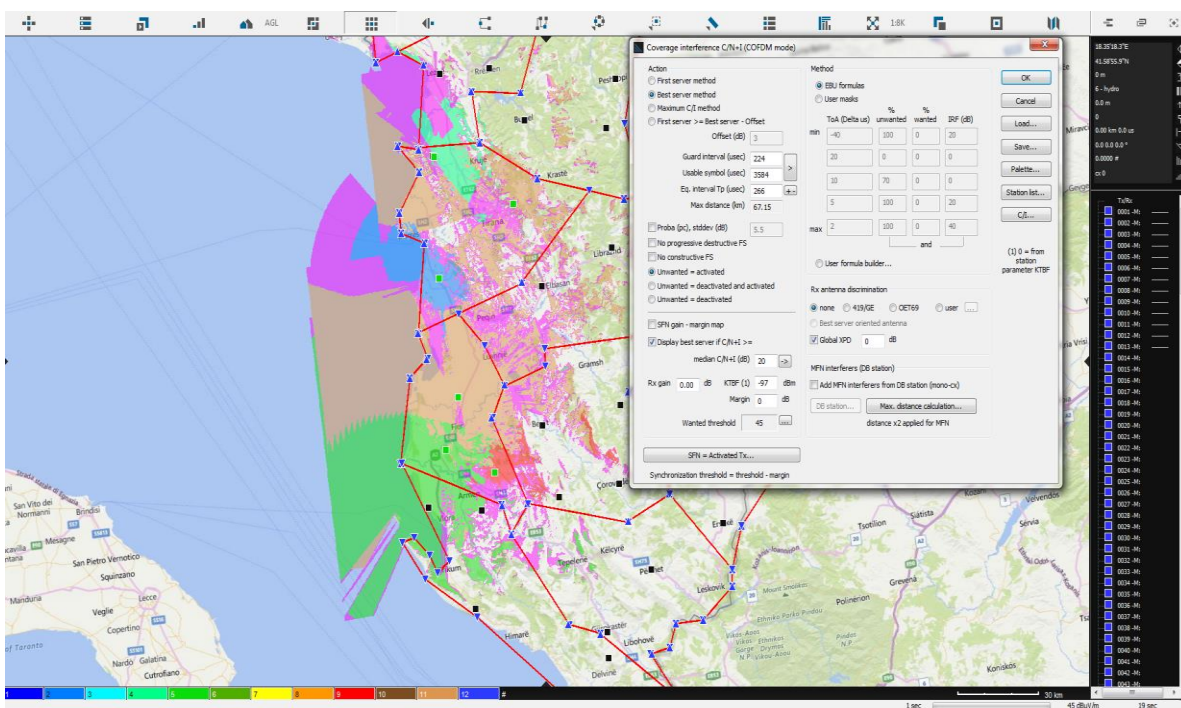


FIGURA 36: MBULIMI AKTUAL I SFN-VE TIRANË DHE FIER PËR EFEKT KRAHASIMI (AMA)

Allotmenti Tiranë - Fier

Fushë Dajt- Kodër Ishëm 33.1 Km

Fushë Dajt- Kavajë 36.7 Km

| | |
|-----------------------|----------|
| Kodër Ishëm- Kavajë | 39.7 Km |
| Fushë Dajt- Ardenicë | 66.4 Km |
| Fushë Dajt- Likovun | 84.1 Km |
| Fushë Dajt- Ballsh | 88 Km |
| Kodër Ishëm- Ardenicë | 79.1 Km |
| Kodër Ishëm- Ballsh | 105.6 Km |
| Kodër Ishëm- Likovun | 95.8 Km |
| Kavajë- Ardenicë | 39.6 Km |
| Kavajë- Likovun | 56.1 Km |
| Kavajë- Ballsh | 66.8 Km |
| Likovun-Ardenicë | 17.7 Km |
| Likovun- Ballsh | 19.7 Km |
| Ardenicë- Ballsh | 28 Km |

| Callsign | Address | Info(2) | X Y Z code | Antenna (m) | Rad power (W) | Nominal power (W) | Frequency MHz | Azimuth (°) |
|------------|-------------|---------|--------------------------------------|-------------|---------------|-------------------|---------------|-------------|
| QFR_AL007D | Ardenice | Ch 28 | 19 35379 40 49290 160 4DMS | 50 | 2238 | 891 | 530 | 0 |
| QFR_AL007D | Ballsh | Ch 28 | 19 43050 40 35201 463 4DMS | 8 | 2238 | 891 | 530 | 0 |
| QFR_AL007D | Likovun | Ch 28 | 19 30559 40 40361 240 4DMS | 15 | 2238 | 891 | 530 | 0 |
| QTR_AL005D | Kavaje | Ch 28 | 19 33486 41.10545 36 4DMS | 35 | 724 | 457 | 730 | 0 |
| QTR_AL005D | Koder Ishem | Ch 28 | 19 35513 41.32211 137 4DMS | 15 | 724 | 457 | 730 | 200 |
| QTR_AL005D | Fushe Dajt | Ch 28 | 19 55182 41.22013 1613 4DMS | 15 | 724 | 457 | 730 | 0 |

TABELA 31: PARAMETRAT TEKNIKË TË STACIONEVE TRANSMETUES NE SFN-NË E PROPOZUAR TIRANË-FIER (AMA)

5.3 METODOLOGJIA E APLIKUAR PËR OPTIMIZIMIN E MBULIMIT

Nisur nga fakti që teknologjia DVB-T2 ofron SFN me rreze mbulimi më të madh se DVB-T, optimizimi ka si objekt bashkimin e dy SFN-ve Tiranë dhe Fier si një rast studimi që siguron lirim të një frekuence, e cila i përket brezit të Dividentit të dytë Numerik (DD2). Bashkimi i dy SFN-ve, të cilat së bashku përbëjnë një MFN, do të bëhet duke garantuar që nuk preket Plani GE-06, me qëllim që të shmanget nevoja për koordinim me administratat e prekura, të cilat sic përcaktohet në këtë plan përfshijnë vendet fqinjë brenda rrezes 1000 km. Kjo do të thotë të ruhen të pandryshuar pozicionet e stacioneve transmetuese, nuk shtohen stacione të reja transmetuese (përveç përsëritësve kur konsiderohet e domosdoshme) si dhe ruhen fuqitë e tyre të transmetimit.

Hapësirat ku shtrihen dy rrjetet aktuale SFN të Tiranës dhe Fierit shfaqin një orografi shumë komplekse. Çdo pikë marrëse konsiderohet që mbulohet me shërbim vetëm nëse të dy kushtet $C > C_{min}$ dhe $C / I > (C / I)_{min}$ janë të përmbushur.

Për allotmentin e Tiranës aktualisht përdoret kanali frekuencor Ch 53 dhe për allotmentin e Fierit kanali Ch 28. Duke qenë se kanali Ch 53 bën pjesë në kanalet e brezit DD2 dhe duhet të

lirohet, atëhere në allotmentin e zgjeruar që mbulon dy allotmentet egzistuese Tiranë dhe Fier do të përdoret kanali Ch28.

Në studimin e kryer për realizimin e mbulimit me sinjal numerik të allotmentit të ri, është mbajtur parasysh mbulimi i territorit duke ruajtur apo përmirësuar kapacitetin e transmetimit dhe qëndrueshmërinë e sistemit. Gjithashtu, zgjerimi i rrjetit SFN Tiranë deri në masën që të mbulojë dhe allotmentin e Fierit bazohet në ruajtjen e pozicioneve të antenave transmetuese dhe të fuqive të tyre të transmetimit me qëllim shmangien e interferencave të jashtme. Me qëllim mbrojtjen nga interferencat e jashtme janë nënshkruar disa marrëveshje ndërkufitare koordinimi me vendet fqinjë, të cila janë marrë në konsideratë gjatë këtij studimi.

Optimizimi i mbulimit është kryer bazuar në simulimet me programin profesional të planifikimit të frekuencave audio/audiovizive “HTZ Communications”.

Mbulimi me shërbim televiziv digjital karakterizohet nga një kalim shumë i shpejtë nga marrja gati perfekte e sinjalit në humbjen e plotë të tij dhe si e tillë bëhet shumë e vështirë mundësia e përcaktimit të saktë të zonave të mbuluara me sinjal dhe atyre ku mbulimi mungon pothuajse tërësisht. Mbulim "i mirë" konsiderohet rasti kur 95% e vendndodhjeve brenda një zone të vogël janë të mbuluara dhe "e pranueshme" kur 70% e vendndodhjeve brenda një zone të vogël janë të mbuluara.

Bazuar në analizat e parametrave teknik të rrjetit SFN në teknologjinë DVB-T2, si në Kapitullin IV, janë klasifikuar si më të përshtatshme konfigurimet e renditura më poshtë për rrjetin SFN që mbulon dy allotmentet egzistuese Tiranë dhe Fier:

- BW 8MHz, 256QAM, FEC 2/3, 32k, GI 19/256, PP2;
- BW 8MHz, 256 QAM, FEC 2/3, 32k, GI 19/256, PP4;
- BW 8MHz, 256 QAM, FEC 3/4, 32k, GI 19/256, PP2;
- BW 8MHz, 256 QAM, FEC 3/4, 32k, GI 19/256, PP4;
- BW 8MHz, 256 QAM, FEC 2/3, 32k, GI 1/8, PP2;
- BW 8MHz, 256 QAM, FEC 2/3, 32k, GI 1/8, PP2;

Optimizimi i mbulimit është organizuar në tre hapa:

- Së pari, nëpërmjet programin profesional të planifikimit të frekuencave audio/audiovizive “HTZ Communications”, u simuluan tetë konfigurimet e rrjetit të indentifikuara si më të përshtatshme. Konfigurimet me interval mbrojtje 1/8 paraqesin një nivel interferencash dukshëm më të vogël krahasuar me rastin kur intervali i mbrojtjes është 1/8.
- SFN-të paraqesin avantazhin e zgjerimit të rrjetit duke shtuar përsëritës pa nevojën e ri-planifikimit. Për përmirësim e zonës së mbuluar nga SFN Tiranë – Fier në konfigurimet e sipërpërmëndur shtohen katër përsëritësa (Gap Fillers) me fuqi 50 W, përkatësisht:

- ✓ Grabian
- ✓ Mali i Dajtit,
- ✓ Sheshi
- ✓ Kodër Durrës

Rezultatet tregojnë një mbulim më të mirë dhe nivel më të ulët interferencash.

➤ Së fundmi bëhet simulimi i vonesat statike të transmetuesve të SFN-së së re Tiranë-Fier me qëllim reduktimin e zonave të vet-interferuara. Ky simulim kryhet bazuar në programin profesional të planifikimit të frekuencave audio/audiovizive “HTZ Communications”. Niveli i interferencave përmirësohet me rreth 5%.

Koha e emetimit të secilit simbol COFDM mund të rregullohet (d.m.th., vonesat) në një përqindje të caktuar të intervalit të mbrojtjes. Ky quhet "rregullimi i vonesës statike SFN" dhe ndryshon konfigurimin e vonesës relative në secilin pikë të zonës së mbulimit.

Studimi i referohet rekomandimeve të ITU-së mbi humbjet e përhapjes së valës elektromagnetike, si dhe mbi aspektet teknike të planifikimit të rrjetit dhe frekuencës në teknologjinë DVB-T2, konkretisht:

- Rekomandimi ITU-R P.370-7 është një metodë parashikimi që përdoret në planifikimin e shërbimeve audiovizive në brezat VHF dhe UHF, që bazohet në njohuri mbi lartësinë e tokës. Ajo bazohet gjithashtu në një sintezë të matjes së forcës së fushës të marrë nga situata e ndryshme: ndryshueshmëria e vendndodhjes dhe kohës, lartësia e antenës transmetuese dhe marrëse, gradienti i indeksit të refraktimit atmosferik, lloji i brezit të frekuencës (VHF ose UHF) , tipi i rrugës së transmetimit (toka, deti i ftohtë, det i ngrohtë). Përveç kësaj, është e mundur që në një mënyrë opsionale të përfshijë korrigjimet e parregullsive në gjeometrinë e tokës, duke kërkuar pastaj njohuri të plota të vlerave të modelit digjital të lartësisë (DEM) përgjatë rrugës së transmetimit. Disi, ky model është statistikor, dhe zbatimi i tij është mjaft i shpejtë dhe i lehtë për t'u përdorur.
- Rekomandimi ITU-R 1546-5- “The method for point-to-area forecasts for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3 000 MHz”. Rekomandimi ITU-R P.1546 është një metodë parashikimi pikë-hapësirë VHF / UHF (30MHz deri 3000MHz) për përdorim në planifikimin dhe koordinimin e shërbimeve të transmetimit tokësor audioviziv dhe të lëvizshmëm. Modeli bazohet në një grup thelbësor të kurbave që derivojnë nga matjet të cilat marrin në konsideratë faktorë të ndryshëm duke përfshirë: ndryshueshmërinë e vendndodhjes dhe kohës, lartësitë e antenave transmetuese dhe marrëse, kushtet atmosferike, gradientin e indeksit të thyerjes atmosferike, brezin e

frekuencave dhe tipin e rrugës së transmetimit (toka, deti i ftohtë, deti i ngrohtë dhe i përzier). Përveç kësaj, metoda përfshin korrigjimet për pengesat në tokë që rrjedhin nga një model digjital i lartësisë (DEM) përgjatë profilit të rrugës.

Një element i vlerësuar me kujdes në këtë punim, me ndikim të drejtëpërdrejt në përdorimin eficient të spektrit, është distanca e ripërdorimit të frekuencës për të shmangur interferencën ndërmjet kanaleve të njëjta (co-channel). Ky parametër ka një ndikim të rëndësishëm në numrin e kanaleve të kërkuara për të mbuluar një zonë më të madhe. Në këtë analizë janë marrë në konsideratë, gjithashtu, detyrimet e ndërsjellta që rrjedhin nga marrëveshje dypalëshe apo shumëpalëshe dhe koordinimet ndërkombëtare të përdorimit të frekuencave.

Rezultat i këtij procesi është gjetja e konfigurimit të parametrateve teknik më të favorshme për mbulimin brenda kërkesave të rrjetit SFN Tiranë-Fier.

Në modelin teorik të marrësve COFDM DVB-T/T2, në rastin e SFN-ve, sasia e përgjithshme e sinjaleve të marra brenda intervalit të mbrojtjes në marrës kontribuojnë në fuqinë totale të sinjalit të dobishëm. Ndërkohë, jehona që vjen nga transmetuesit, vonesa relative e të cilëve tejkalon intervalin e mbrojtjes, kontribuojnë në fuqinë totale të sinjaleve interfereruese.

Në tabelën 32 paraqiten parametrat që optimizohen apo ndikohen nga ky optimizim.

| PARAMETRAT E TRANSMETIMIT | SFN TIRANE | SFN FIER | PARAMETRAT QE OPTIMIZOHET | PARAMETRA QE PREKEN NGA NDRYSHIMET |
|------------------------------|--------------|--------------|---------------------------|------------------------------------|
| MËNYRA COFDM | 32k-ext | 32k-ext | - | - |
| INTERVALI I MBROJTJES | 1/16 | 1/16 | PO | - |
| MODULIMI | 64 QAM | 64 QAM | PO | - |
| KANALI UHF (FREKUENCA) | 53 (730 MHz) | 28 (530 MHz) | PO | PO |
| MODELI PILOT | PP4 | PP4 | PO | - |
| RAPORTI I KODEVE (FEC) | 3/4 | 3/4 | PO | - |
| KONSTELACION I RROTULLUAR | Po | Po | - | - |
| SHPEJTËSIA MAKSIMALE E BITIT | 31.2 Mbps | 31.2 Mbps | - | PO |
| CNR MINIMALE (RICE) | 20.7 dB | 20.7 dB | - | PO |
| DISTANCA MAKSIMALE SFN | 39.7 km | 28 km | - | PO |

TABELA 32: PARAMETRAT TEKNIKË QË OPTIMIZOHEN APO INFLUENCOHEN NGA OPTIMIZIMI

5.3.1 SIMULIMI I VONESAVE STATISTIKE

Optimizimi i mbulimit bazuar në simulimin e vonesave statistike ka avantazhet e mëposhtme:

- Çdo operator rrjeti mund të zbatojë konfigurimin e vet të kompensimit të kohës pa ndikuar në shërbimin e rrjeteve të operatorëve të tjerë;
- Ndryshe nga rasti i ndryshimit të frekuencave, ndryshimi në kompensimin e kohës nuk kërkon një investim të konsiderueshëm;
- Konfigurimet e optimizuara të kompensimit të kohës përmirësojnë ndjeshëm mbulimin.
- Nëse identifikohet një zonë problematike, algoritmi lejon një llogaritje relativisht të shpejtë duke modifikuar konfigurimin e stacioneve të caktuara transmetuese dhe duke zbuluar ndikimin e këtyre modifikimeve në pika testimi të tjera,
- Nëse problemi nuk ka një zgjidhje me stacionet ekzistuese, ai mundëson dedektimin e shpejtë nëse shtimi i një stacioni përsëritës mund të zvogëlojë problemin.

Në SFN mundësohet një rregullim statik i vonesave në mënyrë që diferenca kohore e sinjaleve marrje të arrijë brenda Intervalit të Mbrojtjes. Rregullimi statik i vonesës kryhet duke përshtatur kohën e nisjes së sinjalit nga secili stacion transmetimi me një ndikim të drejtpërdrejtë në konfigurimin relativ të vonesës në secilën vendndodhje.

Modeli i simulimit të rrjetit përfshin bazën e të dhënave të lartësive të terrenit, të përcaktuara përgjithësisht nga një saktësi e rrjetit 100 100 milion. Në studimin tonë, QoS mbetet një vlerë e caktuar në prapësi të kërkuar për funksionimin e normal të sistemit DVB-T2.

Simulimi është realizuar në programin profesional HTZ Communications. Funkcioni i përdorur është interferenca globale simulcast. Ky funksion përcakton interferencat e rrjetit SFN në varësi të diferencës së kohës së mbërritjes të sinjalit në çdo piksel të zonës së mbulimit. Një pikë e caktuar në zonën e mbuluar konsiderohet e interfereruar, kur të gjitha sinjalet e marra janë mbi nivelin e përcaktuar të threshold. Threshold është konsideruar në nivelin 45 dBuV/m (teknologjia DVB-T2, banda IV/V fikse). Rezultati i interferencës paraqitet me ngjyrë rozë.

Me qëllim reduktimin e interferencave simulcast lind nevoja e përcaktimit të kohës së vonesës për çdo stacion transmetimi të aktivizuar.

Opsioni i përdorur është Interferenca Globale Simulcast. Ky opsion përdoret për të llogaritur interferencën e rrjetit SFN në varësi të ndryshimit të kohës së mbërritjes në secilin piksel të mbuluar me shërbim.

Llogaritja realizohet nga mbulimi më i mirë me shërbim i rrjetit (best server coverage), duke përcaktuar disa parametra teknik, si koha e vonesës ToA (Koha e Arritjes) minimale dhe

maksimale, raportin C/I, delta ToA, etj. Kjo llogaritje përcakton raportin C/I së bashku me delta ToA relative.

Δ ToA do të llogaritet në mënyrën "përhapja e vonesës". Përhapja e vonesës së shumë rrugëve për N sinjalet simulcast përcaktohet nga formula e mëposhtme:

$$T_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N P_i d_i^2}{\sum_{i=1}^N P_i} - \frac{(\sum_{i=1}^N P_i d_i)^2}{(\sum_{i=1}^N P_i)^2}} \quad (5.12)$$

Ku P_i dhe d_i janë përkatësisht fuqia dhe vonesa e sinjalit të i-të.

Tabela përcakton vlerat e ndryshme të Δ ToA dhe raportet përkatëse të kërkuara C / I për kompensime të ndryshme në frekuencë "Frequency Offset". Vlera më e ulët e Δ ToA korrespondon me Intervalin e Mbrojtjes.

- Δ ToA: Në μ s me minimum = Interval i Mbrojtjes.
- Përqindja (PC): Përqindja e fuqisë ndërhyrëse që korrespondon me Δ ToA, C/I të kërkuar dhe kompensimin e frekuencës.
- DF1 deri në 5 (kHz): Për të përcaktuar 5 kompensime të ndryshme në frekuencë për secilin Δ ToA.
- C/I 1 deri 5 (dB): Për të përcaktuar deri në 5 raporte të ndryshme në dB për secilin Δ ToA dhe për kompensimin përkatës në frekuencë.

5.4 SIMULIMET PËR OPTIMIZIMIN E MBULIMIT

5.4.1 OPTIMIZIMI I RRJETIT SFN NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP2

Për këtë konfigurim, referuar dokumentit të Bashkimit të Transmetuesve Evropian - EBUtech3384, vërejmë se: C/N+I=21 dB, Rx gain=11 dB, threshold=49 dBuV/m, receiver input impedance=75 om dhe antenna gain relative to half dipole=11 dB.

Bazuar në programin e simulimit të këtij konfigurimi rezulton se kapaciteti i transmetimit është përafërsisht 34.9 Mbit/s.

| | | | | |
|---|---|------------------------------------|------------|-----------|
| FFT | Pilot pattern | GIF | Modulation | Code rate |
| 32 | PP2 | 19/256 | 256-QAM | 2/3 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Extended carrier mode | <input checked="" type="checkbox"/> HEM | | | |
| <input type="checkbox"/> Short FECFRAME | <input type="checkbox"/> ISSY | <input type="checkbox"/> ISSY Long | | |
| <input type="checkbox"/> MISO | <input type="checkbox"/> DNP | | | |
| <input type="checkbox"/> Repetition | <input type="checkbox"/> FEF | | | |
| NP2= 1 | | | | |
| CP2= 22432 | | | | |
| Cdata= 25412 | | | | |
| CFC= 21395 | | | | |
| Lfmax = 68 | | | | |
| Tf = 262.024 | | | | |
| Kbcn = 43040 | | | | |
| Ncell = 8100 | | | | |
| NBmax = 212 | | | | |
| Bma = -1 | | | | |
| Bit rate= 34.9442162378562 | | | | |

FIGURA 37: LLOGARITJA E KAPACITETIT TË TRANSMETIMIT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP2

| | | | |
|---|--------------|----------------------|--------|
| FFT size | 32k | | |
| Carrier mode | Extended | | |
| Pilot pattern | PP2 | | |
| Band | IV/V | | |
| Receiver input impedance | 75 | | |
| Reception mode | Fixed | | |
| Antenna | Rooftop | | |
| Modulation-FEC | 256QAM-2/3 | | |
| Validate system variant | Possible | | |
| Coverage target | 70% | | |
| C/N required by system | C/N | dB | 21.2 |
| Receiver noise figure | F | dB | 6 |
| Equivalent noise bandwidth | B | MHz | 7.77 |
| Receiver noise input power** | P_n | dBW | -129.1 |
| Min. receiver signal input power | $P_{s\ min}$ | dBW | -107.9 |
| Min. equivalent receiver input voltage, 75 Ω | U_{min} | dB μ V | 30.9 |
| Feeder loss | L_f | dB | 4 |
| Antenna gain relative to half dipole | G_d | dB | 11 |
| Effective antenna aperture | A_a | dBm ² | -4.6 |
| Min power flux-density at receiving location | Φ_{min} | dB(W)/m ² | -99.3 |
| Min equivalent field strength at receiving location | E_{min} | dB μ V/m | 46.5 |
| Allowance for man-made noise | P_{noise} | dB | 0 |
| Penetration loss (building or vehicle) | L_b, L_v | dB | 0 |
| Standard deviation of the penetration loss | | dB | 0 |
| Diversity gain | Div | dB | 0 |
| Distribution factor | | dB | 0.52 |
| Standard deviation | | dB | 5.5 |
| Location correction factor | C_l | dB | 2.860 |
| Minimum median equivalent field strength at reception height; 50% time and 50% locations*** | E_{med} | dB μ V/m | 49.4 |

TABELA 33 : PARAMETRAT E TRANSMETIMIT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP2

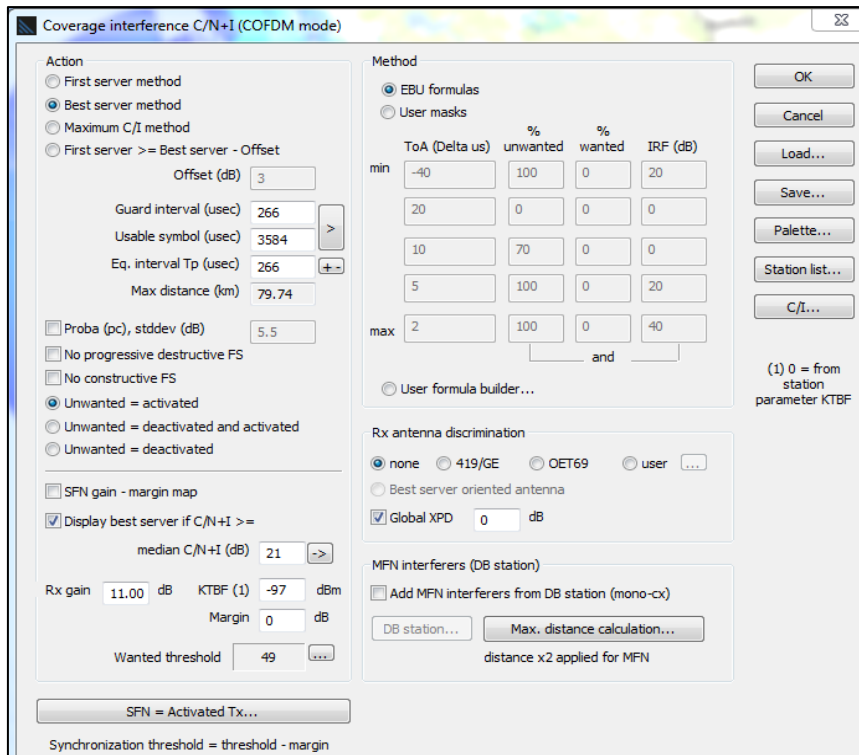


FIGURA 38: PARAMETRAT TEKNIKË TË MARRËSIT PËR SIMULIMIN E KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP2

Bazuar në parametrat teknik të përzgjedhur do të kryejmë simulimin e mbulimit me sinjal. Në figurat më poshtë jepet një krahasim i simulimit të zonës së mbulimit pa gapfiller me zonën e mbulimit me gapfiller. Sic vihet re dhe në Figurën 39, kemi një përmirësim të dukshëm të mbulimit me sinjal pas vendosjes së gapfillerave.

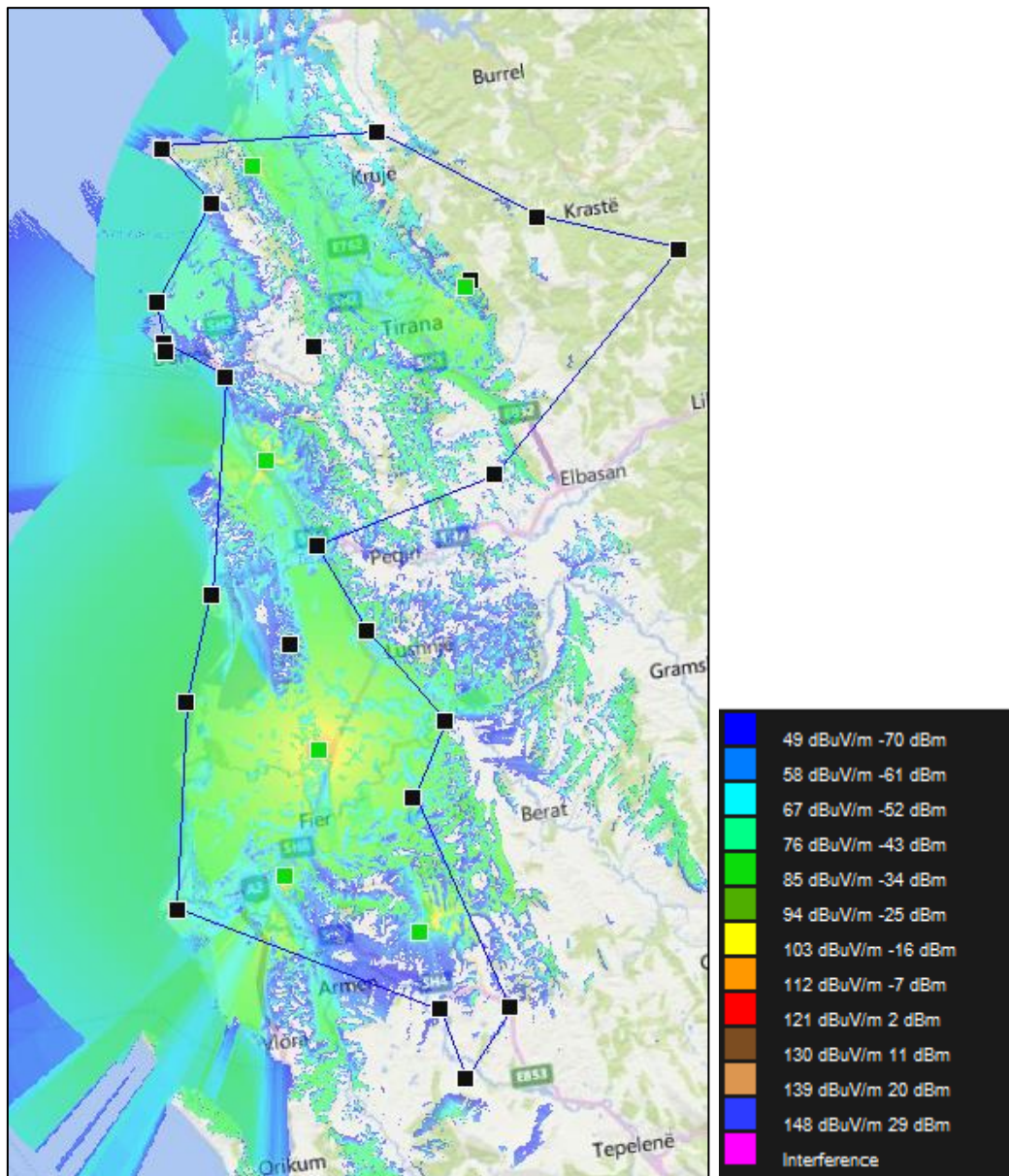


FIGURA 39: SIMULIMI I MBULIMIT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32k, GI 19/256, PP2

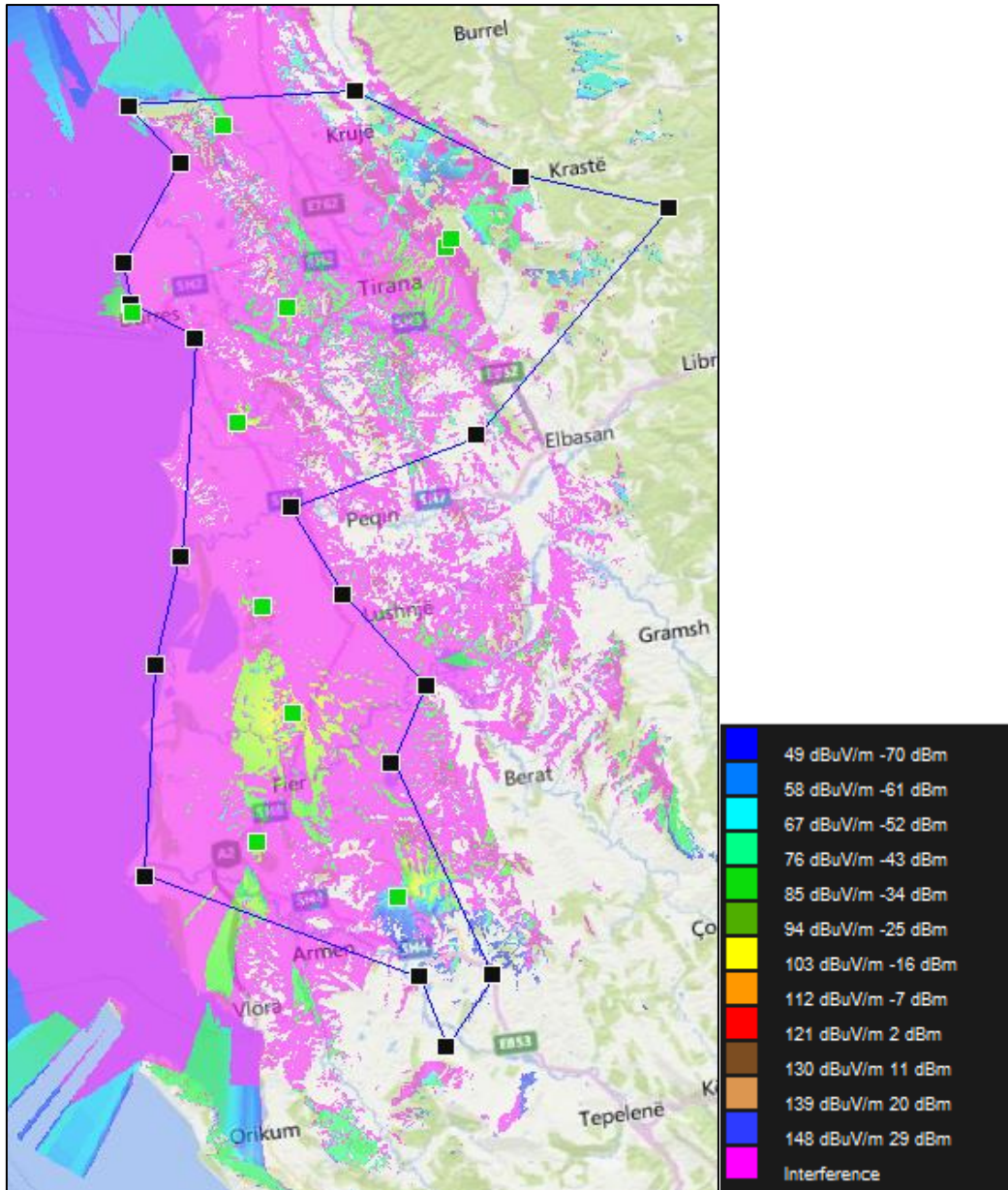


FIGURA 40: SIMULIMI I INTERFERENCËS GLOBALE SIMULCAST PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP2

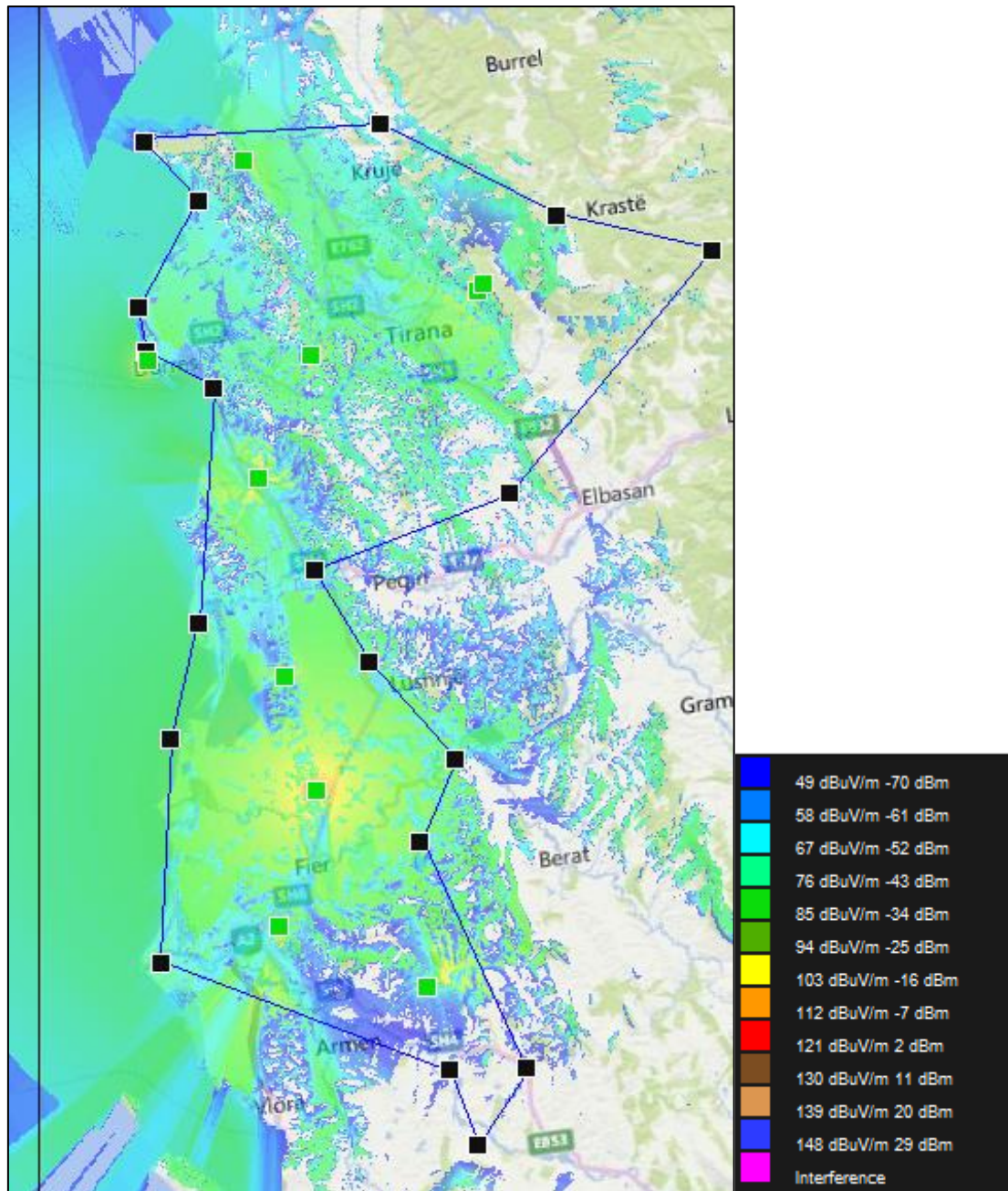


FIGURA 41: SIMULIMI I MBULIMIT MBASI SHTOHEN PËRSËRITËSAT (GAPFILLER) PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32k, GI 19/256, PP2

Pas përcaktimit të kohë vonesave llogaritet e interferenca referuar raportit C/N+I (COFDM mode).

Programi profesional të lejon të ekstraktosh vetëm nivelin e interferencave i cili paraqitet me ngjyrën rozë. Për konfigurimin e rrjetit SFN_DVB-T2, 256QAM, FEC 2/3, 32k, GI 19/256, PP2, mbasi shtohen përsëritësit, vetë-interenca rezulton si në Figurat 42 dhe 43.

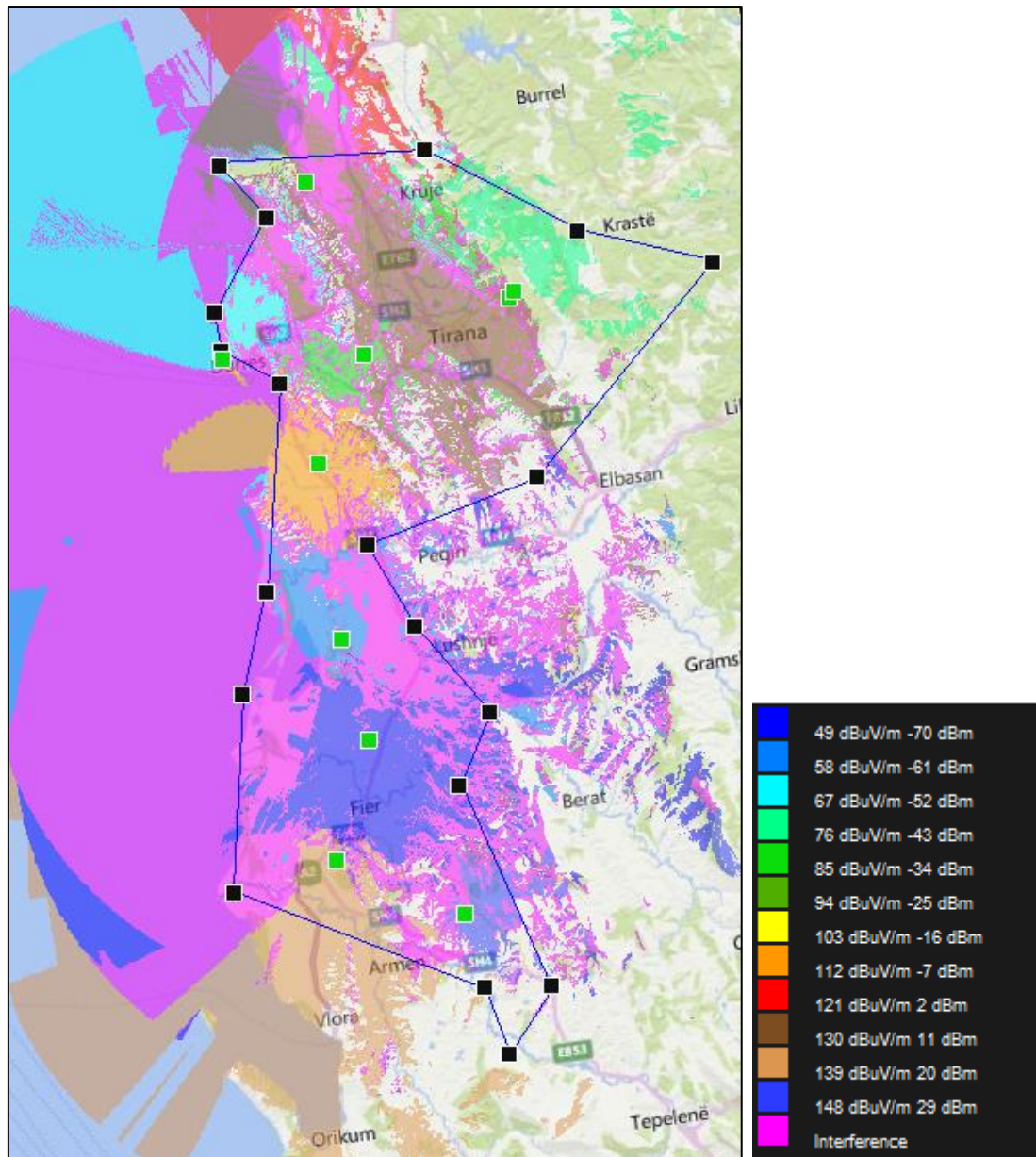


FIGURA 42: NIVELI INTERFERENCAVE REFERUAR RAPORTIT C/N+ I PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP2, PASI SHTOHEH STACIONET PËRSËRITËS

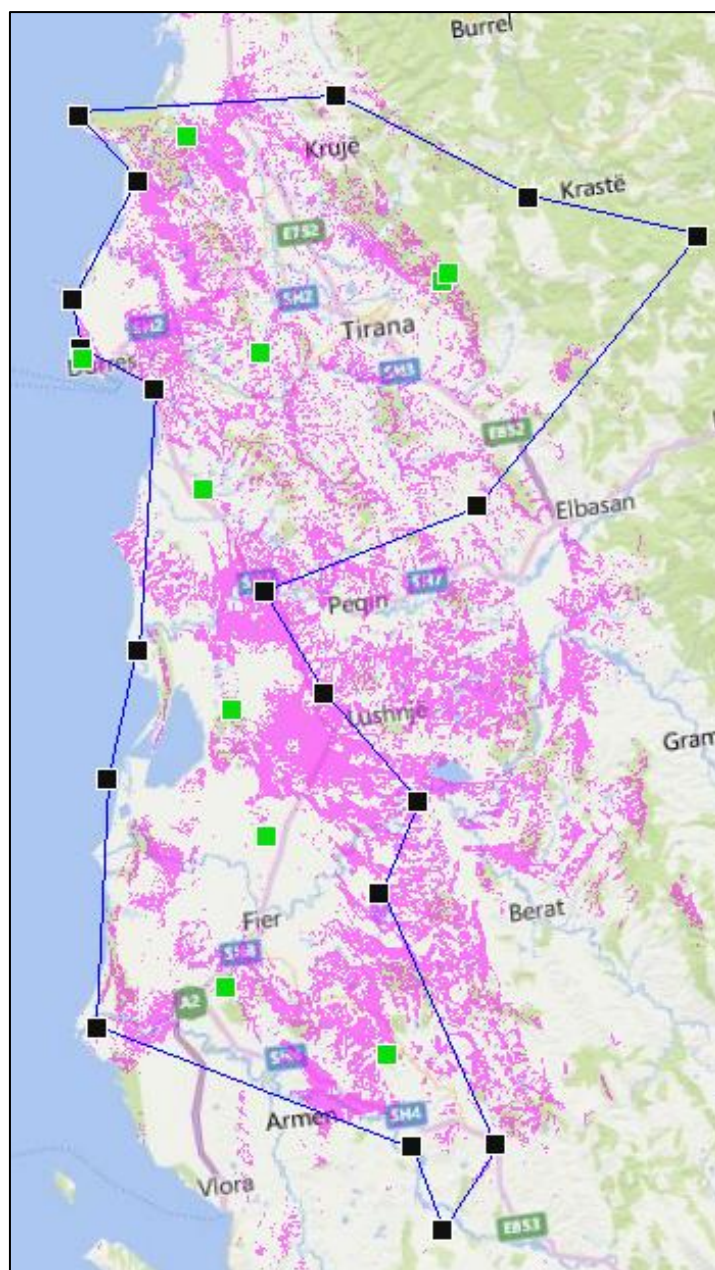


FIGURA 43: NIVELI I INTERFERENCAVE MBASI SHTOHEN PËRSËRITËSAT NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP2

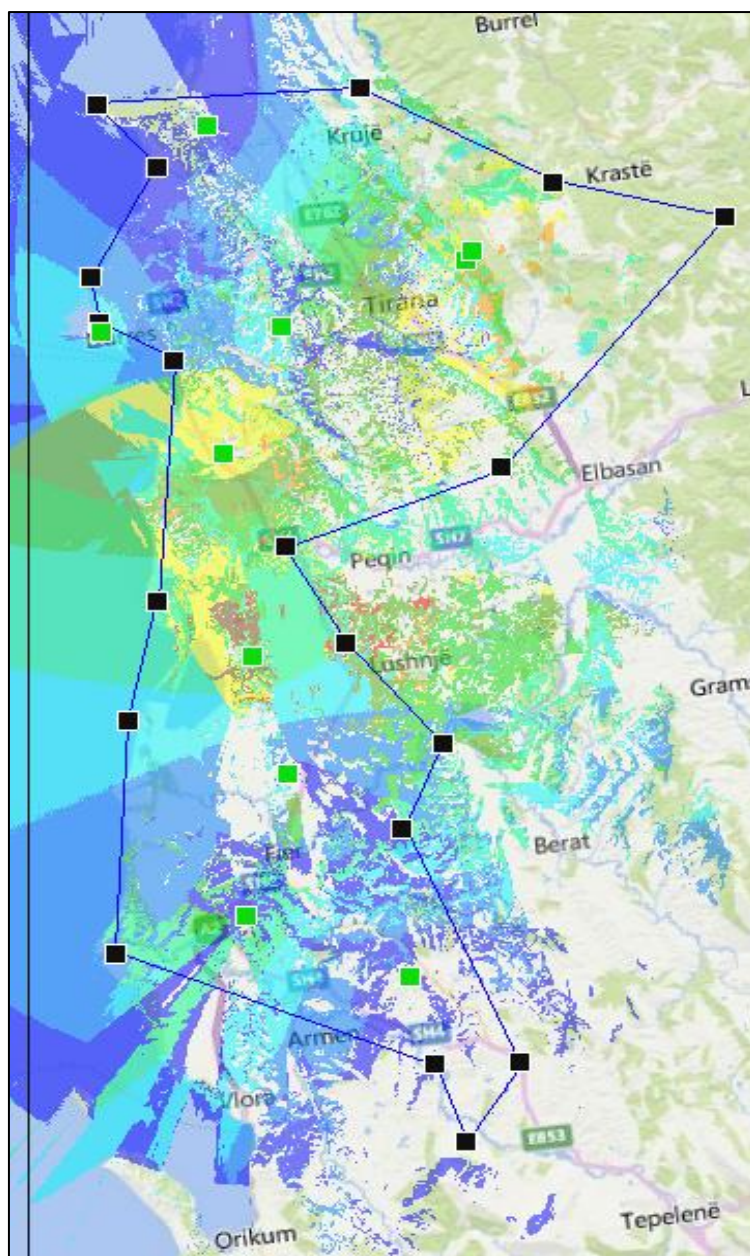


FIGURA 44: CAKTIMI I KOHËS SË VONESËS PËR ÇDO STACION TRANSMETUES NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP2

GLOBAL INTERFERENCES 4.478429 % OF THE MAP

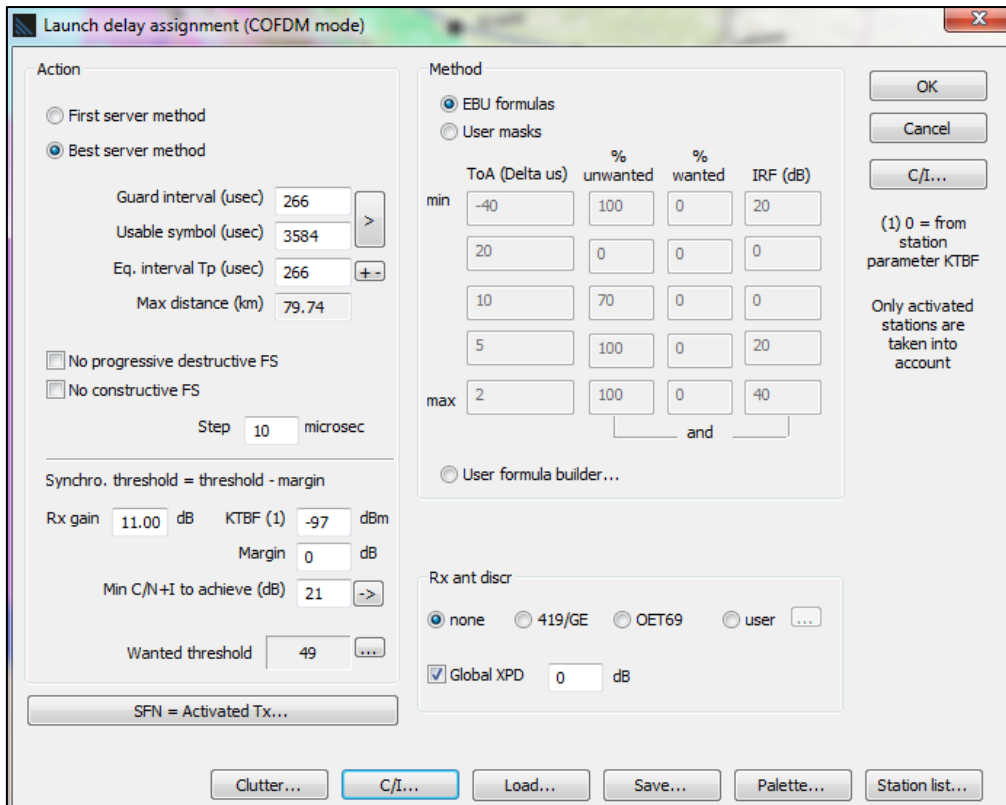


FIGURA 45: PARAMETRAT TEKNIKË TË MARRËSIT PËR SIMULIMIN E KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 2/3, 32k, GI 19/256, PP2

Launch delay

| BST | Callsign | Address | Delay (us) |
|-----|-------------|--------------|------------|
| 20 | Operatori 1 | Kavaja | 100 |
| 21 | Operatori 1 | Koder Ishem | 90 |
| 22 | Operatori 1 | Fushe Dajti | 20 |
| 23 | Operatori 1 | Likovun | 50 |
| 24 | Operatori 1 | Ballshi | 60 |
| 25 | Operatori 1 | Ardenice | 0 |
| 26 | Operatori 1 | Grabjan | 80 |
| 27 | Operatori 1 | Durres koder | 110 |
| 28 | Operatori 1 | Dajti | 20 |
| 29 | Operatori 1 | Sheshi | 90 |

TABELA 34: PËRCAKTIMI I KOHË VONESAVE PËR SIMULIMIN E KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 2/3, 32k, GI 19/256, PP2

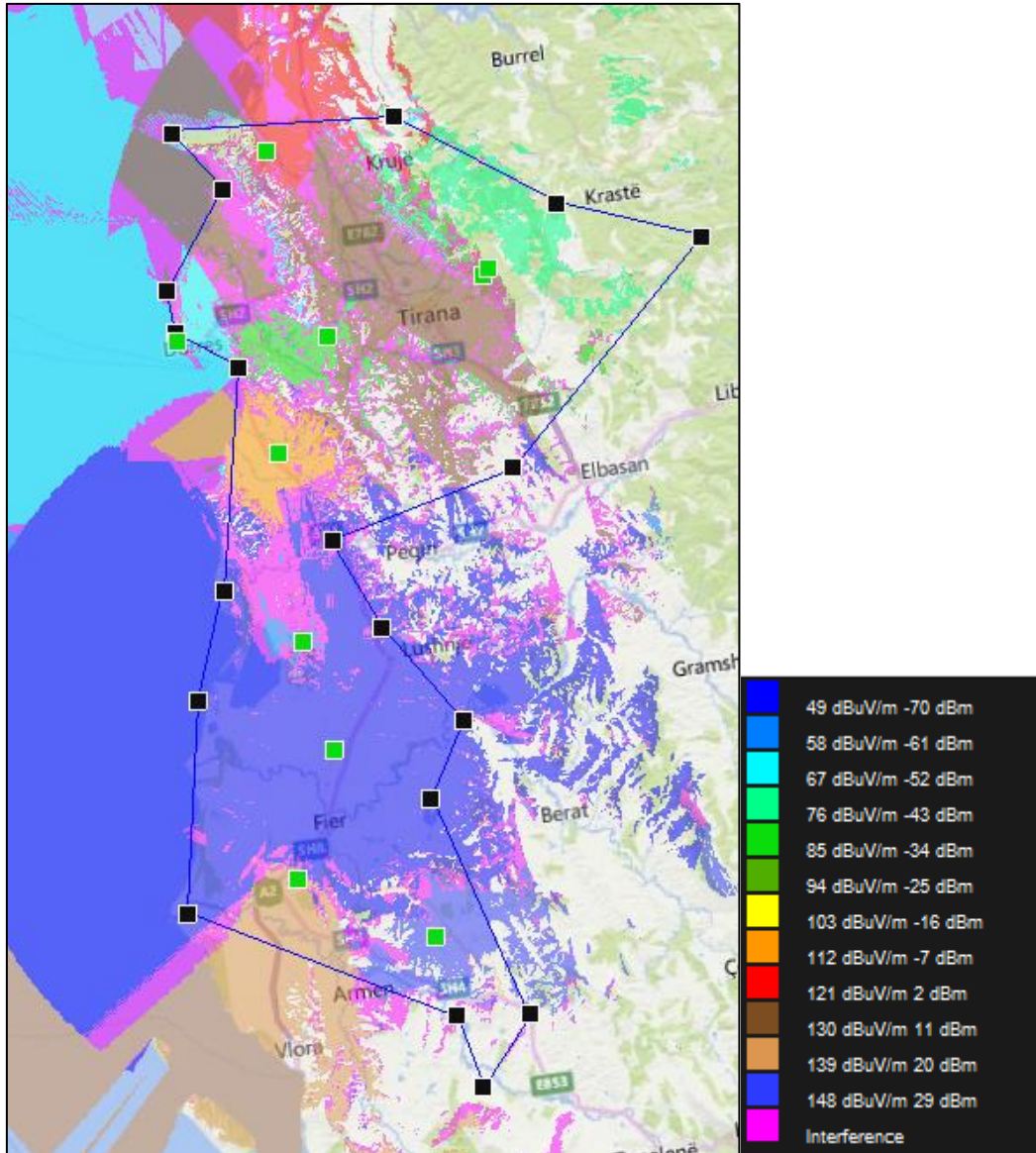


FIGURA 46: NIVELI I INTERFERENCAVE PAS SIMULIMIT TË VONESAVE STATIKE NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP2

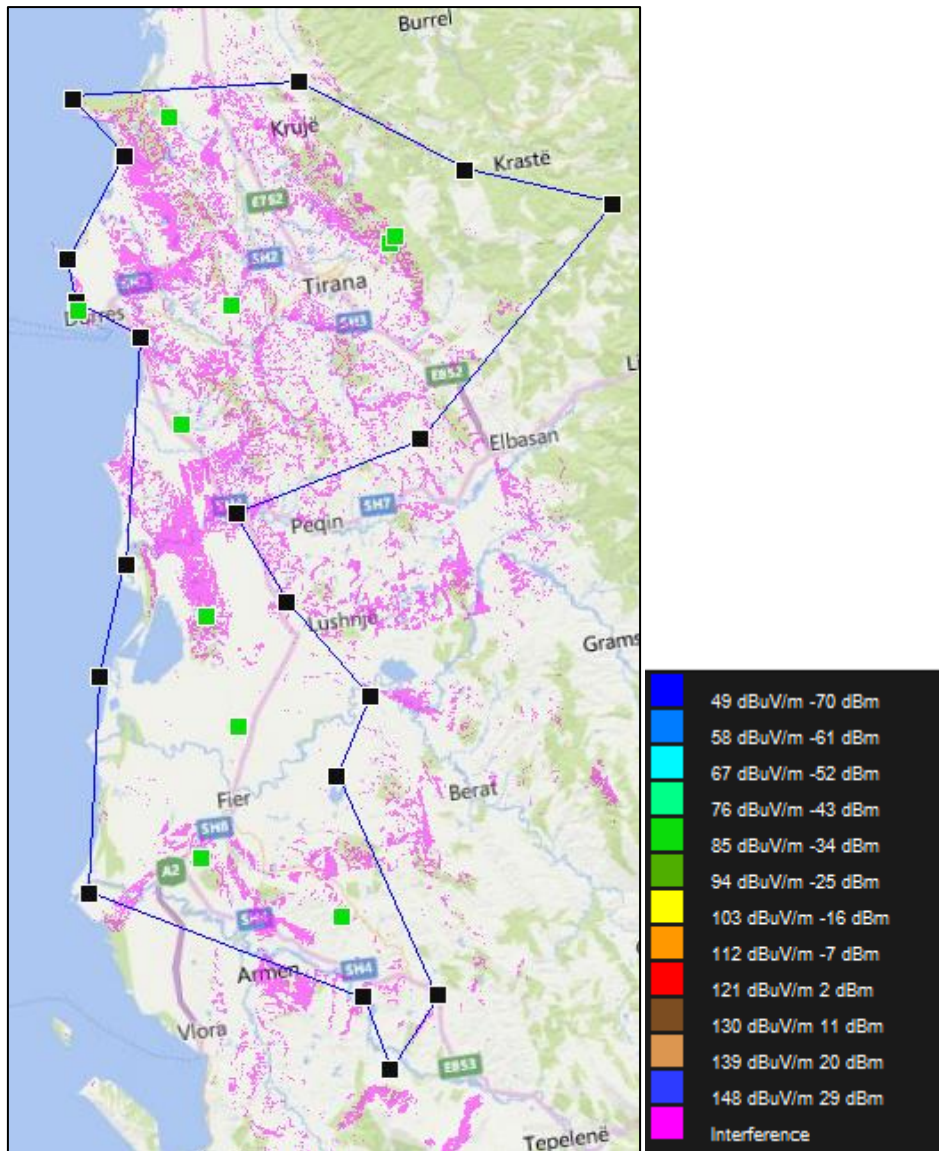


FIGURA 47: VETËM INTERFERENCAT PAS SIMULIMIT TË VONESAVE STATIKE NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP2

5.4.2 OPTIMIZIMI I RRJETIT SFN NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256 PP4

Në rastin se do të përzgjedhim Pilot Pathern PP4 në konfigurim 256QAM, FEC 2/3, 32k, GI 19/256, parametrat që do të vendosen manualisht në program janë të ngjashme si në rastin kur u përdor PP2 (konkretisht $C/N+I=20.8\text{ dB}=21\text{ dB}$ dhe $\text{threshold}=49\text{ dBuV/m}$), nuk pasqyrojnë ndryshime në lidhje me mbulimin dhe interferencat e brendshme. Ndryshimi i vetëm është rritja e kapacitetit të transmetimit të rrjetit, për afërsisht 36.4 Mbit/s.

| | | | | |
|---|---|------------------------------------|------------|-----------|
| FFT | Pilot pattern | GIF | Modulation | Code rate |
| 32 | PP4 | 19/256 | 256-QAM | 2/3 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Extended carrier mode | <input checked="" type="checkbox"/> HEM | | | |
| <input type="checkbox"/> Short FECFRAME | <input type="checkbox"/> ISSY | <input type="checkbox"/> ISSY Long | | |
| <input type="checkbox"/> MISO | <input type="checkbox"/> DNP | | | |
| <input type="checkbox"/> Repetition | <input type="checkbox"/> FEF | | | |
| NP2= 1 | | | | |
| CP2= 22432 | | | | |
| Cdata= 26572 | | | | |
| CFC= 23127 | | | | |
| L _{fmax} = 68 | | | | |
| T _f = 262.024 | | | | |
| K _{bcn} = 43040 | | | | |
| N _{cell} = 8100 | | | | |
| NB _{max} = 221 | | | | |
| B _{ma} = -1 | | | | |
| Bit rate= 36.4276971158784 | | | | |

TABELA 35: LLOGARITJA E KAPACITETIT TË TRANSMETIMIT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32k, GI 19/256, PP4

| | | | |
|---|--------------|----------------------|--------|
| FFT size | 32k | | |
| Carrier mode | Extended | | |
| Pilot pattern | PP4 | | |
| Band | IV/V | | |
| Receiver input impedance | 75 | | |
| Reception mode | Fixed | | |
| Antenna | Rooftop | | |
| Modulation-FEC | 256QAM-2/3 | | |
| Validate system variant | Possible | | |
| Coverage target | 70% | | |
| C/N required by system | C/N | dB | 20.8 |
| Receiver noise figure | F | dB | 6 |
| Equivalent noise bandwidth | B | MHz | 7.77 |
| Receiver noise input power** | P_n | dBW | -129.1 |
| Min. receiver signal input power | $P_{r, min}$ | dBW | -108.3 |
| Min. equivalent receiver input voltage, 75 Ω | U_{min} | dB μ V | 30.5 |
| Feeder loss | L_f | dB | 4 |
| Antenna gain relative to half dipole | G_d | dB | 11 |
| Effective antenna aperture | A_a | dBm ² | -4.6 |
| Min power flux-density at receiving location | Φ_{min} | dB(W)/m ² | -99.7 |
| Min equivalent field strength at receiving location | E_{min} | dB μ V/m | 46.1 |
| Allowance for man-made noise | P_{mmn} | dB | 0 |
| Penetration loss (building or vehicle) | L_b, L_h | dB | 0 |
| Standard deviation of the penetration loss | | dB | 0 |
| Diversity gain | Div | dB | 0 |
| Distribution factor | | dB | 0.52 |
| Standard deviation | | dB | 5.5 |
| Location correction factor | C_l | dB | 2.860 |
| Minimum median equivalent field strength at reception height; 50% time and 50% locations*** | E_{med} | dB μ V/m | 49.0 |

TABELA 36: PARAMETRAT E TRANSMETIMIT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32k, GI 19/256, PP4

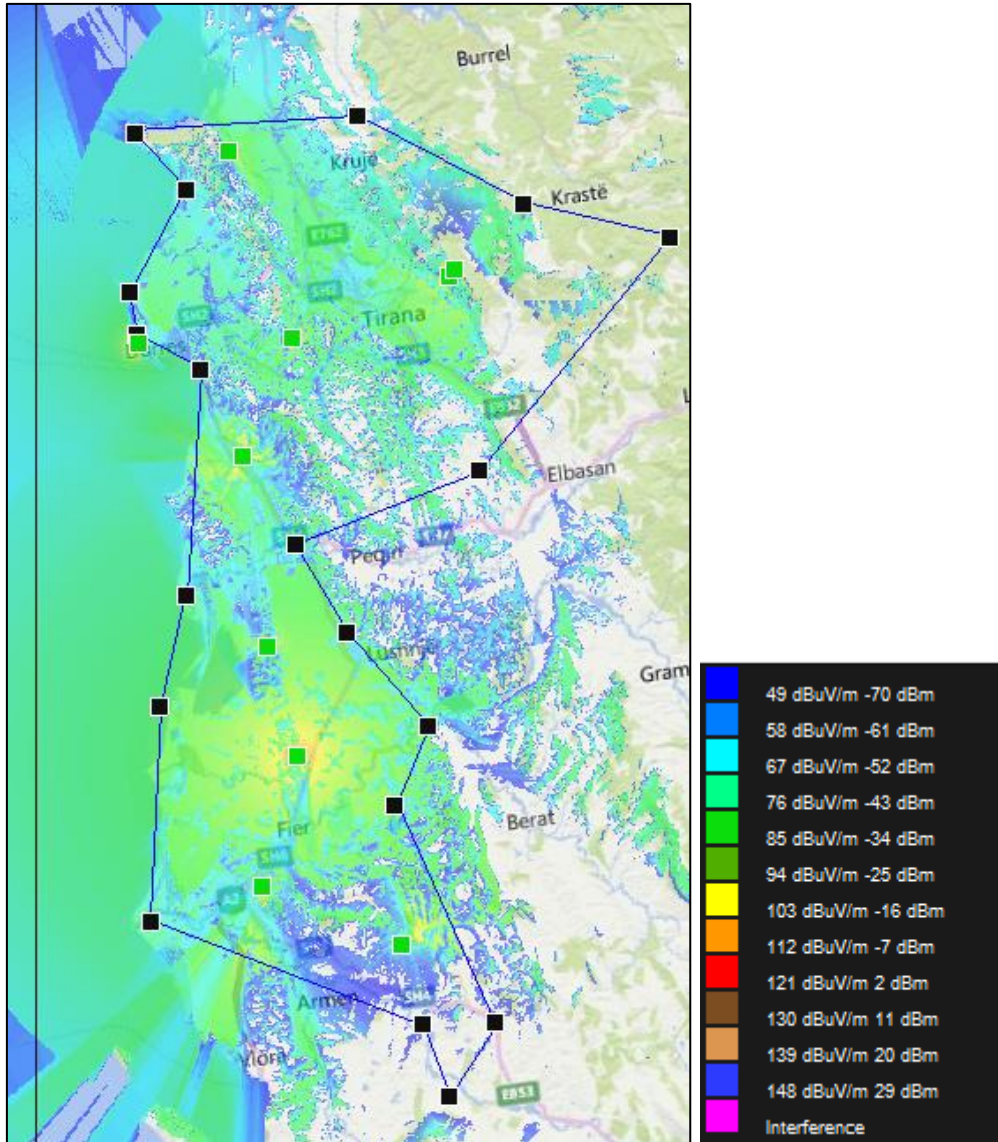


FIGURA 48: SIMULIMI I MBULIMIT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP2

Llogariten interferencat bazuar në raportin $C/N+I$ (COFDM mode).

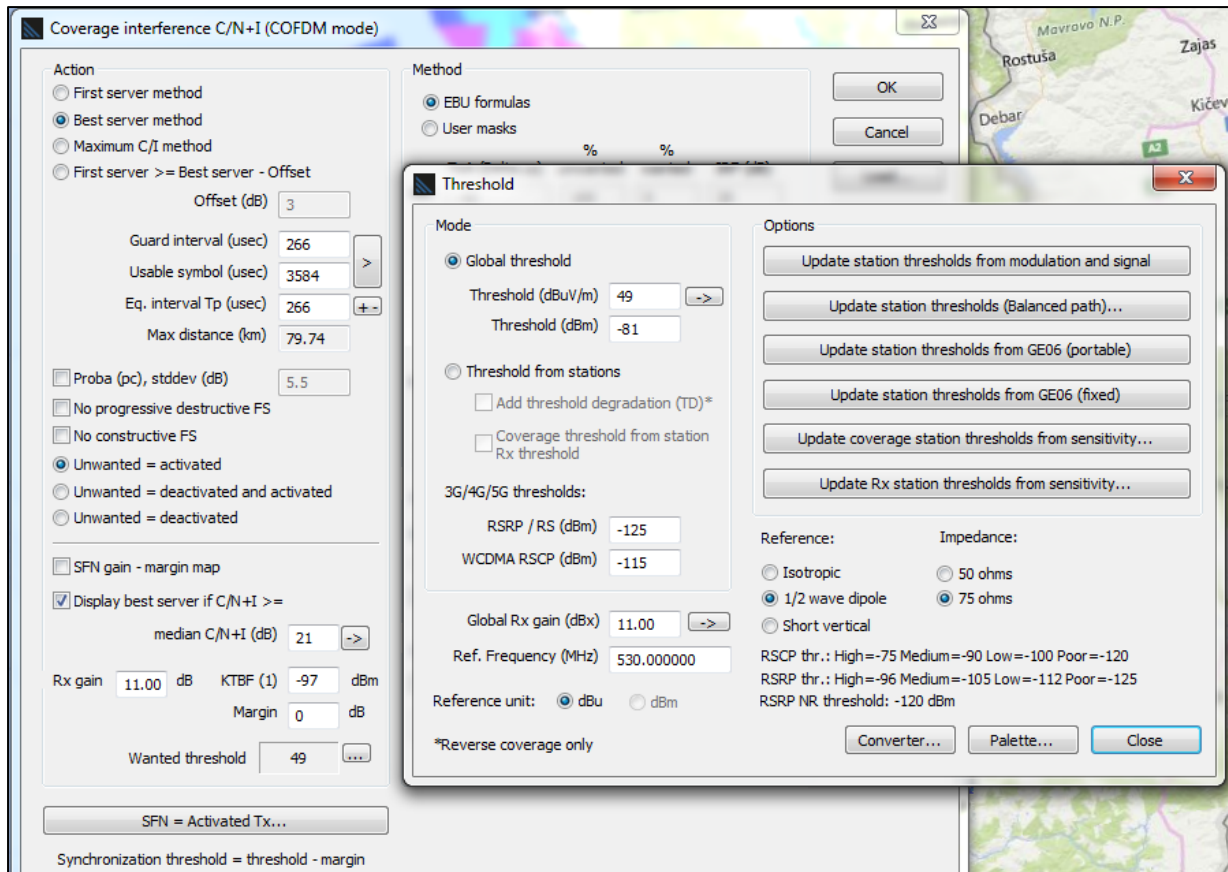


TABELA 37: PARAMETRAVE TEKNIKË TË MARRËSIT PËR SIMULIMIN E KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 2/3, 32k, GI 19/256, PP4

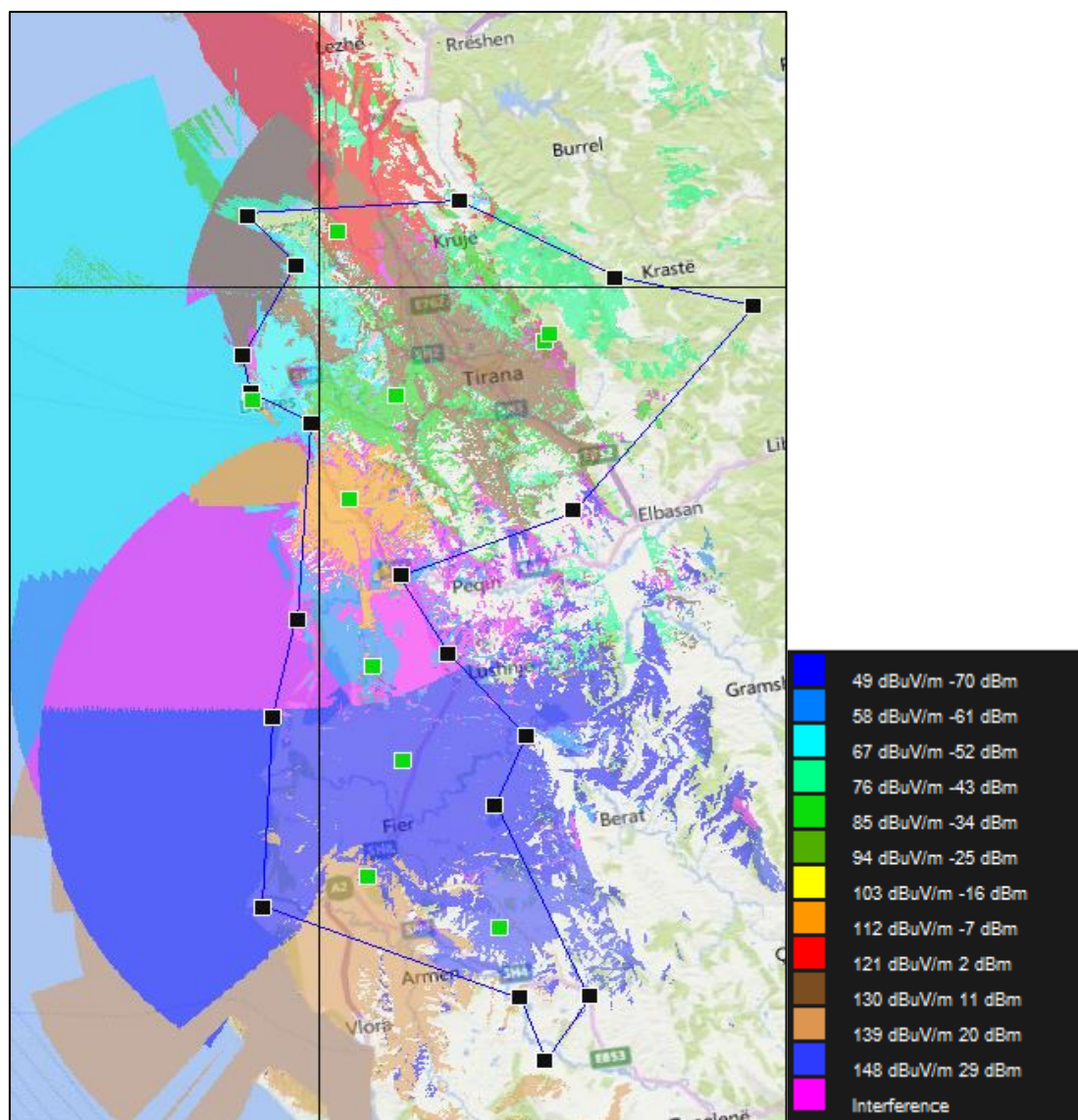


FIGURA 49: SIMULIMI I INTERFERENCAVE REFERUAR RAPORTIT C/N+I MBASI SHTOHEN PËRSËRITËSAT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP4

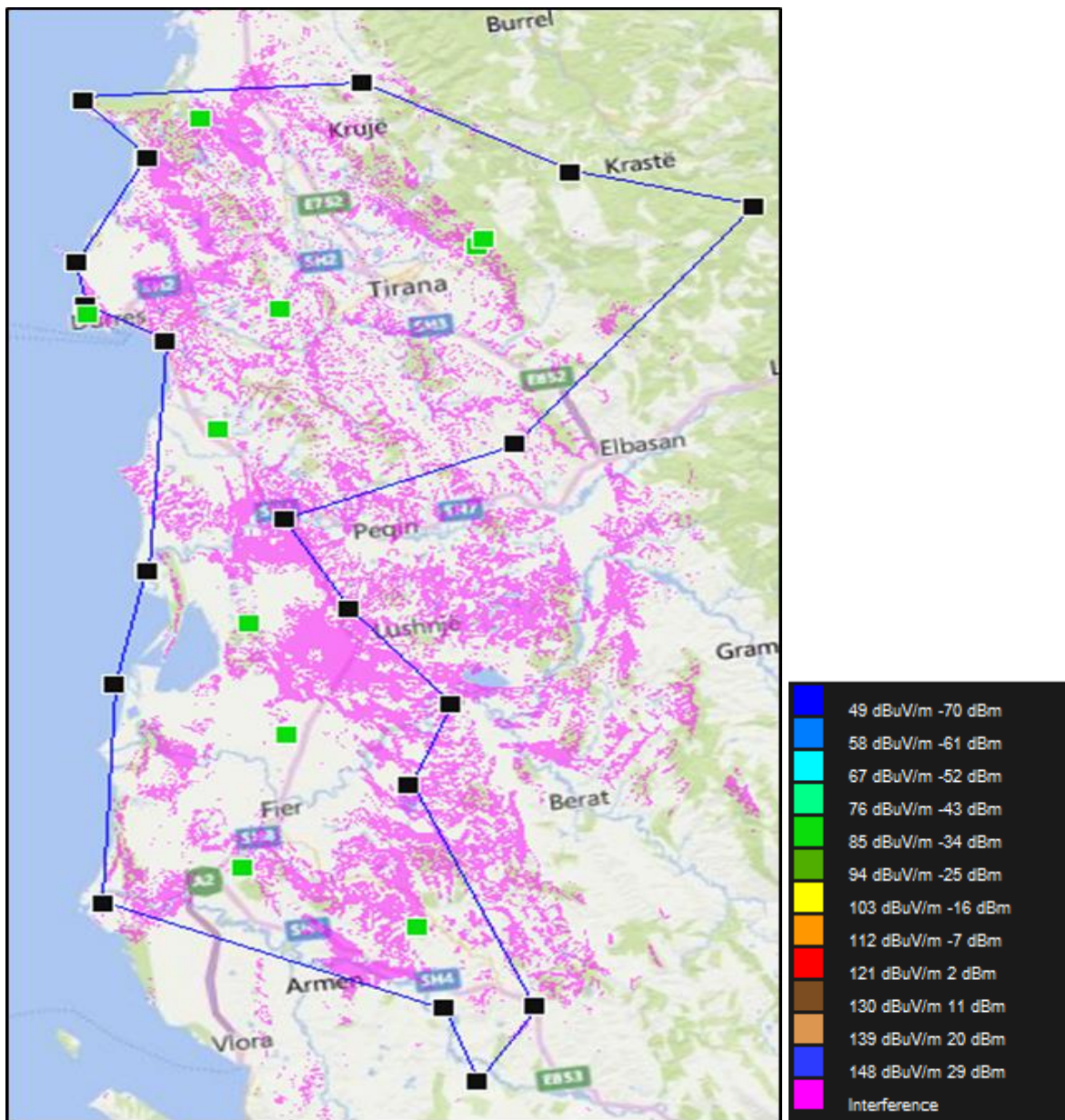


FIGURA 50: VETË INTERFERENCAT REFERUAR RAPORTIT C/N+I MBASI SHTOHEN PËRSËRITËSAT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP4

Si më poshtë simulimi i vonesave statike.

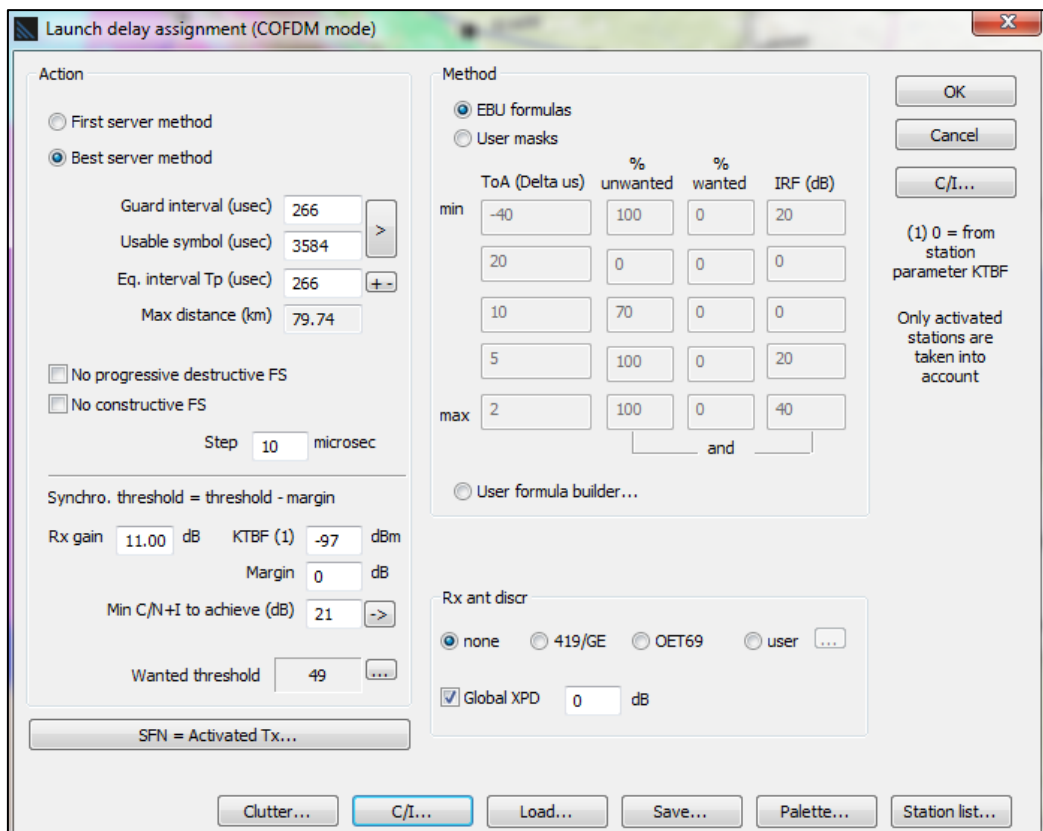


TABELA 38: PARAMETRAT TEKNIKË TË MARRËSIT PËR SIMULIMIN E KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 2/3, 32k, GI 19/256, PP4

Launch delay

| BST | Callsign | Address | Delay (us) |
|-----|-------------|--------------|------------|
| 20 | Operatori 1 | Kavaja | 100 |
| 21 | Operatori 1 | Koder Ishem | 90 |
| 22 | Operatori 1 | Fushe Dajt | 20 |
| 23 | Operatori 1 | Likovun | 50 |
| 24 | Operatori 1 | Ballshi | 60 |
| 25 | Operatori 1 | Ardenice | 0 |
| 26 | Operatori 1 | Grabjan | 80 |
| 27 | Operatori 1 | Durres koder | 110 |
| 28 | Operatori 1 | Dajti | 20 |
| 29 | Operatori 1 | Sheshi | 90 |

TABELA 39: PËRCAKTIMI I KOHË VONESAVE PËR SIMULIMIN E KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 2/3, 32k, GI 19/256, PP4

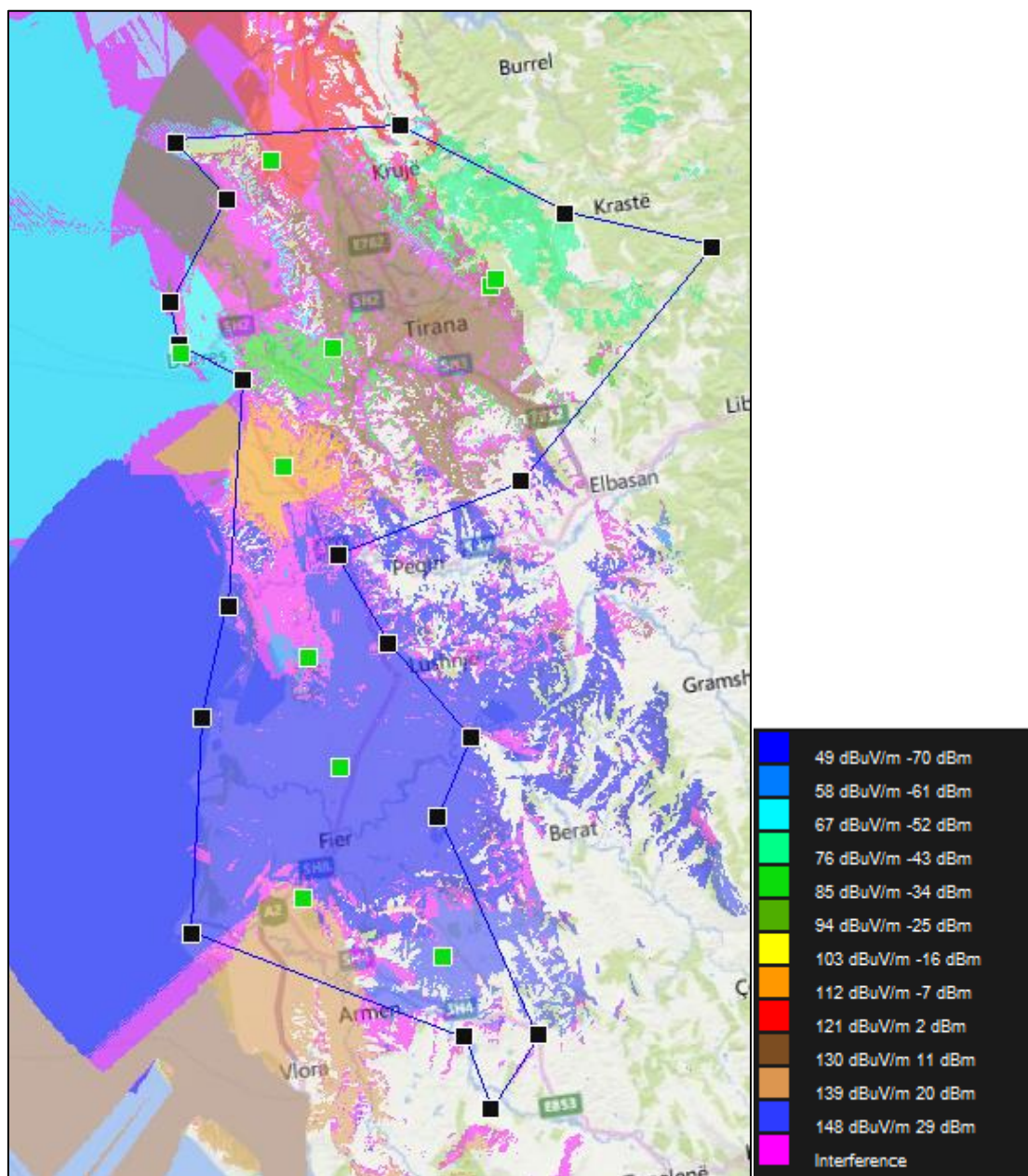


FIGURA 51: NIVELI I INTERFERENCAVE MBAS SIMULIMIT TË VONESAVE STATIKE NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP4

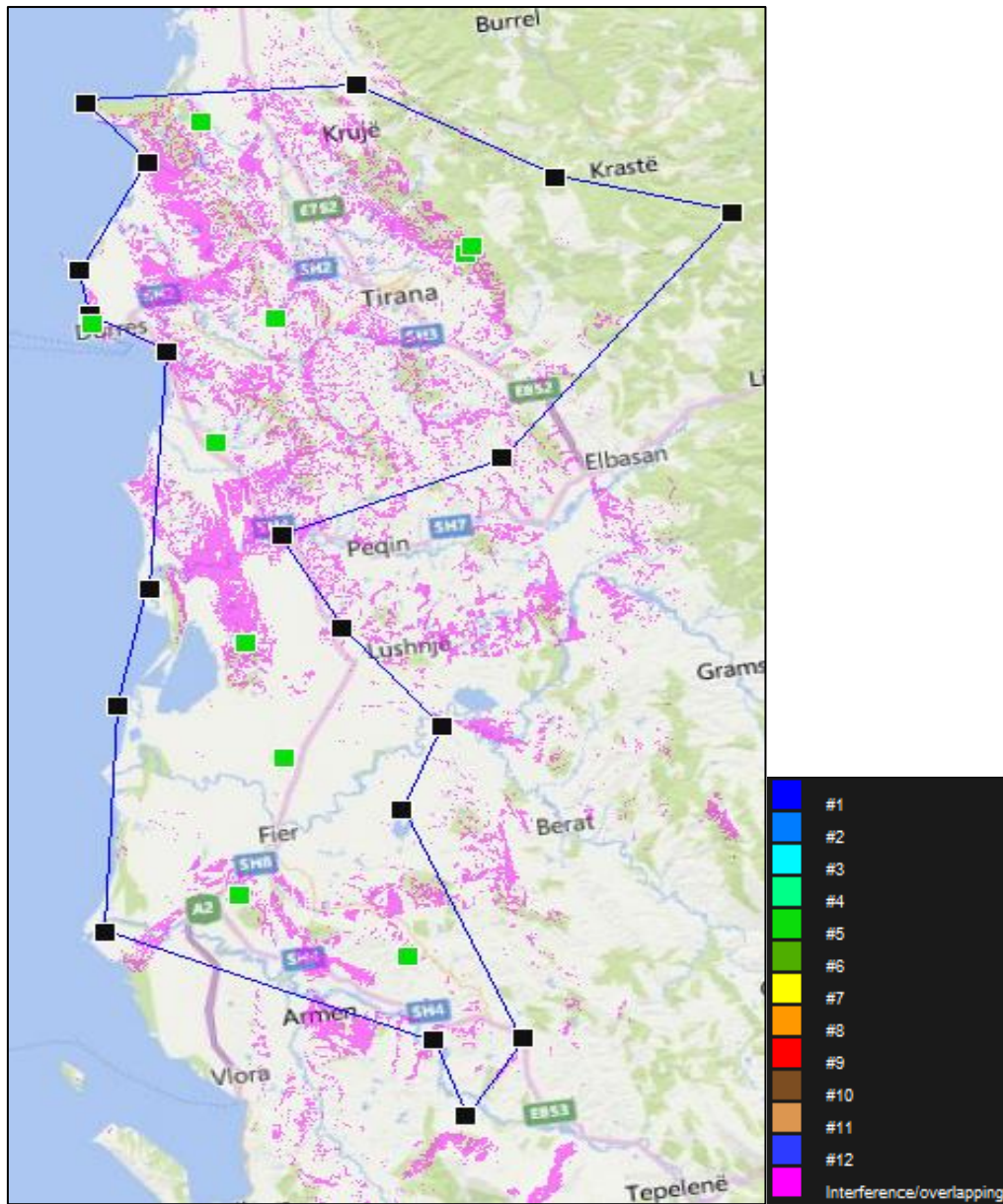


FIGURA 52: VETËM INTERFERENCA MBAS SIMULIMIT TË VONESAVE STATIKE NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP4

5.4.3 OPTIMIZIMI I RRJETIT SFN NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256 PP2

Në këtë konfigurim raporti i kërkuar C/N+I është 23.3 dB, niveli i dëshiruar i threshold është 51.5 dBuV/m, dhe kapaciteti i transmetimit 39.3 Mbps.

| | | | | |
|---|---|------------------------------------|------------|-----------|
| FFT | Pilot pattern | GIF | Modulation | Code rate |
| 32 | PP2 | 19/256 | 256-QAM | 3/4 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Extended carrier mode | <input checked="" type="checkbox"/> HEM | | | |
| <input type="checkbox"/> Short FECFRAME | <input type="checkbox"/> ISSY | <input type="checkbox"/> ISSY Long | | |
| <input type="checkbox"/> MISO | <input type="checkbox"/> DNP | | | |
| <input type="checkbox"/> Repetition | <input type="checkbox"/> FEF | | | |
| NP2= 1 | | | | |
| CP2= 22432 | | | | |
| Cdata= 25412 | | | | |
| CFC= 21395 | | | | |
| Lfmax = 68 | | | | |
| Tf = 262.024 | | | | |
| Kbcn = 48408 | | | | |
| Ncell = 8100 | | | | |
| NBmax = 212 | | | | |
| Bma = -1 | | | | |
| Bit rate= 39.3106164418788 | | | | |

TABELA 40: LLOGARITJA E KAPACITETIT TË TRANSMETIMIT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32k, GI 19/256, PP2

| | | | |
|---|--------------|----------------------|--------|
| FFT size | 32k | | |
| Carrier mode | Extended | | |
| Pilot pattern | PP2 | | |
| Band | IV/V | | |
| Receiver input impedance | 75 | | |
| Reception mode | Fixed | | |
| Antenna | Rooftop | | |
| Modulation-FEC | 256QAM-3/4 | | |
| Validate system variant | Possible | | |
| Coverage target | 70% | | |
| C/N required by system | C/N | dB | 23.3 |
| Receiver noise figure | F | dB | 6 |
| Equivalent noise bandwidth | B | MHz | 7.77 |
| Receiver noise input power** | P_n | dBW | -129.1 |
| Min. receiver signal input power | $P_{s\ min}$ | dBW | -105.8 |
| Min. equivalent receiver input voltage, 75 Ω | U_{min} | dB μ V | 33.0 |
| Feeder loss | L_f | dB | 4 |
| Antenna gain relative to half dipole | G_d | dB | 11 |
| Effective antenna aperture | A_a | dBm ² | -4.6 |
| Min power flux-density at receiving location | Φ_{min} | dB(W)/m ² | -97.2 |
| Min equivalent field strength at receiving location | E_{min} | dB μ V/m | 48.6 |
| Allowance for man-made noise | P_{mmn} | dB | 0 |
| Penetration loss (building or vehicle) | L_b, L_k | dB | 0 |
| Standard deviation of the penetration loss | | dB | 0 |
| Diversity gain | Div | dB | 0 |
| Distribution factor | | dB | 0.52 |
| Standard deviation | | dB | 5.5 |
| Location correction factor | C_l | dB | 2.860 |
| Minimum median equivalent field strength at reception height; 50% time and 50% locations*** | E_{med} | dB μ V/m | 51.5 |

TABELA 41 : PARAMETRAT E TRANSMETIMIT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32k, GI 19/256, PP2

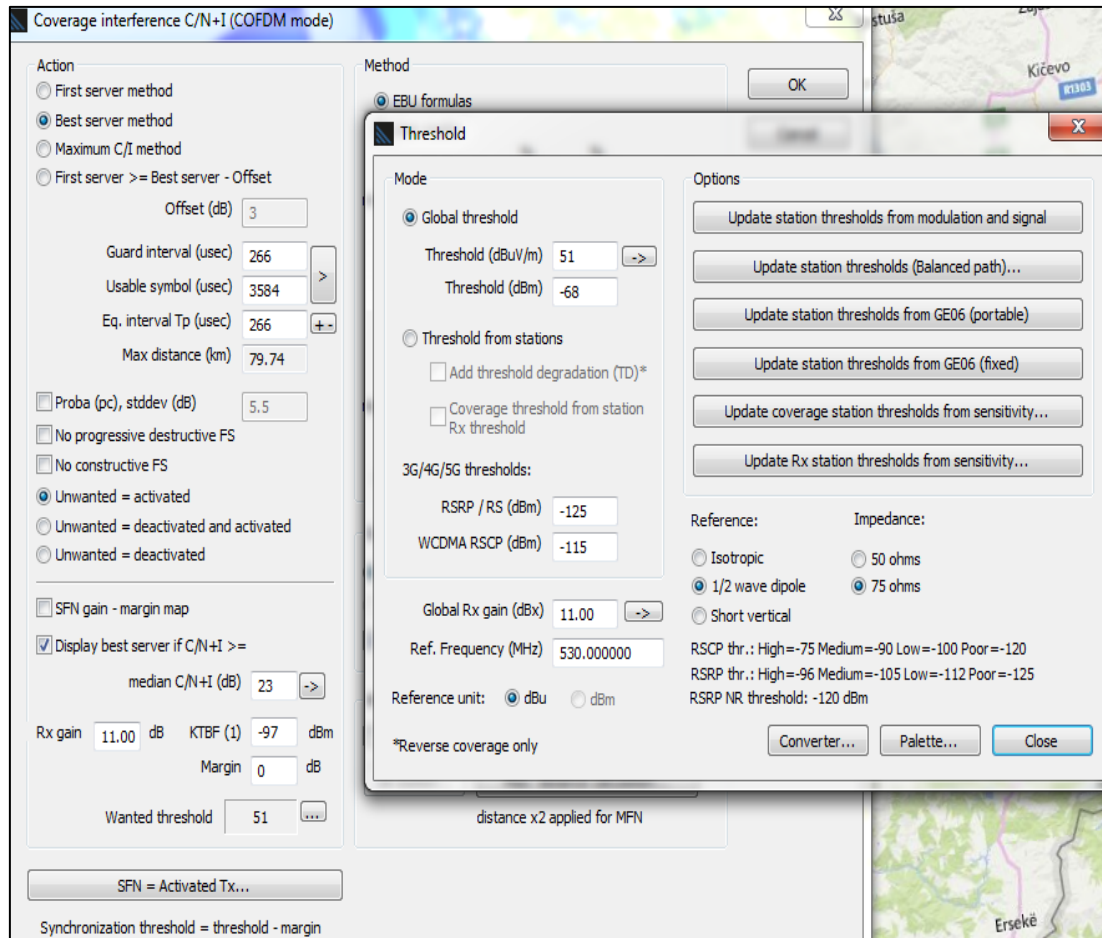


TABELA 42: PARAMETRAVE TEKNIKË TË MARRËSIT PËR SIMULIMIN E KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256, PP2

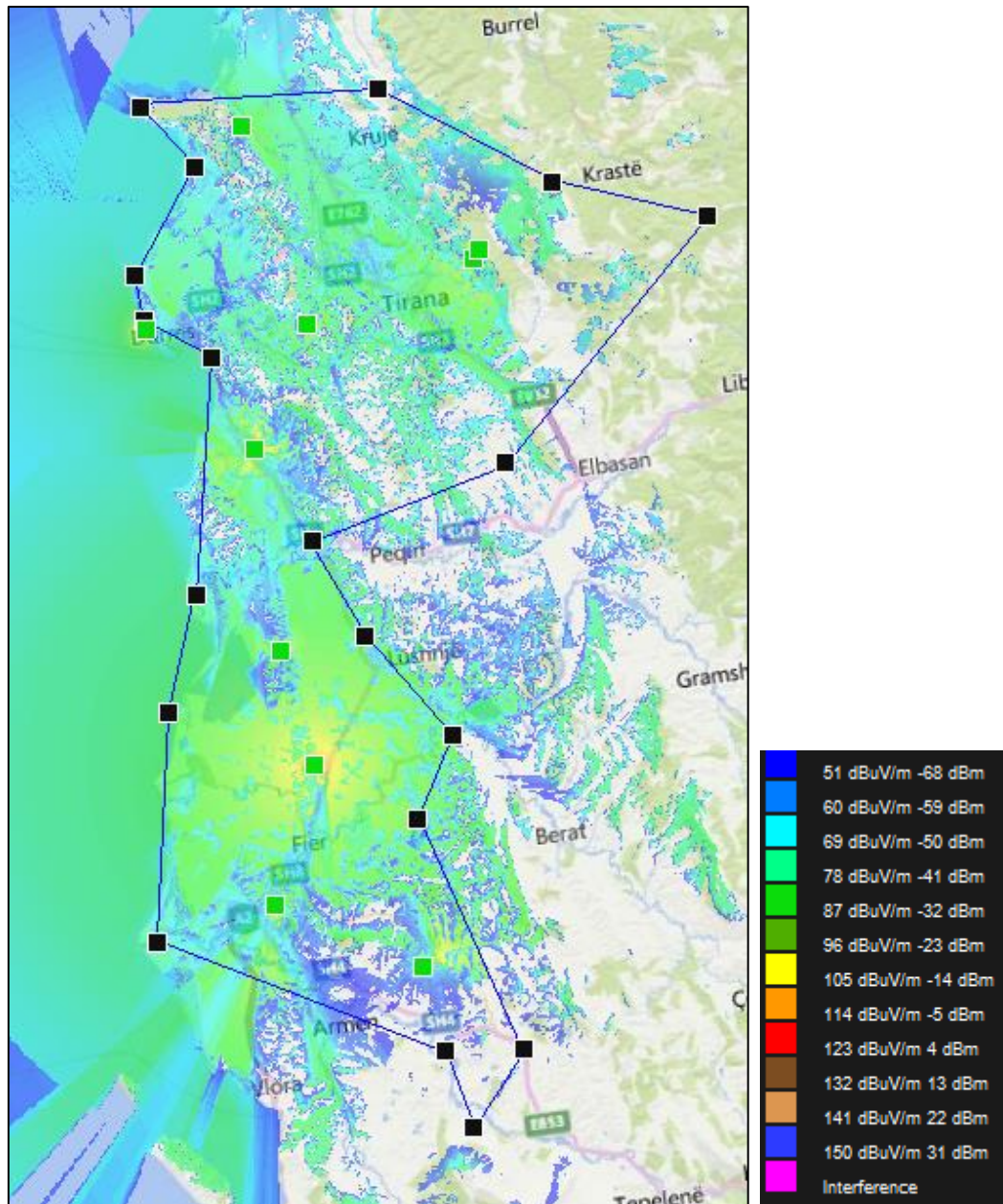


FIGURA 53: SIMULIMI I MBULIMIT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256, PP2

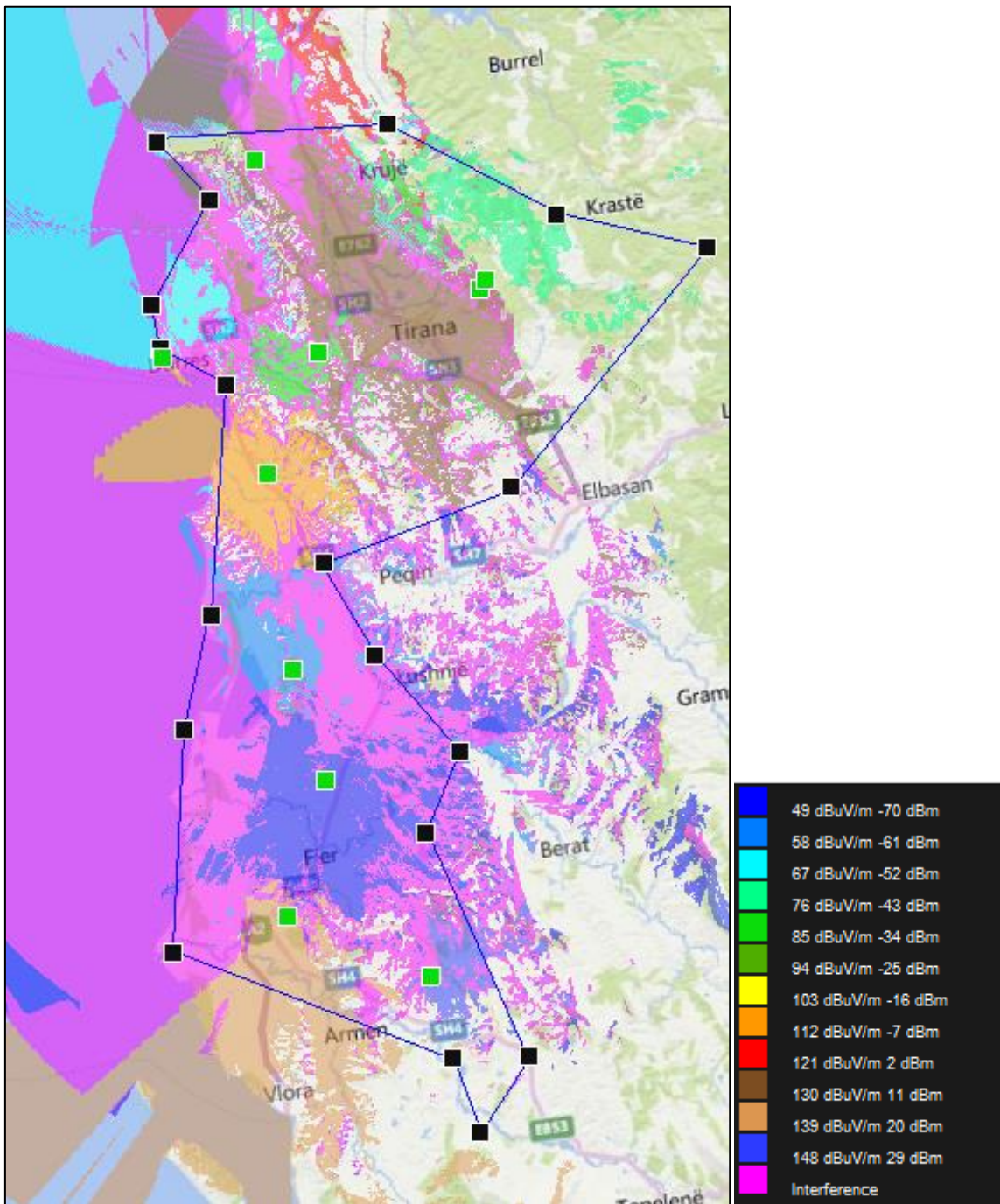


FIGURA 54: VETËM INTERFERENCA NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256, PP2 MBASI JANË SHTUAR PËRSËRITËSIT

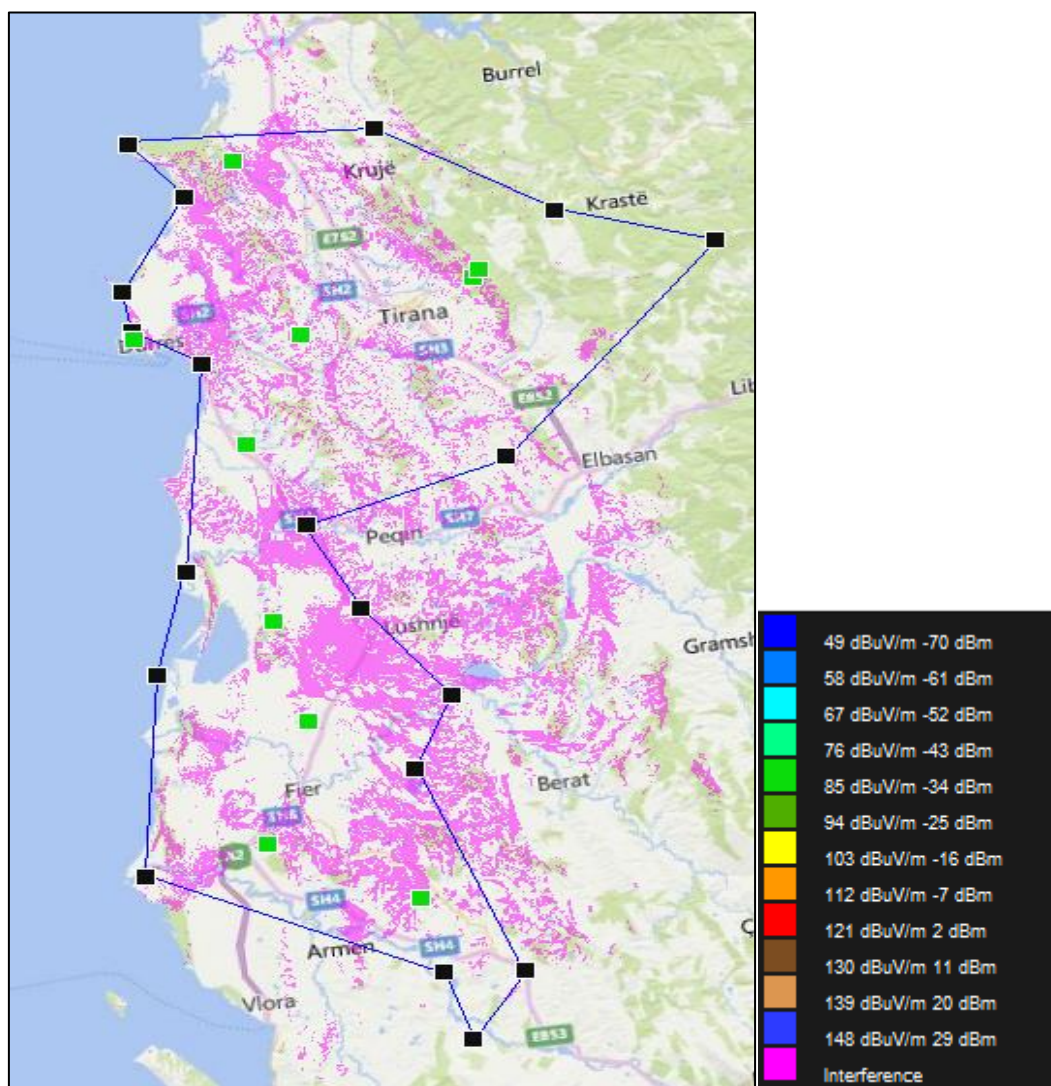


FIGURA 55: VETËM INTERFERENCA NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32k, GI 19/256, PP2 MBASI JANË SHTUAR PËRSËRITËSIT

Kryejmë optimizimin e rrjetit duke shtuar kohë vonesat statike.

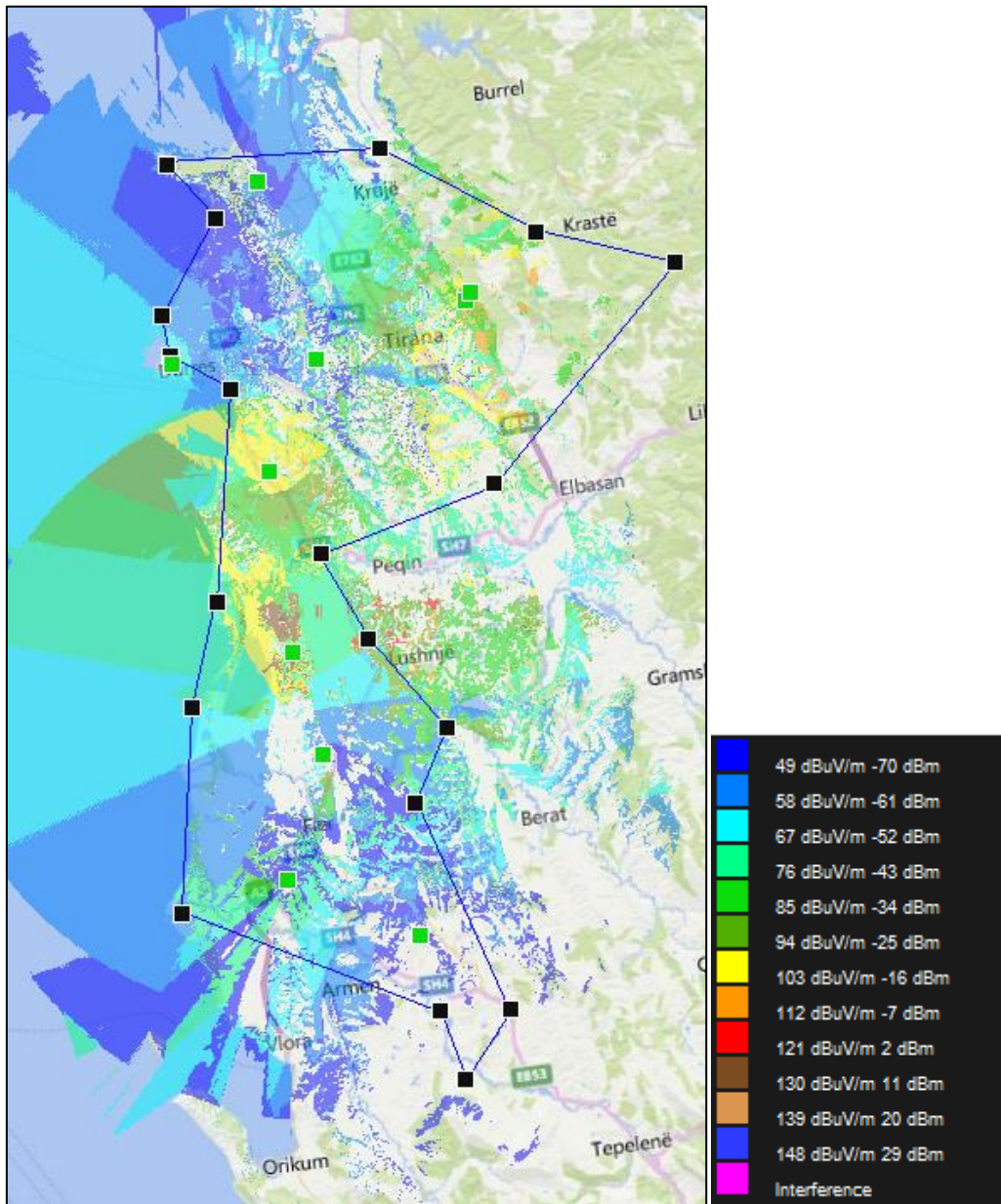


FIGURA 56: CAKTIMI I KOHËS SË VONESËS PËR ÇDO STACION TRANSMETUES NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP2

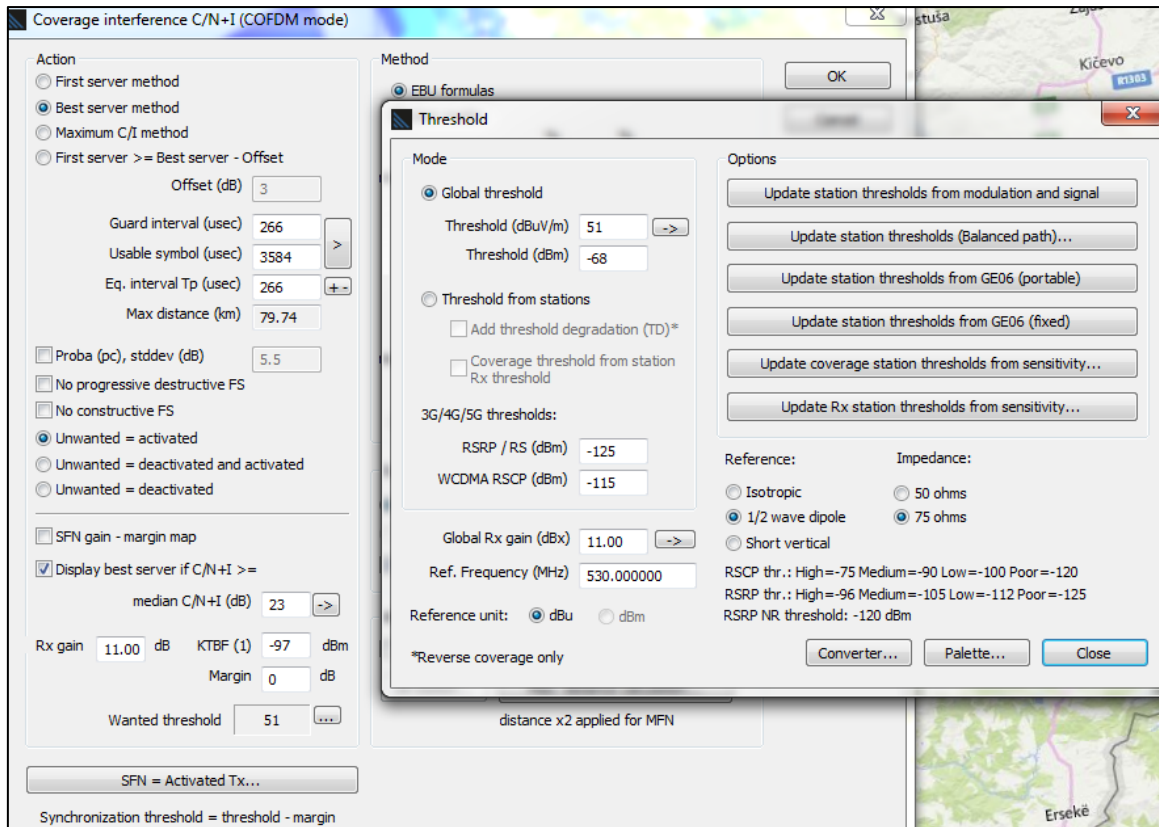


TABELA 43: PARAMETRAVE TEKNIKË TË MARRËSIT PËR SIMULIMIN E KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 3/4, 32k, GI 19/256, PP2, MBAS CAKTIMIT TË VONESAVE STATIKE

Launch delay

| BST | Callsign | Address | Delay (us) |
|-----|-------------|--------------|------------|
| 20 | Operatori 1 | Kavaja | 100 |
| 21 | Operatori 1 | Koder Ishem | 90 |
| 22 | Operatori 1 | Fushe Dajt | 20 |
| 23 | Operatori 1 | Likovun | 50 |
| 24 | Operatori 1 | Balshi | 60 |
| 25 | Operatori 1 | Ardenice | 0 |
| 26 | Operatori 1 | Grabjan | 80 |
| 27 | Operatori 1 | Durres koder | 110 |
| 28 | Operatori 1 | Dajti | 20 |
| 29 | Operatori 1 | Sheshi | 90 |

TABELA 44: PËRCAKTIMI I KOHË VONESAVE PËR SIMULIMIN E KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 3/4, 32k, GI 19/256, PP2

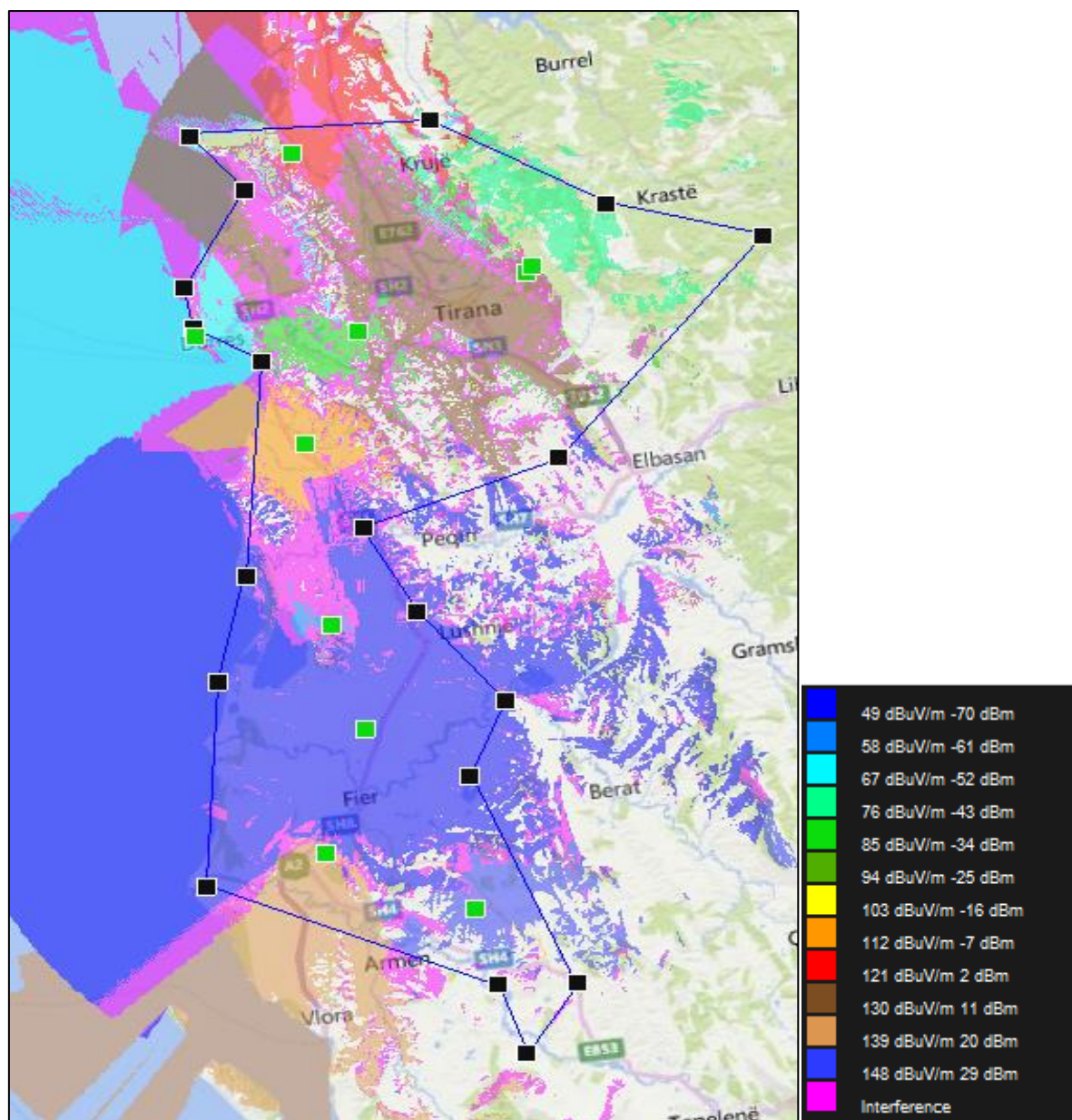


FIGURA 57: NIVELI I I INTERFERENCAVE MBAS SIMULIMIT TË VONESAVE STATIKE NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256, PP2

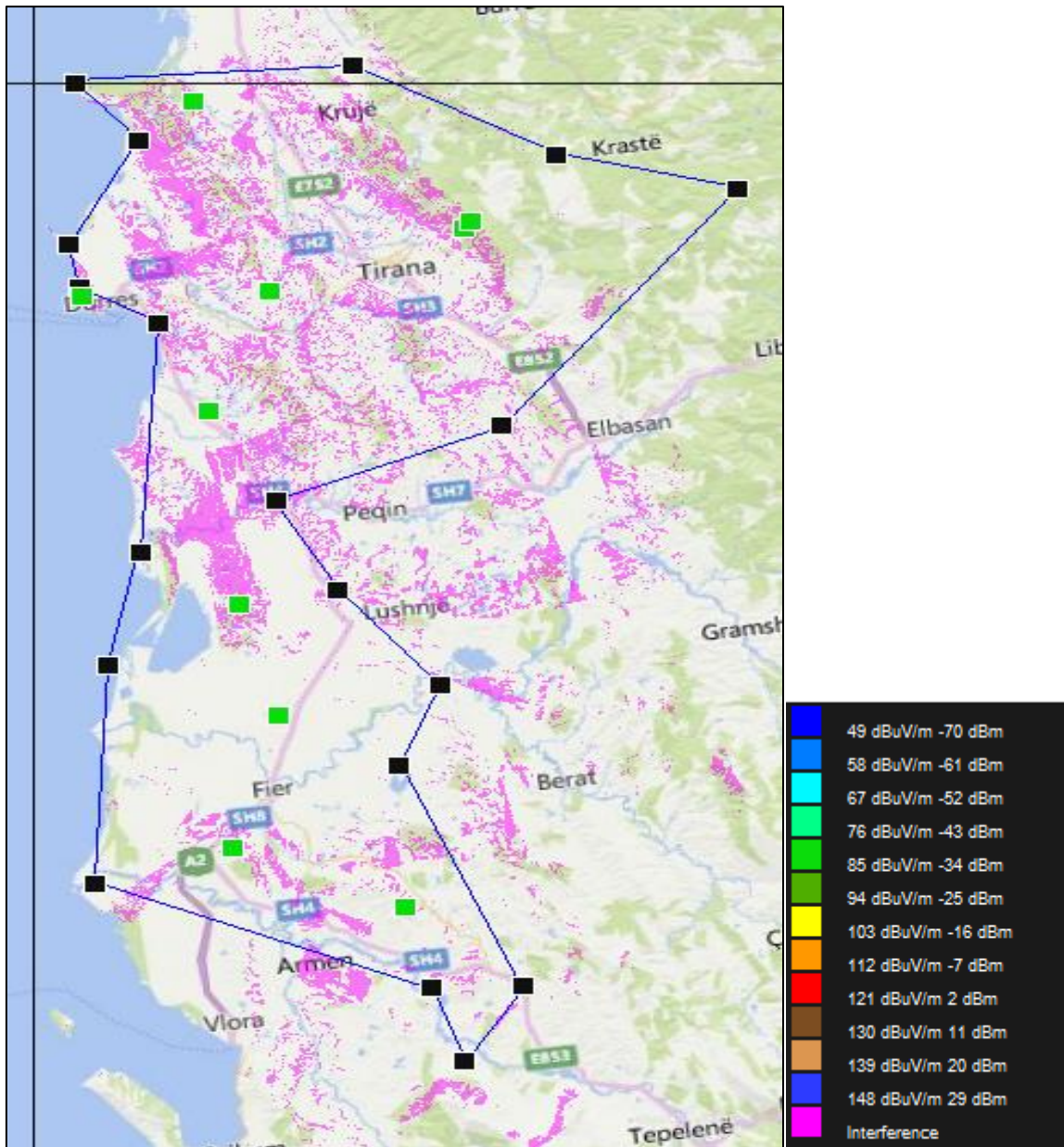


FIGURA 58: VETËM INTERFERENCA MBAS SIMULIMIT TË VONESAVE STATIKE NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 19/256, PP4

5.4.4 OPTIMIZIMI I RRJETIT SFN NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256 PP4

Në këtë konfigurim raporti i kërkuar $C/N+I=22.8$ dB, nivelin i dëshiruar i threshold=51 dBuV/m dhe kapaciteti i transmetimit 40.9 Mbps.

| | | | | |
|---|---|------------------------------------|------------|-----------|
| FFT | Pilot pattern | GIF | Modulation | Code rate |
| 32 | PP4 | 19/256 | 256-QAM | 3/4 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Extended carrier mode | <input checked="" type="checkbox"/> HEM | | | |
| <input type="checkbox"/> Short FECFRAME | <input type="checkbox"/> ISSY | <input type="checkbox"/> ISSY Long | | |
| <input type="checkbox"/> MISO | <input type="checkbox"/> DNP | | | |
| <input type="checkbox"/> Repetition | <input type="checkbox"/> FEF | | | |
| NP2= 1 | | | | |
| CP2= 22432 | | | | |
| Cdata= 26572 | | | | |
| CFC= 23127 | | | | |
| L _{fmax} = 68 | | | | |
| T _f = 262.024 | | | | |
| K _{bcn} = 48408 | | | | |
| N _{cell} = 8100 | | | | |
| NB _{max} = 221 | | | | |
| B _{ma} = -1 | | | | |
| Bit rate= 40.9794633662982 | | | | |

TABELA 45: LLOGARITJA E KAPACITETIT TË TRANSMETIMIT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32k, GI 19/256, PP4

| | | | |
|---|--------------|----------------------|--------|
| FFT size | 32k | | |
| Carrier mode | Extended | | |
| Pilot pattern | PP4 | | |
| Band | IV/V | | |
| Receiver input impedance | 75 | | |
| Reception mode | Fixed | | |
| Antenna | Rooftop | | |
| Modulation-FEC | 256QAM-3/4 | | |
| Validate system variant | Possible | | |
| Coverage target | 70% | | |
| C/N required by system | C/N | dB | 22.8 |
| Receiver noise figure | F | dB | 6 |
| Equivalent noise bandwidth | B | MHz | 7.77 |
| Receiver noise input power** | P_n | dBW | -129.1 |
| Min. receiver signal input power | $P_{s\ min}$ | dBW | -106.3 |
| Min. equivalent receiver input voltage, 75 Ω | U_{min} | dB μ V | 32.5 |
| Feeder loss | L_f | dB | 4 |
| Antenna gain relative to half dipole | G_d | dB | 11 |
| Effective antenna aperture | A_a | dBm ² | -4.6 |
| Min power flux-density at receiving location | Φ_{min} | dB(W)/m ² | -97.7 |
| Min equivalent field strength at receiving location | E_{min} | dB μ V/m | 48.1 |
| Allowance for man-made noise | P_{mmns} | dB | 0 |
| Penetration loss (building or vehicle) | L_b, L_h | dB | 0 |
| Standard deviation of the penetration loss | | dB | 0 |
| Diversity gain | Div | dB | 0 |
| Distribution factor | | dB | 0.52 |
| Standard deviation | | dB | 5.5 |
| Location correction factor | C_l | dB | 2.860 |
| Minimum median equivalent field strength at reception height; 50% time and 50% locations*** | E_{med} | dB μ V/m | 51.0 |

TABELA 46: PARAMETRAT E TRANSMETIMIT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32k, GI 19/256, PP4

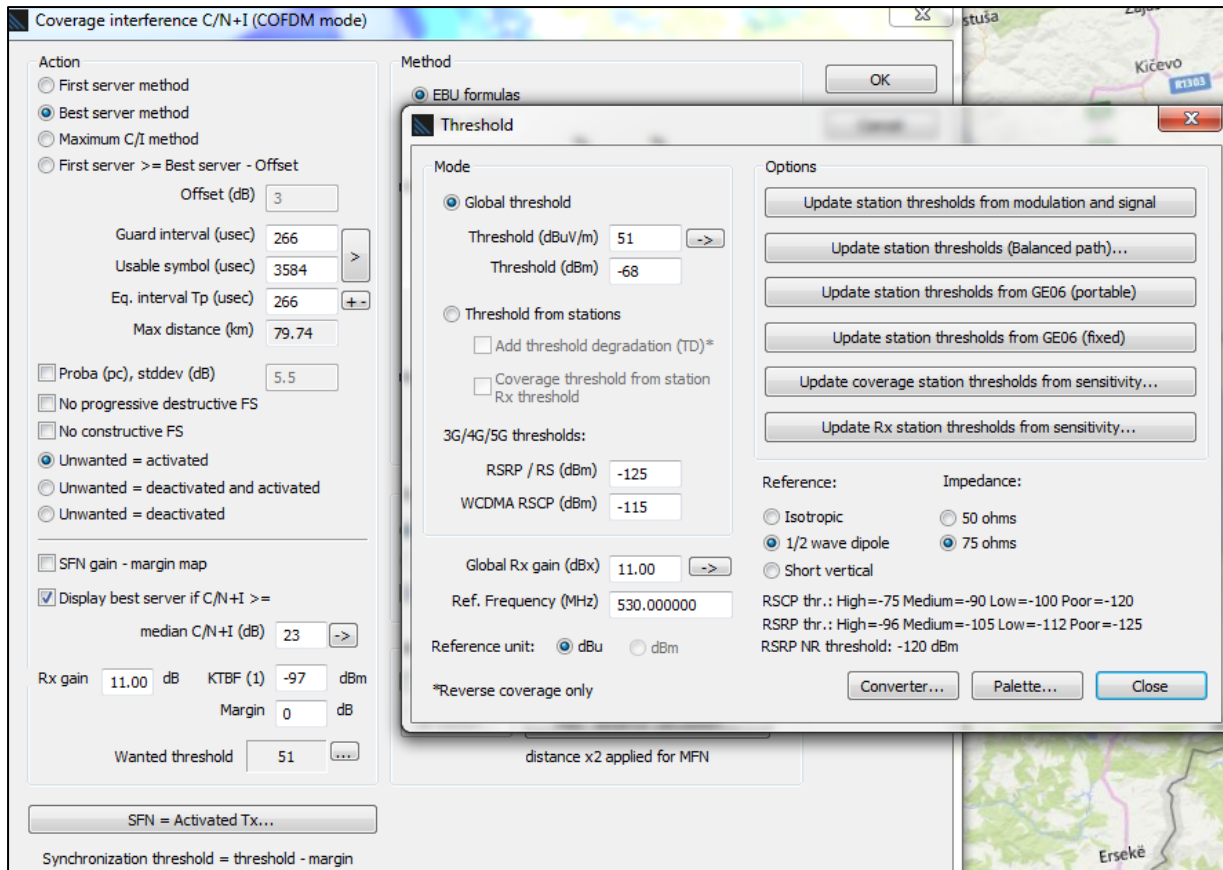


TABELA 47: PARAMETRAVE TEKNIKË TË MARRËSIT PËR SIMULIMIN E KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 3/4, 32k, GI 19/256, PP4

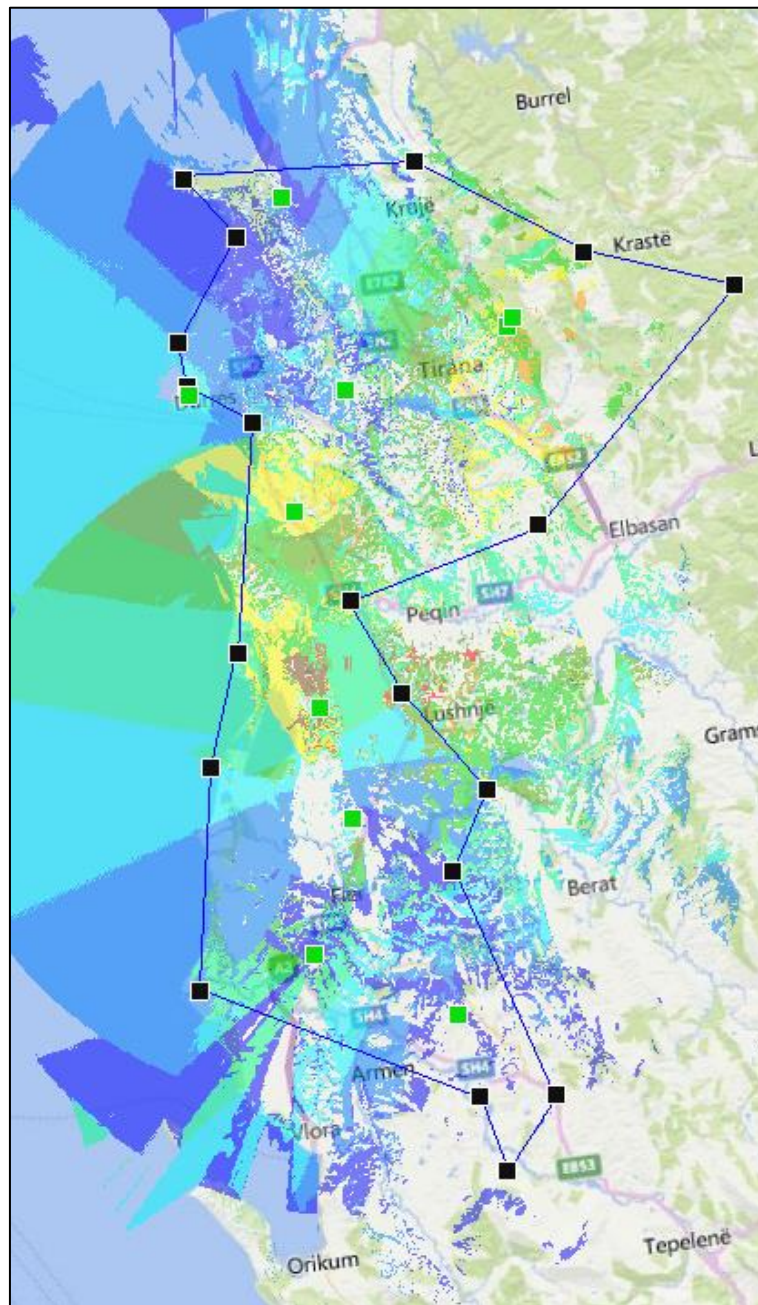


FIGURA 59: SIMULIMI I MBULIMIT MBAS SHITIMIN E GAPFILLERAVE PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256, PP4

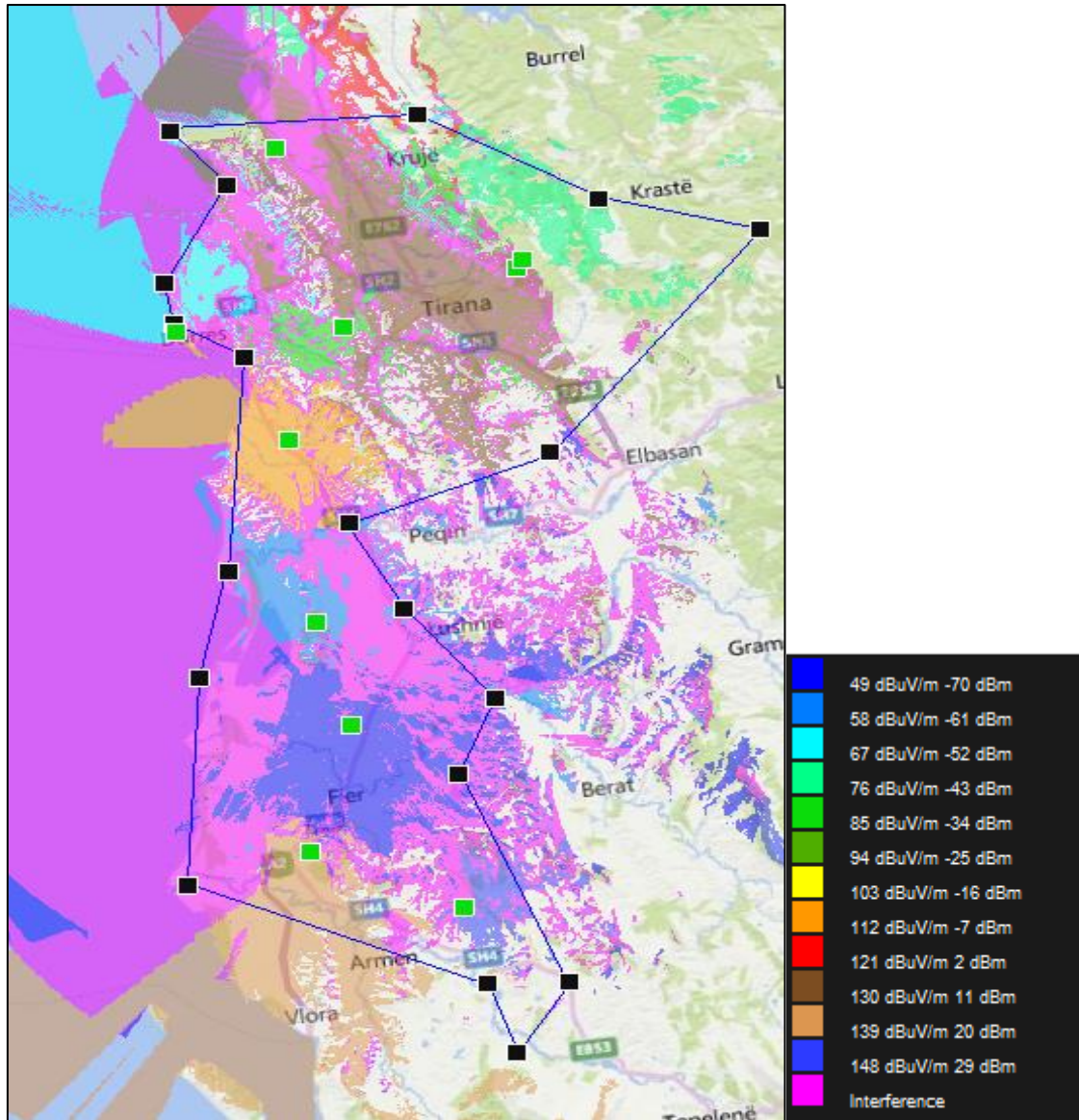


FIGURA 60: NIVELI I INTERFERENCAVE MBAS SHTIMIN E GAPFILLERAVE PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256, PP4

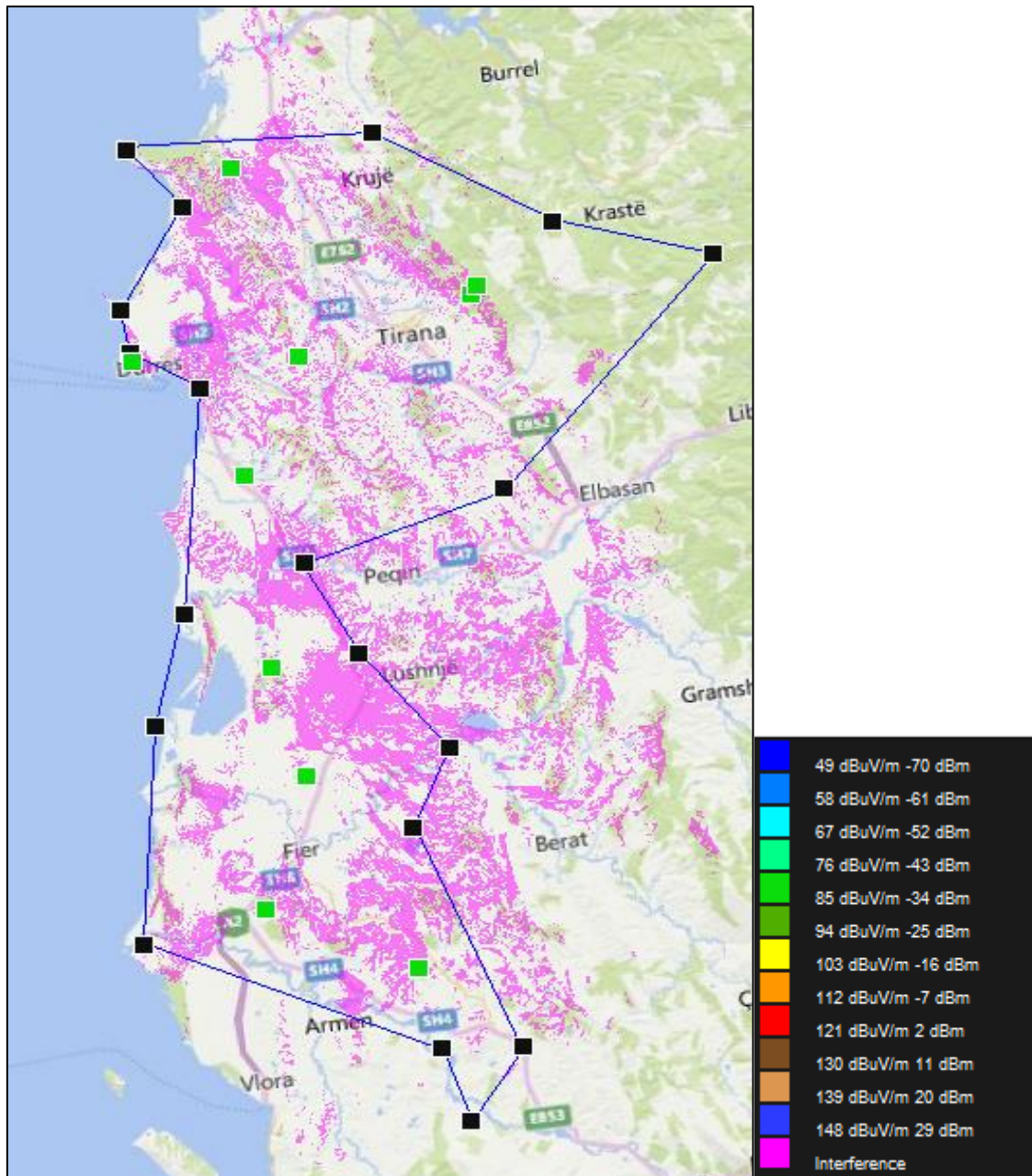


FIGURA 61: VETËM INTERFERENCAT MBAS SHTIMIN E GAPFILLERAVE PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256, PP4

Kryejmë optimizimin e rrjetit duke shtuar kohë vonesat statike.

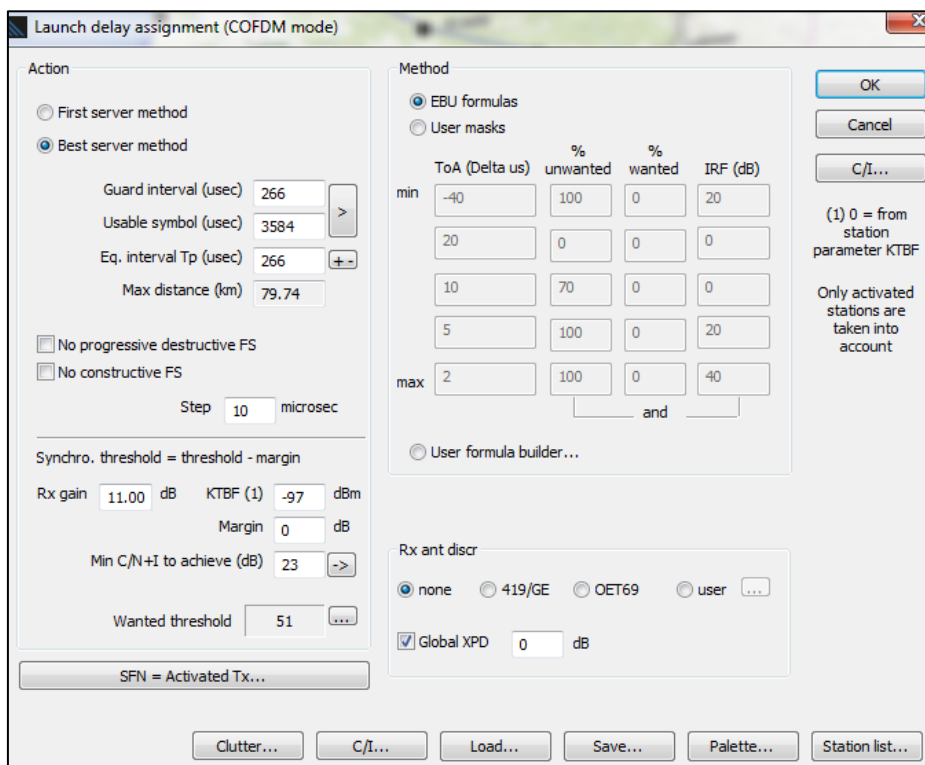


TABELA 48: PARAMETRAT TEKNIKË TË MARRËSIT PËR SIMULIMIN E KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 3/4, 32k, GI 19/256, PP4

Launch delay

| BST | Callsign | Address | Delay (us) |
|-----|-------------|--------------|------------|
| 20 | Operatori 1 | Kavaja | 100 |
| 21 | Operatori 1 | Koder Ishem | 90 |
| 22 | Operatori 1 | Fushe Dajti | 20 |
| 23 | Operatori 1 | Likovun | 50 |
| 24 | Operatori 1 | Balshi | 60 |
| 25 | Operatori 1 | Ardenice | 0 |
| 26 | Operatori 1 | Grabjan | 80 |
| 27 | Operatori 1 | Durres koder | 110 |
| 28 | Operatori 1 | Dajti | 20 |
| 29 | Operatori 1 | Sheshi | 90 |

TABELA 49: PËRCAKTIMI I KOHË VONESAVE PËR SIMULIMIN E KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 3/4, 32k, GI 19/256, PP4

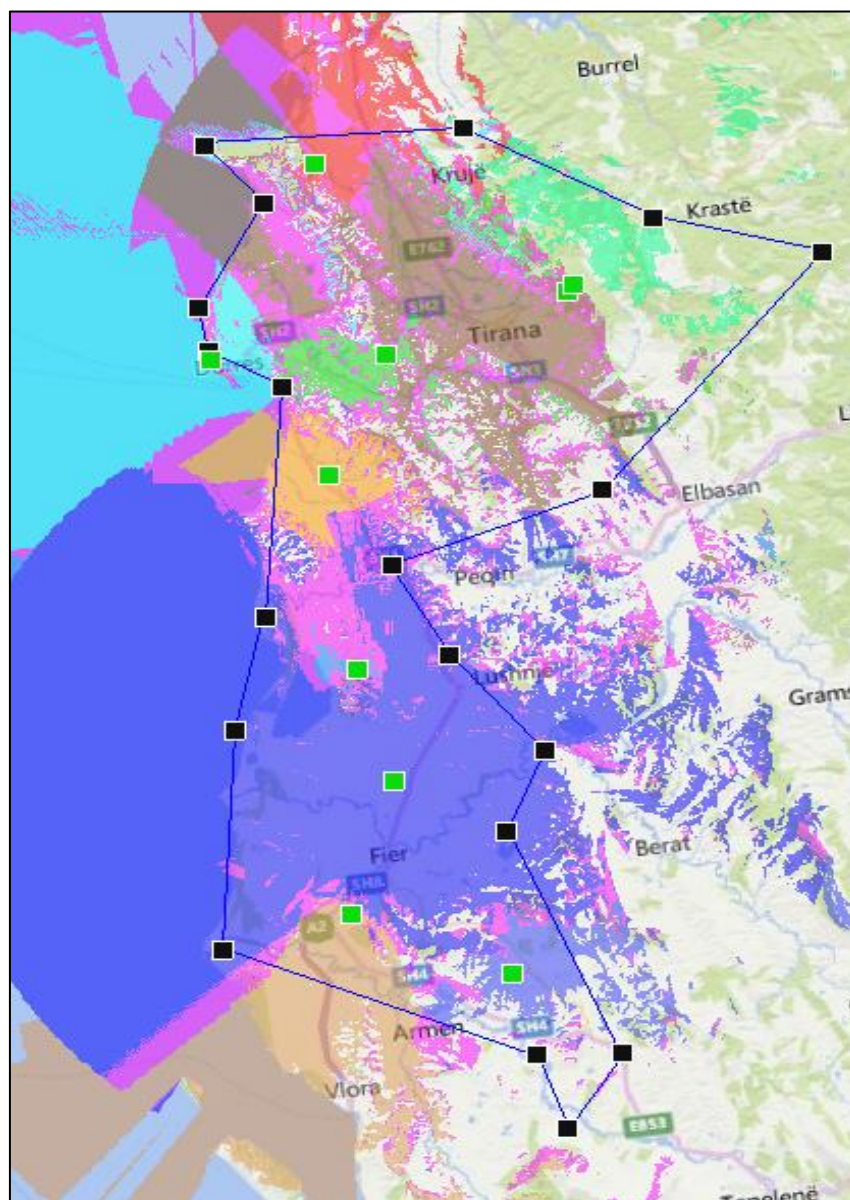


FIGURA 62: NIVELI I INTERFERENCAVE MBAS SIMULIMIT TË VONESAVE STATIKE NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32k, GI 19/256, PP4

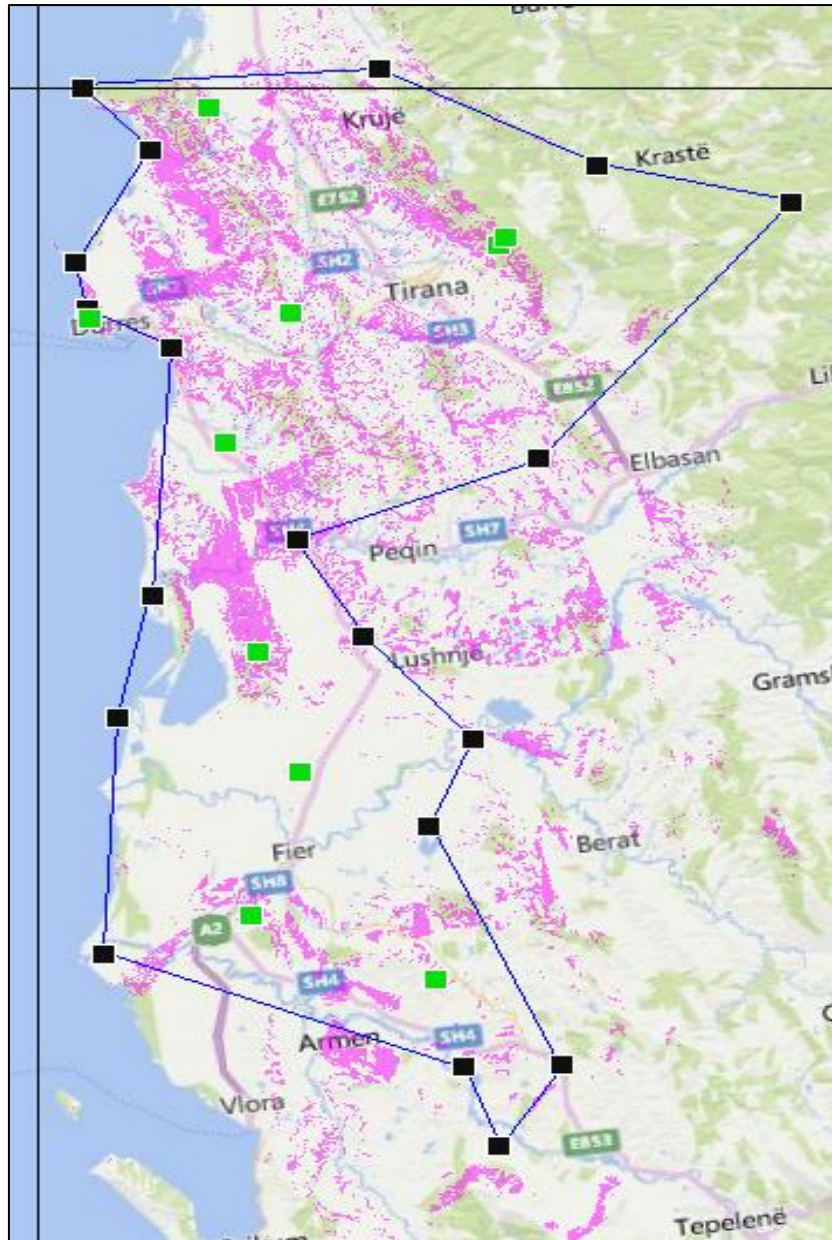


FIGURA 63: VETËM INTERFERENCAT MBAS SIMULIMIT TË VONESAVE STATIKE NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32k, GI 19/256, PP4

5.4.5 OPTIMIZIMI I RRJETIT SFN NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32k, GI 1/8, PP2

Në simulimet më poshtë intervali i mbrojtjes është 1/8, dhe si rrjedhim mbulimi është dukshëm me nivel shumë më të përmirësuar krahasuar me GI 19/256, por vërejmë një reduktim të kapacitetit në përafërsisht 33.37 Mbit/s për modelin PP2 me FEC 2/3.

| | | | | |
|---|---|------------------------------------|------------|-----------|
| FFT | Pilot pattern | GIF | Modulation | Code rate |
| 32 | PP2 | 1/8 | 256-QAM | 2/3 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Extended carrier mode | <input checked="" type="checkbox"/> HEM | | | |
| <input type="checkbox"/> Short FECFRAME | <input type="checkbox"/> ISSY | <input type="checkbox"/> ISSY Long | | |
| <input type="checkbox"/> MISO | <input type="checkbox"/> DNP | | | |
| <input type="checkbox"/> Repetition | <input type="checkbox"/> FEF | | | |
| NP2= 1 | | | | |
| CP2= 22432 | | | | |
| Cdata= 25412 | | | | |
| CFC= 21395 | | | | |
| Lfmax = 68 | | | | |
| Tf = 274.4 | | | | |
| Kbcn = 43040 | | | | |
| Ncell = 8100 | | | | |
| NBmax = 212 | | | | |
| Bma = -1 | | | | |
| Bit rate= 33.3681607708018 | | | | |

TABELA 50: LLOGARITJA E KAPACITETIT TË TRANSMETIMIT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32k, GI 19/256, PP4

Coverage interference C/N+I (COFDM mode)

Action

- First server method
- Best server method
- Maximum C/I method
- First server >= Best server - Offset

Offset (dB) 3

Guard interval (usec) 448

Usable symbol (usec) 3584

Eq. interval Tp (usec) 532

Max distance (km) 134.31

Proba (pc), stddev (dB) 5.5

No progressive destructive FS

No constructive FS

- Unwanted = activated
- Unwanted = deactivated and activated
- Unwanted = deactivated

SFN gain - margin map

Display best server if C/N+I >=

median C/N+I (dB) 21

Rx gain 11.00 dB KTBf (1) -97 dBm

Margin 0 dB

Wanted threshold 49

SFN = Activated Tx...

Synchronization threshold = threshold - margin

Method

- EBU formulas
- User masks

| ToA (Delta us) | % unwanted | % wanted | IRF (dB) |
|----------------|------------|----------|----------|
| min -40 | 100 | 0 | 20 |
| 20 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 70 | 0 | 0 |
| 5 | 100 | 0 | 20 |
| max 2 | 100 | 0 | 40 |

User formula builder...

Rx antenna discrimination

- none
- 419/GE
- OET69
- user ...

Best server oriented antenna

Global XPD 0 dB

MFN interferers (DB station)

Add MFN interferers from DB station (mono-cx)

DB station... Max. distance calculation...

distance x2 applied for MFN

OK

Cancel

Load...

Save...

Palette...

Station list...

C/I...

(1) 0 = from station parameter KTBf

TABELA 51: PARAMETRAT E TRANSMETIMIT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32k, GI 19/256, PP4

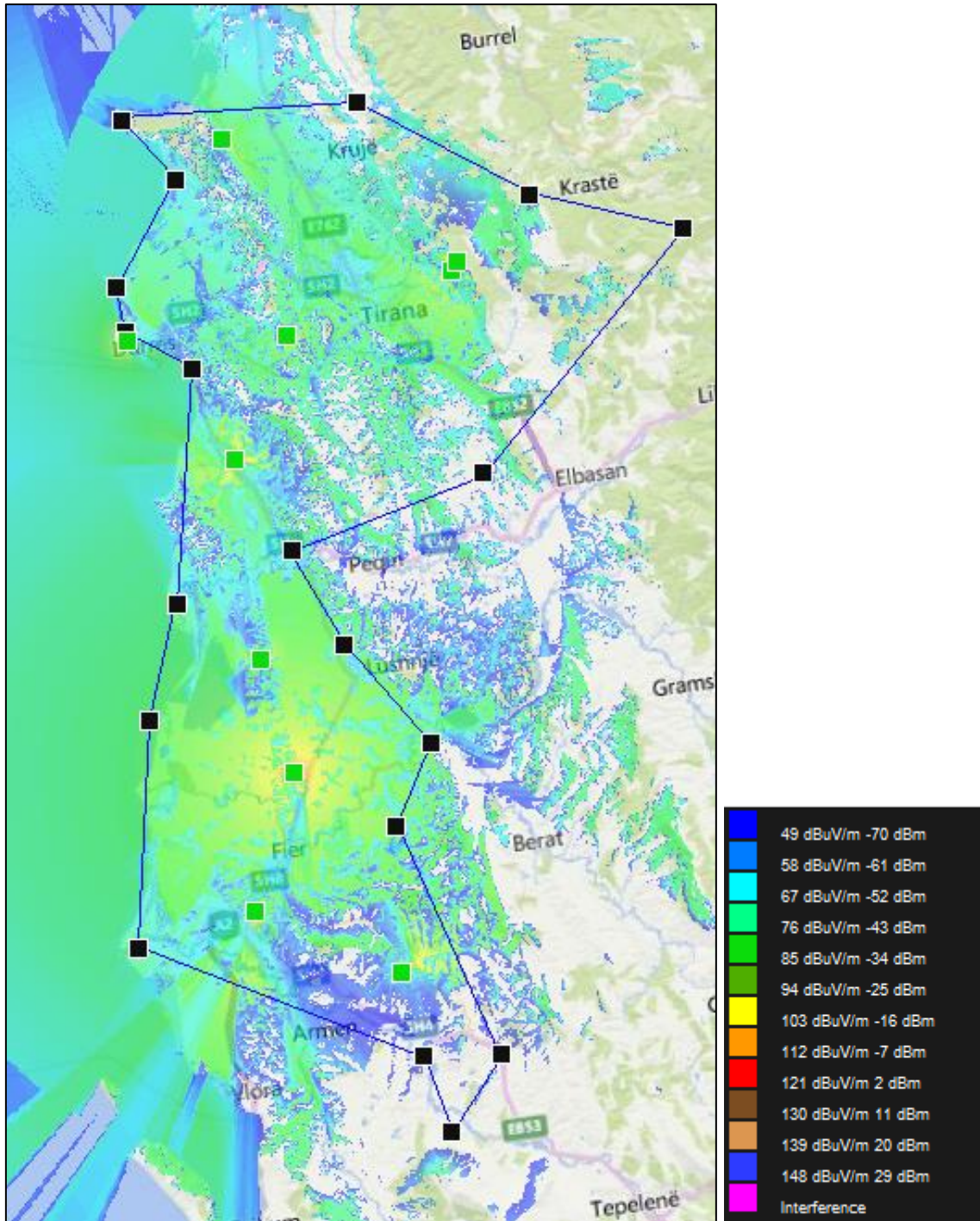


FIGURA 64: SIMULIMI I INTERFERENCAVE REFERUAR RAPORTIT C/N+I MBASI SHTOHEH PËRSËRITËSAT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32k, GI 1/8, PP2

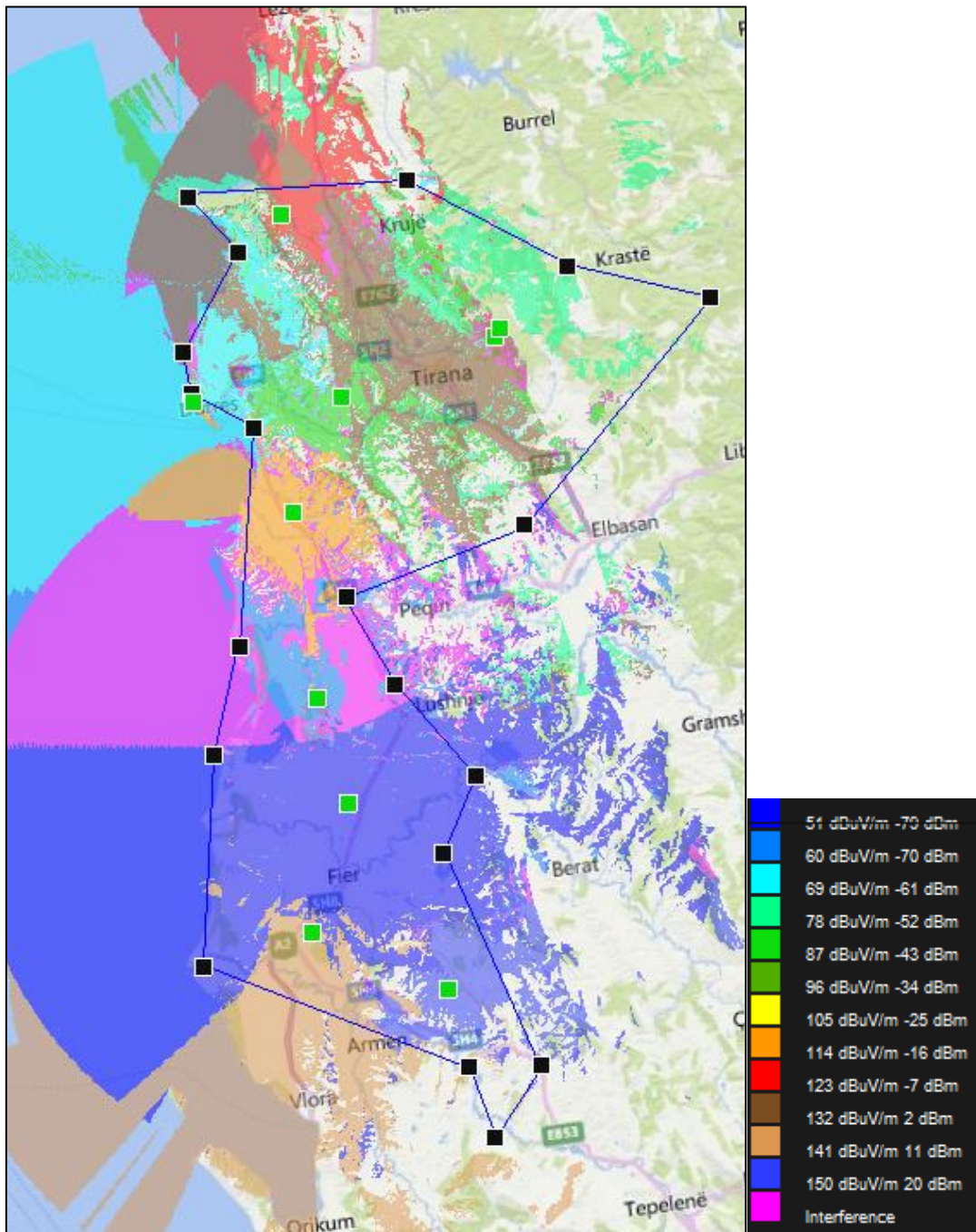


FIGURA 65: NIVELI I INTERFERENCAVE PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 1/2, 32K, GI 1/8, PP2, MBASI SHTOHEH PËRSËRITËSIT

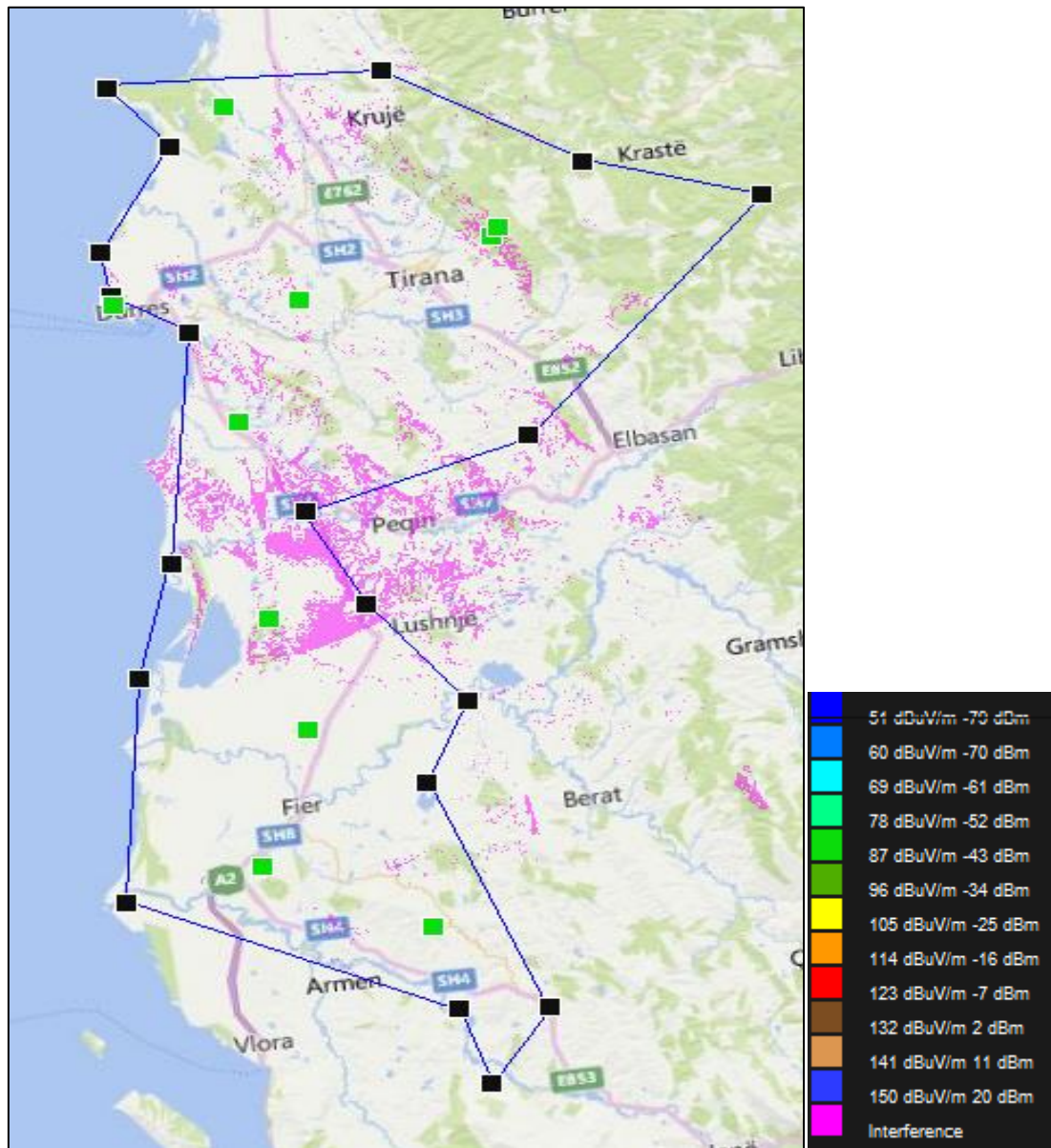


FIGURA 66: VETËM INTERFERENCAT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 1/2, 32K, GI 1/8, PP2, MBASI SHTOHEH PËRSËRITËSIT

Më poshtë paraqitet edhe realizimi i mbulimit duke marre në konsideratë vonesën statistike me qëllim përmirësimin e interferencave të brendshme.

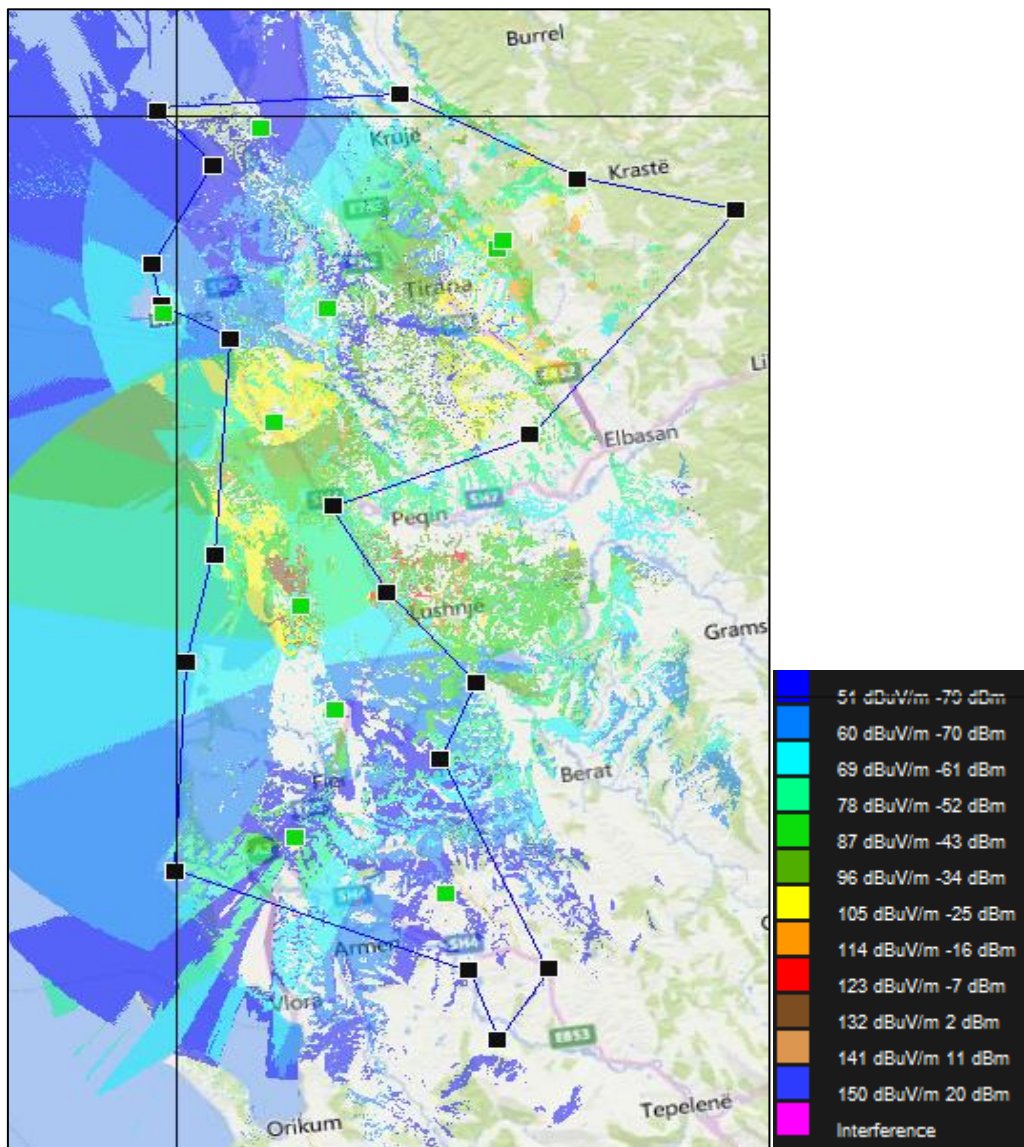


FIGURA 67: CAKTIMI I KOHËS SË VONESËS PËR ÇDO STACION TRANSMETUES NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32k, GI 1/8, PP2

Pas caktimit të kohë vonesës për çdo stacion transmetues, kryhet llogaritja e interferencës bazuar në raportin $C/N+I$ (COFDM mode), duke vendosur karakteristikat teknike si në tabelën më poshtë.

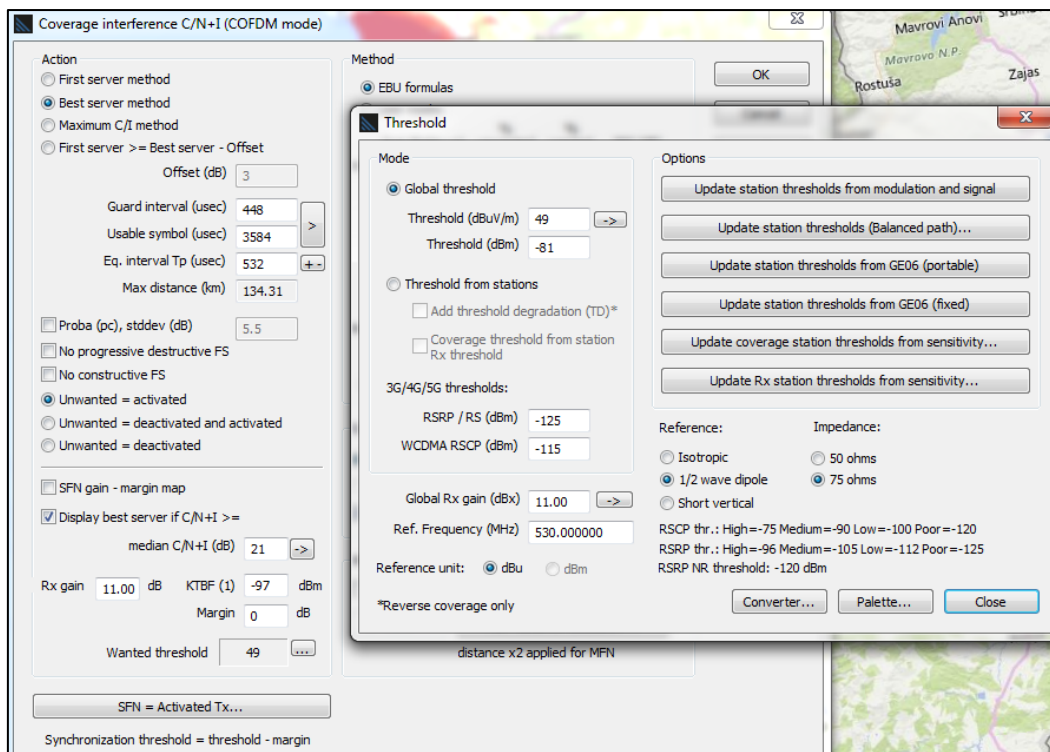


TABELA 52: PARAMETRAT TEKNIKË TË MARRËSIT PËR SIMULIMIN E VONESAVE STATIKE KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 2/3, 32k, GI 1/8, PP2

Launch delay

| BST | Callsign | Address | Delay (us) |
|-----|-------------|--------------|------------|
| 20 | Operatori 1 | Kavaja | 70 |
| 21 | Operatori 1 | Koder Ishem | 70 |
| 22 | Operatori 1 | Fushe Dajt | 0 |
| 23 | Operatori 1 | Likovun | 30 |
| 24 | Operatori 1 | Balshi | 60 |
| 25 | Operatori 1 | Ardenice | 0 |
| 26 | Operatori 1 | Grabjan | 30 |
| 27 | Operatori 1 | Durres koder | 80 |
| 28 | Operatori 1 | Dajti | 0 |
| 29 | Operatori 1 | Sheshi | 40 |

TABELA 53: PËRCAKTIMI I KOHË VONESAVE PËR SIMULIMIN E KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 2/3, 32k, GI 1/8, PP2

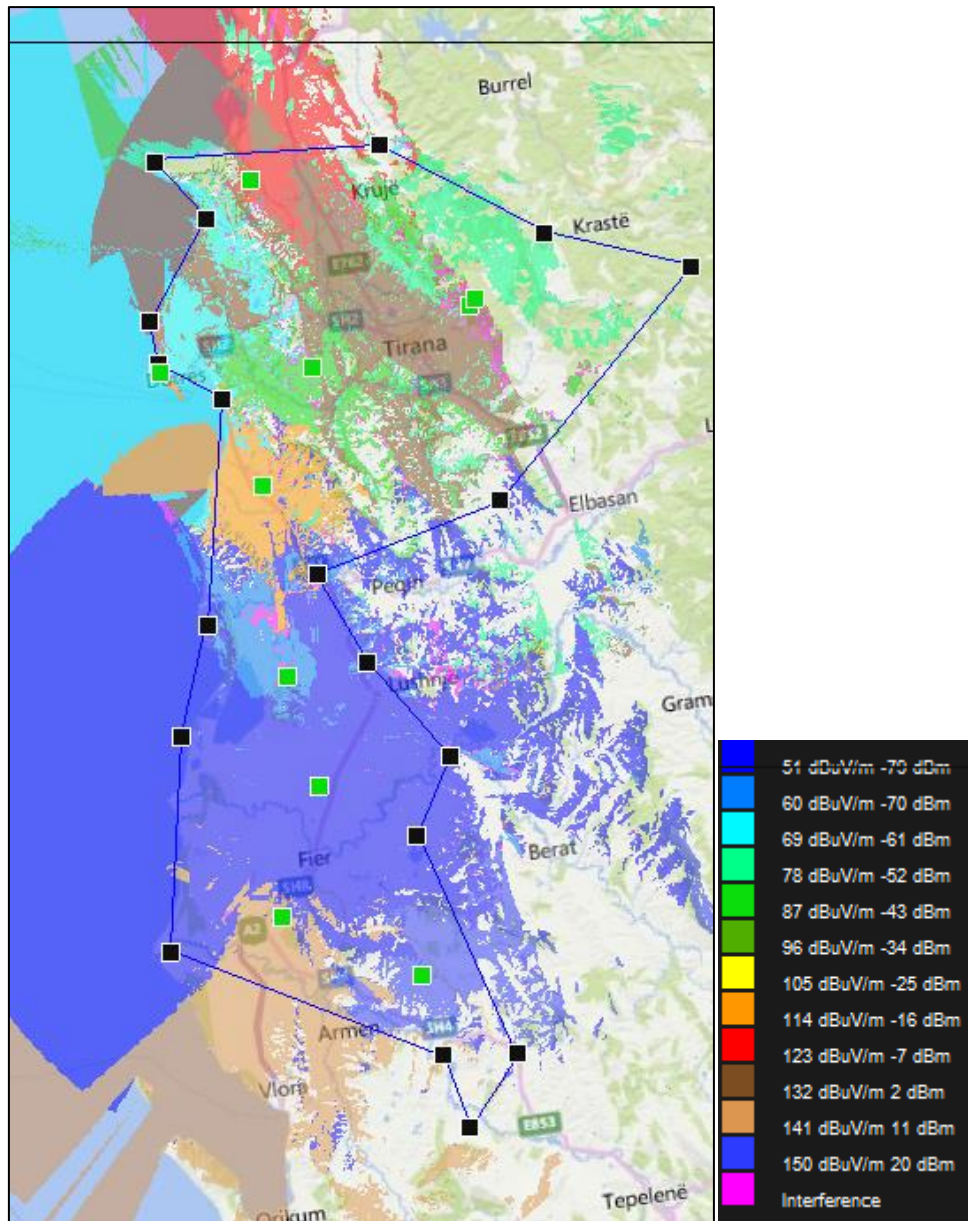


FIGURA 68: NIVELI I INTERFERENCAVE MBAS SIMULIMIT TË VONESAVE STATIKE NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 1/8, PP2

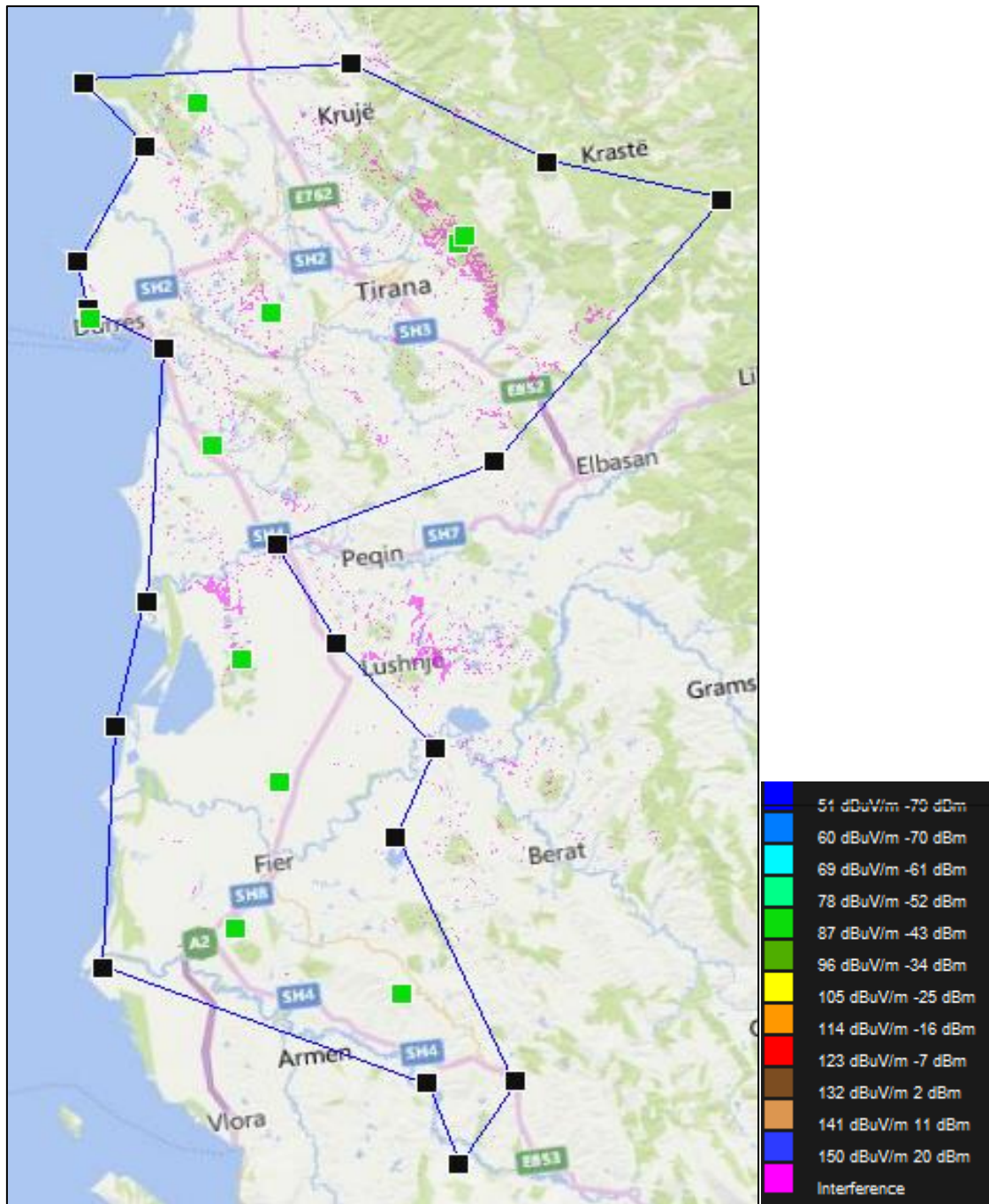


FIGURA 69: NIVELI I INTERFERENCAVE MBAS SIMULIMIT TË VONESAVE STATIKE NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 2/3, 32K, GI 1/8, PP2

5.4.6 OPTIMIZIMI I RRJETIT SFN NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 1/8 PP2

Në këtë dy konfigurim: raporti $C/N+I = 23.3$ dB dhe nivelin i threshold= 51.5 dBuV/m dhe kapaciteti i transmetimit 37.5 Mbps.

| | | | | |
|---|---------------|---|------------------------------------|-----------|
| FFT | Pilot pattern | GIF | Modulation | Code rate |
| 32 | PP2 | 1/8 | 256-QAM | 3/4 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Extended carrier mode | | <input checked="" type="checkbox"/> HEM | | |
| <input type="checkbox"/> Short FECFRAME | | <input type="checkbox"/> ISSY | <input type="checkbox"/> ISSY Long | |
| <input type="checkbox"/> MISO | | <input type="checkbox"/> DNP | | |
| <input type="checkbox"/> Repetition | | <input type="checkbox"/> FEF | | |
| NP2= 1 | | | | |
| CP2= 22432 | | | | |
| Cdata= 25412 | | | | |
| CFC= 21395 | | | | |
| Lfmax = 68 | | | | |
| Tf = 274.4 | | | | |
| Kbcn = 48408 | | | | |
| Ncell = 8100 | | | | |
| NBmax = 212 | | | | |
| Bma = -1 | | | | |
| Bit rate= 37.5376274146022 | | | | |

TABELA 54: LLOGARITJA E KAPACITETIT TË TRANSMETIMIT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32k, GI 1/8, PP2

Coverage interference C/N+I (COFDM mode)

Action

- First server method
- Best server method
- Maximum C/I method
- First server >= Best server - Offset

Offset (dB) 3

Guard interval (usec) 266

Usable symbol (usec) 3584

Eq. interval Tp (usec) 266

Max distance (km) 79.74

Proba (pc), stddev (dB) 5.5

No progressive destructive FS

No constructive FS

- Unwanted = activated
- Unwanted = deactivated and activated
- Unwanted = deactivated

SFN gain - margin map

Display best server if C/N+I >=

median C/N+I (dB) 23

Rx gain 11.00 dB KTBf (1) -97 dBm

Margin 0 dB

Wanted threshold 51

SFN = Activated Tx...

Synchronization threshold = threshold - margin

Method

- EBU formulas

OK

Threshold

Mode

- Global threshold
- Threshold from stations

Threshold (dBuV/m) 51

Threshold (dBm) -68

Add threshold degradation (TD)*

Coverage threshold from station Rx threshold

3G/4G/5G thresholds:

RSRP / RS (dBm) -125

WCDMA RSCP (dBm) -115

Global Rx gain (dBx) 11.00

Ref. Frequency (MHz) 530.000000

Reference unit: dBu dBm

*Reverse coverage only

Options

- Update station thresholds from modulation and signal
- Update station thresholds (Balanced path)...
- Update station thresholds from GE06 (portable)
- Update station thresholds from GE06 (fixed)
- Update coverage station thresholds from sensitivity...
- Update Rx station thresholds from sensitivity...

Reference: Isotropic 50 ohms

1/2 wave dipole 75 ohms

Short vertical

RSCP thr.: High=-75 Medium=-90 Low=-100 Poor=-120

RSRP thr.: High=-96 Medium=-105 Low=-112 Poor=-125

RSRP NR threshold: -120 dBm

Converter... Palette... Close

distance x2 applied for MFN

TABELA 55: PARAMETRAT TEKNIKË TË MARRËSIT PËR SIMULIMIN E KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 3/4, 32k, GI 1/8, PP2, MBASI SHTOHEN PËRSËRITËSIT

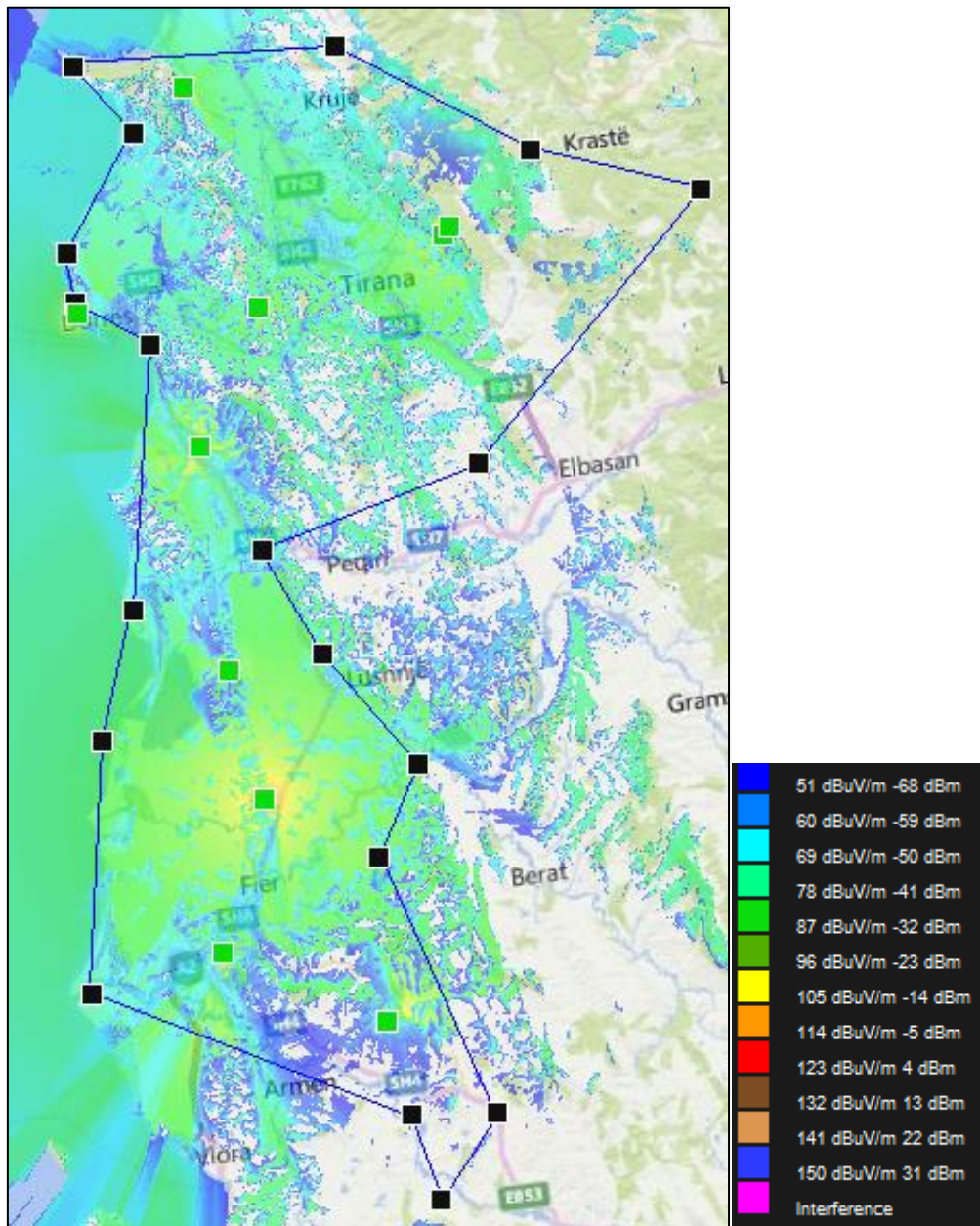


FIGURA 70: SIMULIMI I MBULIMIT PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32k, GI 1/8, PP2, MBASI SHTOHEH PËRSËRITËSIT

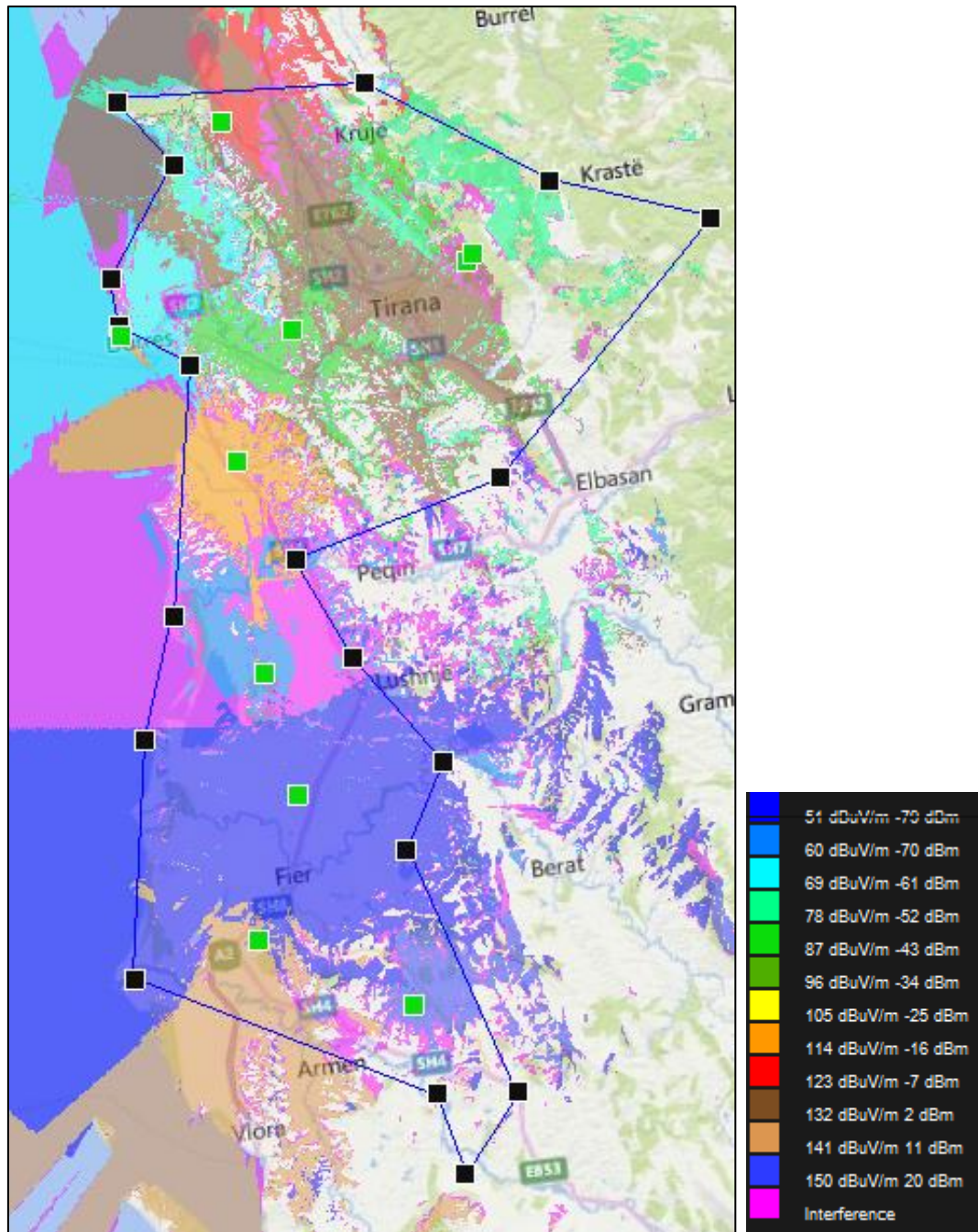


FIGURA 71: NIVELI I INTERFERENCAVE PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 1/8, PP2, MBASI SHTOHEH PËRSËRITËSIT

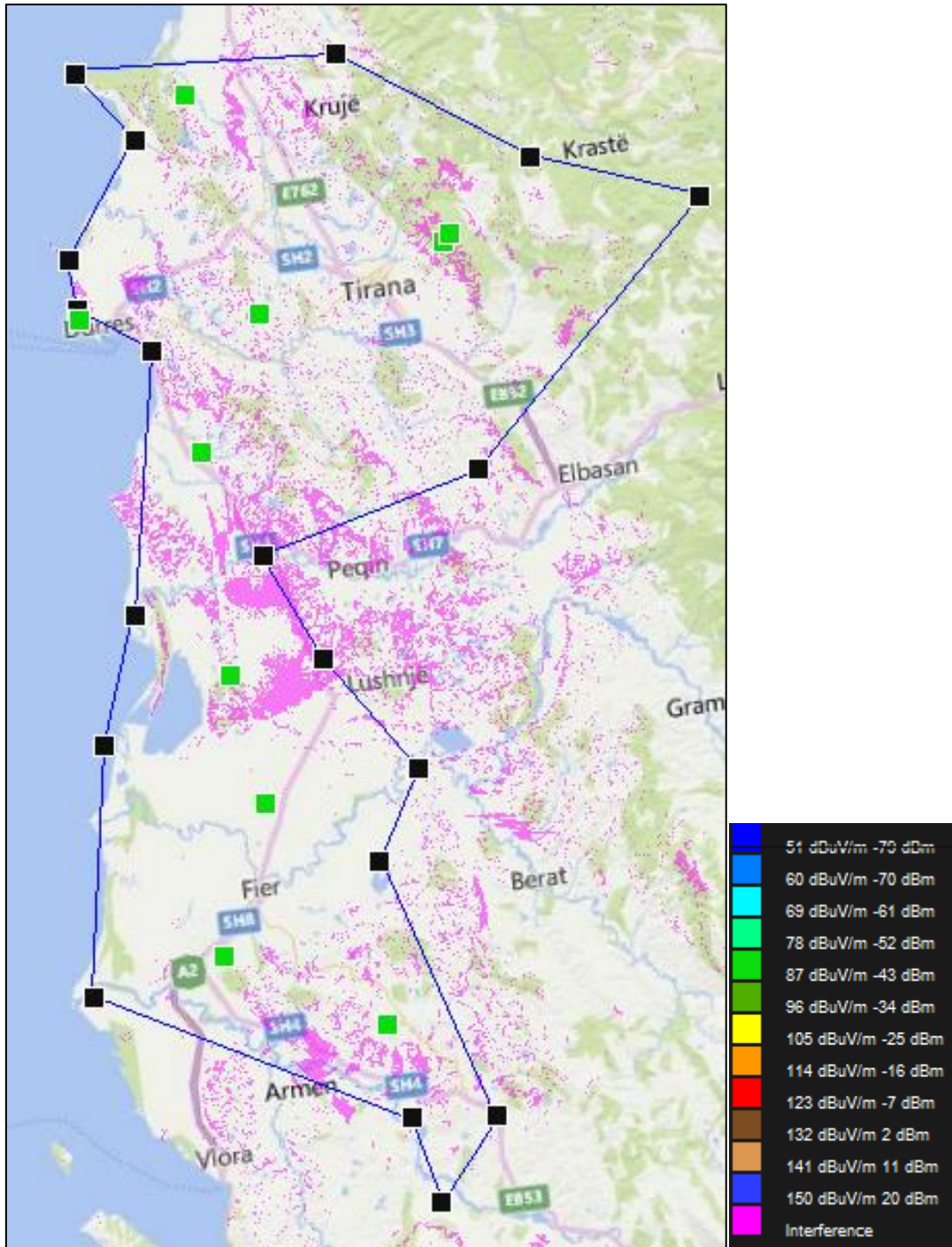


FIGURA 72: VETËM INTERFERENCAVE PËR KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32k, GI 1/8, PP2, MBASI SHTOHEM PËRSËRITËSIT

Kryejmë optimizimin e rrjetit duke shtuar kohë vonesat statike.

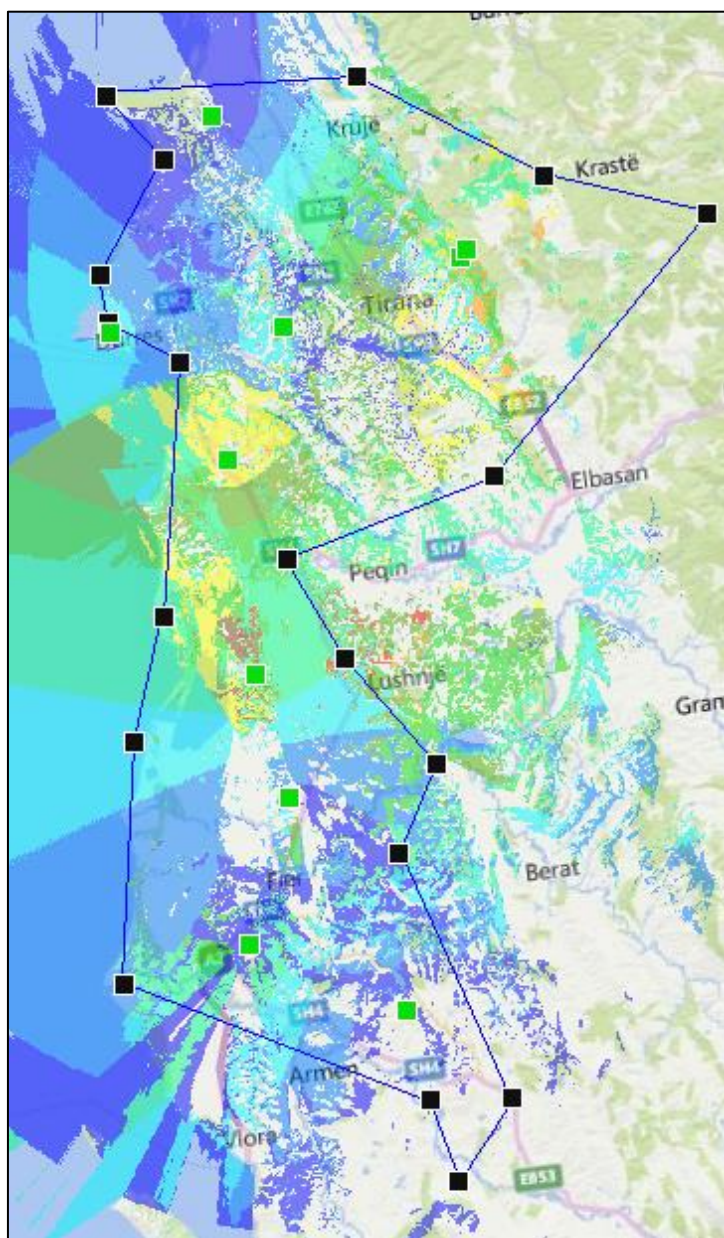


FIGURA 73: CAKTIMI I KOHËS SË VONESËS PËR ÇDO STACION TRANSMETUES NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32K, GI 19/256, PP2

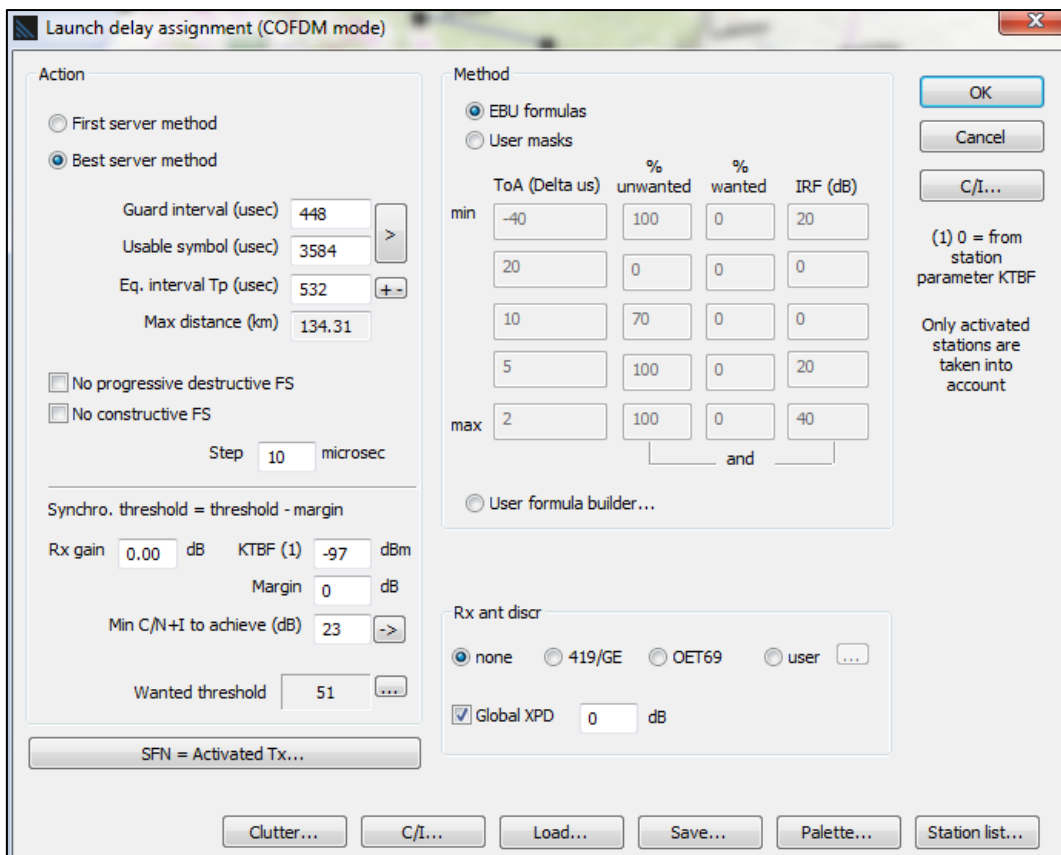


TABELA 56: PARAMETRAT TEKNIKË TË MARRËSIT PËR SIMULIMIN E VONESAVE STATIKE KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 3/4, 32k, GI 1/8, PP2

Launch delay

| BST | Callsign | Address | Delay (us) |
|-----|-------------|--------------|------------|
| 20 | Operatori 1 | Kavaja | 80 |
| 21 | Operatori 1 | Koder Ishem | 80 |
| 22 | Operatori 1 | Fushe Dajt | 0 |
| 23 | Operatori 1 | Likovun | 40 |
| 24 | Operatori 1 | Ballshi | 50 |
| 25 | Operatori 1 | Ardenice | 0 |
| 26 | Operatori 1 | Grabjan | 50 |
| 27 | Operatori 1 | Durres koder | 90 |
| 28 | Operatori 1 | Dajti | 0 |
| 29 | Operatori 1 | Sheshi | 60 |

TABELA 57: PËRCAKTIMI I KOHË VONESAVE PËR SIMULIMIN E KONFIGURIMIT 256QAM, FEC 3/4, 32k, GI 1/8, PP2

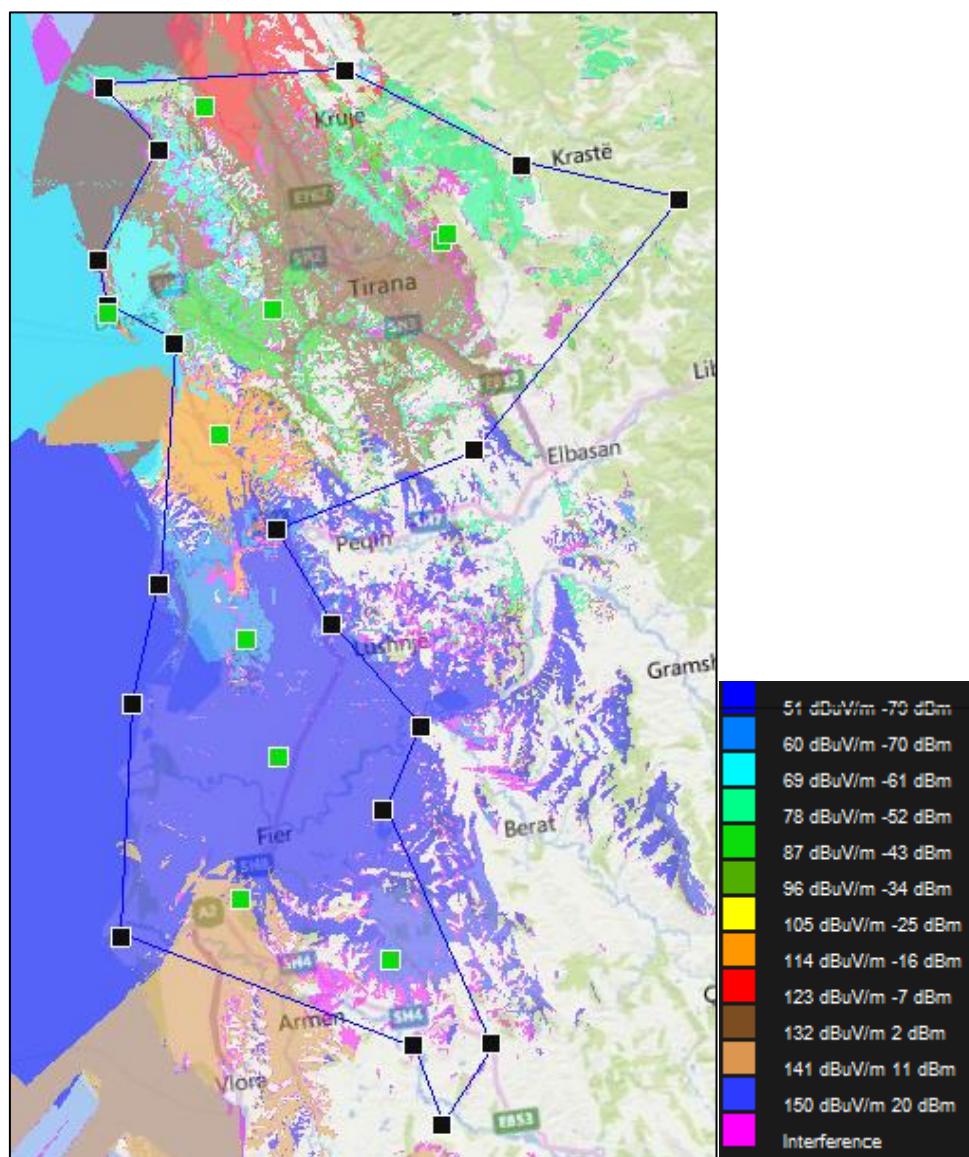


FIGURA 74: NIVELI I INTERFERENCAVE MBAS SIMULIMIT TË VONESAVE STATIKE NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32k, GI 1/8, PP2

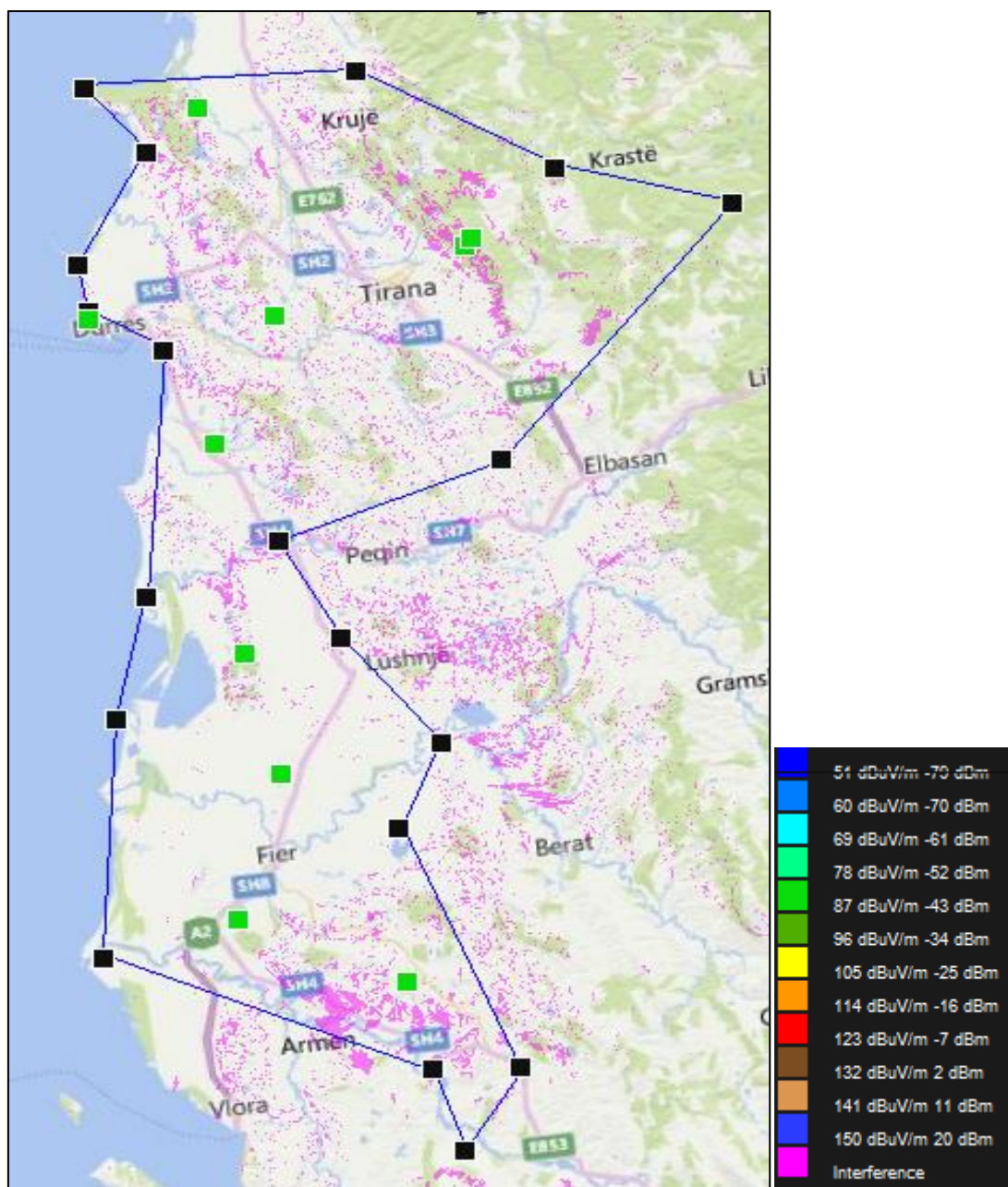


FIGURA 75: VETËM INTERFERENCAT MBAS SIMULIMIT TË VONESAVE STATIKE NË KONFIGURIMIN 256QAM, FEC 3/4, 32k, GI 1/8, PP2

5.4.7 PËRCAKTIMI I KOHË VONESAVE PËR ÇDO TRANSMETUES

| Pikat e transmetimit | 256QAM, FEC 2/3, 32k, GI 19/256 PP2/PP4 | | 256QAM, FEC 2/3, 32k, GI 1/8 PP2 | | 256QAM, FEC 3/4, 32k, GI 19/256 PP2/PP4 | | 256QAM, FEC 3/4, 32k, GI 1/8 PP2 | |
|----------------------|---|-------------------|----------------------------------|-------------------|---|-------------------|----------------------------------|-------------------|
| | Interference (pc) | Launch delay (µs) | Interference (pc) | Launch delay (µs) | Interference (pc) | Launch delay (µs) | Interference (pc) | Launch delay (µs) |
| 20- Kavaja | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21- Kodër Ishëm | 4.448949 | 110 | 4.448227 | 110 | 4.338847 | 110 | 4.338127 | 110 |
| 22- Fushë Dajti | 5.381746 | 0 | 5.345176 | 0 | 5.208992 | 0 | 5.177117 | 0 |
| 23- Likovuni | 6.034241 | 100 | 6.002627 | 100 | 5.847988 | 100 | 5.81643 | 100 |
| 24- Ballshi | 8.253294 | 160 | 8.220461 | 160 | 8.01552 | 160 | 7.982777 | 160 |
| 25- Ardenica | 7.938801 | 70 | 7.82617 | 70 | 7.652414 | 70 | 7.540134 | 70 |
| 26- Grabian | 8.255655 | 0 | 8.172621 | 0 | 7.95811 | 0 | 7.875421 | 0 |
| 27- Durrës Kodër | 8.11317 | 60 | 8.007791 | 60 | 7.830135 | 60 | 7.725106 | 60 |
| 28- Dajti | 8.234055 | 0 | 8.113372 | 0 | 7.946992 | 0 | 7.827307 | 0 |
| 29- Sheshi | 8.232137 | 30 | 8.116241 | 30 | 7.951278 | 70 | 7.8364 | 30 |

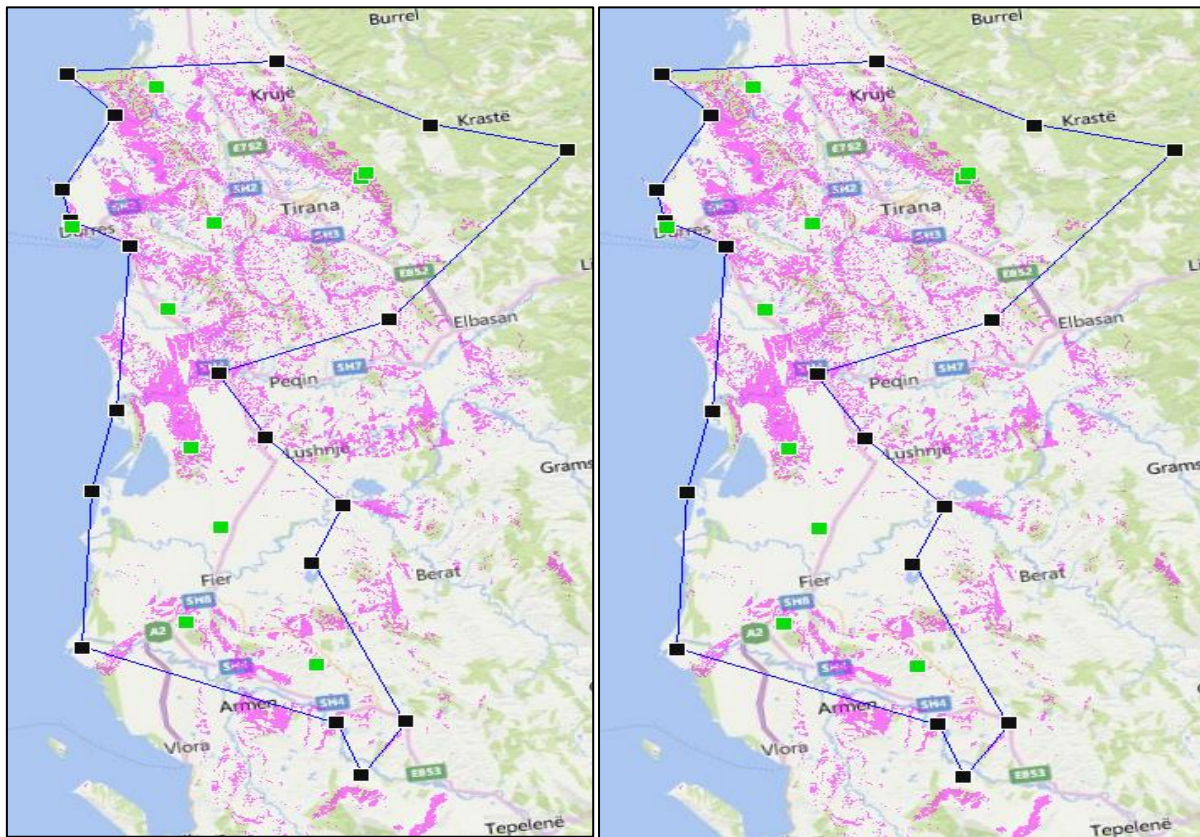
TABELA 58: KOHË VONESAT PËR ÇDO STACION TRANSMETIMI REFERUAR INTERFERENCAVE NË MBULIM (COVERAGE INTERFERENCE SFN/MFN SYNCHRONIZED)

| PIKAT E TRANSMETIMIT | 256QAM, FEC 2/3, 32k, GI 19/256 PP2/PP4 | 256QAM, FEC 2/3, 32k, GI 1/8 PP2 | 256QAM, FEC 3/4, 32k, GI 19/256 PP2/PP4 | 256QAM, FEC 3/4, 32k, GI 1/8 PP2 |
|----------------------|---|----------------------------------|---|----------------------------------|
| | Launch delay (µs) | Launch delay (µs) | Launch delay (µs) | Launch delay (µs) |
| 20- KAVAJA | 100 | 70 | 100 | 80 |
| 21- KODËR ISHËM | 90 | 70 | 90 | 80 |
| 22- FUSHË DAJTI | 20 | 0 | 20 | 0 |
| 23- LIKOVUNI | 50 | 30 | 50 | 40 |
| 24- BALLSHI | 60 | 60 | 60 | 60 |
| 25- ARDENICA | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26- GRABIAN | 80 | 30 | 80 | 50 |
| 27- DURRËS KODËR | 110 | 80 | 110 | 90 |
| 28- DAJTI | 20 | 0 | 20 | 0 |
| 29- SHESHI | 90 | 40 | 90 | 60 |

TABELA 59: KOHË VONESAT PËR ÇDO STACION TRANSMETIMI SIPAS (NETWORK PLANNING/ SFN LAUNCH DELAY ASSIGNMENTS)

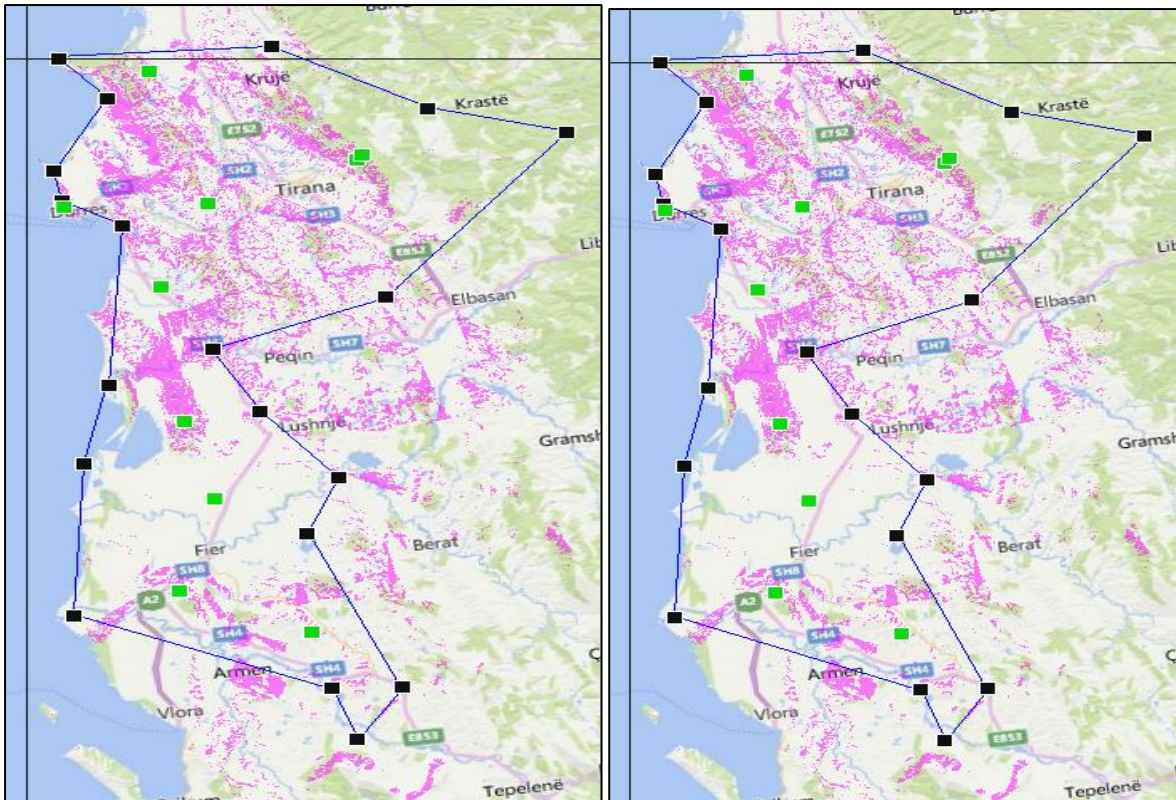
5.4.8 KRAHASIMI I REZULTATEVE TË SIMULIMEVE

Si më poshtë, për qëllim krahasimi, në Figurën 76 janë paraqitur ekstradimi i interferencave për të gjitha konfigurimet e propozuara si më të përshtatshmet për SFN Tiranë-Fier dhe në Tabelën 60 paraqitet krahasimi i parametrave të rrjetit për secilin konfigurim.



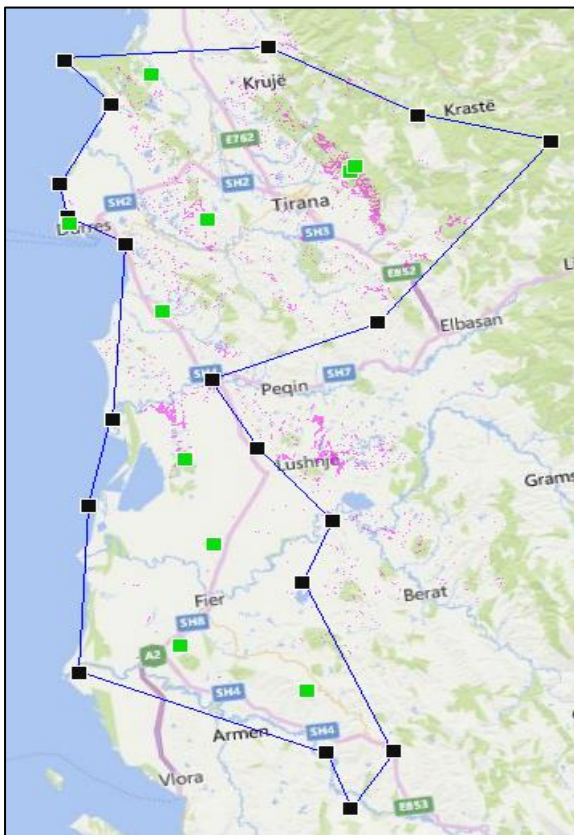
256 QAM, FEC 2/3, 32k, GI 19/256 PP2

256 QAM, FEC 2/3, 32k, GI 19/256 PP4

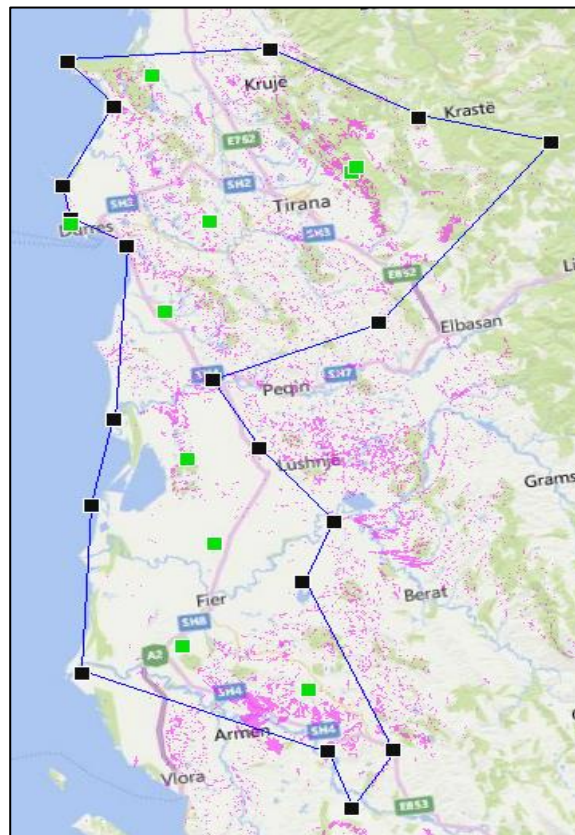


256 QAM, FEC 3/4, 32k, GI 19/256 PP2

256 QAM, FEC 3/4, 32k, GI 19/256 PP4



256QAM, FEC 2/3, 32k, GI 1/8 PP2



256QAM, FEC 3/4, 32k, GI 1/8 PP2

FIGURA 76: KRAHASIMI I REZULTATEVE TË SIMULIMEVE

| KONFIGURIMET E RRJETIT | 256QAM, FEC 2/3, 32k, GI 19/256 PP2 | 256QAM, FEC 2/3, 32k, GI 19/256 PP4 | 256QAM FEC 3/4, 32k, GI 19/256 PP2 | 256QAM FEC 3/4, 32k, GI 19/256 PP4 | 256QAM FEC 3/4, 32k, GI 1/8, PP2 | 256QAM, FEC 2/3, 32k, GI 1/8, PP2 |
|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Kapaciteti i transmetimit | 34.9 Mbps | 36.4 Mbps | 39.3 Mbps | 40.9 Mbps | 37.5 Mbps | 33.37 Mbps |
| C/N+I | 21.2 dB | 20.8 dB | 23.3 dB | 22.8 dB | 23.3 dB | 21.2 dB |
| Threshold | 49.4 dBuV/m | 49 dBuV/m | 51.5 dBuV/m | 51 dBuV/m | 51.5 dBuV/m | 49.4 dBuV/m |
| Global Interference Area | 4.478429 % e hartës | | 4.396024 % e hartës | | 4.278986 % e hartës | 4.427117 % e hartës |
| Interferencat | reduktohen | | reduktohen | | reduktohen | reduktohen |

TABELA 60: KRAHASIMI I PARAMETRAVE TEKNIK PËR KONFIGURIMET E SIMULUARA

Mbas simulimit të intervalit të mbrojtjes dhe konfigurimeve të parametrave teknik, shtimit të përsëritësve (gap-filler) si dhe simulimit të vonesave statike në transmetuesit e SFN-së së zgjeruar, por gjithashtu duke marrë në konsideratë vijimin e kërkimit për zgjerimin e mëtejshëm të SFN-së, konkludojmë që në këndvështrimin e që shmang interferencat ndër simbol (ISI) për rrjetin e ri SFN Tiranë-Fier, konfigurimi më i mirë është: 256-QAM, FEC 2/3, 1/8 GI, 32K, PP2, ndërsa lidhur me shpejtësinë e transmetimit konfigurimi më i mirë për të njëjtën GI 1/8 është: 256-QAM, FEC 3/4, 1/8 GI, 32K, PP2.

Konfigurimet me interval mbrojtje GI 19/256, sic edhe është mjaft evidente në paraqitjet grafike të mësipërme nuk konsiderohen të përshtatshme për SFN-në e propozuar në këtë punim pasi paraqesin nivel të lartë të interferencave ndër simbol (ISI).

Përdorimi i intervalit mbrojtës 1/8, përveç shmangies së interferencave të brendshme, mundëson zgjerimin e allotmentit përtej allotmentit të ri Tiranë-Fier në një kanal të vetëm frekuencor 28 (si p.sh grupimin e allotmenteve të tjera kufitare Shkodër dhe Lezhë), duke liruar dy frekuenca të tjera.

5.5 RRIJJA E EFIÇENCËS SPEKTRALE SHITESORE

Referuar paragrafit 3.5, efiçenca spektrale e një sistemi transmetimi radio përcaktohet si shpejtësia e transmetimit të të dhënave për njësi frekuence, e matur në bit/s/Hz.

Në DVB-T2 vlerësohet efiçenca shtesore e spektrit (LSE), ku me shtresë kuptohet bashkësia e kanaleve të frekuencës, së bashku me zonat e tyre të shërbimit, të cilat mund të përdoren për të siguruar mbulim të plotë kombëtar ose të pjesëshëm të gjithë vendin.

Efiçenca shtesore e spektrit (LSE) llogaritet si raport i efiçencës spektrale (SE) me faktorin e bllokimit të ripërdorimit të frekuencës (RBF).

$$LSE = \frac{SE}{RBF}$$

Referuar Tabelës 18, paragrafi 3.5, efienca spektrale nga 4.6 për rrjetet SFN me madhësi mesatare bëhet 4.2 në SFN-të e mëdha. Gjithashtu, referuar Tabelës 19 të paragrafit 3.5, faktori i bllokimit të ripërdorimit të frekuencës nga 5 për rrjetet SFN me madhësi mesatare bëhet 4 në SFN-të e mëdha.

Eficienca shtresore spektrale nga 0.92 në rrjetet egzistuese, rritet në 1.05

KAPITULLI VI

KONKLUZIONE DHE VIJIMI I PUNIMIT NË TË ARDHMEN

6.1 KONKLUZIONE

Ky disertacion ka hulumtuar dhe vlerësuar potencialin që sjell gjenerata e fundit e transmetimeve numerike tokësore DVB-T2 në përdorim më efikas të spektrit. Qëllimi i këtij hulumtimi lidhet me sfidën me të cilën po përballlet sot sektori i mediave audiovizive për të liruar Dividentin e dytë Numerik, i cili, brenda afatit kohor 2020-2022, duhet të jenë në përdorim nga shërbimet e lëvizshme me brez të gjerë.

Optimizimi i mbulimit ka mundësuar bashkimin e dy alotmenteve në një të vetme duke mundësuar lirimin e një frekuence, e cila është pjesë e brezit 700 MHz. Simulimi i mbulimit të allotmentit të ri është kryer me programin profesional të planifikimit të frekuencave audio/audiovizive “HTZ Communications”. Softveri i simulatorit është testuar për kombinime të ndryshme të parametrave të sistemit të cilat kanë rezultuar në nivele të ndryshme të interferencës ndër simbol ISI. Për të reduktuar interferencat ISI janë shtuar katër stacione përsëritës (gap filler), për të cilët, falë avantazheve që gëzojnë rrjetet SFN, nuk ka nevojë për riplanifikim.

Për të përmirësuar më tej mbulimin e SFN-së së re (Tiranë-Fier) vijohet, bazuar gjithashtu në platformën “HTZ Communications”, me simulimin e vonesave statistike midis transmetuesve. Ndryshimi i kompensimeve të kohës nuk kërkon investime të konsiderueshme. Çdo transmetues privat mund të zbatojë konfigurimin e tij të vonesave pa ndikuar në shërbimin e rrjeteve të tjera operative. Rezultati tregon një përmirësim në rreth 5 % të mbulimit.

Bashkimi i dy SFN-ve nuk prek Planin GE-06 dhe si rrjedhim nuk nevojitet koordinimi me vendet fqinjë i cili do të kërkonte një kohë relativisht të gjatë (rreth 3 vjet).

Rezultatet tregojnë gjithashtu se shërbimi i ofruar nga SFN-ja e zgjeruar, që mbulon dy SFN-të egzistuese, ofron një nivel të përmirësuar të performancës së rrjetit, rritje të efikasitetit spektral duke mundësuar lirim të frekuencave të Dividentit të dytë Digjital.

6.2 VIJIMI I PUNIMIT NË TË ARDHMEN

Duke marrë konsideratë mundësitë e panumërta që ofron gjenerata më e avancuar e teknologjive të transmetimeve numerike audiovizive DVB-T2, studimi i paraqitur në këtë disertacion shërben si një pikënisje për kërkime të mëtejshme. Këto kërkime duhet të përfshijnë simulime që i përgjigjen krijimit të hapësirave për zgjerime të mëtejshme të rrjetit SFN të propozuar në këtë punim, jo vetëm bazuar në dy konfigurimet e kokluduara si më të përshtatshme në këtë punim, por gjithashtu duke testuar konfigurime të tjerë të parametrave teknik DVB-T2.

Një hulumtim tjetër mund të përfshijë mundësinë e zgjerimit të rrjeteve të tjerë SFN deri në mbulimin e rrjetit SFN fqinjë të tij, si kundër u veprua në këtë studim. Këto studime mund të vijojnë deri në lirim të plotë të Dividentit të dytë Numerik, apo brezit 700 MHz.

BOTIME DHE KONFERENCA

Botime:

- “Coverage Optimization for DVB-T2 SFN Networks”, International Journal of Engineering Science Invention (IJESI) ISSN (Online): 2319 – 6734, ISSN (Print): 2319 – 6726, Volume 7, Issue 2, February 2018, PP. 05-09.
- “DVB-T2 Transmission System in the GE06 Plan”, IOSR Journal of Electronic Communication Engineering (IOSR-JECE) e-ISSN: 2278-2834, p- ISSN: 2278-8735, Volume 13, Issue 1, Ver. I (Jan.- Feb. 2018), PP 14-17.
- Multi-Antenna Systems in DVB-T2/SFN Networks, International Refereed Journal of Engineering and Science (IRJES) ISSN (Online) 2319-183X, (Print) 2319-1821 Volume 8, Issue 1 Ser I (Jan 2019), PP. 66-70

Konferenca:

- “Refarming-more efficient use of spectrum”, 5th International Conference Information Systems and Technology Innovations: projecting trends to a New Economy/ Department of Mathematics, Statistics and Applied Informatics, University of Tirana, ISTI2014
- “Achieving Maximum SFN Size for DVB-T2 Transmission System”, CBU International Conference on Innovation in Science and Education, UDC Classification: 654.1; DOI: <http://dx.doi.org/10.12955/cbup.v6.1284>, March 22-24, 2017, Prague, Czech Republic
- “Effective Use of Frequencies in Digital Terrestrial Television Broadcasting”, The 7th International Virtual Conference on Informatics and Management Sciences, eISSN: 1339-9144, cdISSN: 1339-231X 10.18638/ictic.2018.7.1.348, ISBN: 978-80-554-1436-2, April, 2. - 7. 2018, Slovakia

REFERENCA

- 1) GE06 Agreement: Final Acts of the Regional Radio Communication 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)
- 2) Strategjia e kalimit nga transmetime analoge ne transmetime numerike, Tiranë 2012
- 3) EBU Tech 3348 r4, “Frequency and Network Planning Aspects of DVB-T2”, Status: Report, Version 4.1.2, Geneva January 2020
- 4) Report ITU-R BT.2386-2(04/2019) “Digital terrestrial broadcasting: Design and implementation of single frequency networks (SFN)”
- 5) Recommendation ITU-R SM.1875-3 (08/2019) “DVB-T coverage measurements and verification of planning criteria”
- 6) ITU-R Rec. P.1546: Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3 000 MHz
- 7) Recommendation ITU-R BT.1306-8, Error-correction, data framing, modulation and emission methods for digital terrestrial television broadcasting
- 8) ITU-R Rec. BT.419-3: Directivity and polarization discrimination of antennas in the reception of television broadcasting
- 9) S. Telemi, R. Brugger, ‘Optimal DVB-T2 system parameters for the coverage of large single frequency networks’, EBU, SMR-BNP, July 2013
- 10) European Broadcasting Union, “Benefits and Limitations of Single Frequency Networks (SFN) for DTT,” June 2013. tech.ebu.ch/docs/techreports/tr016.pdf
- 11) European Broadcasting Union, Operating Eurovision and Euroradio, TR 09, “DVB-T2 Single Frequency Networks and Spectrum Efficiency”, November 2014, Geneve
- 12) Alexandru Martian, Member, IEEE, Melania Dambeanu, Cristina Oprea, Member, IEEE, Calin Vladeanu, Member, IEEE and Ion Marghescu, Senior Member, IEEE “DVB-T2 Radio Coverage Analysis in Romania”, Serbia, Belgrade, November 21-22, 2017
- 13) M. Lanza, A. G. (2009). Coverage optimization for DVB-T/H single frequency networks using a PSO algorithm. *IEEE Int. Symp. Broadband Multimedia Syst. Broadcast*, (pp. 1-6).

- 14) D. Plets, W. Joseph, P. Angueira, J.A. Arenas, L. Verloock, and L. Martens, "On the methodology for calculating SFN gain in digital broadcast systems," *IEEE Trans. Broadcast.*, vol. 56, no. 3, pp. 331-339, Sept. 2011
 - a. Eizmendi, G. Prieto, G. Berjon-Eriz, I. Landa, and M. Velez, "Empirical DVB-T2 thresholds for fixed reception," *IEEE Trans. Broadcast.*, vol. 59, no. 2, pp. 306-316, Jun. 2013.
- 15) M. García-Lozano, M.A. Lema, S. Ruiz, and F. Minerva, "Metaheuristic procedure to optimize transmission delays in DVB-T single frequency networks," *IEEE Trans. Broadcast.*, vol. 57, no. 4, pp. 876-887, Dec. 2011.
- 16) A path-specific propagation prediction method for point-to-area terrestrial services in the VHF and UHF bands, Recommendation UITR P.1812-2, Feb. 2012.
- 17) N. Cornillet, M. Crussiere, J. Helard, "Performance of the DVB-T2 System in a Single Frequency Network: Analysis of the Distributes Alamouti Scheme" Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB), 2011 IEEE International Symposium on, Jun 2011, Nuremberg, Germany. pp.1 - 4, 2011, <10.1109/BMSB.2011.5954961>. <hal-00657495>
- 18) J. Morgade, P. Angueira, "SFN-SISO and SFN-MISO Gain Performance Analysis for DVB-T2 Network Planning", IEEE Transactions on Broadcasting, 2000
- 19) Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2), ETSI EN 302 755 V1.3.1 (2012-04)
- 20) Alamouti, S., "A simple transmit diversity technique for wireless communications," Selected Areas in Communications, IEEE Journal on , vol.16, no.8, pp.1451,1458, Oct 1998.
- 21) G. Santella, R. D. Martino, and M. Ricchiuti, "Single frequency network (sfm) planning for digital terrestrial television and radio broadcast services: The Italian frequency plan for t-dab," in Veh. Technol. Conf., May 17.
- 22) S. Jeon, J. Kim, H. Mok, J. Seo, "Formulating the Net Gain of MISO-SFN in the Presence of Self-Interferences", Radio Engineering, Vol. 24, No. 2, June 2015.
- 23) K. S. Woo, K. I. Lee, J. H. Paik, K. W. Park, W. Y. Yang, and Y. S. Cho, "A DSFBC-OFDM for a Next Generation Broadcasting System with Multiple Antennas" IEEE transactions on broadcasting, vol. 53, no. 2, pp 539-546, jun. 2007

- 24) S.M. Alamouti, "A simple transmit diversity technique for wireless communications", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 16, no. 8, pp 1451-1458, Oct. 1998
- 25) ETSI EN 302 755, "Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)"
- 26) ETSI TR 102 831, "Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system(DVB-T2)"
- 27) M. Anedda, J. Morgade, M. Murrioni, P. Angueira, M. Arrinda, J. Perez and J. Basterrechea, "Heuristic Optimization of DVB-T/H SFN Coverage Using PSO and SA algorithms", in *Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB), 2011. IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB)*. pp. 1–5, 8–10 Jun. 2011.,
- 28) C.W. Li, S. Telemi, P. Angueira, R. Brugger, X.L. Zhang, I. Peña, A. Arrinda and Z. Zhang, "Optimal DVB-T2 Network Planning using Theoretical SFN", 2014 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB), Beijing, 2014
- 29) R. Brugger, D. Hemingway, "OFDM receivers - impact on coverage of inter-symbol interference and FFT window positioning", *EBU Tech. Review*, 2003, pp. 1-12.
- 30) M. Lanza, A. Gutierrez, J. Perez, J. Morgade, M. Domingo, L. Valle, P. Angueira and J. Basterrechea, "Coverage Optimization and Power Reduction in SFN Using Simulated Annealing", *IEEE Trans. Broadcast*, vol. 60, n. 3, pp. 474-485, Sep. 2014.
- 31) Garcia-Lozano, M., Ruiz-Boque, S., & Minerva, F. (2010). Static delays optimization to reduce self-interference in DVB-T networks. In *IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB)*. pp. 1–6, 24–26 Mar. 2010.
- 32) *Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3000 MHz*, Recommendation ITU-R P. 1546-4, Oct. 2009.
- 33) Eizmendi, M. Velez, D.G. Barquero, J. Morgade, V.B. Lecuyer, M. Slimani and J. Zoellner, "DVB-T2: The Second Generation of Terrestrial Digital Video Broadcasting System," *IEEE Trans. Broadcast.*, vol.60, no.2, pp. 258-271, June 2014.
- 34) Eizmendi, G. Prieto, G. Berjon-Eriz, I. Landa, and M. Velez, "Empirical DVB-T2 thresholds for fixed reception," *IEEE Trans. Broadcast.*, vol. 59, no. 2, pp. 306-316, Jun. 2013.

- 35) M. Lanza, A.L. Gutiérrez, I. Barriuso, M. Domingo, J.R. Pérez, et al., "Optimization of single frequency networks for DVB-T services using SA and PSO," in *Proc. 5th European Conf. Antennas Propagat.*, Rome, 2011, pp. 702-706.
- 36) A. Ligeti, and S.B. Slimane, "Local coverage probability estimation in single frequency networks," *Wirel. Pers. Communicat. J.*, no. 2, pp.105-128, Aug. 2001.
- 37) ETSI, "Frame Structure Channel Coding and Modulation for a Second Generation Digital Terrestrial Television Broadcasting System (DVB-T2)", ETSI EN 302 755 V1.3.1, 2012.
- 38) ETSI, "Digital Video Broadcasting (DVB): Implementation Guidelines for DVB Terrestrial Services: Transmission Aspects", ETSI TR 101 190V1.3.2, 2011
- 39) ITU, "GE06 Agreement: 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)", ITU, Geneva, 2006
- 40) R. Brugger e D. Hemingway, "OFDM receivers impact on coverage of the inter-symbol interference and FFT window positioning", *EBU Tech. Review*, 2003, pp. 1-12, 2003. ITU-R Report BT.2254. Frequency and network planning aspects of DVB-T2. Report BT.2254. Approved in 2013-11. Managed by SG06. <http://www.itu.int/pub/RREP-BT.2254>.
- 41) ITU-R Recommendation P.1812, "A path-specific propagation prediction method for point-to-area terrestrial services in the VHF and UHF bands". [Online]. Available: <http://www.itu.int/rec/R-RECP.1812/en>.
- 42) ITU-R Recommendation P.1546, "Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3000 MHz", [Online]. Available: <http://www.itu.int/rec/R-REC-P.1546/en>.
- 43) European Telecommunications Standard Institute, (2008–2009), Digital video broadcasting (DVB); framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television. ETSI EN 300 744 V1.6.1.
- 44) European Telecommunications Standard Institute. (2004–2011). Digital video broadcasting (DVB); transmission system from handheld terminals (DVB-H). ETSI EN 302 304 V1.1.1.