



Zpráva ECC **364**

Studie sdílení a kompatibility týkající se bezdrátových přístupových systémů včetně rádiových místních sítí (WAS/RLAN) ve frekvenčním pásmu 6425-7125 MHz.

schváleno DD Měsíc RRRR

0 SHRUTÍ

Tato zpráva obsahuje studie sdílení a kompatibility mezi sítěmi WAS/RLAN (Low-Power Indoor (LPI) a Very Low Power (VLP)) a stávajícími zavedenými systémy v pásmu 6425-7125 MHz.

Studie byly provedeny na základě modelu nasazení WAS/RLAN podobného modelu použitému ve zprávách ECC 302 a 316, avšak s aktualizovanými parametry (scénář A), s přidáním druhého scénáře (scénář B), jehož cílem je rovněž zkoumat hustší využití WAS/RLAN. Každý scénář má tři předpoklady nasazení: nízký, střední a vysoký. Tento model, který definuje hustotu aktivních sítí RLAN jako úměrnou hustotě obyvatelstva, umožňuje zvažovat studie rušení s vícenásobným vstupem jak v rámci obecného přístupu, tak v rámci přístupu specifického pro danou lokalitu.

0.1 SDÍLENÍ MEZI SLUŽBOU WAS/RLAN A PEVNOU SLUŽBOU (FS)

0.1.1 Výsledky studií minimálních vazebních ztrát (MCL)

Výpočty MCL byly provedeny pro městské a příměstské oblasti.¹ bez profilu terénu. Vysílač RLAN (Tx) je směřován na přijímač FS (Rx). Výšky RLAN jsou 1,5 m a 7,5 m. Pro případy venkovní/vnitřní sítě s konstantní šířkou pásma FS (Rx = 40 MHz) a proměnlivou šířkou pásma RLAN (Tx = 40 MHz až 320 MHz) se studují různé faktory překrývání šířky pásma. Zkoumá se vliv různých výšek FS (30 m, 40 m, 75 m).

Byly použity mediánové hodnoty pro ztráty při vstupu do budovy (doporučení ITU-R P.2109) pro tradiční budovy/domy a pro ztráty v důsledku rušení (doporučení ITU-R P.2108).

Studie identifikovala místa, kde by jedna WAS/RLAN mohla případně překročit kritérium ochrany v oblasti ve tvaru klíčové dírky (tvořené kruhem s relativně malým poloměrem a vrcholovou oblastí, která má relativně velký rozsah směrem dolů po vrstevnici). Výsledky ukazují, že poloměr špičky (maximální vzdálenosti) se ve venkovních případech pohybuje mezi 0,9 km a 11,3 km a pro vnitřní scénář je to maximálně 3,3 km. Poloměr kruhu (minimální vzdálenosti) se nijak výrazně nemění a pohybuje se mezi 0 km a 0,3 km pro případy použití uvnitř budov a 0,3 km až 0,7 km pro případy použití venku. Výšková úroveň přijímače FS má vliv na separační vzdálenosti (maximální poloměr).

Výsledky v případech venkovního/venkovního použití ukazují, že vzdálenosti se zmenšují s rostoucí šířkou pásma sítě RLAN v důsledku klesající spektrální hustoty výkonu sítě RLAN.

Výpočty MCL odhalily kritické scénáře, ale neumožnily učinit konečné závěry o statistické pravděpodobnosti výskytu těchto scénářů. Proto byly provedeny statistické studie založené na metodě Monte Carlo.

0.1.2 Výsledky studií Monte Carlo

V této zprávě byly ve studiích Monte Carlo použity dva různé přístupy:

- Společné Monte Carlo umístění/čas: Parametry závislé na umístění a čase použité ve výpočtech jsou náhodně vzorkovány při každé události Monte Carlo (společně se mění), nezávisle na sobě. Výstup tohoto přístupu je vyjádřen jako procento událostí (smíšených z hlediska polohy a času), které překračují ochranný práh (např. I/N -10 dB);
- Monte Carlo s oddělenou polohou a časem: Parametry závislé na poloze jsou náhodně vzorkovány v oddělené smyčce (smyčka morfologie) od parametrů závislých na čase (časová smyčka). Výstup tohoto přístupu je vyjádřen procentem morfologií překračujících časově závislé ochranné kritérium (např. I/N -10 dB překročené v méně než 20 % případů).

Metodiky jednotlivých přístupů jsou podrobně popsány v jednotlivých studiích dále v této zprávě.

¹ Venkovské scénáře zde nebyly zkoumány, ale byly zkoumány ve zprávě ECC 302.

V době psaní této zprávy se v ECC stále pracuje na vytvoření obecné metodiky pro odvození kritérií ochrany pro jakýkoli zdroj časově proměnného rušení do přijímače FS. V rámci této činnosti se ve studiích zkoumá, jak si současné přijímače FS vedou v přítomnosti rušení pulzního/nárazového typu, a to s ACM (adaptivní kódování a modulace) a bez něj. Proto je třeba poznamenat, že závěry probíhající práce mohou mít dopad na výsledky sdílení RLAN/FS a že může být nutné další zkoumání vlivu majáků RLAN.

0.1.2.1 Studie Monte Carlo pro danou lokalitu

Některé kombinace parametrů uvažované v obecných studiích lokality nemusí ve skutečnosti v terénu existovat. Zejména jedno ověření provedené pro město s 6000 obyvateli na kilometr čtvereční ukázalo, že některé kombinace parametrů neodrážejí žádné zavedené pevné spoje. Pokud tedy nejsou založeny na vnitrostátních údajích, neměly by být všechny kombinace v rozsahu použitém v obecných studiích lokality považovány za reprezentativní a kombinace, které se v praxi skutečně vyskytují, by měly být posuzovány případ od případu.

Byl zjištěn vztah mezi hustotou osídlení a rozmístěním některých FS (viz oddíl 4.1.2). Pouze velmi malé procento přidružených přijímačů FS je umístěno v oblastech s hustotou zalidnění vyšší než 3000 obyvatel/km² a městské oblasti s největší hustotou zalidnění mají antény umístěné výše nad zemí než ty, které se nacházejí v oblastech s nižší hustotou zalidnění.

Obecná studie lokality A

Studie A je studie Monte Carlo pro celou lokalitu, jejímž cílem je posoudit, zda je splněno kritérium dlouhodobé ochrany a FDP, pokud jsou WAS/RLAN s nízkým výkonem (LPI) v interiéru (příčemž náhodný LPI je v exteriéru) a WAS/RLAN s velmi nízkým výkonem (VLP) v exteriéru a oba jsou v provozu současně.

Studie se zabývaly Frankfurtem, což je velké hustě obydlené německé město s okolními předměstskými a venkovskými oblastmi. Velikost simulačního poloměru byla omezena radiovým horizontem (tj. 59 km). Byly zvažovány tři různé modely hustoty nasazení WAS/RLAN scénáře A. Výsledky studie jsou vypočteny s přihlédnutím ke všem možným statistickým kombinacím z hlediska polohy, hustoty osídlení, výšky FS, zisku antény FS ze souboru reálných dat od německé správy.

Výsledky z velkého počtu společných událostí Monte Carlo v závislosti na poloze a čase ukazují, že práh dlouhodobé ochrany ($I/N = -10$ dB pro méně než 20 % běhů) je dodržen ve všech případech, a to i při náhodném venkovním LPI. Hodnoty FDP získané pro obecný spoj FS v místě s ATPC a bez něj jsou všechny nižší než 10 %. Jinými slovy, výsledky ukazují, že pravděpodobnost poškození spoje FS je velmi vzácná.

Kromě toho byly provedeny další simulace pomocí metody Monte Carlo s oddělenou polohou a časem na dvou případech, které vykazovaly nejhorší agregované rozdělení I/N ve společné studii polohy a času.

V obou těchto případech je dodrženo kritérium dlouhodobé ochrany -10 dB při 20 % času. Rovněž pro případ s velkou výškou antény FS nebylo touto metodikou zjištěno žádné překročení kritéria ochrany FDP ($FDP < 10$ %). V případě vysoké antény přijímače FS je maximální hodnota FDP 2 %. Pro případ s nízkou výškou antény FS je procento pevných morfologií RLAN, u nichž FDP nepřekračuje kritérium FDP 10 %, 99,2 %, 99,5 % a 99,6 % v závislosti na rezervě slábnutí spoje FS (23 dB, 29,7 dB a 40,3 dB). Výsledky ze studovaných morfologií pevných sítí RLAN ukazují, že procento morfologií, u nichž FDP překračuje 10 % pro spoj FS, je menší než 0,8 % (pro minimální FM s 5 % podílem) nebo 0,4 % (pro minimální FM s 95 % podílem).

Hodnota FDP získaná ze společného umístění/času Monte Carlo a mediánová hodnota z odděleného umístění/času Monte Carlo jsou ve všech případech podobné.

Obecná studie lokality B

Tato studie využívá podobné prostředí jako studie A (s odděleným místem/časem), ale alternativní metodu pro posouzení potenciálního rušení pevné služby.

Simulace jsou jednovstupové, ale výstupy jsou zpracovány tak, aby se získaly výsledky pro celá nasazení popsaná ve scénářích A a B. Metodu lze shrnout takto: vzhledem k pravděpodobnosti překročení 10 % FDP při jednovstupovém nasazení (ze simulace, kontrola proti kritériu ochrany FDP) a za předpokladu, že rušivé události z různých RLAN jsou statisticky nezávislé, se vypočítá pravděpodobnost překročení kritéria FDP při nasazení více RLAN. Základním předpokladem je, že v praxi v případech vysokého souhrnného rušivého výkonu, který přijímač FS v daném okamžiku zaznamená, převládá jediná síť RLAN.

Celková pravděpodobnost, že některá síť RLAN překročí kritérium ochrany FS, pokud se uvažuje plné nasazení sítě RLAN, se odvozuje od pravděpodobnosti jedné sítě RLAN s ohledem na celkový počet aktivních sítí RLAN na základě hustoty populace.

Při použití doporučení ITU-R F.699 a náhodných polarizačních ztrát se pro výšku antény FS 30 m míra překročení 10% FDP pohybuje od 1,16 % do 16,54 % (FM = 23 dB) v závislosti na scénáři hustoty sítě RLAN a zisku antény FS. Pro antény FS o výšce 45 m se míra překročení pohybuje od 0,40 % do 9,23 % (FM = 29,7 dB). U antén FS výšky 79 m se míra překročení pohybuje od 0,11 % do 3,82 % (FM = 40,3 dB).

Při použití doporučení ITU-R F.1245 a pevných polarizačních ztrát se pro výšku antény FS 30 m míra překročení 10% FDP pohybuje od 0,27 % do 3,88 % (FM = 23 dB) v závislosti na scénáři hustoty sítě RLAN a zisku antény FS. Pro antény FS o výšce 45 m se míra překročení pohybuje od 0,06 % do 1,20 % (FM = 29,7 dB). U antén FS výšky 79 m se míra překročení pohybuje od 0,01 % do 0,23 % (FM = 40,3 dB).

Obecná studie lokality C

Tato studie využívá metodu Monte Carlo s odděleným místem a časem k posouzení kritéria dlouhodobé ochrany a FDP na přijímači FS v důsledku rozmístění zařízení WAS/RLAN v kruhové oblasti o poloměru 5 km. Počet rušivých zařízení WAS/RLAN v okolí přijímače FS byl odvozen pomocí hodnot vysokých parametrů ze scénáře B. Byly použity čtyři různé hustoty osídlení 3000, 6000, 12000 a 18000 obyvatel na km². Uvažovaly se tři různé výšky antén FS, 30 m, 40 m a 79 m, ve spojení se ziskem antén FS 36 dBi a 46 dBi a třemi délkami spoje FS 20 km, 32 km a 50 km.

Kompatibilita byla hodnocena na základě posouzení míry překročení dvou ochranných kritérií i) dlouhodobého kritéria I/N=-10 dB, které nesmí být překročeno o více než 20 % času, a ii) kritéria FDP, které nesmí být překročeno o více než 10 %.

Výsledky ukazují, že vyšší hustota obyvatelstva vede k vyšší míře překročení obou ochranných kritérií. Míra překročení dlouhodobého ochranného kritéria se pohybuje od 0 % do 30,63 % a míra překročení FDP od 0 % do 34,80 % (pro rozsah hodnot FM mezi 30 dB a 51 dB). V rámci uvažovaných kombinací různých parametrů lze dále rozpoznat, že u přijímačů FS s nižšími zisky antény (a tedy vyššími postranními čarami) a/nebo nižšími výškami antény se míra překročení pravděpodobněji zvýší. Míry překročení pro zkoumané spoje FS využívající ATPC jsou podobné jako u spojů bez ATPC.

Obecná studie lokality D

Studie D je studie s obecným zaměřením zahrnující přijímač spojení FS umístěný uprostřed simulační zóny, kde je hustota obyvatelstva přibližně 5400 obyvatel/km². Tato hodnota patří mezi nejvyšší v zemích CEPT.

Bylo zkoumáno několik předpokladů a téměř ve všech společných simulacích Monte Carlo s ohledem na polohu a čas jsou dodržena jak dlouhodobá kritéria, tak kritéria FDP. Pouze za předpokladu nejvyššího nasazení scénáře B (vysoké přijetí sítě WAS/RLAN na trhu v pásmu horních 6 GHz) ve spojení s nízkou rezervou FS fade a nízkým špičkovým ziskem antény FS by mohlo být kritérium FDP překročeno o několik procent, zatímco ve velmi převážné většině zkoumaných případů je FDP hluboko pod hranicí 10 %, což vede k proveditelnému provozu sítě WAS/RLAN za přítomnosti spoje FS.

Analýza Monte Carlo s odděleným umístěním a časem ukázala, že topologie s kombinací mnoha faktorů, kdy se WAS/RLAN nachází v těsné blízkosti přijímače FS (hlavní svazek) a s (relativně) velkou výškou ve srovnání s výškou přijímače FS a s vysokým vysílacím výkonem viditelným přijímačem FS a s nízkým

ztráta při vstupu do budovy může způsobit překročení kritéria FDP, pokud je rezerva FS fade margin nízká. Tato obecná studie hustě obydleného centra města ukázala, že pravděpodobnost překročení je velmi závislá na splnění všech těchto podmínek a je nízká i pro spojení s omezenou rezervou pro odeznění (3 % pro scénář A a 5,5 % pro scénář B pro rezervu pro odeznění 13 dB) a je velmi specifická pro danou lokalitu.

0.1.2.2 Studie specifická pro danou lokalitu

V této analýze byla zohledněna místní studie skutečných spojů vybraných ve Spojeném království, Francii, Litvě a České republice. Vybrané přijímače FS se nacházely v hustě osídlených oblastech. Tato studie uvažovala simulační oblast rozšířenou na simulační poloměr 150 km. Kromě skutečných poloh a charakteristik FS (délka, výška a zisk antén ...) studie použila také přesné mapy skutečné hustoty obyvatelstva v okolí přijímače FS. Při výpočtech ztrát šíření byl zohledněn profil terénu v okolí přijímače FS. U spojů ve Spojeném království byly pro modelování vnitřních sítí WAS/RLAN v prvních dvou kilometrech vzdálenosti zohledněny také skutečné polohy a výšky budov.

Tato společná simulační studie Monte Carlo s ohledem na polohu a čas ukázala, že žádné ze spojení nepřekročilo dlouhodobý ochranný práh -10 dB I/N u více než 20 % běhů. Analýza frakční degradace výkonu navíc ukázala, že všechna spojení vykazovala FDP pod 10% prahovým kritériem.

0.2 SDÍLENÍ MEZI SLUŽBOU WAS/RLAN A PEVNOU SATELITNÍ SLUŽBOU (ZEMĚ-KOSMOS).

Simulace byly vyhodnoceny pro všechny možné typy satelitních svazků: globální, regionální, zónový a dva bodové svazky. Ve studii byly použity také přesné mapy skutečné hustoty obyvatelstva. Výsledky ukázaly, že ve všech studovaných případech za předpokladů WAS/RLAN pro scénář A (vysoký) je I/N pro všechny satelitní přijímače více než 15 dB pod prahovou hodnotou -10,5 dB. To je v souladu s výsledky, které již byly získány v dolním pásmu 6 GHz a které vedly k rozhodnutí ECC (20)01 v tomto pásmu.

0.3 SDÍLENÍ MEZI SLUŽBOU WAS/RLAN A PEVNOU DRUŽICOVOU SLUŽBOU (VESMÍR-ZEMĚ).

Pro všechny čtyři pozemní stanice v Evropě byly provedeny studie Monte-Carlo týkající se sdílení mezi WAS/RLAN a FSS downlinkem podle scénáře A (High). Kromě skutečných poloh a charakteristik pozemních stanic (např. výška, zisk) byly ve studiích použity také přesné mapy skutečné hustoty obyvatelstva v okolí přijímače pozemní stanice FSS. Studie pro pozemní stanice ve Španělsku, Řecku a Estonsku byly provedeny tak, že do vzdálenosti 325 m, 500 m a 350 m od pozemních stanic nebyly vysazeny žádné WAS/RLAN, aby se zohlednilo, že v těchto zónách se nenachází žádné budovy, zatímco ve Francii byly vysazeny WAS/RLAN v rámci skutečných poloh budov na prvních 8 km. Při výpočtech ztrát šíření byl zohledněn profil terénu v okolí pozemní stanice. Studie ukázaly, že všechny stanice dodržely ochranné kritérium I/N = -10,5 dB, které nesmí být překročeno ve více než 20 % případů.

0.4 KOMPATIBILITA S OSTATNÍMI APLIKACEMI V PÁSMU

0.4.1 Kompatibilita mezi WAS/RLAN a radioastronomickou službou

V okolí čtyř radioastronomických lokalit v CEPT byly provedeny simulace Monte-Carlo pro jednotlivé lokality podle scénářů A a B.

Výsledky naznačují, že některá místa RAS mohou vyžadovat ochranu a v těchto případech by mohla být použita vhodná technická zmírňující opatření, aby se zabránilo rušení ze sítí WAS/RLAN do RAS. Ostatní lokality taková opatření nevyžadují. Studie rovněž naznačuje, že sdílení WAS/RLAN-RAS se pravděpodobně nestane přeshraničním problémem.

OBSAH

0	Shrnutí	2
0.1	Sdílení mezi WAS/RLAN a pevnou službou (FS)	2
0.1.1	Výsledky studií minimálních vazebních ztrát (MCL)	2
0.1.2	Výsledky studií Monte Carlo	2
0.2	Sdílení mezi WAS/RLAN a pevnou družicovou službou (Earth-to-space)	5
0.3	Sdílení mezi WAS/RLAN a pevnou satelitní službou (SPACE-TO-EARTH)	5
0.4	Kompatibilita s ostatními aplikacemi v pásmu	5
0.4.1	Kompatibilita mezi WAS/RLAN a radioastronomickou službou	5
1	Úvod	10
2	Přidělení a žádosti v pásmu 6425-7125 MHz a přilehlých pásmech	11
2.1	Přidělení a používání kmitočtových pásem	11
2.2	Nasazení dalších aplikací správnými orgány v rámci cept	11
2.2.1	Radioastronomie	11
3	WAS/RLAN ve vyšším frekvenčním pásmu 6 GHz	12
3.1	Technické vlastnosti WAS/RLAN v pásmu 6425-7125 MHz	12
3.1.1	Výstupní výkon vysílače / vyzářený výkon	12
3.1.2	Výšky antén WAS/RLAN	12
3.1.3	Šířka pásma	13
3.2	Model nasazení WAS/RLAN	14
3.2.1	Vypracování parametrů modelu nasazení WAS/RLAN	14
4	Služby a aplikace ve frekvenčním pásmu 6 GHz	18
4.1	Pevná služba (FS)	18
4.1.1	Parametry a předpoklady systému FS	18
4.1.2	Další informace o nasazení FS v CEPT	18
4.1.3	Vliv rušení pulzními/nárazovými signály na výkon přijímače FS	22
4.2	Pevná družicová služba (FSS), přenos ze Země do vesmíru	22
4.2.1	Parametry a předpoklady FSS Země-kosmos	22
4.3	Pevná družicová služba (FSS), spojení vesmír-země	23
4.3.1	Parametry a předpoklady systému FSS na trase vesmír-země	23
4.4	Další aplikace v pásmu	23
4.4.1	Radioastronomie	23
5	Sdílení mezi WAS/RLAN a primárními službami v pásmu	26
5.1	Sdílení s pevnou službou	26
5.1.1	Studie prováděné mimo CEPT	26
5.1.2	Analýza MCL s jedním interferentem	26
5.1.3	O parametrech spojení FS v obecných studiích lokalit	31
5.1.4	Obecná studie lokality A	32
5.1.5	Obecná studie lokality B	33
5.1.6	Obecná studie lokality C	34
5.1.7	Obecná studie lokality D	38
5.1.8	Studie specifická pro danou lokalitu	41
5.2	Sdílení s pevnou družicovou službou (Země-vesmír)	47
5.2.1	Technické vlastnosti sítě WAS/RLAN v horním frekvenčním pásmu 6 GHz	48
5.2.2	Technické vlastnosti FSS UL	49
5.2.3	Modely šíření	50
5.2.4	Metodika	50
5.2.5	Výsledky simulace FSS UL	50
5.2.6	Shrnutí studie sdílení mezi WAS/RLAN a FSS	51
5.3	Sdílení s pevnou družicovou službou Space-to-Earth	52

5.3.1	Charakteristiky systémů a prvky metodiky	52
5.3.2	Výsledky simulace	56
5.3.3	Závěr	57
6	Sdílení a kompatibilita mezi WAS/RLAN a dalšími službami/aplikacemi v pásmu.....	58
6.1	Sdílení s radioastronomií	58
7	Závěry	59
7.1	Sdílení mezi WAS/RLAN a pevnou službou (FS).....	59
7.1.1	Výsledky studií minimálních vazebních ztrát (MCL)	59
7.1.2	Výsledky studií Monte Carlo	59
7.2	Sdílení mezi službou WAS/RLAN a pevnou družicovou službou (Earth-to-space).....	62
7.3	Sdílení mezi WAS/RLAN a pevnou satelitní službou (SPACE-TO-EARTH).....	62
7.4	Kompatibilita s ostatními aplikacemi v pásmu	62
7.4.1	Kompatibilita mezi WAS/RLAN a radioastronomickou službou	62
ANNEX 1:	Normalizované rozdělení zisku antén	WAS/RLAN63
A1.1	Úvod	63
A1.2	Model rozdělení AP/klient/VLP.....	63
A1.3	Rozdělení vnitřních a venkovních zařízení.....	64
A1.4	Rozložení zisku antény přístupového bodu.....	65
A1.5	Rozložení zisku antény zařízení VLP/CLient	68
A1.6	Výsledné rozložení vnitřních/venkovních anténních e.i.r.p.	71
ANNEX 2:	Faktor šířky pásma překryvu74	
A2.1	Počet aktivních, naladěných přístupových bodů pracujících na horní frekvenci 6 GHz během rušných hodin, na které dopadá šířka pásma oběti 40 MHz	74
ANNEX 3:	Sdílení s pevnou službou - obecná studie lokality A77	
A3.1	Posouzení rušení z WAS/RLAN do FS	77
A3.2	Analýza Monte Carlo	77
A3.3	Výsledky FDP	95
A3.4	Simulace Monte Carlo s odděleným umístěním/časem	97
A3.5	Závěry	108
ANNEX 4:	Sdílení s pevnou službou - obecná studie B110	
A4.1	Parametry simulace.....	110
A4.2	Popis simulace	111
A4.3	Výsledky simulace	112
ANNEX 5:	Sdílení s pevnou službou - obecná studie lokality C117	
A5.1	Úvod	117
A5.2	Technické parametry FS	117
A5.3	Technické parametry WAS/RLAN	118
A5.4	Faktory šíření a útlumu signálu	119
A5.5	Model nasazení sítě RLAN a metodika simulace.....	120
A5.6	Výsledky	123
A5.7	Statistické ověření počtu zvolených iterací	126
A5.8	Závěr	128
ANNEX 6:	Sdílení s pevnou službou - obecná studie D129	
A6.1	Parametry FS	129
A6.2	Parametry WAS/RLAN	129
A6.3	Metodika	131
A6.4	Výsledky simulace	132
A6.5	Analýza citlivosti	139
A6.6	Analýza polohy a času	141
A6.7	Závěr	158

ANNEX 7: Sdílení s pevnou službou - studie pro konkrétní lokalitu	160
A7.1 Souvislosti	160
A7.2 Technické vlastnosti sítě was/RLAN ve vyšším kmitočtovém pásmu 6 GHz	160
A7.3 Metodika sdílení FS	164
A7.4 Výsledky analýzy FS	172
ANNEX 8: Sdílení s pevnou družicovou službou (Země-kosmos	181
A8.1 Souvislosti	181
A8.2 Technické vlastnosti WAS/RLAN v horním kmitočtovém pásmu 6 GHz	181
A8.3 Metodika sdílení UL FSS	184
ANNEX 9: Sdílení s pevnou satelitní službou (SPACE-TO-EARTH)	193
A9.1 Úvod	193
A9.2 Charakteristiky systémů a prvky metodiky	193
A9.3 Výsledky simulace	200
A9.4 Závěr	201
ANNEX 10: Sdílení s	radioastronomy202
A10.1 Využití pásma systémem RAS a regulační status	202
A10.2 Přehled studie	202
A10.3 Technické parametry, scénáře nasazení a šíření	203
A10.4 Simulace agregace	205
A10.5 Shrnutí	215
A10.6 Technika inverzního vzorkování	216
ANNEX 11: Odvození FDP za předpokladu spojení FS bez	ATPC217
ANNEX 12: Odvození FDP za předpokladu propojení FS s	ATPC219
A13.1 Úvod	222
A13.2 Nastavení simulace	222
A13.3 Reprodukce výsledků ECC 302	222
A13.4 Vývoj RF AF v závislosti na šířce pásma a SNR	223
A13.5 Odvození RF AF pro videoproud 4K	224
A13.6 Výsledky	227
ANNEX 14: Seznam	odkazů228

SEZNAM ZKRATEK

Zkratka	Vysvětlení
CEPT	Evropská konference poštovních a telekomunikačních správ
ECC	Výbor pro elektronickou komunikaci
<abbrev>	<vysvětlení - upravte tabulku podle potřeby>

1 ÚVOD

Tato zpráva zkoumá technické podmínky, za nichž by bezdrátové přístupové systémy včetně rádiových místních sítí (WAS/RLAN) mohly být provozovány a koexistovat se stávajícími službami v pásmu 6425-7125 MHz, a zajistit tak jistotu dalšího provozu, rozvoje a ochrany stávajících zavedených služeb.

Tato zpráva obsahuje studie sdílení a kompatibility mezi sítěmi WAS/RLAN (Low-Power Indoor (LPI) a Very Low Power (VLP)) a stávajícími zavedenými systémy v pásmu 6425-7125 MHz. Studie byly provedeny na základě modelu nasazení WAS/RLAN podobného modelu použitému ve zprávě ECC Report 302 [1] a ECC Report 316 [2], avšak s aktualizovanými parametry (scénář A) a s přidáním druhého scénáře (scénář B).

DRAFT

2 PŘIDĚLENÍ A ŽÁDOSTI V PÁSMU 6425-7125 MHZ A V PŘÍLEHLÝCH PÁSMECH

2.1 PŘIDĚLENÍ A POUŽÍVÁNÍ KMITOČTOVÝCH PÁSEM

V tabulce 1 je uveden výtah ze současné tabulky společného evropského přidělení (ECA) (zpráva ERC 25 [3]) v pásmu 6425-7125 MHz. Ve druhém sloupci je mimo jiné uvedeno, že v tomto pásmu existuje přiděl pro primární mobilní službu. Dalšími primárními službami v tomto pásmu jsou:

- Pevná služba
- Pevná satelitní služba (Země-vesmír)
- Pevná satelitní služba (vesmír-země)

Tabulka 1: Výpis ze společné evropské přidělové tabulky pro kmitočtové pásmo 6425-7125 MHz

Frekvenční pásmo	Přidělení/žádosti
5925-6700 MHz	Přidělení prostředků: Průzkum Země - družice (pasivní), FIXED, FIXED-SATELLITE (ZEMĚ - VESMÍR), MOBILNÍ Aplikace: Rádiova astronomie, pasivní senzory (družice), pozemní stanice FSS, ESV, aplikace pro radiové určování, aplikace UWB, radiové sítě LAN, ITS, -, pevné sítě.
6700-7075 MHz	Přidělení prostředků: MOBILNÍ, Průzkum Země - družice (pasivní), STAVEBNÍ, STAVEBNÍ - družice (ZEMĚ - VESMÍR) (VESMÍR - VESMÍR) Aplikace: PMSE, Radiodeterminační aplikace, UWB aplikace, Feeder spoje, Pevné, FSS pozemní stanice, Pasivní senzory (satelitní)
7075-7145 MHz	Přidělení prostředků: Průzkum Země-Satelit (pasivní), FIXED, MOBILE Aplikace: Pasivní senzory (satelitní), aplikace pro radiové určování, aplikace UWB, pevné, PMSE

2.2 NASAZENÍ DALŠÍCH APLIKACÍ SPRÁVOU ODDĚLENÍ.

Z výše uvedené tabulky také vyplývá, že kromě primárních služeb v pásmu mohou pásmo využívat i některé další aplikace.

2.2.1 Radioastronomie

Pro pozorování metanolu (CH₃OH) se používá frekvenční pásmo 6650,0-6675,2 MHz. Tento přechod metanolu je velmi silný kosmický maser, který se vyskytuje výhradně v oblastech, kde vznikají hmotné hvězdy. V Evropě je široce pozorován pomocí jednotlivých antén, interferometrie MERLIN (Multi-Element Radio-Linked Interferometer Network) a interferometrie s velmi dlouhou základnou (VLBI).

Kromě toho je na frekvencích 6030 MHz a 6035 MHz pozorován excitovaný OH (hydroxyl; hlavním přechodem hydroxylu jsou čáry 1667 MHz a 1665 MHz, které jsou významné i pro radioastronomické studie) v maserovém stavu a také v absorpci, organizované v oblastech tvorby hvězd. Tyto oblasti poskytují cenné informace o fyzikálních parametrech, včetně neuchopitelných magnetických polí prostředí, kde se formuje masivní hvězda, ve fázi před tím, než se viditelné světlo může objevit skrze prach.

Poznámka pod čarou 5.149 Radiokomunikačního řádu zahrnuje pásmo 6650-6675,2 MHz, ale nezahrnuje 6030 MHz a 6035 MHz.

3 WAS/RLAN V HORNÍM FREKVENČNÍM PÁSMU 6 GHZ

3.1 TECHNICKÉ VLASTNOSTI WAS/RLAN V PÁSMU 6425-7125 MHZ

3.1.1 Výstupní výkon vysílače / vyzářený výkon

Zařízení WAS/RLAN používaná v různých aplikacích budou mít různé úrovně výkonu a budou spojena s různými technologiemi. Na základě současných odhadů podílu na trhu je pravděpodobné, že dominantní technologií bude technologie založená na standardu IEEE 802.11. Podle zprávy ECC 302 a zprávy ECC 316 se předpokládají dvě kategorie zařízení WAS/RLAN:

- Nízkoenergetické vnitřní prostředí (LPI);
- Vnitřní/venkovní velmi nízká spotřeba (VLP).

Simulace v této zprávě jsou založeny na základním scénáři 1 % venkovních VLP a 99 % LPI podle zprávy ECC 316 s některými drobnými úpravami, které zohledňují náhodné využití některých klientů LPI.

Normalizovaná rozdělení zisku antény pro síť WAS/RLAN, která se použijí ve studiích sdílení, jsou uvedena v PŘÍLOZE 1: pro přístupové body WAS/RLAN (AP/LPI) a pro klienty WAS/RLAN VLP/LPI se ztrátami v tělese a bez nich. Tyto tabulky zobrazují maximální zisk antény normalizovaný na 0 dBi.

Pro získání rozdělení e.i.r.p. je třeba použít tabulky 37 až 39 z PŘÍLOHY 1: spolu s jedním vnitřním/venkovním rozdělením. Toto rozdělení představuje dobu, po kterou třída zařízení v daném časovém okamžiku aktivně vysílá. Tato zpráva používá vnitřní/venkovní rozdělení z tabulky 2 pro sdílení studií se stávajícími provozovateli. Celkové vnitřní/venkovní rozdělení naleznete v tabulce 40.

Tabulka 2: Rozložení WAS/RLAN uvnitř/venku a e.i.r.p.

Typ zařízení		Celkem v interiéru	Venkovní prostor y celkem	distribuce e.i.r.p.
Klienti LPI	Se ztrátou těla	21.10%	0.21%	200 mW + normalizované rozložení zisku antény z tabulky 39
	Bez ztráty těla	2.37%	0.00%	200 mW + normalizované rozložení zisku antény z tabulky 38
VLP	Se ztrátou těla	9.00%	1.00%	25 mW + normalizované rozložení zisku antény z tabulky 39
AP (LPI)	Bez ztráty těla	66.32%	0.00%	200 mW + normalizované rozložení zisku antény z tabulky 37
Celkem		98.79%	1.21%	

3.1.2 Výšky antén WAS/RLAN

Typická výška antény závisí na oblasti (městské, příměstské a venkovské), kde se uživatelé nacházejí.

Rozložení vážené výšky WAS/RLAN pro vnitřní a venkovní prostředí je uvedeno ve zprávě ECC 302, oddíl 3.1.2 a ve zprávě ECC 316, oddíl 4.2.1.3. V této zprávě je zachována vnitřní výška WAS/RLAN ze zprávy ECC 316, zatímco venkovní výška WAS/RLAN ze zprávy ECC 302 je zachována. Vzhledem k tomu, že je třeba provést rozdělení podle kategorií měst, předměstí a venkova, a nikoli podle počtu domácností v jednotlivých městech, je v tabulce 3 uvedeno zjednodušené rozdělení vnitřní výšky podle zprávy ECC 316. Toto rozdělení bylo vytvořeno s ohledem na to, že města obsahující více než 25 tis. domácností jsou zařazena do kategorie měst a města nižší než 25 tis. domácností do kategorie předměstí. Rozdělení pro venkovské oblasti bylo uvedeno jako samostatné ve zprávě ECC 316.

Tabulka 3: Pravděpodobnost výšky WAS/RLAN pro město/předměstí/venkov (průměr pro vnitřní prostory vychází z kategorie ECC Report 316 a pro venkovní prostory ze zprávy ECC Report 302).

Podlažní a	Výška (m)	Urban	Předměstí	Venkov	Venkovní
pozemní	1.5	32.25	53.81	71.03	95
1	4.5	23.02	25.93	25.43	2
2	7.5	13.23	7.87	1.66	2
3	10.5	9.78	5.13	1.01	0.5
4	13.5	7.19	3.06	0.52	0
5	16.5	5.11	1.41	0.13	0
6	19.5	3.86	1.09	0.1	0
7	22.5	2.78	0.81	0.07	0
8	25.5	1.83	0.56	0.04	0
9	28.5	0.99	0.34	0.01	0.5

3.1.3 Šířka pásma

Pásmo 6 GHz je "zeleným polem" pro systémy WAS/RLAN a očekává se, že bude využíváno pro aplikace s vysokou a velmi vysokou přenosovou rychlostí. V souladu s tím se očekává zvýšené využívání kanálů o šířce 80, 160 a 320 MHz. Tabulka 4 ukazuje předpověď rozložení šířek kanálů WAS/RLAN používaných v pásmu 6 GHz. V porovnání s rozložením šířky pásma ve zprávě ECC 302 se očekává, že využití 20 MHz kanálů zůstane stejné pro řídicí aplikace a aplikace s vyšší spektrální hustotou výkonu (PSD) a využitelnost 40 MHz kanálů se výrazně sníží. Využití kanálů 80 MHz zůstane stejné a aplikace s vysokou rychlostí přenosu dat budou využívat především šířku pásma kanálů 160 MHz nebo 320 MHz.

Tabulka 4: Rozdělení šířky pásma

Šířka pásma kanálu	20 MHz	40 MHz	80 MHz	160 MHz	320 MHz
Procento zařízení WAS/RLAN	10%	5%	30%	35%	20%

Na obrázku 1 je zobrazena sada kanálů WAS/RLAN z normy IEEE 802.11be D5.0 uvedená v tabulce 5, začínající na frekvenci 6425 MHz.

20 MHz	97	101	105	109	113	117	121	125	129	133	137	141	145	149	153	157	161	165	169	173	177	181	185	189	193	197	201	205	209	213	217	221	225	229	233
40 MHz	99		107		115		123		131		139		147		155		163		171		179		187		195		203		211		219		227		235
80 MHz		103				119				135				151				167			183					199				215					
160 MHz				111								143								175								207							
320-1 MHz			95 (overlapping with lower 6 GHz)													159																			
320-2 MHz								127																		191									
6425 MHz																																			7125 MHz

Obrázek 1: Plán kanálů WAS/RLAN v pásmu horních 6 GHz (IEEE 802.11be D5.0)

Tabulka 5: Sada kanálů

Šířka pásma kanálu	# kanálů	Sada kanálů
20 MHz	35	97, 101, 105, 109, 113, 117, 121, 125, 129, 133, 137, 141, 145, 149, 153, 157, 161, 165, 169, 173, 177, 181, 185, 189, 193, 197, 201, 205, 209, 213, 217, 221, 225, 229, 233
40 MHz	17	99, 107, 115, 123, 131, 139, 147, 155, 163, 171, 179, 187, 195, 203, 211, 219, 227
80 MHz	8	103, 119, 135, 151, 167, 183, 199, 215
160 MHz	4	111, 143, 175, 207
320 MHz	2	95 (překrývá se s nižšími 6 GHz), 159, 127, 191

3.2 MODEL NASAZENÍ WAS/RLAN

Tento oddíl stanoví model nasazení WAS/RLAN v Evropě v pracovní době. Převážná většina bezdrátového provozu osvobozeného od licence probíhá v rušných hodinách od 19:00 do 23:00 místního času [1]. Pro konzervativní a zjednodušenou analýzu se tento model zaměřuje na spotřebu videa v prostředí domácností, protože zde je předpokládán požadavek na rychlost přenosu dat na osobu vyšší než v prostředí firem a veřejných hotspotů.

Model nasazení RLAN předpokládá, že celkový provoz RLAN přenášený v zemích CEPT v kmitočtovém pásmu 6425-7125 MHz je:

- Pro scénář A: 90, 150 a 230 MBajtů/hodinu/osobu během vytížené hodiny (nízká, střední a vysoká). To odpovídá spotřebě každé osoby zapojené do provozu RLAN v rušné hodině, která činí ~4,5 Mb/s (HD) videostreamu², jak bylo předpokládáno ve zprávě ECC 302, příloha 7;
- Pro scénář B: 135, 217 a 362 MBajtů/hodinu/osobu během vytížené hodiny (nízká, střední a vysoká intenzita). To odpovídá spotřebě každé osoby zapojené do provozu RLAN v rušné hodině, která činí ~4,6 Mb/s (4K) videostreamu³.

Faktory nasazení WAS/RLAN pro tuto studii v pásmu horních 6 GHz jsou uvedeny v tabulce 7.

V závislosti na nastavení simulace mohou být pro simulace Monte-Carlo zapotřebí další faktory, například faktor překrývání šířky pásma WAS/RLAN. Příklad pro pevnou družicovou službu je uveden v PŘÍLOZE 2:.

3.2.1 Vypracování parametrů modelu nasazení WAS/RLAN

V následujících podkapitolách jsou vysvětleny vstupy do modelu nasazení WAS/RLAN shrnuté v tabulce 7.

² Tento údaj se získá vydělením poptávky po datech na osobu poměrem počtu obyvatel využívajících síť RLAN během vytížené hodiny k celkovému počtu obyvatel (s použitím všech faktorů z tabulky 7 kromě faktoru RF aktivity) a vynásobením 8 a vydělením 3600 pro převod z Mbytes/hodinu/(aktivní osoba) na Mb/s/(aktivní osoba).

³ Vypočítáno stejnou metodikou jako pro scénář A s použitím parametrů ze scénáře B. Datový tok videostreamu byl v simulacích uvedených v PŘÍLOZE 13: 9,1 Mb/s, ale dalším zpracováním, které vedlo k hodnotě RF AF, se v simulacích Monte Carlo zahrnujících scénář B rovnal 4,6 Mb/s.

3.2.1.1 Předpokládaný počet obyvatel Evropy v roce 2030

Model nasazení sítě RLAN použitý v této zprávě vztahuje počet okamžitě vysílajících sítí RLAN v dané zóně úměrně k počtu obyvatel v dané zóně. To znamená, že je třeba provést projekci počtu obyvatel CEPT pro rok 2030. Za tímto účelem byly v této zprávě použity dva zdroje informací v závislosti na studiích:

- data Gridded Population of the World V4 (GPWv4) od Centra pro socioekonomická data a aplikace NASA (SEDAC) [26], přeprojektovaná podle údajů OSN o populačních projekcích [24];
- údaje Společného výzkumného střediska o globálním lidském osídlení (JRC GHS-POP) [15], které uvádějí předpokládaný počet obyvatel (do roku 2030) v podrobném geografickém členění. Stojí za povšimnutí, že projekce jsou rovněž odvozeny ze Světových populačních výhledů OSN [24].

3.2.1.2 Zařazení obyvatelstva do městského, příměstského a venkovského prostředí

Pro zařazení obyvatelstva do venkovského, příměstského nebo venkovského prostředí byly v této zprávě použity dvě metody. První z nich je stejná jako ve Zprávě ECC 302, kde je celkový počet obyvatel Evropy přiřazen k prostředí takto:

- Urban: 50%;
- Předměstí: 27 %;
- Venkov: 23%.

Toto přiřazení umožňuje odvodit kategorii každého pixelu populace na základě údajů o populaci použitých v předchozí části.

Druhá metoda, kterou lze použít pouze ve studiích zaměřených na konkrétní lokalitu, využívá data Corine Land Cover [27]. Všimněte si, že tuto geografickou databázi lze také použít k přiřazení typu znečištění (jak je použito například v doporučení ITU-R P.452) k zóně.

3.2.1.3 Procento zařízení pracujících ve spektru osvobozeném od licencí

Tento faktor představuje procento bezdrátových zařízení pracujících ve spektru osvobozeném od licence. Ve scénáři A je tento faktor nastaven na 90 % podle zprávy ECC 302, a to na základě podílu internetového provozu dodávaného s využitím frekvenčních pásem osvobozených od licencí [28].

Ve scénáři B se předpokládá, že tato hodnota je již pokryta faktorem vytíženosti (který se používá pro určení podílu aktivních zařízení RLAN během vytížené hodiny, viz oddíl 3.2.1.6), a proto je nastavena na 100 %.

3.2.1.4 Faktor přijetí na trhu

Tento faktor představuje procento spojů WAS/RLAN schopných provozu na frekvenci 6 GHz.

Pro scénář A byly použity parametrické vstupy 25 %, 32 % a 50 % pro faktor přijetí na trhu, jak je definováno ve zprávě ECC 302. Nízký vstup 25 % předpokládá pomalé zavádění zařízení 6 GHz, střední vstup 32 % vychází z tržních prognóz a vysoká hodnota 50 % předpokládá rychlé zavádění technologie 6 GHz. Použité faktory přijetí na trhu jsou stejné jako faktory uvedené ve zprávě ECC 302 a měly poskytnout odhady pro období 6 let od okamžiku, kdy bude možné zařízení uvést na evropský trh. Odůvodnění vstupní hodnoty 32 % je uvedeno ve zprávě ECC 302, příloha A3.3.

Pro scénář B byly pro faktor přijetí na trhu použity parametrické vstupy 28 %, 36 % a 60 %. Nejnižší a střední hodnoty byly převzaty ze zprávy ECC 302 a vynásobeny faktorem 1,11, což vedlo k 28 % nízké a 36 % střední hodnotě. Vysoká hodnota vychází z odhadu budoucího faktoru přijetí na trhu pro zařízení RLAN na základě odhadů výzkumu ABI o počtu dodávek Wi-Fi pro zařízení RLAN s podporou 5 GHz po roce 2010 do roku 2026 [30]. Tento odhad předpokládal, že budoucí faktor přijetí zařízení s podporou 5 GHz na trhu bude v roce 2026 činit přibližně 80 % a poté se ustálí, což naznačuje vyspělost trhu. Za předpokladu podobného trendu u zařízení pracujících v pásmu vyšších 6 GHz by bylo této hodnoty dosaženo v roce 2050. Na základě této hodnoty se také předpokládalo, že vzhledem k tomu, že k vytvoření spoje jsou zapotřebí dvě zařízení RLAN, byla použita vysoká hodnota $80 \% \times 80 \% \approx 60 \%$.

3.2.1.5 Horní faktor 6 GHz

Faktor horních 6 GHz je podíl zařízení RLAN schopných pracovat v horním 6GHz pásmu, která skutečně vysílají v kanálu tohoto pásma:

$$\text{U6GHz faktor} = \frac{\text{\#Zařízení RLAN podporující U6GHz pracující v pásmu U6GHz}}{\text{\#Celkový počet zařízení RLAN podporujících U6GHz}}$$

Protože tento poměr není možné vypočítat přímo, byly k odhadu tohoto faktoru použity různé zástupné ukazatele.

Ve scénáři A, v souladu se zprávou ECC 302, se faktor pro horní pásmo 6 GHz vypočítá jako poměr 7125 - 6425 = 700 MHz dostupného spektra v horním pásmu 6 GHz k 83 + 200 + 255 + 480 + 700 = 1718 MHz celkového dostupného spektra pro RLAN v CEPT, pokud se horní pásmo 6 GHz otevře pro RLAN. (ve frekvenčních pásmech 2400-2483 MHz, 5150-5350 MHz, 5470-5725 MHz, 5945-6425 MHz a 6425-7125 MHz). To dává hodnotu 40,75 %.

Faktor horních 6 GHz ve scénáři A předpokládá rovnoměrné rozdělení pravděpodobnosti použití daného kanálu v kterémkoli frekvenčním pásmu dostupném pro síť RLAN. V praxi je volba frekvence a šířky pásma kanálu specifická pro danou implementaci a je diktována mnoha faktory, jako je šíření, poptávka po datech, přetížení, dostupné radiostanice atd.

Ve scénáři B se předpokládá, že ne všechna šířka pásma je stejně žádoucí, jak ukazuje tabulka 6. Rovněž počet kanálů dané šířky pásma není v kmitočtových pásmech dostupných pro síť RLAN jednotný (například v pásmu 2400-2483 MHz není žádný kanál 160 nebo 320 MHz). Tyto dva dostupné datové body jsou použity k odvození horního 6 GHz faktoru scénáře B: 47 % (viz tabulka 6).

Tabulka 6: Výpočet horního faktoru 6 GHz ve scénáři B

	20 MHz	40 MHz	80 MHz	160 MHz	320 MHz
Celkový počet dostupných kanálů Poznámka 1	81	40	18	9	6
Počet dostupných kanálů v pásmu U6GHz (viz obrázek 1) Poznámka 1	35	17	8	4	3.5
Rozdělení šířky pásma,% (viz tabulka 4)	10%	5%	30%	35%	20%
Pravděpodobnost výběru v U6GHz	4.32%	2.13%	13.33%	15.56%	11.67%
Horní faktor 6 GHz pro scénář B	47%				
Poznámka 1: Za předpokladu překrývání 40 MHz v pásmu 2,4 GHz a dvou sad kanálů 320 MHz definovaných pro (horní a dolní) pásmo 6 GHz, viz obrázek 1 a tabulka 4.					

3.2.1.6 Faktor rušné hodiny

Faktor vytížené hodiny (BHF) popisuje procento WAS/RLAN, které je aktivně v provozu během vytížené hodiny. Ve zprávě ECC 302 byly pro faktor vytíženosti použity parametrické vstupy 50 % a 62,7 %, přičemž bylo zohledněno, že existuje určitá nejistota, takže parametrický vstup byl považován za vhodný.

Společná pracovní skupina ITU-R (JTG) 4-5-6-7 považuje 62,7 % za průměrný faktor rušných hodin v městských, příměstských a venkovských oblastech. Studie Společného výzkumného střediska Evropské komise (JRC) z roku 2015 dospěla k závěru, že BHF 62,7 % je realistická hodnota [29].

Z výše uvedených důvodů jsou zachovány hodnoty BHF 50 % a 62,7 %.

3.2.1.7 Faktor radiofrekvenční aktivity (RF)

Faktor radiofrekvenční aktivity označuje procento času, kdy zařízení WAS/RLAN skutečně vysílá RF signál, což odráží nekontinuální povahu komunikace založené na zátěži. RF AF se většinou řídí celkovým zatížením sítě a maximální rychlostí přenášeného datového toku a zvoleným modulačním a kódovacím schématem (MCS). Mezi další faktory, které ovlivňují celkový AF, patří ztráty/opětné přenosy paketů, režie řídicích/kontrolních rámců a další chování specifické pro implementaci. RF AF má simulovat průměrnou aktivitu na osobu během rušné hodiny.

Ve scénáři A je použita stejná hodnota jako ve zprávě ECC 302, tj. 1,97 % pro RF AF, přičemž RF AF byla odvozena na základě celkové poptávky po komunikačních sítích v evropských zemích v rušných hodinách, přičemž přibližně 90 % této poptávky v rušných hodinách by pocházelo z RLAN připojených k pevným sítím (poptávka v rušných hodinách související s domácími sítěmi). Ve studiích souvisejících se zprávou ECC 302 bylo po dokončení nezbytných výpočtů rozhodnuto, že rozumným zástupným ukazatelem, který odráží poptávku na osobu, je předpoklad, že každá aktivní osoba bude sledovat video v HD rozlišení. Tato hodnota 1,97 % byla stanovena na základě výsledků měření provedených pro provoz v síti RLAN zahrnující zařízení IEEE 802.11ac přenášející videoklip HD v kanálu o šířce 80 MHz, který byl snížen tak, aby kompenzoval průměrnou šířku pásma 94 MHz. Více informací lze nalézt v jeho zprávě ECC Report 302, příloha 7. Od té doby vstupují v současné době na trh nové normy, jako je IEEE 802.11be, a tyto nové normy se snaží zvýšit maximální dosažitelné přenosové rychlosti (použitím 4096-QAM a/nebo kanálu 320 MHz), proto lze předpokládat, že to v budoucnu přispěje k nižším RF AF, když budou sítě používat tyto nové normy.

Ve scénáři B je použita hodnota 2,45 %. Tato hodnota pochází ze síťových simulací, které předpokládaly, že každá aktivní osoba bude sledovat video v rozlišení 4K, s přihlédnutím k nedokonalému šíření a různým kodekům, při použití kanálu 80 MHz (viz PŘÍLOHA 13:). Simulace byla schopna ukázat, že se může shodovat s RF AF ze zprávy ECC 302, když se uvede do podobné konfigurace. Konečná hodnota pro streamování videa 4K je však vypočtena jako průměr RF AF dvou zařízení zapojených do přenosu, zatímco hodnota ve scénáři A zohledňuje součet.

3.2.1.8 Počet okamžitě vysílajících zařízení

Celkový počet okamžitě vysílajících zařízení v dané zóně ($N_{\text{ActiveRLAN}}$) je dán součinem počtu obyvatel v dané zóně (N_{pop}) a faktorů uvedených v tabulce 7:

$$N_{\text{ActiveRLAN}} = N_{\text{pop}} \cdot F_{\text{licence exempt}} \cdot F_{\text{U6GHz}} \cdot F_{\text{Market adoption}} \cdot F_{\text{Busy hour}} \cdot F_{\text{RAAF}}$$

Tabulka 7: Faktory modelu nasazení WAS/RLAN

	Scénář A			Scénář B		
	Nízká	Mid	Vysoká	Nízká	Mid	Vysoká
Bezdrátová zařízení pracující v licencovaném spektru ($F_{\text{licence exempt}}$)	90%			100%		
Horní faktor 6 GHz (F_{U6GHz})	40.75%			47%		
Faktor přijetí na trhu (zařízení s frekvencí 6 GHz, $F_{\text{Přijetí na trhu}}$)	25%	32%	50%	28%	36%	60%
Faktor pracovní doby (F_{Busyhour})	50%	62.7%	62.7%	50%	62.7%	62.7%
RF Faktor aktivity na osobu (F_{RAAF})	1.97%			2.45%		
Součin faktorů modelu nasazení RLAN	0.09%	0.14%	0.23%	0.16%	0.26%	0.43%

4 SLUŽBY A APLIKACE VE FREKVENČNÍM PÁSMU 6 GHZ

4.1 PEVNÁ SLUŽBA (FS)

4.1.1 Parametry a předpoklady systému FS

Tabulka 8 uvádí příslušné typické parametry FS v tomto pásmu.

Tabulka 8: Typické parametry FS v tomto pásmu

Parametr/model	Hodnoty
Výška antény	30, 40, 75 metrů
Zisk antény	34, 40, 46 dBi
Délka odkazu	20, 40, 60 kilometrů
Ztráta na podavači	1,3 dB
Rozpětí blednutí (FM)	13-31 dB (5% percentil), 15-45 dB (režim)
Čisté zanikající rozpětí (NFM)	10-20 dB (5% percentil), 15-32 dB (režim)
ATPC Rozsah přidružený k NFM	15-20 dB
Odstup kanálů a šířka pásma šumu přijímače	40 MHz
Vzor antény	Doporučení ITU-R F.699 pro interferenci s jedním vstupem Doporučení ITU-R F.1245 pro agregovanou interferenci
Šumové číslo přijímače	4,5 dB nebo 5 dB
Požadavek na ochranu	Kritérium dlouhodobé ochrany s hodnotou $I/N = -10$ dB (viz ITU-R. F 758, tabulka 5), které by nemělo být překročeno po více než 20 % času. Frakční degradace výkonu (FDP) (PŘÍLOHA 11: a PŘÍLOHA 12:), jak je uvedeno v ITU-R F.1108, příloha 3, by neměla překročit 10 % celkového EPO.

V závislosti na implementaci simulace mohou být vyžadovány další parametry, jako je faktor překrývání BW. PŘÍLOHA 2: obsahuje metodiku, kterou je třeba použít k odvození faktoru překrývání BW s přijímačem oběti FS 40 MHz.

4.1.2 Další informace o nasazení FS v CEPT

4.1.2.1 Počet článků FS a délky článků FS

Informace o počtu spojů FS a délkách spojů FS byly nahlášeny 26 správami CEPT pro poslední revizi zprávy ECC 173 "Fixed Service in Europe Current use and future trends post 2022", poslední změna 9. června 2023 [23].

Počet spojů FS v rozsahu 6425-7125 MHz lze odvodit ze zprávy ECC 173, příloha 1.6.

4.1.2.2 Informace o hustotě obyvatelstva v okolí spojů FS

Některé studie pro jednotlivé lokality používají různé kombinace umístění spojů FS v porovnání s hustotou obyvatelstva v okolí a výškou FS. V této části jsou uvedeny aktuální statistiky hustoty obyvatelstva v okolí přijímače FS na základě skutečné databáze FS ve čtyřech reprezentativních správách CEPT.

Na základě databází přijímačů reálných spojů FS je vyhodnocena statistika hustoty obyvatelstva v okolí pomocí databáze s rozlišením 30 úhlových vteřin, extrapolované do roku 2030 s využitím projekčních dat OSN. Cílem je, aby bylo možné interpretovat riziko rušení a pravděpodobnost scénářů uvedených v obecných studiích pro danou lokalitu.

Hustota populace na km² v okolí přijímače FS byla stanovena na ploše přibližně 10x10 km se středem v přijímači FS. Tato velikost byla zvolena proto, že odpovídá simulační oblasti o poloměru 5 km, která byla použita v některých studiích o lokalitě v této zprávě. Velikost simulačního boxu se může měnit v závislosti na poloze FS, protože pixely populační databáze mají velikost 30 úhlových vteřin, což odpovídá 1 km pouze na rovníku. Použitá databáze je Grided Population of the world [25] extrapolovaná do roku 2030 podle populační prognózy OSN [24].

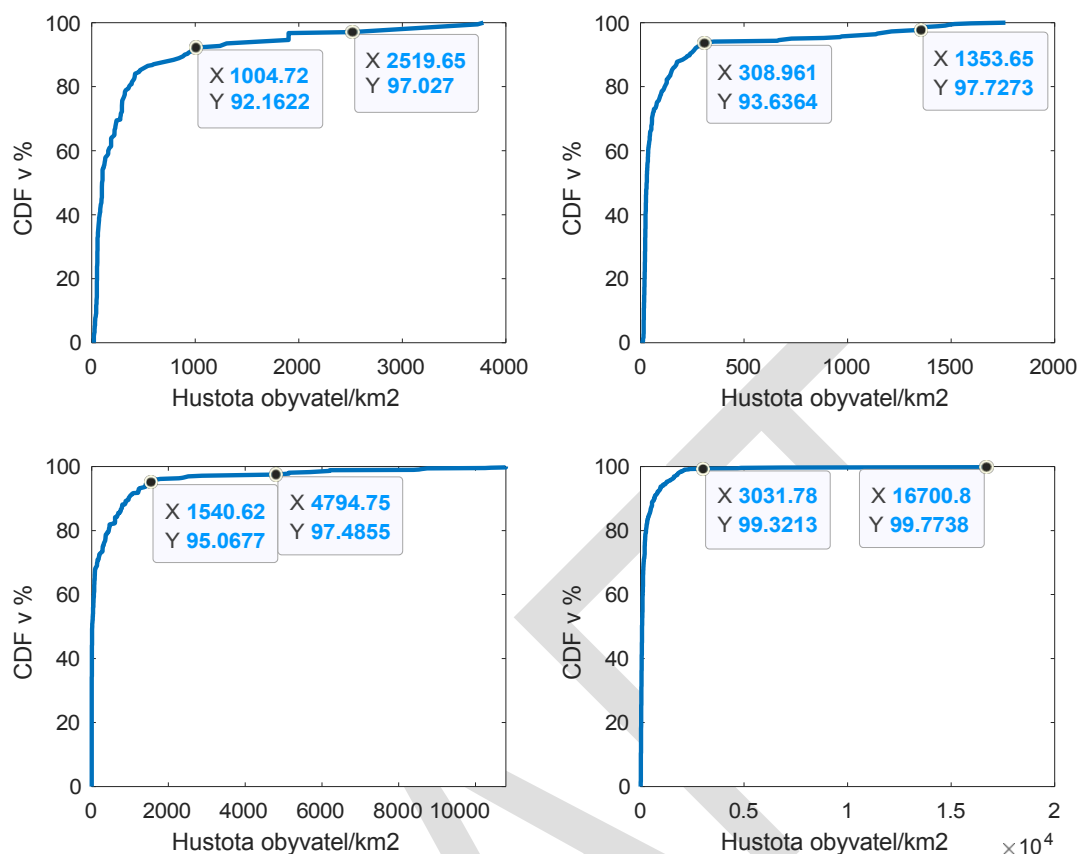
Metodika je následující:

- KROK 1: Vyfiltrujte databázi FS a ponechte stanice pracující pouze v horním pásmu 6 GHz;
- KROK 2: Pro každou stanici FS;
 - KROK 2.1: Vytvořte simulační pole se středem v souřadnicích stanice FS;
 - KROK 2.2: Vypočítejte celkovou populaci v získaném simulačním poli;
 - KROK 2.3: Odhadněte hustotu obyvatelstva vydělením celkového počtu obyvatel na plochu simulačního pole;
 - KROK 2.4: Uložte získanou hodnotu;
- KROK 3: Vytvoření CDF.

Tato studie byla provedena na čtyřech skutečných databázích FS ze čtyř různých zemí CEPT. Vzhledem k tomu, že všechny tyto databáze nejsou veřejné, jsou výsledky z důvodu zachování důvěrnosti prezentovány anonymně jako Správa 1, Správa 2 atd.

Získané výsledky jsou znázorněny jako CDF na obrázku 2. Lze provést následující pozorování:

- V případě Správy 1 se 97 % přijímačů FS nachází v oblastech s hustotou osídlení nižší než 2 500 obyvatel/km²;
- V případě Správy 2 se 97 % přijímačů FS nachází v oblastech s hustotou osídlení nižší než 1350 obyvatel/km²;
- V případě Správy 3 se 97 % přijímačů FS nachází v oblastech s hustotou osídlení nižší než 4800 obyvatel/km²;
- V případě správy 4 se 99,3 % přijímačů FS nachází v oblastech s hustotou obyvatelstva nižší než 3 000 obyvatel/km².



Obrázek 2: CDF hustoty obyvatelstva na horních stanicích 6 GHz ve čtyřech různých správách CEPT

Tabulka 9 obsahuje interpolované hodnoty z výše uvedených křivek pro hustotu populace použité v některých obecných studiích této zprávy.

Tabulka 9: Výpis pravděpodobnosti umístění stanice v oblasti s hustotou obyvatelstva vyšší nebo rovnou dané hodnotě hustoty obyvatelstva

$P(X) > \text{Den (obyvatel/km)}^2$	Administrativa 1	Správa 2	Správa 3	Administrativa 4
3000	2%	0%	2,87%	0,68%
6000	0%	0%	1,50%	0,38%
12000	0%	0%	0%	0,28%
18000	0%	0%	0%	0%
Celkový počet uvažovaných odkazů	740	440	1034	1021

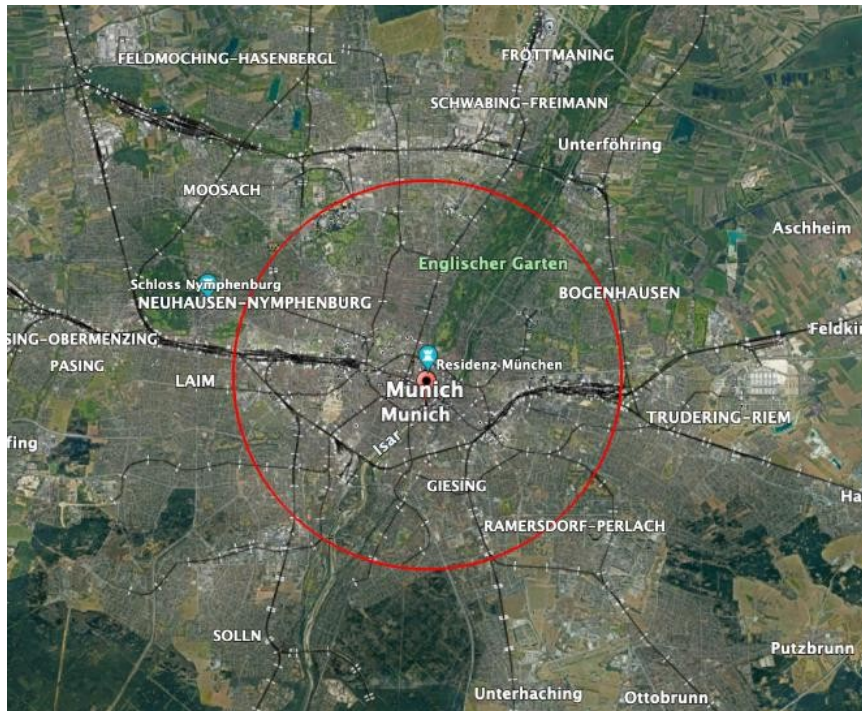
4.1.2.3 Další analýza korelace mezi hustotou obyvatelstva v okolí spoje FS a výškou antény FS

Kromě výše uvedené studie bylo provedeno posouzení skutečné hustoty obyvatelstva v okolí skutečných míst FS a výšky FS pro město Mnichov (Německo) na základě databáze FS německé správy. Hustota obyvatelstva vychází z databáze infas360 [32]. Průměrná hustota obyvatelstva pro město Mnichov je 4868

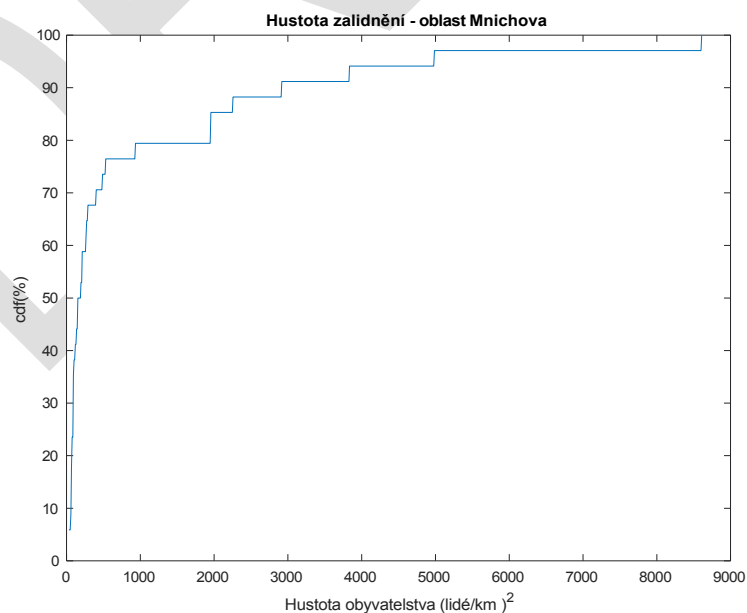
obyvatel/km² . Město Mnichov bylo vybráno proto, že se jedná o německé město s nejvyšší průměrnou hustotou obyvatel.

Z 33 míst FS bylo možné vyhodnotit statistiky odpovídající přibližně 144 odkazům FS. Na každé lokalitě FS může být umístěno několik stanic FS. Tyto lokality se nacházejí v okruhu 50 km od centra Mnichova.

Pro každou lokalitu FS byl uvažován poloměr 5 km, z něhož byla odvozena hustota obyvatelstva (tj. celkový počet obyvatel dělený 78 km²). Podle očekávání odpovídá oblast s největší hustotou obyvatelstva lokalitám FS nacházejícím se v centru města.



Obrázek 3: Město Mnichov (příklad lokality FS v centru města a vymezení hustoty obyvatelstva v červeném kruhu o poloměru 5 km)



Obrázek 4: Hustota obyvatelstva v okolí lokalit FS v Mnichově

Výsledky cdf ukazují, že 97 % přijímačů FS se nachází v oblastech, kde je hustota zalidnění nižší než 6 000 obyvatel/km².

Z podrobného posouzení vyplývá, že pouze jedna lokalita FS, která se nachází v centru Mnichova, vykazuje hustotu zalidnění vyšší než 6000 obyvatel/km² (tj. 8613 obyvatel/km²). U této lokality je výška 86,5 m. Neexistuje žádná výška FS 30 m nebo 40 m spojená s hustotou obyvatelstva nad 6000 obyvatel/km². Ve skutečnosti je pro výšku FS pod 40 m průměrná hustota zalidnění 242 obyvatel /km².

Druhá nejvyšší hustota zalidnění z databáze je nižší než 6000 obyvatel /km² (tj. 4989 obyvatel/km²) s výškou FS 50 m. V oblasti Mnichova je průměrná výška FS 55 m a průměrná hustota obyvatelstva v okruhu 5 km od každé lokality je 936 obyvatel/km².

4.1.3 Vliv rušení pulzními/nárazovými signály na výkon přijímače FS

V době psaní této zprávy se v ECC stále pracuje na vytvoření obecné metodiky pro odvození kritérií ochrany pro jakýkoli zdroj časově proměnného rušení do přijímače FS. V rámci této činnosti se zkoumá, jak se současné přijímače FS chovají v přítomnosti rušení typu puls/výboje, a to s ACM (adaptivní kódování a modulace) a bez něj.

V rámci probíhajících prací v ECC byla přijata a projednána měření, která analyzovala dopad periodických burstových signálů, jako jsou signály majáků RLAN, na spoje FS pracující v pásmu 6 GHz, ale nebyla uzavřena. Jedno měření bylo provedeno v terénu s reálným přijímačem FS spoje a LPI AP umístěným venku⁴, zatímco tři měření byla provedena v laboratorním prostředí v režimu conducted. Výsledky těchto měření naznačují, že některé pulzní/přerušované signály (např. signály majáku s provozem a bez provozu navrchu) mohou mít pro konkrétní nastavení měření a testované zařízení FS znatelnější rušivý účinek než signály podobné šumu/kontinuální signály při stejné úrovni I/N.

Proto je třeba poznamenat, že závěry probíhající práce mohou mít dopad na výsledky sdílení RLAN/FS a že může být nutné další zkoumání dopadu majáků RLAN.

4.2 PEVNÁ DRUŽICOVÁ SLUŽBA (FSS), SPOJENÍ ZEMĚ-VESMÍR

4.2.1 Parametry a předpoklady FSS Země-kosmos

Studie již byly provedeny ve zprávě ECC 302 a ukázaly, že kritérium ochrany je splněno. V této zprávě bylo pro úplnost analyzováno dalších pět reprezentativních nosníků (tabulka 10).

Tabulka 10: Studované nosníky FSS UL

Satelitní paprsek	Satelitní zeměpisná délka	Směr nasměrování satelitu	Obrysový model G/T	Špičkový G/T (dB/K)
Globální paprsek	25° E	Nadir	Doporučení ITU-R S.672-4 (doporučuje 1) Šířka paprsku ($2 \times \varphi_0$) = 15° Maximální zisk (G_{max}) = 22 dBi	-5.99 (T = 630 K)
Regionální paprsek	64° E	52.622286° N 2.150199° W	Doporučení ITU-R S.672-4 (příloha 1, oddíl 2.4.1-b) Šířka paprsku ($2 \times \varphi_0$) = 6° Ekvivalentní špičkový zisk (G_{ep}) = 28 dBi	-1.12 (T = 400 K)
Bodový paprsek 1	64° E	52.622286° N	S.672-4 <i>doporučuje 1</i> (oběžník)	11.98

⁴ Venkovní použití LPI WAS/RLAN není v souladu s rozhodnutím ECC (20)01. V této zprávě se předpokládají stejné podmínky použití jako v rozhodnutí ECC (20)01.

		2.150199° W	paprsek) Šířka paprsku ($2 \times \psi_b$) = 0,8° $L_N = -25$ Špičkový zisk (G_m) = 38 dBi	(T = 400 K)
Bodový paprsek 2	64° E	52.622286° N 2.150199° W	S.672-4 Oddíl 1.1 Šířka paprsku ($2 \times \psi_0$) = 2,6° PŘÍLOHA 1 $L_S = -25$ Špičkový zisk (G_m) = 36,4 dBi	10.38 (T = 400 K)
Zónový paprsek	64° E	53.273313° N 6.229937° W	S.672-4 <i>doporučuje</i> 1 (kruhový nosník) Šířka paprsku ($2 \times \psi_b$) = 4,6° $L_N = -25$ Špičkový zisk (G_m) = 32 dBi	5.98 (T = 400 K)

4.3 PEVNÁ DRUŽICOVÁ SLUŽBA (FSS), SPOJENÍ VESMÍR-ZEMĚ

4.3.1 Parametry a předpoklady systému FSS na trase vesmír-země

Kmitočtové pásmo 6 700-7 075 MHz je celosvětově přiděleno FSS (vesmír-země) pro napájecí spoje pro negeostacionární družicové systémy družicové pohyblivé služby (MSS). Na využívání tohoto pásma napájecími spoji pro negeostacionární družicové systémy družicové pohyblivé služby se nevztahuje č. **22.2** podle poznámky pod čarou RR č. **5.458B**.

Parametry uvedené v tabulce 11 se používají pro FSS vesmír-země jako oběť.

Tabulka 11: Parametry přijímače FSS vesmír-země

Parametr	Hodnota
Frekvenční rozsah	6875-7055 GHz
Šířka pásma šumu	1,23 MHz
Průměr antény d	5.5 m
Špičkový zisk přijímací antény G_{max}	50 dBi
Teplota šumu přijímače systému	130 K
Minimální výškový úhel pozemní stanice	Akvizice - 5 stupňů; Komunikace - 10 stupňů

4.4 DALŠÍ APLIKACE V PÁSMU

4.4.1 Radioastronomie

ITU RR č. 5.149 uznává využívání kmitočtů 6650-6675,2 MHz radioastronomickou službou, přičemž neposkytuje žádný přiděl ani žádná práva na toto využívání. RR č. 5.149 naléhavě vyzývá správní orgány, aby "podnikly veškeré proveditelné kroky k ochraně radioastronomické služby před škodlivým rušením".

Pozorování maseru metanolu (CH_3OH)⁵ v pásmu RR 5.149 6650,0-6675,2 MHz jsou pro radioastronomy na celém světě nesmírně důležitá. S RR č. 5.149 uznala ITU-R důležitost pozorování metanolu v pásmu 6,6 GHz. Od té doby se metanolová čára stala mimořádně důležitou pro pozorování vzniku hvězd v jeho nejranějších stádiích. Ve skutečnosti je její detekce a studium ve vnitřních částech oblastí formování hvězd pro astronomy hlavním způsobem, jak zkoumat genezi hvězd. Metanol je také jedním z mála druhů, které produkují silné masery, což nám umožňuje detekovat jej na kosmické vzdálenosti, např. v jádru aktivních galaxií obíhajících kolem supermasivních černých děr, a tím poskytnout vhled do fyziky černých děr a vysokoenergetických procesů v jejich okolí.

V pásmu 6650-6675,2 MHz pracuje 18 radioastronomických stanic v 8 zemích CEPT, jak je uvedeno v tabulce 12.

Tabulka 12: Seznam zemí CEPT se stanicemi RAS pracujícími v kmitočtovém pásmu 6650-6675 MHz

Stanice RAS	Země	Zeměpisná délka	Zeměpisná šířka
Effelsberg	Německo	06° 53' 01.0"	50° 31' 29.4"
Wetzell		12° 52' 38"	49° 08' 42"
Medicina	Itálie	11° 38' 49"	44° 31' 15"
Noto		14° 59' 20"	36° 52' 33"
Sardinie		09° 14' 42"	39° 29' 34"
Irbene	Lotyšsko	21° 51' 18"	57° 33' 13"
Westerbork	Nizozemsko	06° 36' 15"	52° 55' 01"
Yebes	Španělsko	-03° 05' 13"	40° 31' 28.8"
Onsala	Švédsko	11° 55' 04"	57° 23' 35"
Bleien	Švýcarsko	08° 06' 43.3"	47° 20' 23.7"
Jodrell Bank	UK	-02° 18' 26"	53° 14' 10"
Pickmere		-02° 26' 42"	53° 17' 20"
Darnhall		-02° 32' 09"	53° 09' 24"
Knockin		-02° 59' 49"	52° 47' 26"
Defford		-02° 08' 39"	52° 06' 03"
Cambridge		00° 02' 14"	52° 10' 01"
Goonhilly*		-05° 11' 00"	50° 03' 02"
Chilbolton*		-01° 26' 19"	51° 08' 42"
Poznámka *: Plánované operace			

Kritéria ochrany pro RAS jsou definována v doporučení ITU-R RA.769-2 [12] a jsou uvedena v tabulce 13.

⁵ Mikrovlnné zesílení stimulovanou emisí záření: Maser je založen na principu stimulované emise. Když jsou atomy nebo molekuly vybuzeny do excitovaného energetického stavu, mohou zesilovat záření na frekvenci specifické pro atomy nebo molekuly použité jako maser (podobně jako v laseru). V radioastronomii jsou kosmické masery hojně pozorovány u OH, H₂O, SiO, CH₃OH a dalších.

Tabulka 13: Technické parametry radioastronomie.

Systémový parametr	Hodnota	Poznámky
Doba integrace	2000 s	
Zisk bočního laloku, G_r	0 dBi	Podle doporučení ITU-R RA.769-2 je třeba brát v úvahu pouze boční laloky.
Prahová úroveň rušení Spektrální výkon, $Plim,v$ Spektrální pfd, Slm,v	-176 dB (mW/MHz) -228 dB (W/m /Hz) ²	Pro spektroskopická pozorování: interpolováno z doporučení ITU-R RA.769-2, tabulka 2 [12].
Výška antény, h_a	Výška ohniska	Průměrná výška přijímacího kanálu nad zemí konkrétního dalekohledu, který má být použit.

5 SDÍLENÍ MEZI SLUŽBAMI WAS/RLAN A PRIMÁRNÍMI SLUŽBAMI V PÁSMU

5.1 SDÍLENÍ S PEVNOU SLUŽBOU

5.1.1 Studie prováděné mimo CEPT

Řada vnitrostátních regulačních orgánů povolila nasazení sítě WAS/RLAN v pásmu 6,425-7,125 GHz. Ve Spojených státech například Federální komunikační komise (FCC) zvažovala studie sdílení a koexistence, včetně měření v terénu, ve frekvenčním pásmu 5,925-7,125 GHz. Výsledky těchto studií a výsledná rozhodnutí FCC jsou zdokumentovány v následujícím textu:

- "FCC otevírá pásmo 6 GHz pro Wi-Fi a další bezlicenční použití", 24. dubna 2020 [21];
- "FCC povoluje provoz zařízení s velmi nízkým výkonem v pásmu 6 GHz", 1. listopadu 2023 [22].

5.1.2 Analýza MCL s jedním interferentem

5.1.2.1 Úvod

Předpokládá se, že stanice FS je obětí (RX) a přístupový bod RLAN je rušivým vysílačem (Tx). Při analýze jednoho rušitele, která bere v úvahu parametry systému uvedené v předchozích částech, se určí horizontální vzdálenosti, při kterých je překročeno kritérium ochrany $I/N = -10$ dB.

Používá se následující vzorec MCL:

$$P_{TxEIRP} - L_{Cesta} - L_{Nepořádek} - L_{BEL} + G_{Rx} \leq 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{B_{Rx}}{B_{Tx}} \right) \leq 10 \cdot \log_{10} \left((kTB) + NF + \frac{I}{N} \right)$$

Kde:

- P_{TxEIRP} je vyzářený výkon (e.i.r.p.) vysílače RLAN;
- L_{Path} je útlum způsobený přenosovou cestou;
- $L_{Clutter}$ je útlum způsobený překážkami na cestě přenosu;
- BEL je útlum způsobený stěnami, pokud je vysílač RLAN umístěn uvnitř budovy;
- G_{Rx} je zisk antény přijímače FS ve směru vysílače RLAN;
- NF je šumové číslo přijímače FS;
- $\frac{I}{N}$ je ochranné kritérium (poměr rušení k šumu = $(I - N)$);
- B_{Tx} je šířka pásma vysílače;
- B_{Rx} je šířka pásma přijímače.

5.1.2.2 Metodika

V následujícím textu byly provedeny výpočty pro oblast kolem přijímače pevné služby (Rx), který je umístěn v poloze (0,0) a směřuje doprava. Vliv rušitele se určuje v každém bodě oblasti s ohledem na antény pro systémy RLAN (všesměrové) a FS (ITU-R F.699).

Výsledné diagramy na obrázcích 5 až 8 jsou zobrazeny v azimutální rovině (pohled shora). Barevné oblasti znázorňují výsledky, které jsou nad nebo pod kritériem rušení nebo se nazývají prahový výkon (Nlimit). Použité parametry a také výsledky jsou uvedeny pod grafy.

Výsledky špičkového poloměru představují maximální dosah rušení v důsledku výškového rozdílu mezi přijímačem RLAN a FS, přičemž se vychází z konstantní úrovně terénu 0 m. Horizontální útlum neexistuje.

Výsledky poloměru kruhu představují minimální rozsah rušení pocházejícího z postranních laloků přijímače FS. To znamená, že existuje horizontální a vertikální diskriminace.

Výsledky mezi hlavními nosníky představují výpočet MCL, při kterém nebyla uvažována žádná svislá ani vodorovná geometrie. Tyto vzdálenosti jsou nejvyšší.

Zkoumány byly pouze městské a příměstské scénáře. Venkovské scénáře zde nebyly studovány, ale byly studovány ve zprávě ECC 302.

5.1.2.3 Model šíření

Pro městské a příměstské scénáře byl použit následující model šíření:

- model přenosových ztrát ve volném prostoru (FSPL) byl použit pro vzdálenosti od 0 m do 55 m;
- Pro vzdálenost od 55 m do 1000 m byl použit model doporučení ITU-R P.1411-12 jako přímá viditelnost (LOS);
- Pro vzdálenost od 1000 m bylo použito doporučení ITU-R P.452-17 jako případ bez přímé viditelnosti (NLOS). Pro vzdálenosti větší než 1000 m byl použit model ztráty rušení popsáný v doporučení ITU-R P.2108-1.

5.1.2.4 Parametry

Tabulka 14: Parametry MCL

Parametr	Hodnota	Komentář / odkaz
Frekvence	6775 MHz	Střední frekvence navrhovaného pásma
Výkon RLAN (e.i.r.p.)	14 dBm (VLP outdoor) 23 dBm (LPI indoor)	Tabulka 2
Šířka pásma sítě RLAN	40 MHz - 320 MHz	Tabulka 4
Vzor antény RLAN	izotropní	Zjednodušený předpoklad pro případ jednoho rušitele.
Zisk antény RLAN	0 dBi	
Výška antény RLAN	1,5 m / 7,5 m	Zpráva ECC 302 / Tabulka 3
FS Výška antény	30 m, 40 m, 75 m	Tabulka 8
FS Zisk antény	46 dBi	Tabulka 8
Šumové číslo přijímače FS	4,5 dB	Tabulka 8
FS Ztráta na podavači	1,3 dB	Tabulka 8
Šířka pásma FS	40 MHz	Tabulka 8
Vzor antény FS	ITU-R F.699 (rušení s jedním vstupem)	Tabulka 8 (zpráva ECC 302, tabulka 18)
Kritérium ochrany FS: I/N	-10 dB	Dlouhodobě: nepřekročeno více než 20 % času Zpráva ECC 302 / Zpráva ECC 316
Procento míst (p) pro ztrátu rušivých vlivů $L_{Clutter}$	50 %	P.2108-1 (ztráta rušení), § 3.2 (ECC Report 302, oddíl 6.2)
Pravděpodobnost (p)	50 %	P.2109-2 (ztráta při vstupu do budovy)

Parametr	Hodnota	Komentář / odkaz
LBEL		(Zpráva ECC 302, oddíl 6.2)
Čas v procentech (ρ)	20 %	P.452-17 (zpráva ECC 302) P.1411-12 (zpráva ECC 302)

5.1.2.5 Výsledky

Výpočty MCL byly provedeny pro oblast se stejnou úrovní terénu 0 m. Vysílač RLAN (Tx) je směřován na přijímač FS (Rx). Výšky RLAN jsou 1,5 m a 7,5 m. Vážený průměr rozložení výšek RLAN v tabulce 3 (městský případ) je 7,5 m. Výsledné grafy znázorňují horizontální rovinu a udávají, z jaké polohy vysílač RLAN vnáší výkon o velikosti prahových hodnot výkonu (Nlimit).

V následujícím textu jsou studovány případy venkovní/vnitřní městské sítě s konstantní šířkou pásma FS (Rx=40 MHz) a proměnlivou šířkou pásma RLAN (Tx=40 MHz až 320 MHz), aby se zohlednily různé faktory překrývání šířky pásma. Dále byl studován vliv různých výšek FS 30 m, 40 m, 75 m.

Ztráta na vstupu do budovy (doporučení ITU-R P.2109-2) byla vypočtena pro tradiční budovy/domy a pohybuje se mezi 17 dB a 35,5 dB. Pravděpodobnost, že ztráta nebude překročena, byla stanovena na 50 %. Vstupní útlum budovy závisí také na výškovém úhlu cesty na fasádě budovy (stupně nad vodorovnou rovinou). Rozsah výškového úhlu je od 0,5 do 90 stupňů.

Pro ztrátu rušení se předpokládalo 50 % míst (doporučení ITU-R P.2108-1). Ztráta rušení je 32,5 dB.

Výsledky v případech použití ve venkovním a vnitřním prostředí ukazují, že vzdálenosti se zmenšují s rostoucí šířkou pásma sítě RLAN (Tx). To je zřetelně vidět na výsledcích pro hlavní paprsek k hlavnímu paprsku a špičkový poloměr. Důvodem je klesající spektrální hustota výkonu sítě RLAN (Tx).

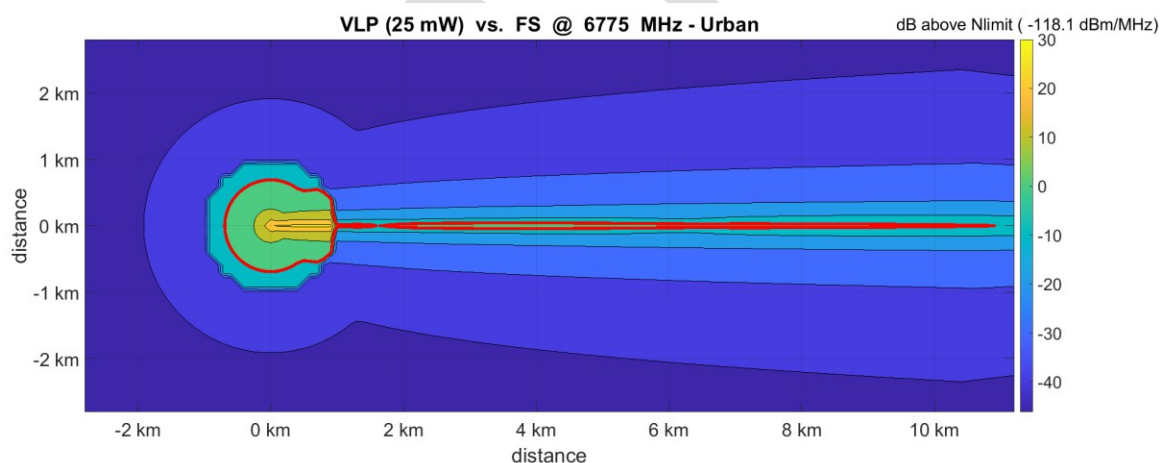
Vzdálenosti mezi hlavními paprsky jsou nezávislé na výškách Rx. Rozhodující roli hraje vliv výšky přijímače FS (Rx).

Tabulka 15: Tabulka výsledků pro případy venkovního použití, městský/příměstský scénář s výškou RLAN 1,5 m / 7,5 m

Šířky pásma (Tx)	FS Heights (Rx)	Vzdálenosti Od hlavního paprsku k hlavnímu paprsku	Vzdálenosti Špičkový poloměr (Maximální vzdálenos ti)	Vzdálenosti Poloměr kruhu (Minimální vzdálenos ti)
40 MHz	30 m	11,1 km / 11,7 km	10,9 km / 11,3 km	0,7 km / 0,7 km
40 MHz	40 m	11,7 km / 11,7 km	10,7 km / 11,0 km	0,7 km / 0,7 km
40 MHz	75 m	11,7 km / 11,7 km	0,9 km / 0,9 km	0,7 km / 0,7 km
320 MHz	30 m	3,9 km / 3,9 km	1,0 km / 1,0 km	0,3 km / 0,3 km
320 MHz	40 m	3,9 km / 3,9 km	1,0 km / 1,0 km	0,3 km / 0,3 km
320 MHz	75 m	3,9 km / 3,9 km	1,0 km / 1,0 km	0,3 km / 0,3 km

Tabulka 16: Tabulka výsledků pro případy použití v interiéru, scénář město/předměstí s výškou RLAN 1,5 m / 7,5 m

Šířky pásma (Tx)	Výšky FS (Rx)	Vzdálenosti Od hlavního paprsku k hlavnímu paprsku	Vzdálenosti Špičkový poloměr (Maximální vzdálenosti)	Vzdálenosti Poloměr kruhu (Minimální vzdálenosti)
40 MHz	30 m	4,5 km / 4,5 km	1,0 km / 3,3 km	0,3 km / 0,3 km
40 MHz	40 m	4,5 km / 4,5 km	1,0 km / 1,0 km	0,3 km / 0,3 km
40 MHz	75 m	4,4 km / 4,4 km	1,0 km / 1,0 km	0,2 km / 0,2 km
320 MHz	30 m	1,5 km / 1,5 km	1,0 km / 1,0 km	0,1 km / 0,1 km
320 MHz	40 m	1,5 km / 1,5 km	1,0 km / 1,0 km	0,1 km / 0,1 km
320 MHz	75 m	1,5 km / 1,5 km	1,0 km / 1,0 km	0.0 km / 0.0 km



Parameters Rx
B=40.0 MHz
h=30.0 m
Gmax=46.0 dB
I/N=-10.0 dB
NF=4.5 dB
L_Feed=13 dB
Nlimit=-118.1 dBm/MHz

Parameters Tx
f=6.775 GHz
P=14.0 dBm
B=40.0 MHz
h=1.5 m
Gmax=0.0 dB
BW_factor=0 dB

Parameters FreeSpaceLoss
used up to 55 m

Parameters ITU-R P.452-17
used beyond 1000 m
p=20.0 %
zone= Inland
phi_path=50.0 °
polarization= vertical
dct=500.0 km
dcr=500.0 km
DN=45 (N-units/km)
N0=325 (N-units)
press=1013 hPa
temp=15 °C

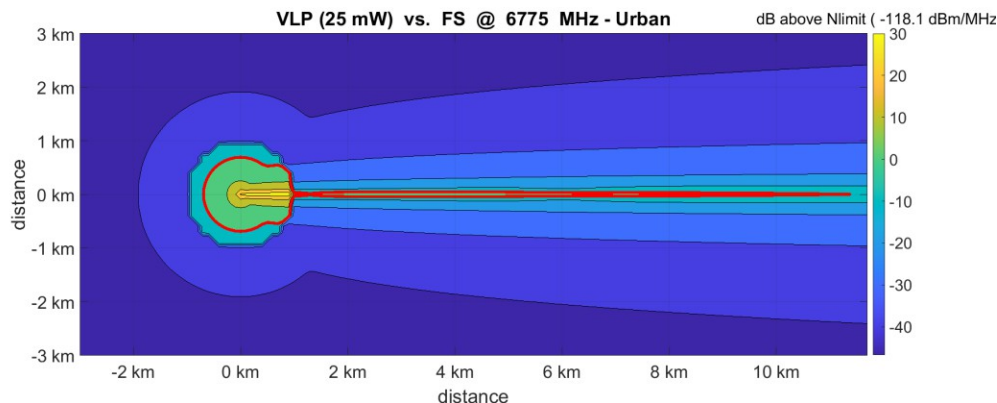
Parameters ITU-R P.1411-12 (LOS)
used between 55-1000 m
p=20.0 %

Parameters ITU-R P.2108-1
used beyond 1000 m
percentage of locations =50.0 %
range_distances=[0.0 km; 11.5 km]
range_losses=[0.0 dB; 32.5 dB]

Parameters ITU-R P.2109-2
not used

Results
Circle radius = 0.7 km
Peak radius = 10.9 km
Main beam <-> Main beam =11.1 km

Obrázek 5: Venkovní případ použití s anténou WAS/RLAN ve výšce 1,5 m



Parameters Rx
B=40.0 MHz
h=300 m
Gmax=46.0 dBi
I/N=-10.0 dB
NF=4.5 dB
L_Feed=13 dB
Nlimit=-118.1 dBm/MHz

Parameters Tx
f=6.775 GHz
P=14.0 dBm
B=40.0 MHz
h=7.5 m
Gmax=0.0 dBi
BW_factor=0 dB

Parameters FreeSpaceLoss
used up to 55 m

Parameters ITU-R P.452-17
used beyond 1000 m
p=20.0 %
zone= Inland
phi_path=50.0 °
polarization= vertical
dct=500.0 km
dcr=500.0 km
DN=45 (N-units/km)
NO=325 (N-units)
press=1013 hPa
temp=15 °C

Parameters ITU-R P.1411-12 (LOS)
used between 55-1000 m
p=20.0 %

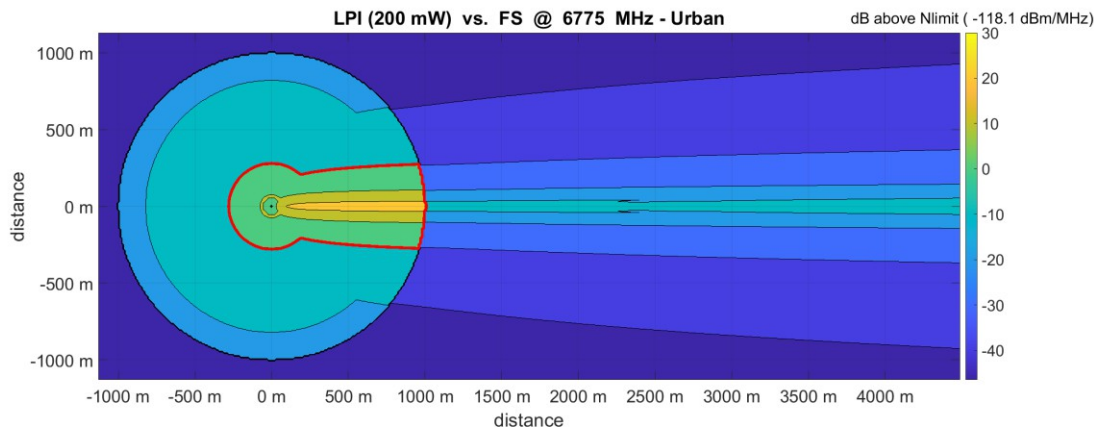
Parameters ITU-R P.2108-1
used beyond 1000 m
percentage of locations =50.0 %
range_distances=[0.0 km; 12.1 km]
range_losses=[0.0 dB; 32.5 dB]

Parameters ITU-R P.2109-2
not used

Results

Circle radius = 0.7 km
Peak radius = 11.3 km
Main beam <-> Main beam =11.7 km

Obrázek 6: Venkovní případ použití s anténou WAS/RLAN ve výšce 7,5 m



Parameters Rx
B=40.0 MHz
h=300 m
Gmax=46.0 dBi
I/N=-10.0 dB
NF=4.5 dB
L_Feed=13 dB
Nlimit=-118.1 dBm/MHz

Parameters Tx
f=6.775 GHz
P=23.0 dBm
B=40.0 MHz
h=1.5 m
Gmax=0.0 dBi
BW_factor=0 dB

Parameters FreeSpaceLoss
used up to 55 m

Parameters ITU-R P.452-17
used beyond 1000 m
p=20.0 %
zone= Inland
phi_path=50.0 °
polarization= vertical
dct=500.0 km
dcr=500.0 km
DN=45 (N-units/km)
NO=325 (N-units)
press=1013 hPa
temp=15 °C

Parameters ITU-R P.1411-12 (LOS)
used between 55-1000 m
p=20.0 %

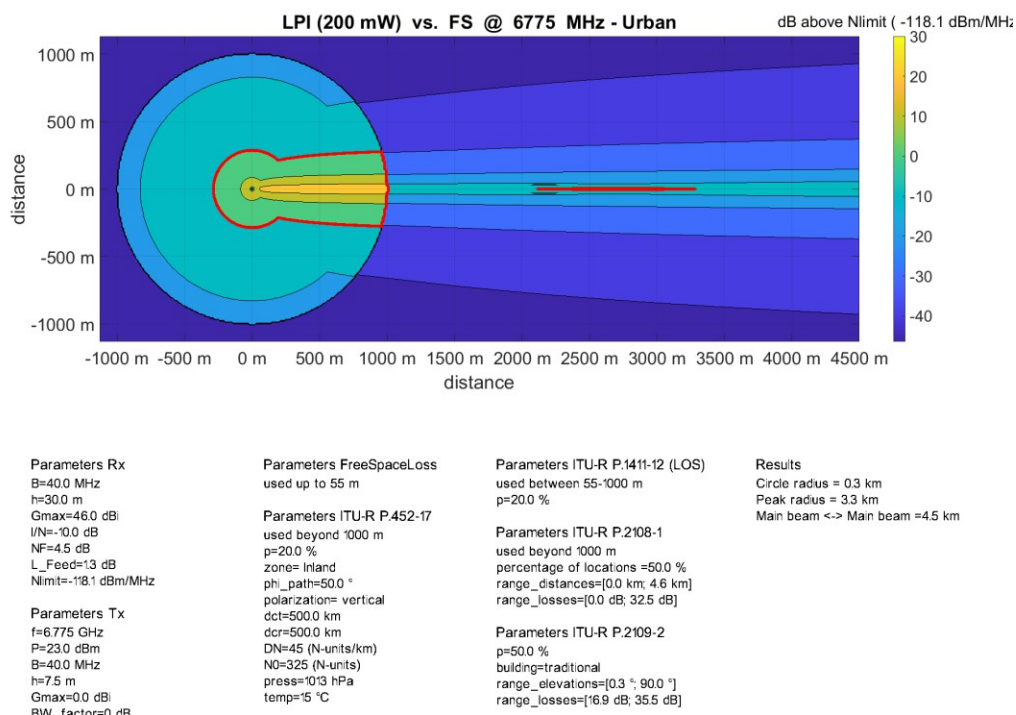
Parameters ITU-R P.2108-1
used beyond 1000 m
percentage of locations =50.0 %
range_distances=[0.0 km; 4.6 km]
range_losses=[0.0 dB; 32.5 dB]

Parameters ITU-R P.2109-2
p=50.0 %
building=traditional
range_elevations=[0.4 °; 90.0 °]
range_losses=[16.9 dB; 35.5 dB]

Results

Circle radius = 0.3 km
Peak radius = 1.0 km
Main beam <-> Main beam =4.5 km

Obrázek 7: Vnitřní případ použití s výškou antény WAS/RLAN 1,5 m



Obrázek 8: Vnitřní případ použití s anténou WAS/RLAN ve výšce 7,5 m

5.1.2.6 Závěr

Výšky WAS/RLAN jsou stanoveny na 1,5 m a 7,5 m. Výška WAS/RLAN 7,5 m je váženým průměrem rozložení výšek v tabulce 3 (město). Zkoumá se vliv různých výšek FS (30 m, 40 m, 75 m) a špičkový poloměr (maximální vzdálenosti) ve venkovních případech je v rozmezí 0,9 km až 11,3 km a pro vnitřní scénář je to maximálně 3,3 km. Poloměr kruhu se nijak výrazně nemění a pohybuje se v rozmezí 0 až 0,3 km pro případy použití uvnitř budov a 0,3 až 0,7 km pro případy použití venku. Výšková úroveň přijímače FS má tedy vliv na separační vzdálenosti (poloměr špičky) pro nižší šířky pásma RLAN (Tx), které jsou nezbytné pro zajištění koexistence obou systémů. Studovány byly pouze městské a příměstské scénáře. Venkovské scénáře zde nebyly studovány, ale byly studovány ve zprávě ECC 302.

5.1.3 O parametrech spojení FS v obecných studiích lokalit

Některé kombinace parametrů uvažované v obecných studiích lokality nemusí ve skutečnosti v terénu existovat. Zejména jedno ověření provedené pro jednu z uvažovaných lokalit pro město s 6000 obyvateli na kilometr čtvereční ukázalo, že některé kombinace parametrů neodrážejí žádné zavedené pevné spoje. Pokud tedy nejsou založeny na vnitrostátních údajích, neměly by být všechny kombinace v rozsahu použitým v obecných studiích pro danou lokalitu považovány za reprezentativní a kombinace, které se v praxi skutečně vyskytují, by měly být posuzovány případ od případu.

Další informace o nasazení spojů FS v CEPT, včetně počtu délek spojů FS, naleznete v oddíle 4.1.2.1. Vztah mezi vyšší hustotou osídlení a skutečnou výškou antén FS a vyšší hustotou osídlení a procentem některých přijímačů FS lze nalézt v oddílech 4.1.2.2 a 4.1.2.3. Pouze velmi malé procento FS se nachází v oblastech s hustotou zalidnění vyšší než 3000 obyvatel/km² a oblasti s největší hustotou zalidnění mají antény umístěné výše nad zemí než ty, které se nacházejí v oblastech s nižší hustotou zalidnění.

5.1.4 Obecná studie lokality A

Ačkoli je tato studie obecná pro danou lokalitu, pro posouzení FDP je zapotřebí zeměpisná poloha. Zde byla vybrána zeměpisná poloha města Frankfurt, protože odpovídá hustotě obyvatelstva použité v simulaci.

Byly provedeny simulace Monte Carlo s využitím 10 milionů událostí, aby se posoudilo, zda jsou splněna dlouhodobá kritéria a FDP, pokud jsou současně v provozu sítě WAS/RLAN s nízkým výkonem (LPI) uvnitř budov (přičemž náhodné sítě LPI jsou venku) a sítě WAS/RLAN s velmi nízkým výkonem (VLP) venku.

Studie se zabývaly Frankfurtem, což je velké hustě obydlené německé město s okolními předměstskými a venkovskými oblastmi. Velikost simulačního poloměru⁶ je omezen radiovým horizontem (tj. 59 km). Studie se zaměřily na nasazení WAS/RLAN s nejvyšším rozložením výšky budov jako referenčním bodem, různým špičkovým ziskem antény (33,6 dBi a 45,5 dBi), různou výškou antény FS (tj. 30 m, 45 a 79 m) a pro tři různé modely hustoty nasazení WAS/RLAN scénáře A. Celkem bylo zkoumáno 8 různých konfigurací/případů. Výsledky studie jsou vypočteny s přihlédnutím ke všem možným statistickým kombinacím z hlediska polohy, hustoty osídlení, výšky FS, zisku antény FS ze souboru skutečných dat německé správy.

Přijímač FS je umístěn uprostřed simulační oblasti. Městská, příměstská a venkovská oblast jsou simulovány pomocí prstenců kolem přijímače FS. Sítě RLAN jsou náhodně rozmístěny v rámci simulačního okruhu podle jednotlivých prstenců. Pro malou výšku antény FS se při výškovém rozložení RLAN uvažuje Fresnelova zóna. Uvažuje se vyloučená zóna 20 m.

Ztráty při přenosu se počítají pomocí kombinace doporučení ITU-R P.525 od 0 do 40 m, modelu WINNER II (tj. statistického modelu, který zahrnuje vestavěné rušení) od 40 m do 1 km a modelu doporučení ITU-R P.2001 od 1 km do radiového horizontu. Modely ztrátového rušení se skládají z modelu P.2108 pro městské a příměstské oblasti a modelu P.452-17 pro venkovské oblasti (centrum obce). Vnitřní modelování zachycuje ztráty na vstupu do budov (BEL) pomocí doporučení ITU-R P.2109.

Metodika pro odvození počtu sítí RLAN vysílajících v pásmu do přijímače FS se řídí stejným postupem jako ve zprávě ECC 302 a zprávě ECC 316 (scénář A). ekvivalentní počet okamžitě vysílajících sítí WAS/RLAN použitý v simulacích je funkcí faktoru bezdrátových zařízení pracujících ve spektru osvobozeném od licencí, faktoru horních 6 GHz, faktoru přijetí na trhu (zařízení schopná pracovat v pásmu 6 GHz), faktoru hodin vytižení, faktoru činnosti RF, faktoru překrývání šířky pásma. 98,8 % zařízení je považováno za vnitřní a 1,2 % za venkovní.

Pro tuto studii jsou hodnoty Fade Margin (FM) a Net Fade Margin (NFM) získány z databáze německé správy. Hodnoty představují 5 %-ní a 95 %-ní hranici minimálního rozdělení FM a NFM a hodnotu modu (tj. nejpoužívanější hodnotu). FM a NFM dohromady, jedná se o rozsah od 11 dB do 40,3 dB. Tyto hodnoty jsou specifické pro Německo a poskytují realistický obraz, protože pocházejí ze statistik skutečných spojů pro různé délky spojů včetně 24,48 km. Všimněte si, že hodnoty NFM jsou nižší než FM v rozsahu ATPC. Souřadnice GPS přesných spojů FS jsou důvěrné, proto byla pro výpočet P_0 podle ITU-R P.530 použita souřadnice LAT, LON ve spolkové zemi Hesensko.

Jako metrika pro kvantifikaci rušení byly použity výsledky I/N a výsledky FDP (Fractional Degradation Performance). FDP se vypočítá z a) rozdělení I/N a b) rozdělení útlumu, který přijímač FS zaznamenal v důsledku vícecestného provozu. Fade na přijímači FS se vypočítá pomocí doporučení ITU-R P.530 a závisí na charakteristikách spoje (LAT/LON, výšky FS, délka spoje, dostupnost spoje FS/FM/NFM).

Výsledky z velkého počtu společných událostí Monte Carlo (tj. 10 milionů) ukazují, že práh dlouhodobé ochrany ($I/N = -10$ dB pro méně než 20 % běhů) je dodržen ve všech případech, a to i při náhodném venkovním LPI. Hodnoty FDP získané pro obecný spoj FS lokality s ATPC a bez ATPC jsou všechny nižší než 10 %. Jinými slovy, výsledky ukazují, že pravděpodobnost poškození spoje FS je velmi vzácná.

⁶ Velký simulační poloměr, tj. až do radiového horizontu, zachycuje všechny agregované účinky sítí WAS/RLAN, aby se plně zohlednil dlouhodobý účinek rušení.

Provedené společné simulace Monte Carlo s ohledem na polohu a čas používaly pro výpočet procenta rušení rozdělení podle polohy a času. Proto jsou výsledky vyjádřeny v procentech polohy a času, a nikoli pouze v procentech času.

Kromě toho byly provedeny simulace Monte Carlo s odděleným místem a časem, které se mají zabývat zvlášť pevnými rušivými vlivy a zvlášť mobilními rušivými vlivy. V kontextu této studie jsou pevnými rušiteli přístupové body RLAN (AP) a klientská zařízení RLAN jsou mobilní. Pevná zařízení RLAN AP jsou modelována pomocí simulace odděleného umístění/času a klientská zařízení RLAN jsou modelována samostatně pomocí společné simulace umístění/času Monte Carlo.

Pokud je spuštěna simulace odděleného místa/času, je celkový počet pevných přístupových bodů RLAN odvozen z parametrů, které nejsou závislé na čase (tj. nepoužívá se faktor RF aktivity). Tato pevná RLAN AP tvoří morfologický pool (tj. pool RLAN zařízení se specifickou morfologií polohy (x,y,z)). Tento pool obsahuje aktivní a neaktivní pevná přístupová místa RLAN. Počet aktivních AP je závislý na AF. Z tohoto fondu morfologie bude vybrán určitý počet aktivních AP. Fond morfologie se v čase nemění, ale výběr toho, co je aktivní a co není aktivní, je závislý na čase. Bude třeba zkoumat několik morfologických poolů, aby bylo k dispozici dostatek statistik v oblasti morfologie-událostí. Pro tuto studii bylo zkoumáno 5000 různých fixních morfologických událostí RLAN (tj. umístění).

Pro každý časový okamžik se vypočítá agregovaná hodnota I/N pro aktivní RLAN morfologického fondu, kde se ztráty šíření mění s časem a kde se ztráty rušením, ztráty BEL, výkon Tx, zisky antén a výšky antén s časem nemění. To vede k rozdělení agregované I/N v "pseudo" časové oblasti (tj. pseudo, protože v reálném čase nejsou pro model WINNER II k dispozici informace). V této studii byl pro každou morfologickou událost uvažován jeden milion časových událostí.

Nakonec je pro každou morfologickou událost celkový agregovaný časový údaj I/N lineárním součtem I/N z přístupového bodu RLAN a I/N z klientských zařízení RLAN. Pro každou morfologickou událost je tedy odvozen jeden FDP. U všech různých morfologických událostí byly v této zprávě uvedeny statistiky FDP.

Dva případy z osmi, které vykazovaly nejhorší agregované rozložení I/N, byly zkoumány metodikou odděleného místa/času. V obou těchto případech bylo dodrženo kritérium dlouhodobé ochrany I/N = 10 dB ve 20 % času.

V případě vysoké výšky antény FS nepřekročilo 5000 FDP 10 %. U přijímače s vysokou výškou FS nehrozí degradace z RLAN do spoje FS, protože maximální hodnota FDP je 2 %.

Pro případ s nízkou výškou antény FS je procento pevných morfologií RLAN, kde FDP nepřekročil 10 %, 99,2 % pro FM = 23 dB, 99,5 % pro FM = 29,7 dB a 99,6 % pro FM = 40,3 dB. Výsledky ze zkoumaných pevných morfologií RLAN ukazují, že procento morfologií, u nichž FDP přesahuje 10 % pro spoj FS, je menší než 0,8 % (pro minimální FM s 5 % podílem) nebo 0,4 % (pro minimální FM s 95 % podílem).

Hodnota FDP získaná ze společného umístění/času Monte Carlo a mediánová hodnota z odděleného umístění/času Monte Carlo jsou ve všech případech podobné.

5.1.5 Obecná studie lokality B

Tato studie využívá podobné prostředí jako studie A (s odděleným místem/časem v PŘÍLOZE 3:), ale alternativní metodu pro posouzení potenciálního rušení pevné služby.

Scénář a parametry jsou stejné jako v obecné studii A s následujícími úpravami:

- Vzor antény FS je doporučení ITU-R F.699, které je určeno pro rušení s jedním vstupem;
- Polarizační ztráta je náhodná podle zprávy ECC 302, oddíl 6.3.1 Krok 2);
- Simulační oblast má poloměr 1 km kolem místa FS;
- Hodnoceno bylo pouze kritérium ochrany FDP.

Druhá sada simulačních výsledků byla získána s použitím doporučení ITU-R F.1245 pro anténní vzor FS a pevnou polarizační ztrátu 3 dB. Jediným rozdílem oproti studii A je tedy poloměr simulace 1 km a to, že bylo posuzováno pouze kritérium ochrany FDP.

Simulace jsou jednovstupové, ale výstupy jsou zpracovány tak, aby se získaly výsledky pro celá nasazení popsaná ve scénářích A a B. Metodu lze shrnout takto: vzhledem k pravděpodobnosti překročení 10 % FDP při jednovstupovém rušení (ze simulace, kontrola proti kritériu ochrany FDP) a za předpokladu, že rušivé události z různých RLAN jsou statisticky nezávislé, se vypočítá pravděpodobnost překročení kritéria FDP při nasazení více RLAN. Základním předpokladem je, že v praxi v případech vysokého souhrnného rušivého výkonu, který přijímač FS v daném okamžiku zaznamená, převládá jediná síť RLAN.

Metoda je založena na jediné vstupní prahové úrovni I/N, která povede k tomu, že je překročeno kritérium 10 % FDP. Pro příkladové spoje hodnocené ve studii je tato prahová hodnota převedena do rozsahu 6,7 dB až 7,5 dB pro 1,97 % faktor RF aktivity (použitý ve scénáři nasazení RLAN A) a 5,8 dB až 6,5 dB pro 2,45 % faktor RF aktivity (použitý ve scénáři nasazení RLAN B). Pokud existuje síť RLAN, která dosáhne této úrovně I/N, je kritérium ochrany překročeno.

Pravděpodobnost, že náhodně vyřazená síť RLAN dosáhne úrovně I/N přesahující prahovou hodnotu, se vyhodnocuje pomocí společné simulace Monte Carlo pro polohu a čas. Simulace je jednovstupová, s jednou RLAN na pokles vyhodnocenou pro I/N v daném náhodném místě uvnitř simulační oblasti. Statistiky I/N simulace se používají k vyhodnocení pravděpodobnosti, že umístění RLAN překročí prahovou úroveň I/N. Procento míst RLAN překračujících prahovou úroveň I/N závisí na výšce antény FS a zisku antény. Pro vzor antény podle doporučení ITU-R F.699 a náhodnou polarizační ztrátu se pohybuje od 0,0011 % (výška FS 79 m, zisk antény 45,5 dBi, scénář nasazení RLAN A) do 0,044 % (výška FS 30 m, zisk antény 33,6 dBi, scénář nasazení RLAN B). Pro vzor antény podle doporučení ITU-R F.1245 a polarizační ztrátu 3 dB se pohybuje od 0,0013 % (výška 79 m FS, zisk antény 45,5 dBi, scénář nasazení RLAN A) do 0,0097 % (výška 30 m FS, zisk antény 33,6 dBi, scénář nasazení RLAN B).

Celková pravděpodobnost, že některá síť RLAN překročí kritérium ochrany FS, pokud se uvažuje plné nasazení sítě RLAN, se odvozuje od pravděpodobnosti jedné sítě RLAN s ohledem na celkový počet aktivních sítí RLAN na základě hustoty populace.

Při použití doporučení ITU-R F.699 a náhodných polarizačních ztrát se pro výšku antény FS 30 m míra překročení 10% FDP pohybuje od 1,16 % do 16,54 % (FM = 23 dB) v závislosti na scénáři hustoty sítě RLAN a zisku antény FS. Pro antény FS o výšce 45 m se míra překročení pohybuje od 0,40 % do 9,23 % (FM = 29,7 dB). U antén FS výšky 79 m se míra překročení pohybuje od 0,11 % do 3,82 % (FM = 40,3 dB).

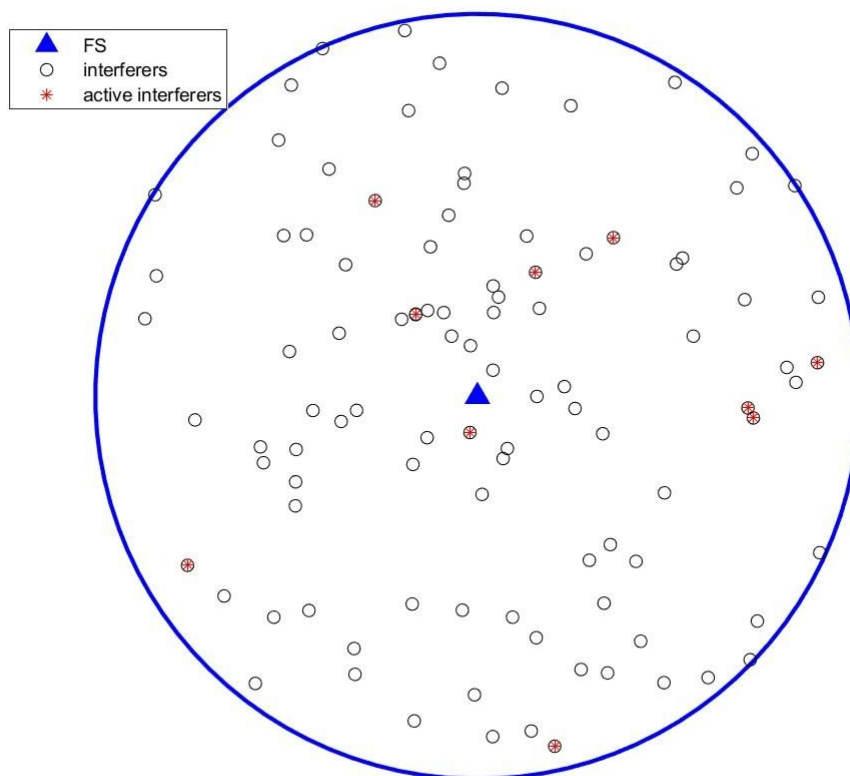
Při použití doporučení ITU-R F.1245 a pevných polarizačních ztrát se pro výšku antény FS 30 m míra překročení 10% FDP pohybuje od 0,27 % do 3,88 % (FM = 23 dB) v závislosti na scénáři hustoty sítě RLAN a zisku antény FS. Pro antény FS o výšce 45 m se míra překročení pohybuje od 0,06 % do 1,20 % (FM = 29,7 dB). U antén FS výšky 79 m se míra překročení pohybuje od 0,01 % do 0,23 % (FM = 40,3 dB).

5.1.6 Obecná studie lokality C

Tato studie využívá metodu Monte Carlo s odděleným místem a časem k posouzení kritéria dlouhodobé ochrany a FDP na přijímači FS v důsledku rozmístění zařízení WAS/RLAN v jeho blízkosti, přičemž oba systémy pracují na stejné frekvenci. Studie je obecná pro danou lokalitu, kde byly použity typické parametry přijímače FS uvedené v tabulce 82. Předpokládalo se, že přijímač FS se nachází ve středu kruhu o poloměru 5 km, a v okolí přijímače FS byly náhodně rozmístěny sítě RLAN. Hustota sítí RLAN v kruhové oblasti byla zvolena podle hustoty obyvatelstva velkých měst v zemích CEPT. Proto byly zvoleny hustoty obyvatelstva 3000, 6000, 12000 a 18000 obyvatel na km², které reprezentují různá města [20]. Konkrétně byly vybrány Helsinky, Milán⁷, Barcelona a Paříž vzhledem k jejich přibližně podobné hustotě obyvatelstva ve výše uvedeném pořadí. Obrázek 9 ukazuje příklad simulační oblasti s přijímačem FS uprostřed a náhodně rozmístěnými zařízeními WAS/RLAN, z nichž některá aktivně vysílají.

⁷ Přestože hustota zalidnění Milána činí 7500 osob na km², byla ve studii uvažována konzervativní hodnota 6000 osob na km².

Ačkoli je tato studie obecná pro danou lokalitu, pro posouzení FDP je zapotřebí zeměpisná poloha. Zde byla vybrána zeměpisná poloha měst Helsinky (zeměpisná délka: 24,9354°, zeměpisná šířka: 60,1695°), Milán (zeměpisná délka: 9,18951°, zeměpisná šířka: 45,46427°), Barcelona (zeměpisná délka: 2,2167°, zeměpisná šířka: 41,3173°) a Paříž (zeměpisná délka: 2,3522°, zeměpisná šířka: 48,8566°), protože odpovídají hustotě obyvatelstva použité v simulaci. Je třeba zmínit, že nebyly použity žádné skutečné spoje a/nebo nebyly k dispozici informace, které by potvrdily, zda jsou v těchto městech nasazeny skutečné spoje FS podobné těm studovaným. Další informace o nasazení FS v CEPT jsou uvedeny v oddíle 4.1.2.



Obrázek 9: Příklad topologie Monte Carlo s odděleným místem a časem

V metodě Monte Carlo s odděleným časem a místem jsou odděleny náhodné veličiny závislé na čase a na místě. Následně jsou časově závislé náhodné veličiny zpracovány pro výpočet CDF nebo PDF I/N na přijímači FS, které se následně použijí pro posouzení kritérií ochrany. Proto se při každé iteraci v daném místě vyhodnocují kritéria ochrany, dlouhodobé a částečné zhoršení výkonnosti (FDP), a poskytuje se statistika vyhovujících a nevyhovujících hodnot.

Metodika simulace, výsledky a závěry této studie jsou uvedeny v následujících oddílech. Podrobnou studii naleznete v PŘÍLOZE 5:.

5.1.6.1 Metodika simulace

Průběh simulace použitý ve studii je popsán takto:

1. Charakteristika odkazu FS

Definujte spojení FS s technickými charakteristikami z tabulky 82. Poloha přijímače FS je nastavena na (0,0).

2. Charakterizace sítě RLAN

Definujte zařízení RLAN podle jejich typů, nastavte technické vlastnosti typům zařízení.

3. Zahájení smyčky určování polohy

3.1. Inicializujte všechny proměnné závislé na umístění.

Podle simulačního poloměru vypočítejte celkový počet sítí RLAN překrývajících šířku pásma FS. Od vzdálenosti 20 m od přijímače FS náhodně rozmístěte sítě RLAN. Pro každou z vysazených RLAN vypočítejte zisk antény FS, ztráty šíření v závislosti na vzdálenosti od přijímače FS (WINNER II předpokládá pouze proměnlivost polohy, P.452 je funkcí času), ztráty rušením, BEL a polarizační ztráty.

3.2. Zahájení časové smyčky

3.2.1. Inicializujte všechny proměnné závislé na čase.

3.2.2. Ze všech nasazených sítí RLAN v kroku 3.1. náhodně aktivujte sítě RLAN podle faktoru aktivity RF. Případně vypočítejte ztráty šíření (P.452).

3.2.3. Výpočet agregovaného rušení (I) z aktivních sítí RLAN do přijímače FS.

3.3. Ukončení časové smyčky.

3.4. Shromážděte hodnoty I/N získané během časové smyčky.

3.5. Vyhodnocení kritérií ochrany na základě získaných statistik I/N, které odpovídají aktuální iteraci polohy.

3.5.1. Vytvořte CDF/PDF získaných hodnot I/N a ověřte je podle kritéria dlouhodobé ochrany.

3.5.2. Výpočet hodnoty FDP (Výpadek způsobený fadingem na přijímači FS se vypočítá podle doporučení ITU-R P.530).

4. Koncová smyčka umístění.

5. Shromážděte statistiky o tom, kolik iterací umístění splnilo/nespnilo kritéria ochrany ze všech testovaných iterací umístění.

Pro dosažení dostatečné statistické přesnosti bylo provedeno 3000 iterací lokalizace, přičemž pro každou iteraci lokalizace bylo provedeno 100 000 časových iterací. V části A5.7 je uvedeno statistické zdůvodnění této volby.

5.1.6.1 Výsledky

Výsledky byly vyjádřeny v procentech morfologií lokalit překračujících ochranná kritéria, později definovaných jako míra překročení.

Každá iterace umístění byla ověřena na základě kritéria dlouhodobé ochrany $I/N = -10$ dB (nepřekročení po více než 20 % času) a frakční degradace výkonu (FDP) (nepřekročení 10 %). Výpočet výsledků dlouhodobého kritéria byl jednoduchý: každý vektor I/N odvozený z iterace umístění byl porovnán s kritériem. Pokud bylo 20 % hodnot vektoru I/N menších než -10 dB, výsledek je vyhovující, v opačném případě je nevyhovující.

Simulace byly provedeny pro čtyři sady případů vždy pro hustotu populace 3K, 6K, 12K a 18K. Tyto případy jsou následující:

- Zisk FS: Výška FS: 30 m;
- Zisk FS: Výška FS: 30 m;
- Zisk FS: Výška FS: 40 m;
- Zisk FS: Výška FS: 79 m.

Na základě výšek FS byly zvažovány tři typy typických délek článků. Pro výšku FS 30 m bylo zvoleno spojení na krátkou vzdálenost o délce 20 km, pro výšku FS 40 m bylo zvoleno spojení na střední vzdálenost o délce 32 km a pro výšku FS 79 m bylo zvoleno spojení na dlouhou vzdálenost o délce 50 km.

V tabulce 17 jsou uvedeny kombinované výsledky pro obě kritéria rušení, dlouhodobé a FDP bez ATPC. V posledním sloupci je uvedeno procento nasazení, která překročila dlouhodobé nebo FDP. Tato hodnota je

vždy dolní hranicí minimální hodnoty mezi mírou překročení dlouhodobého kritéria nebo FDP, protože některé ze simulovaných nasazení může porušit pouze jedno z kritérií nebo obě.

Další analýza hodnotící vliv ATPC (s použitím 15 dB a 20 dB) neprokázala u uvažovaných spojů žádný rozdíl mezi případy s ATPC a bez ATPC.

Tabulka 17: Dlouhodobé kritérium a výsledky FDP

Odkaz	Poloměr (km)	Hustota zalidnění (na m) ²	FS Zisk (dBi)	FS Výška (m)	Délka spojení (km)	Míra překročení dlouhodobého kritéria	Míra překročení pro FDP
1,1	5	3000	34	30	20	0%	3.5%
1,2	5	3000	46	30	20	0%	1.5%
1,3	5	3000	46	40	32	0%	0.6%
1,4	5	3000	46	79	50	0%	0%
2,1	5	6000	34	30	20	0%	7.17%
2,2	5	6000	46	30	20	0%	7.17%
2,3	5	6000	46	40	32	0%	1.63%
2,4	5	6000	46	79	50	0%	0.4%
3,1	5	12000	34	30	20	1.53%	18.47%
3,2	5	12000	46	30	20	2.67%	10.5%
3,3	5	12000	46	40	32	0.3%	4.3%
3,4	5	12000	46	79	50	0%	0.2%
4,1	5	18000	34	30	20	23.57%	34.80%
4,2	5	18000	46	30	20	30.63%	21.97%
4,3	5	18000	46	40	32	5%	11.17%
4,4	5	18000	46	79	50	0%	0.93%

5.1.6.2 Závěr

Tato studie využívá metodu Monte Carlo s odděleným místem a časem k posouzení kritéria dlouhodobé ochrany a FDP na přijímači FS v důsledku rozmístění zařízení WAS/RLAN v kruhové oblasti o poloměru 5 km. Počet rušivých zařízení WAS/RLAN v okolí přijímače FS byl odvozen pomocí hodnot vysokých parametrů ze scénáře B. Byly použity čtyři různé hustoty obyvatelstva 3000, 6000, 12000 a 18000 obyvatel na km². Uvažovaly se tři různé výšky antén FS, 30 m, 40 m a 79 m, ve spojení se ziskem antén FS 36 dBi a 46 dBi a třemi délkami spoje FS 20 km, 32 km a 50 km.

Kompatibilita byla vyhodnocena na základě posouzení míry překročení dvou kritérií ochrany proti rušení.

i) dlouhodobé kritérium I/N=-10 dB nesmí být překročeno o více než 20 % času a ii) kritérium částečného zhoršení výkonu (FDP) nesmí být překročeno o více než 10 %. Míra překročení byla vypočtena z počtu iterací lokality, při nichž bylo kritérium překročeno, z celkového počtu iterací.

Výsledky ukazují, že vyšší hustota obyvatelstva vede k vyšší míře překročení obou ochranných kritérií. Míra překročení dlouhodobého ochranného kritéria se pohybuje od 0 % do 30,63 % a míra překročení FDP se pohybuje od 0 % do 34,80 % (pro rozsah hodnot FM mezi 30 dB a 51 dB). V rámci uvažovaných kombinací různých parametrů lze uznat, že u přijímačů FS s nižšími anténními zisky

(tedy vyšší sidelobes) a/nebo nižší výšky antény, je pravděpodobnější, že se míra překročení zvýší. Míra překročení u zkoumaných spojů FS využívajících ATPC je podobná jako u spojů bez ATPC.

5.1.7 Obecná studie lokality D

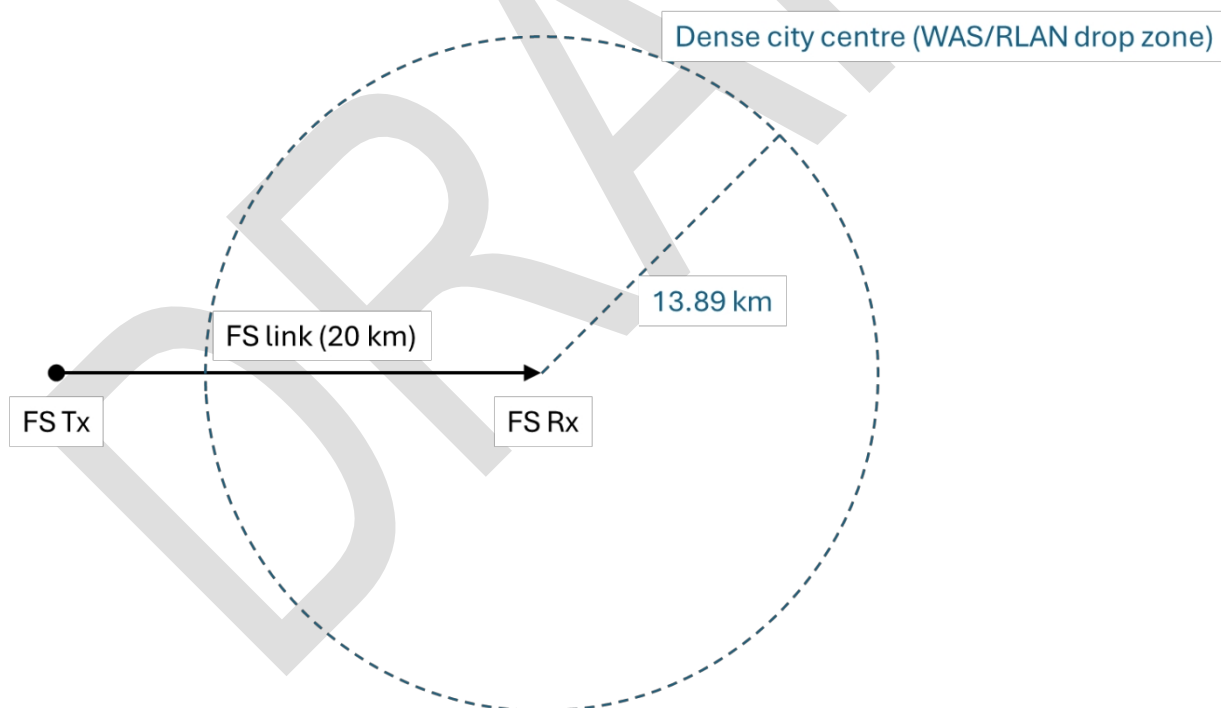
Tato studie použila metodu Monte Carlo k analýze rušení způsobeného systémy WAS/RLAN pracujícími v kmitočtovém pásmu 6425-7125 MHz na spoji pevné služby (FS) umístěném v centru hustě osídleného města (přibližně 5400 obyvatel/km² rozmístěných na velkém území o rozloze přibližně 606 km²).

K posouzení vlivu WAS/RLAN na kritéria ochrany spojů FS jak z hlediska dlouhodobého, tak z hlediska částečného snížení výkonnosti (FDP) byl použit přizpůsobený simulátor založený na zdrojovém kódu SEAMCAT.

Vzhledem k tomu, že se jednalo o studii obecnou pro danou lokalitu, nebyly použity žádné přesné parametry spojení FS ani údaje o terénu. Místo toho se předpokládaly obecné parametry spojení FS (popsané v tabulce 8). Stejným způsobem, protože nebyla známa rezerva pro zeslabení (FM), byl uvažován široký rozsah hodnot (od 13 do 45 dB, v souladu s tabulkou 8).

5.1.7.1 Model nasazení FS a WAS/RLAN

Uvažovalo se o hustotě zalidnění přibližně 5400 obyvatel/km², která se rovnoměrně snížila uvnitř kruhové oblasti o poloměru 13,89 km modelující husté centrum města, což znamená, že v této oblasti žije přibližně 3,3 milionu obyvatel (přibližně 606 km²). Taková hustota patří k nejvyšším v zemích CEPT. Uvažovalo se o spoji FS o délce 20 km s přijímačem umístěným ve středu této kruhové spádové oblasti WAS/RLAN, jak ukazuje obrázek 10.



Obrázek 10: Modelová oblast hustého města (zóna pádu WAS/RLAN)

Při každé události Monte-Carlo je uvnitř zóny pádu WAS/RLAN vysazen určitý počet okamžitě vysílajících WAS/RLAN. WAS/RLAN byly vyslány mimo první Fresnelovu zónu spojení FS (modelovanou jako elipsoid v 3D prostoru).

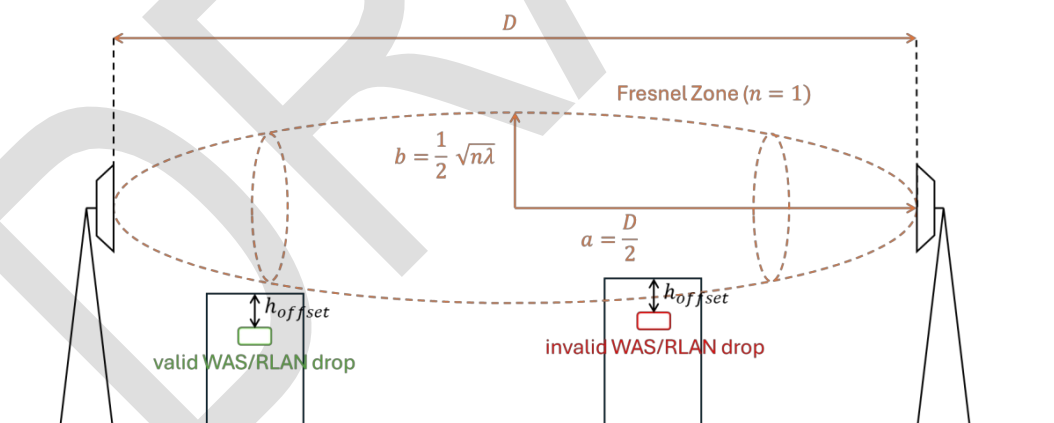
Jak scénář A, tak jeho citlivý protějšek scénář B byly zkoumány za použití jejich "vysokých" předpokladů týkajících se přijetí horních 6 GHz na trhu.

V tabulce 18 je uveden počet okamžitě vysílajících sítí WAS/RLAN, které mají být v každém běhu vypuštěny jak uvnitř, tak venku.

Tabulka 18: Model nasazení WAS/RLAN založený na předpokladech "High" (vysoká úroveň)

Parametry	Scénář A	Scénář B
Poloměr simulace (km)	13.89	
Celkový počet obyvatel	3277451	
Faktor přijetí na trhu (zařízení s frekvencí 6 GHz)	50.00%	60.00%
Faktor rušných hodin	62.70%	
Bezdrátová zařízení pracující ve spektru osvobozeném od licence	90.00%	100.00%
Horní faktor 6 GHz	40.75%	47.00%
Počet přenosů v pásmu horních 6 GHz	376828.62	579499.22
Faktor aktivity RF	1.97%	2.45%
Faktor překrývání šířky pásma	23.95%	
Počet okamžitě vysílajících sítí WAS/RLAN	1777.93	3400.36
Počet okamžitě vysílajících sítí WAS/RLAN uvnitř budov	1757	3360
Počet okamžitě vysílajících venkovních sítí WAS/RLAN	22	42

V okruhu 20 metrů od FS nebyly shozeny žádné WAS/RLAN a Fresnelova zóna 1st kolem spojení FS byla vyčištěna. Ke každé výšce WAS/RLAN byl přičten výškový posun (*h_{offset}*) 1,5 m, aby se při posuzování, zda byl shozen uvnitř Fresnelovy ochranné zóny, či nikoli, zohlednil strop.

**Obrázek 11: Definice Fresnelovy vylučovací zóny**

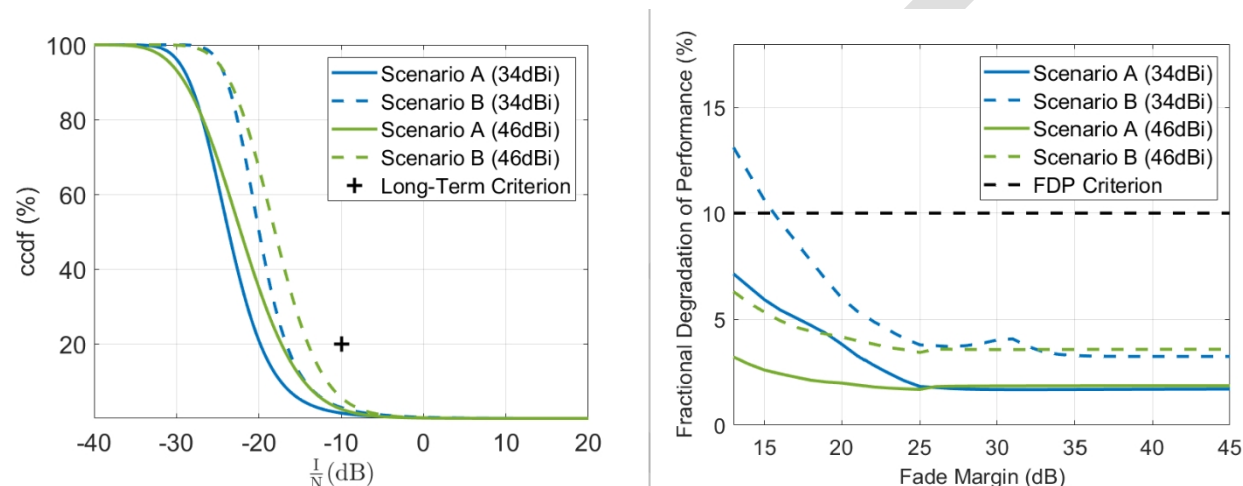
5.1.7.2 Hlavní výsledky simulace

Ačkoli je tato studie obecná pro danou lokalitu, pro posouzení FDP je zapotřebí zeměpisná poloha. Zde byla vybrána zeměpisná poloha města Madrid (zeměpisná délka: -3,70261°, zeměpisná šířka: 40,4165°), protože odpovídá hustotě obyvatelstva použité v simulaci. Je třeba zmínit, že nebyly použity žádné skutečné spoje a/nebo nebyly k dispozici informace, které by potvrdily, zda jsou v tomto městě nasazené skutečné spoje FS podobné těm studovaným. Další informace o nasazení FS v CEPT jsou uvedeny v kapitole 4.1.2.

Pro posouzení rušení při nasazení sítí WAS/RLAN bylo zkoumáno několik parametrů FS. Pro každý zkoumaný parametr byly shromážděny statistiky I/N pomocí 5 milionů událostí ze simulací Monte-Carlo a použity k posouzení kritéria dlouhodobé ochrany ($I/N = -10$ dB nepřekročeno po více než 20 % času) a kritéria částečného zhoršení výkonu (FDP pod 10 %).

Analýza Monte Carlo s oddělenými proměnnými polohy a času byla provedena také na zmenšené zóně shožu WAS/RLAN (poloměr 5 km místo 13,89 km). Zahrnovala 200 topologií, z nichž každá měla 100 000 časových událostí, aby bylo možné posoudit kritérium FDP pro každou topologii.

PŘÍLOHA 6: obsahuje všechny tyto výsledky simulací, ale hlavní závěry této studie jsou na obrázku 12, kde jsou obě kritéria ochrany vyhodnocena pro nejnižší a nejvyšší špičkový zisk antény FS za předpokladu výšky FS 40 metrů a polarizačního nesouladu 3 dB.



Obrázek 12: Hodnocení kritérií ochrany FS: dlouhodobé (vlevo) a FDP vs. FM (vpravo)

Ve všech scénářích a konfiguracích je dodrženo dlouhodobé kritérium (vlevo). U scénáře A je kritérium FDP (vpravo) dodrženo pro všechny konfigurace FS (a FM). U scénáře B může FDP překročit hranici 10 % pouze v případě špičkového zisku antény FS 34 dB, pokud je FM nízký (pod 16 dB), jinak je kritérium FDP dodrženo ve všech ostatních případech. V případě hustě osídleného města, jako je zkoumané město, které patří k nejvyšším v zemích CEPT, se zdá nepravděpodobné, že by volba nízkého FM (přibližně 15 dB) byla spojena s nízkým ziskem antény (34 dB).

5.1.7.3 Závěry

Tato obecná studie lokality zahrnuje přijímač spojení FS umístěný uprostřed simulační zóny, kde je hustota obyvatelstva přibližně 5400 obyvatel / km². Tato hodnota patří k nejvyšším, které lze v zemích CEPT nalézt.

Bylo zkoumáno několik předpokladů a téměř ve všech případech WAS/RLAN nemají škodlivý vliv na zkoumané FS, tj. jsou dodržena kritéria dlouhodobosti i FDP (za předpokladu vyčištění prvního Fresnelovy zóny). Pouze za předpokladu nejvyššího nasazení scénáře B (vysoké přijetí WAS/RLAN na trhu v pásmu horních 6 GHz) ve spojení s nízkou rezervou FS fade a nízkým špičkovým ziskem antény FS by mohlo být kritérium FDP překročeno o několik procent, zatímco ve velmi převážné většině studovaných případů je FDP hluboko pod hranicí 10 %, což vede k proveditelnému provozu WAS/RLAN za přítomnosti spojení FS.

Analýza umístění a času ukázala, že topologie s kombinací mnoha faktorů, kdy se WAS/RLAN nachází v těsné blízkosti přijímače FS (hlavní svazek) a s (relativně) velkou výškou ve srovnání s výškou přijímače FS a s vysokým vysílacím výkonem, který přijímač FS vidí, a s nízkou ztrátou na vstupu do budovy, mohou způsobit překročení kritérií FDP, pokud je rezerva FS fade margin nízká. Tato obecná studie hustě obydleného centra města ukázala, že pravděpodobnost je velmi závislá na splnění všech těchto podmínek a je nízká i pro spojení s omezenou rezervou útlumu (3 % pro scénář A a 5,5 % pro scénář B pro rezervu útlumu 13 dB) a je velmi specifická pro danou lokalitu.

5.1.8 Studie specifická pro danou lokalitu

Tato analýza předkládá studie sdílení sítě RLAN pro konkrétní lokalitu s pevnou službou (FS) typu bod-bod v "horním pásmu 6 GHz" (tj. 6425-7125 MHz). Tato analýza rozšiřuje studie sdílení a kompatibility provedené ve zprávě ECC Report 302 a ECC Report 316 mezi systémy WAS/RLAN a stávajícími zavedenými systémy v pásmu 5925-6425 MHz na pásmo horních 6 GHz.

Studie se pokoušejí kvantifikovat a kvalifikovat riziko překročení dlouhodobých a frakčních kritérií ochrany (FDP).

Tato studie se zabývá výběrem reálných příjemců FS v následujících zemích:

- Spojené království;
- Francie;
- Litva;
- Česká republika.

V této studii byla uvažována simulační oblast o poloměru 150 km, což znamená celkovou plochu 70 685 km². Kromě toho, že studie uvažovala skutečné polohy a charakteristiky FS, uvažovala také skutečnou hustotu obyvatelstva v okolí přijímače FS s pixely o přesnosti 1 km². Pro výpočty ztrát šíření byl profil terénu v okolí přijímače FS simulován podle databáze SRTM [14]. Pokud to bylo možné, byly pro modelování vnitřních sítí WAS/RLAN zohledněny také reálné polohy a výška budov.

Podrobný popis studie je k dispozici v PŘÍLOZE 7:.

5.1.8.1 Technické vlastnosti sítě WAS/RLAN v horním frekvenčním pásmu 6 GHz

Bezdrátové přístupové systémy včetně rádiových místních sítí (WAS/RLAN) byly modelovány takto.

- 1 Rozložení vyzářeného výkonu vysílače: Rozložení vyzářeného výkonu vysílače použité v těchto simulacích je uvedeno v tabulce 41.
- 2 Rozložení výšek antén WAS/RLAN: Použité rozložení výšek je znázorněno v tabulce 3. U přijímačů FS ve Spojeném království, v okruhu přibližně 2 km od každého přijímače FS, jsou vnitřní antény WAS/RLAN vysazeny nad budovami podle databáze budov ve Spojeném království a je jim přiřazena výška podle dané budovy. Pro vzdálenosti větší než 2 km od každého přijímače FS je rozložení výšek vnitřních sítí WAS/RLAN odvozeno z databáze budov Spojeného království⁸ nad oblastí simulace (viz tabulka 102 v PŘÍLOZE 7:).
- 3 Rozdělení šířky pásma: Rozdělení šířky pásma zohledňuje kanály 20 MHz, 40 MHz, 80 MHz, 160 MHz a 320 MHz s příslušnými váhami uvedenými v tabulce 4.

⁸ [Výška budov ve Velké Británii od Emu Analytics \(emu-analytics.net\)](https://www.emu-analytics.net/) od 25.05.2023

Tabulka 19 shrnuje model nasazení WAS/RLAN a uvádí celkový počet okamžitě vysílajících zařízení v rámci zemí CEPT během "rušné hodiny" podle scénáře A. Předpokládaný počet obyvatel zemí CEPT podle OSN v roce 2030 [24], včetně "všech věkových kategorií" a "ve věku od 10 do 90 let", je uvažován, jak je uvedeno v kapitole

DRAFT

Tabulka 19. Tabulka obsahuje parametrické vstupy (nízký, střední a vysoký) pro faktor vytíženosti a faktor přijetí trhu. Proto jsou pro každý scénář uvedeny nízké, střední a vysoké hodnoty okamžitě vysílajících zařízení.

DRAFT

Tabulka 19: Nasazení sítě RLAN Modely použité při simulacích

	Věk 10-90 let			Všechny věkové kategorie		
	Nízká	Mid	Vysoká	Nízká	Mid	Vysoká
Celkový počet obyvatel CEPT 2030 podle projekcí OSN (ve věku 10 až 90 let)	609 503 000			688 447 000		
Bezdrátová zařízení pracující ve spektru osvobozeném od licence (zbytek pracuje v licencovaném spektru)	90%			90%		
Faktor pracovní doby	50%	62.70%	62.70%	50%	62.70%	62.70%
6 GHz Faktor (horních 6 GHz / (horních 6 GHz + 5 GHz + 2,4 GHz)) (%)	40.75%			40.75%		
Faktor přijetí na trhu (zařízení s frekvencí 6 GHz)	25%	32%	50%	25%	32%	50%
Faktor aktivity RF na osobu	1.97%			1.97%		
Okamžitě vysílající zařízení	550 455	883 547	1 380 542	621 752	997 986	1 559 353

Provádějí se dvě sady simulací, jedna za předpokladu populace "všech věkových kategorií" a druhá za předpokladu populace "ve věku 10 až 90 let" jako citlivostní analýza, založená pouze na vysokém scénáři.

V každé iteraci simulace jsou okamžitě vysílající zařízení vyřazena úměrně hustotě populace na základě 30arcsekundové mřížky populace databáze Word bez umístění WAS/RLAN nad vodou.

Stejně jako ve zprávě ECC 302 byl celkový počet obyvatel CEPT rozdělen do městského, příměstského a venkovského prostředí takto:

- Urban: 50%;
- Předměstí: 27%;
- Venkov 23%.

5.1.8.2 Pevné parametry služby

Parametry pevných služeb vycházejí z databáze zemí v závislosti na tom, kde se zkoumaný spoj nachází. Pokud nebyl žádný parametr k dispozici, byly použity hodnoty z tabulky 8, oddíl 4.1.1.

5.1.8.3 Model šíření

Tabulka 20 shrnuje modely šíření použité pro simulace FS.

Tabulka 20: Shrnutí modelů šíření pro studii FS

Scénář	Model šíření pro síť RLAN v městských/příměstských oblastech	Model šíření pro síť RLAN na venkově
Vzdálenost < 40	Ztráta dráhy ve volném prostoru (FSPL)	

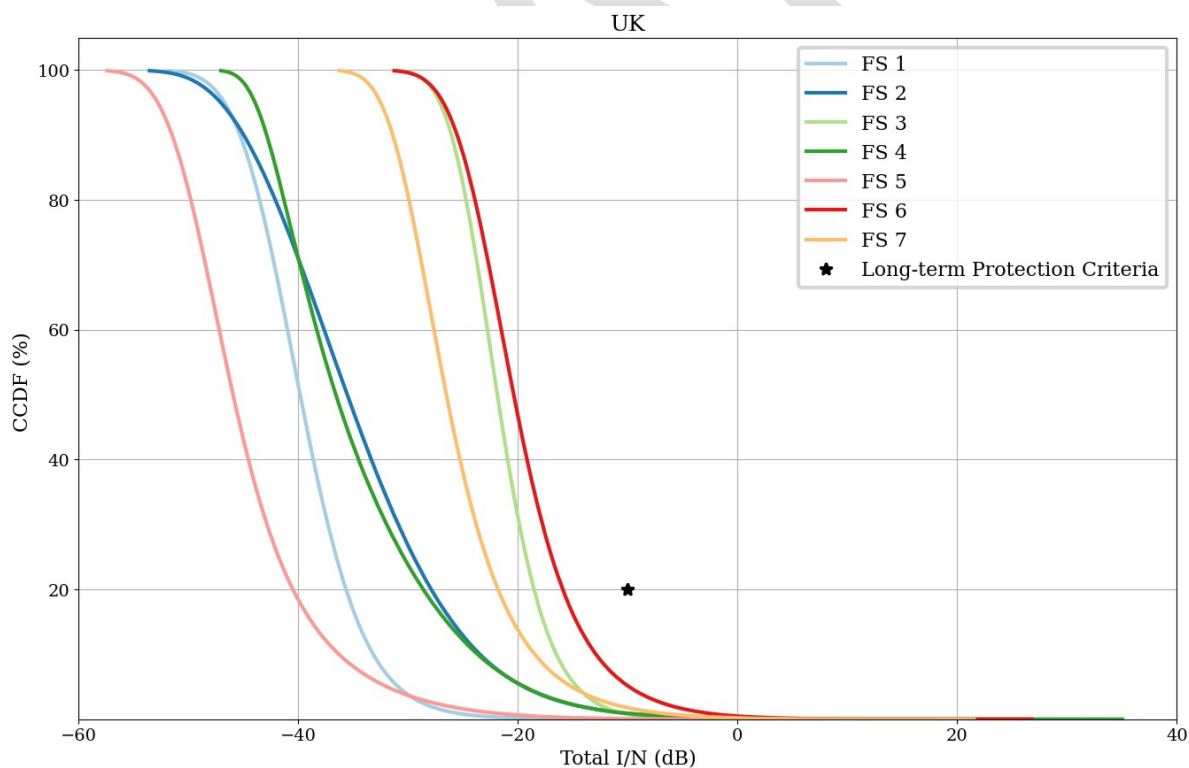
m

Scénář	Model šíření pro síť RLAN v městských/příměstských oblastech	Model šíření pro síť RLAN na venkově
40 m ≤ Vzdálenost < 1 km	VÍTĚZ II LOS/NLOS Pro WAS/RLAN v městské a příměstské oblasti se používají modely C2 a C1 WINNER II.	P.452-17 (3arcsekundová terénní databáze SRTM) + P.452-17 Ztráta rušení (pokud jsou splněny podmínky vzdálenosti a úhlu) P.452-17 Úbytek nepořádku Kategorie:
Vzdálenost ≥ 1 km	P.452-17 (a3arcsekundová terénní databáze SRTM) + P.2108-0 Ztráta rušivých vlivů	- Listnaté stromy, smíšené lesy nebo jehličnaté stromy, pokud se jedná o Corine Land Cover (CLC) Evropské agentury pro životní prostředí.⁹ označuje jako takový - Jinak, nepořádek v centru obce

5.1.8.4 Výsledky *simulace: Kritérium dlouhodobé ochrany*

Pro každé podání bylo provedeno pět milionů (5 000 000) iterací simulace Monte Carlo, aby se určila celková hodnota I/N v každém z míst příjmu FS. Pro každou iteraci byly aktivní síť WAS/RLAN rozmístěny náhodně v souladu s oddílem 5.1.8.1.

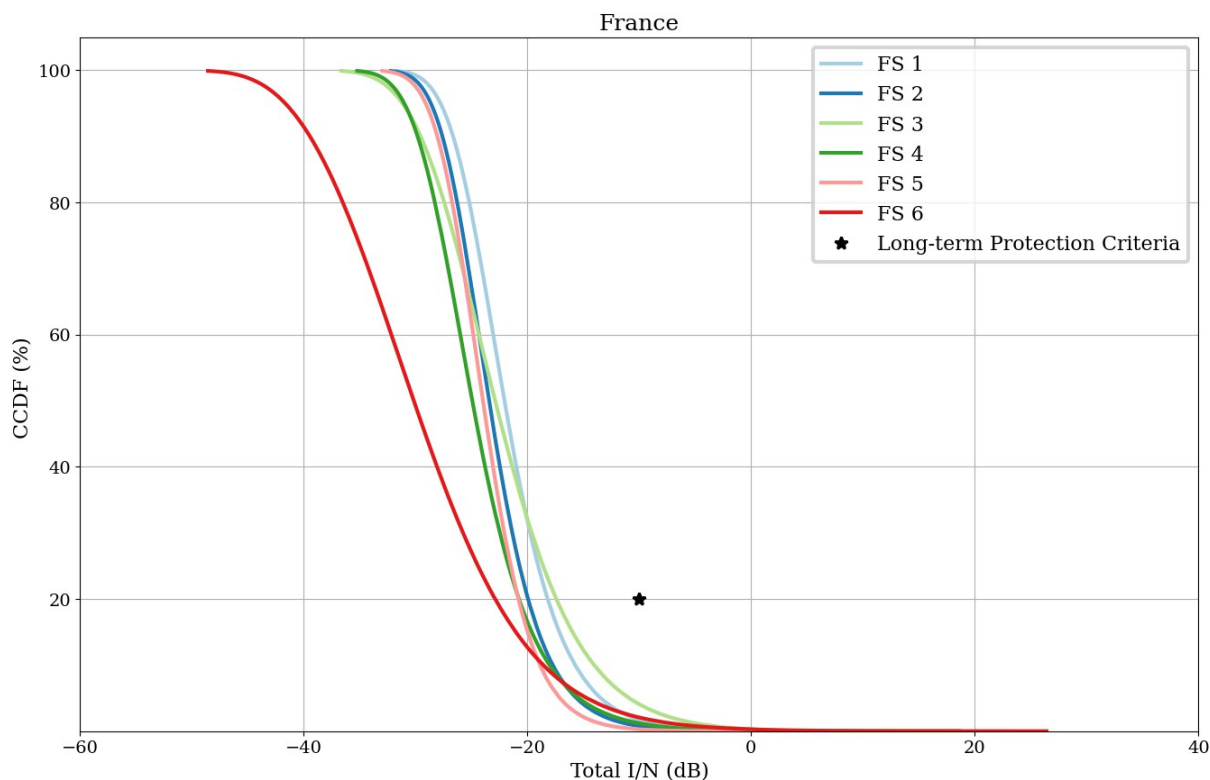
Obrázek 13 ukazuje procento 5 000 000 iterací pro každý ze 7 přijímačů FS umístěných ve Spojeném království, kde I/N ze všech sítí WAS/RLAN (vnitřní + venkovní) přesáhl úroveň I/N na ose x pro "všechny věkové kategorie". Výsledky ukazují, že všechny FS splnily kritérium dlouhodobé ochrany.



Obrázek 13: Doplňkový CDF celkové I/N pro scénář "všechny věkové kategorie", spoje ve Spojeném království

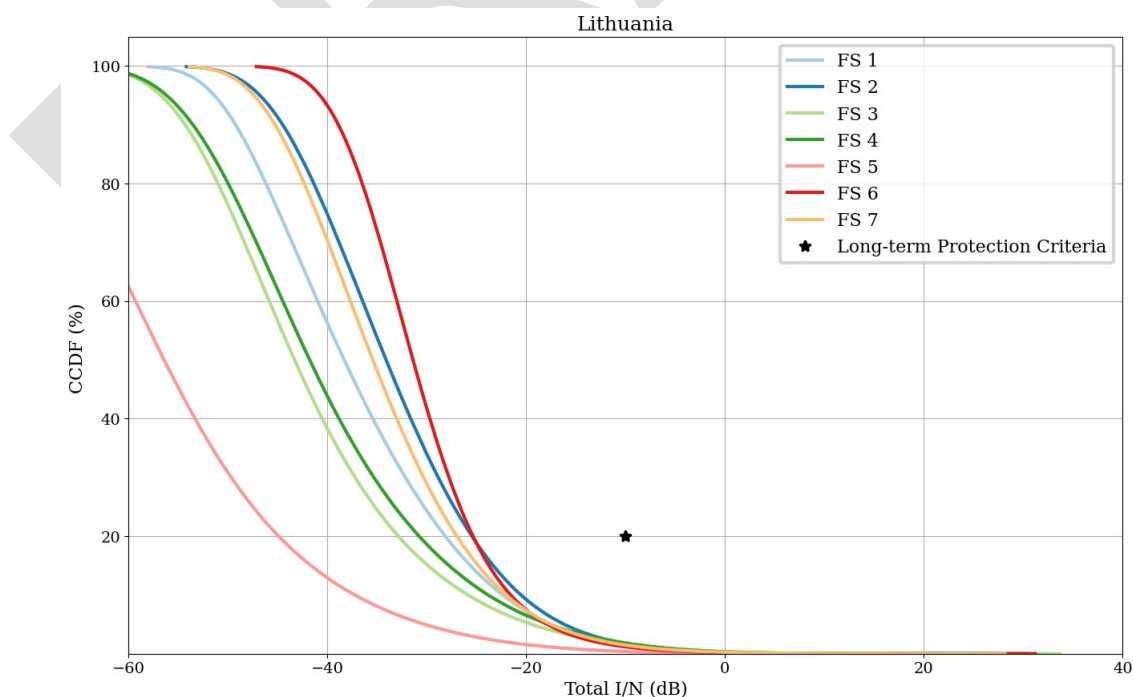
⁹ Použita nejnovější verze této databáze z května 2023, U2018_CLC2012_V2020_20u1.tif.

Obrázek 14 ukazuje procento 5 000 000 iterací pro každý ze 6 přijímačů FS umístěných ve Francii, kde I/N ze všech sítí WAS/RLAN (vnitřní + venkovní) přesáhl úroveň I/N na ose x pro "všechny věkové kategorie". Výsledky ukazují, že všechny FS splnily kritérium dlouhodobé ochrany.



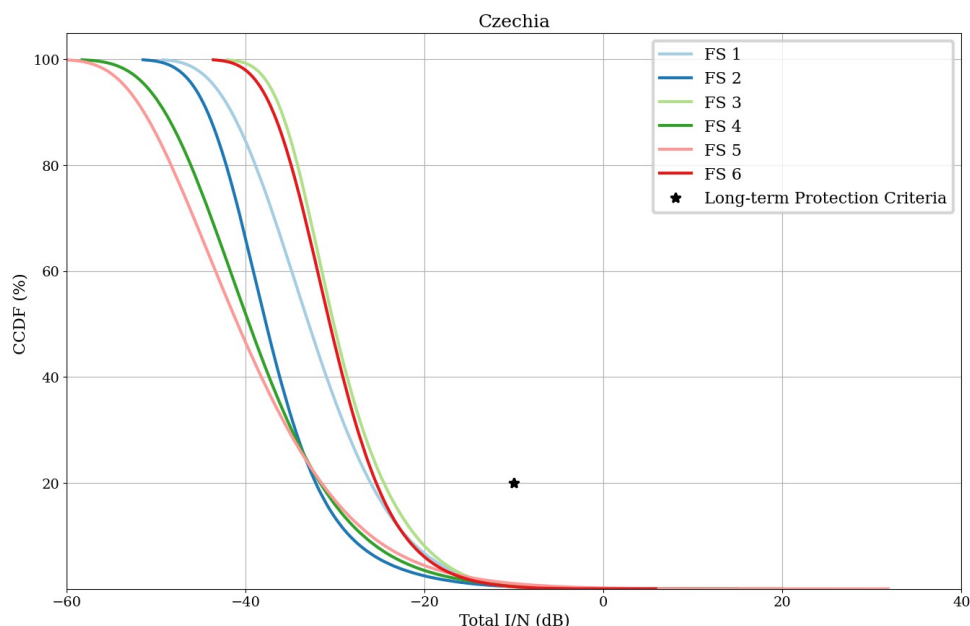
Obrázek 14: Doplnkový CDF celkové I/N pro scénář "všechny věkové kategorie", vazby na Francii

Obrázek 15 ukazuje procento 5 000 000 iterací pro každý ze 7 přijímačů FS umístěných v Litvě, kde I/N ze všech sítí WAS/RLAN (vnitřní + venkovní) přesáhl úroveň I/N na ose x pro "všechny věkové kategorie". Výsledky ukazují, že všechny FS splnily kritérium dlouhodobé ochrany.



Obrázek 15: Doplnkový CDF celkové I/N pro scénář "všechny věkové kategorie", vazby na Litvu

Obrázek 16 ukazuje procento 5 000 000 iterací pro každý ze 6 přijímačů FS umístěných v České republice, kde I/N ze všech sítí WAS/RLAN (vnitřní + venkovní) přesáhl úroveň I/N na ose x pro scénář "všechny věkové kategorie". Výsledky ukazují, že všechny FS splnily kritérium dlouhodobé ochrany.



Obrázek 16: Doplnkový CDF celkové I/N pro scénář "všechny věkové kategorie", vazby na Českou republiku

5.1.8.5 Výsledky simulace: Kritérium ochrany FDP

V tabulce 21 jsou uvedeny hodnoty FDP pro každý z přijímačů FS studovaných ve Spojeném království s použitím rozdělení I/N z 5 milionů iterací (jak je uvedeno na obrázku 13 výše), skutečných mezí slábnutí spojů (z databáze Spojeného království) a rozdělení slábnutí z doporučení ITU-R P.530 pro scénář "všechny věkové kategorie". V tabulkách jsou uvedeny celkové hodnoty FDP, kde,

$$FDP_{\text{celkem}} = FDP_{\text{dlouhodobý}} + FDP_{\text{krátkodobý}}$$

Jak je uvedeno, u "všech věkových kategorií" se FDP pohybuje od 0,02 % (FS ID 1) do 6,66 % (FS ID 4).

Jak je patrné, všechny zkoumané spoje splňují kritérium 10 % FDP, a proto nelze očekávat žádný dopad na provoz FS.

Tabulka 21: FDP z 5 milionů iterací pro spoje ve Spojeném království

ID FS	Skutečné rozpětí pro útlum (dB)	FDP _{total} (všechny věkové kategorie)
1	15	0.02%
2	15	1.09%
3	15	1.70%
4	15	6.66%
5	24.25	0.03%
6	28.90	4.43%
7	29.27	1.30%

V tabulce 22 jsou uvedeny hodnoty FDP pro každý z příjemců FS zkoumaných ve Francii s použitím rozdělení I/N z 5 milionů iterací (jak je uvedeno na obrázku 14 výše), mezi zeslabení spojů (vypočtené na základě doporučení ITU-R P.530 a údajů o spojích z francouzské databáze a za předpokladu 99,99 %).¹⁰) a rozdělení fader z normy P.530 pro scénář "všechny věkové kategorie". V tabulkách jsou uvedeny celkové hodnoty FDP.

Jak bylo uvedeno, pro "všechny věkové kategorie" se celková FDP pohybuje od 0,66 % (FS ID 5) do 2,82 % (FS ID 3).

Jak je patrné, všechny zkoumané spoje splňují 10% FDP, a proto nelze očekávat žádný dopad na provoz FS.

Tabulka 22: FDP z 5 milionů iterací pro spojení s Francií

ID FS	Rozpětí zeslabení (dB)	FDP _{total} (všechny věkové kategorie)
1	24.13	1.68%
2	23.98	1.08%
3	39.53	2.82%
4	25.44	0.72%
5	26.27	0.66%
6	36.09	2.44%

V tabulce 23 jsou uvedeny hodnoty FDP pro každý ze zkoumaných příjemců FS v Litvě s použitím rozdělení I/N z 5 milionů iterací (jak je uvedeno na obrázku 15), mezi slábnutí spojů (vypočtené podle doporučení ITU-R P.530 s použitím údajů o spojích z litevské databáze a za předpokladu 99,999% dostupnosti) a rozdělení slábnutí podle P.530 pro scénář "all ages". V tabulkách jsou uvedeny celkové hodnoty FDP.

Jak bylo uvedeno, pro "všechny věkové kategorie" se celková FDP pohybuje od 0,23 % (FS ID 5) do 4,52 % (FS ID 7).

Jak je patrné, všechny zkoumané spoje splňují kritérium 10 % FDP, a proto nelze očekávat žádný dopad na provoz FS.

Tabulka 23: FDP z 5 milionů iterací pro spoje do Litvy

ID FS	Skutečné rozpětí pro útlum (dB)	FDP _{total} (všechny věkové kategorie)
1	34.1	1.10%
2	38.8	1.63%
3	34.8	4.07%
4	32.7	1.93%
5	38.3	0.23%
6	39.7	1.55%
7	29.4	4.52%

V tabulce 24 jsou uvedeny hodnoty FDP pro každý ze zkoumaných příjemců FS v České republice s použitím rozdělení I/N z 5 milionů iterací (jak je znázorněno na obrázku 16), mezi slábnutí spojů (vypočtených pomocí metody

¹⁰ Dostupnost 99,99 % byla zvolena proto, aby se marže slábnutí spojů vešly do francouzských minimálních a maximálních marží slábnutí s tímto pásmem.

Doporučení ITU-R P.530 s použitím dat o spojení z databáze České republiky a za předpokladu 99,999% dostupnosti) a rozdělení blednutí z P.530 pro scénář "všechny věkové kategorie". Vysoké hodnoty Fade margins u některých spojů jsou způsobeny tím, že tyto spoje FS jsou velmi dlouhé (např. 40 až 58 km). V tabulkách jsou uvedeny celkové hodnoty FDP.

Jak je uvedeno, pro "všechny věkové kategorie" se celková FDP pohybuje od 0,24 % (FS ID 2) do 1,39 % (FS ID 5).

Jak je patrné, všechny zkoumané spoje splňují kritérium 10 % FDP, a proto nelze očekávat žádný dopad na provoz FS.

Tabulka 24: Výsledky FDP, vazby na Českou republiku

ID FS	Skutečné rozpětí pro útlum (dB)	FDP _{total} (všechny věkové kategorie)
1	41.84	0.39%
2	40.24	0.24%
3	39.88	0.32%
4	25.89	0.34%
5	44.01	1.39%
6	36.61	0.28%

5.1.8.6 Výsledky simulace: Analýza citlivosti pro scénář s věkovou kategorií obyvatelstva 10-90 let

Analýza citlivosti byla posouzena tak, že se vzala v úvahu pouze část populace ve věku 10-90 let, ale neprokázala významný dopad na výsledky.

5.1.8.7 Závěry

V této analýze byla zohledněna studie zaměřená na konkrétní lokalitu, která zahrnovala několik skutečných spojení vybraných ve Spojeném království, Francii, Litvě a České republice. Spoje byly vybrány v hustě osídlených okolních oblastech. Tato společná simulační studie Monte Carlo s 5 miliony běhů ukázala, že žádné ze spojení nepřekročilo dlouhodobý ochranný práh -10 dB I/N u více než 20 % běhů. Analýza výkonnosti frakční degradace navíc ukázala, že všechny spoje vykazovaly FDP pod 10% prahovým kritériem.

5.2 SDÍLENÍ S PEVNOU DRUŽICOVOU SLUŽBOU (EARTH-TO-SPACE).

V této části jsou uvedeny studie sdílení sítě RLAN s uplinky pevné družicové služby (FSS) v "horním pásmu 6 GHz" (tj. 6425-7125 MHz). Tato analýza rozšiřuje studie sdílení a kompatibility provedené ve zprávě ECC 302 mezi systémy WAS/RLAN a stávajícími zavedenými systémy v pásmu 5925-6425 MHz na pásmo vyšších 6 GHz.

Studie se snaží kvantifikovat a kvalifikovat riziko překročení kritérií ochrany I/N. Je třeba poznamenat, že studie ve zprávě ECC 302 již ukázaly, že síť WAS/RLAN provozované v dolním pásmu 6 GHz podle rozhodnutí ECC (20)01 dodržují kritérium ochrany pro FSS UL s velkou rezervou.

Podrobný popis studie je k dispozici v PŘÍLOZE 8:.

5.2.1 Technické vlastnosti sítě WAS/RLAN v horním frekvenčním pásmu 6 GHz

Bezdrátové přístupové systémy včetně rádiových místních sítí (WAS/RLAN) byly modelovány takto.

- 1 Rozložení vyzářeného výkonu vysílače: Rozložení vyzářeného výkonu vysílače použité v těchto simulacích je znázorněno v tabulce 41;
- 2 Rozložení výšek antén WAS/RLAN: Použité rozložení výšek je znázorněno v tabulce 3;
- 3 Rozdělení šířky pásma: Šířka pásma: Rozdělení šířky pásma zohledňuje kanály 20 MHz, 40 MHz, 80 MHz, 160 MHz a 320 MHz s příslušnými váhami uvedenými v tabulce 4.

Kromě toho byl pro nasazení aktivních sítí WAS/RLAN použit model nasazení WAS/RLAN popsáný v oddíle 3.2.1.

Tabulka 25 a

V tabulce 26 je shrnut model nasazení WAS/RLAN a uveden celkový počet okamžitě vysílajících zařízení v zemích CEPT během rušné hodiny s využitím prognózy OSN [24] pro populaci zemí CEPT v roce 2030, včetně "všech věkových kategorií", respektive "ve věku 10 až 90 let". Každá tabulka obsahuje parametrické vstupy (nízký, střední a vysoký) pro faktor obsazené hodiny a faktor přijetí na trhu. Proto jsou pro každý scénář uvedeny nízké, střední a vysoké hodnoty okamžitě vysílajících zařízení.

Tabulka 27 a tabulka 28 navíc ukazují celkový počet obyvatel (pro "všechny věkové kategorie", respektive "věkové kategorie 10 až 90 let") a výsledný počet okamžitě vysílajících zařízení WAS/RLAN - s použitím faktorů "High" z tabulky 25 - pro zbývající země a kontinenty s ohledem na některý z družic, přičemž je třeba vzít v úvahu následující skutečnosti:

- Počet aktivních zařízení WAS/RLAN v Africe, Asii a Oceánii je dále vydělen koeficientem 4, aby se zohlednilo zpoždění v zavádění sítí WAS/RLAN na frekvenci 6 GHz;
- Pro Asii, Ameriku a Oceánii počet aktivních zařízení WAS/RLAN odráží hodnoty nad Amerikou do 62,5° západní délky a nad Asií/Oceánií do 146° východní délky, aby se vyloučily oblasti mimo zorné pole družic.

Provedou se dvě sady simulací, jedna za předpokladu, že populace je "všech věkových kategorií", a druhá za předpokladu, že populace je "ve věku 10 až 90 let".

V každé iteraci simulace jsou okamžitě vysílající zařízení vyražena úměrně hustotě obyvatelstva na základě databáze 30 arcsecond Gridded Population of the World [26].

Tabulka 25: Souhrn modelu nasazení WAS/RLAN (všechny věkové kategorie)

	Nízká	Mid	Vysoká
Celkový počet obyvatel CEPT 2030 podle prognózy OSN (všechny věkové kategorie) [24]	688 447 000		
Bezdrátová zařízení pracující ve spektru osvobozeném od licence (zbytek pracuje v licencovaném spektru)	90%		
Faktor pracovní doby	50%	62.70%	62.70%
Faktor horní 6 GHz (horní 6GHz / (horní 6GHz + 5GHz + 2,4GHz)) (%)	40.75%		
Faktor přijetí na trhu (zařízení s frekvencí 6 GHz)	25%	32%	50%
Faktor aktivity RF na osobu	1.97%		
Okamžitě vysílající zařízení	621 752	997 986	1 559 353

Tabulka 26: Souhrn modelu nasazení WAS/RLAN (věk 10 až 90 let)

	Nízká	Mid	Vysoká
Celkový počet obyvatel CEPT 2030 podle prognózy OSN (ve věku 10 až 90 let) [24]	609 503 000		
Bezdrátová zařízení pracující ve spektru osvobozeném od licence (zbytek pracuje v licencovaném spektru)	90%		
Faktor pracovní doby	50%	62.70%	62.70%
Faktor horní frekvence 6 GHz (horní frekvence 6 GHz / (horní frekvence 6 GHz + 5 GHz + 2,4 GHz)) (%)	40.75%		
Faktor přijetí na trhu (zařízení s frekvencí 6 GHz)	25%	32%	50%
Faktor aktivity RF na osobu	1.97%		
Okamžitě vysílající zařízení	550 455	883 547	1 380 542

Tabulka 27: Shrnutí modelu nasazení WAS/RLAN pro studii FSS (s použitím populace všech věkových kategorií)

Kontinent	2030 populace	Počet okamžitě vysílajících zařízení WAS/RLAN
		Vysoká
Evropa	736 574 215	1 668 362
Afrika	1 710 666 359	968 678
Asia	4 958 807 420	2 807 663
Amerika a Karibik	1 090 881 324	601 078
Oceánie	49 212 010	14 016

Tabulka 28: Shrnutí modelu nasazení WAS/RLAN pro studii FSS (s použitím populace ve věku 10 až 90 let)

Kontinent	2030 populace	Počet okamžitě vysílajících zařízení WAS/RLAN
		Vysoká
Evropa	662 870 567	1 501 421
Afrika	1 264 013 906	715 757
Asia	4 299 116 829	2 434 148
Amerika a Karibik	950 453 476	523 702
Oceánie	41 989 007	11 959

5.2.2 Technické vlastnosti FSS UL

Byly zkoumány reprezentativní paprsky FSS z tabulky 10, které zahrnují globální, regionální, zónový a dva bodové paprsky.

Parametry satelitního přijímače jsou uváděny na 1 MHz, proto byla analýza aplikována na 1MHz satelitní kanál uprostřed horního pásma 6 GHz, od 6774 MHz do 6775 MHz. Výsledky budou stejné pro jakýkoli jiný 1MHz satelitní kanál v horním pásmu 6 GHz.

Kritérium ochrany FSS, které je založeno na metodice I/N, je stejné jako kritérium použité ve zprávě ECC 302, oddíl 4.2.2, nastavené na I/N=-10,5 dB.

5.2.3 Modely šíření

Jsou použity stejné modely šíření jako ve zprávě ECC 302, oddíl 5.2.2, s tím rozdílem, že pro venkovské sítě WAS/RLAN se z důvodu konzervativnosti nepředpokládá žádné rušení, přestože u sítí WAS/RLAN v nízkém úhlu nadmořské výšky vůči družici by s největší pravděpodobností docházelo k rušení stromy a/nebo budovami.

5.2.4 Metodika

Metodika studie se řídí metodikou ze zprávy ECC 302, studie A v oddíle 7.1.1.

Rušení z nasazení WAS/RLAN do satelitního přijímače FSS je simulováno pomocí simulace Monte Carlo nasazení WAS/RLAN generované z různých pravděpodobnostních rozdělení uvedených v části A8.2.

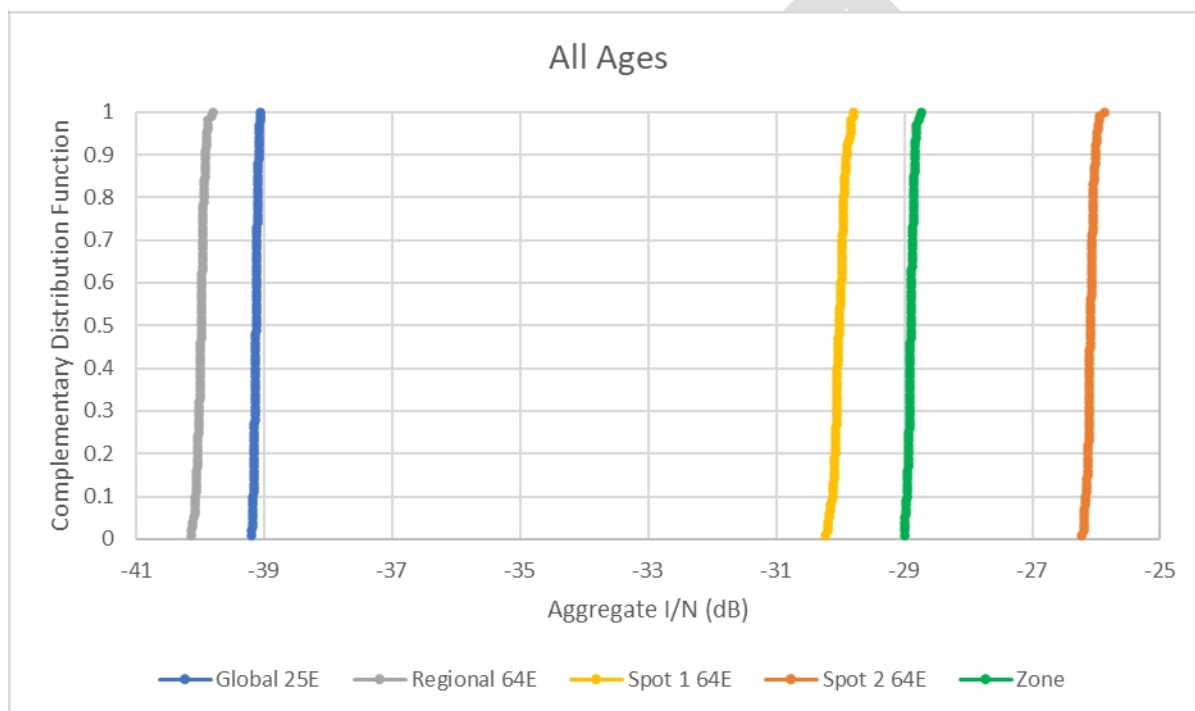
Simulace se provádí podle následujících kroků:

1. Nastavení dat:
 - a. Definujte simulační oblast a vytvořte databázi hustoty obyvatelstva v bodech uvnitř simulační oblasti;
 - b. Transformujte údaje o populaci v simulační oblasti na rozdělení pravděpodobnosti populace aktivních zařízení WAS/RLAN v simulační oblasti;
 - c. Zadejte orbitální slot satelitního přijímače FSS a hodnoty G/T v simulační oblasti;
 - d. Zadejte satelitní kanál FSS, který chcete simulovat.
2. Iterace Monte Carlo
 - a. Generování náhodného rozložení sítí WAS/RLAN pomocí rozdělení pravděpodobnosti populace zařízení;
 - b. Vytvořte hodnoty ztrát v rušení, ztrát při vstupu do budovy a přenosových ztrát mezi každým přijímačem WAS/RLAN a satelitním přijímačem FSS v souladu s modelováním šíření uvedeným v oddíle A8.3.2;

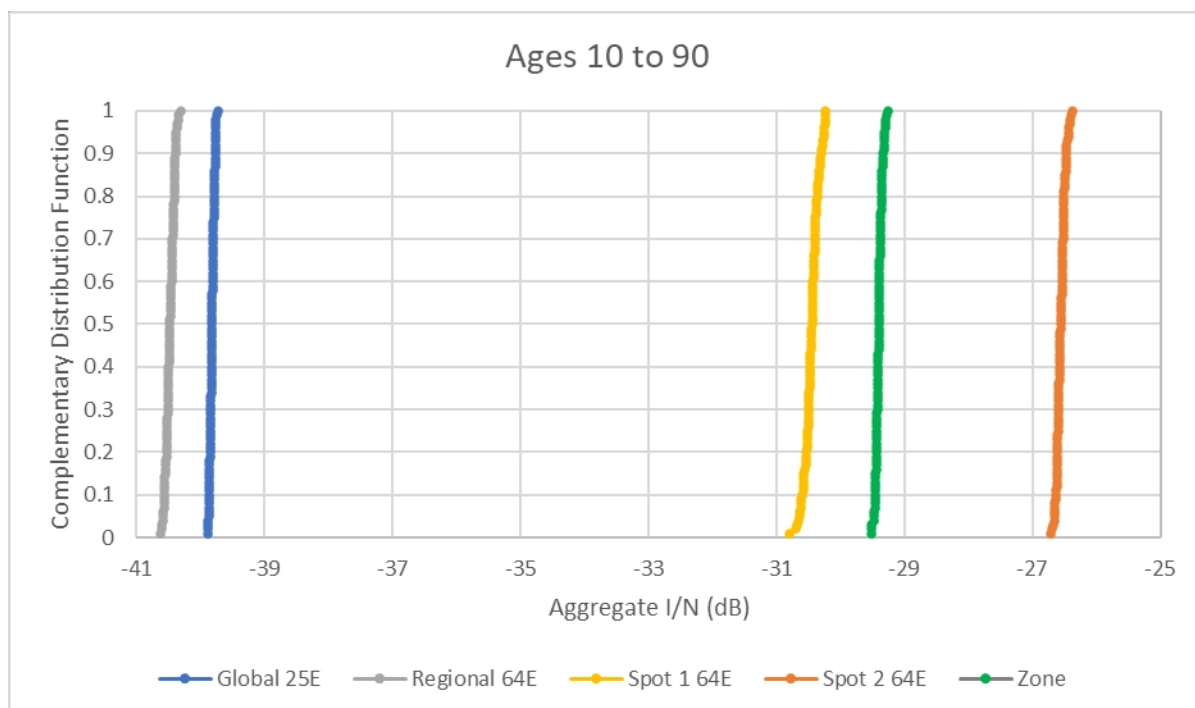
- c. Výpočet souhrnného rušení ze všech souběžných kanálů WAS/RLAN do satelitního přijímače FSS pro simulovaný kanál FSS.
3. Iterace
 - a. Zaznamenávejte hodnoty I/N pro kanál FSS při každé iteraci a výsledky zapisujte do souboru.
4. Vykreslete CDF zaznamenaných hodnot I/N.

5.2.5 Výsledky simulace FSS UL

Na základě 100 iterací simulace Monte Carlo je pro každý ze čtyř paprsků FSS vygenerován CDF souhrnné I/N pro všechny vnitřní a venkovní sítě WAS/RLAN v dosahu družice na 1MHz kanál FSS. Obrázek 17 a obrázek 18 ukazují CDF pro pět svazků pro dva simulované scénáře, populaci "všech věkových kategorií" a "věkovou kategorií 10 až 90 let". Svislý tvar křivek CDF naznačuje, že v průběhu 100 iterací existuje minimální variabilita, což znamená, že není třeba provádět více iterací. Kritérium ochrany je splněno pro všechny nosníky ve všech scénářích.



Obrázek 17: CDF souhrnné I/N pro pět paprsků FSS (všechny věkové kategorie)



Obrázek 18: CDF souhrnné I/N pro pět paprsků FSS (věk 10 až 90 let)

5.2.6 Shrnutí studie sdílení mezi WAS/RLAN a FSS

Simulace byly vyhodnoceny pro všechny možné konfigurace paprsků: globální, regionální, zónový a dva bodové paprsky. Výsledky ukázaly, že ve všech studovaných případech za předpokladů WAS/RLAN pro vysoký scénář A v horním 6GHz pásmu je I/N pro všechny družice více než 15 dB pod prahovou hodnotou -10,5 dB. Lze konstatovat, že nasazení sítě WAS/RLAN neovlivní provoz vzestupných linek FSS v pásmu 6425-7125 MHz. To potvrzuje výsledky, které již byly získány v dolním pásmu 6 GHz a které vedly k rozhodnutí ECC (20)01 v tomto pásmu.

5.3 SDÍLENÍ S PEVNOU DRUŽICOVOU SLUŽBOU PROSTOR-ZEMĚ

Kmitočtové pásmo 6 700-7 075 MHz je globálně přiděleno FSS (vesmír-země) pro napájecí spoje pro negeostacionární družicové systémy družicové pohyblivé služby (MSS). Na využívání tohoto pásma napájecími spoji pro negeostacionární družicové systémy družicové pohyblivé služby se nevztahuje č. **22.2** podle poznámky pod čarou RR č. **5.458B**.

V pásmech 6725-7025 MHz, 7025- 7075 MHz je v současné době k dispozici omezený počet pozemních stanic (vesmír-země), které pracují s družicemi LEO a MEO.

Vzhledem k výše popsanému předpokládanému využívání družic se celkový počet přijímacích pozemských stanic využívajících přidělení přírodního spoje 6700-7075 MHz zvýší, ale v Evropě zůstane omezený.

V této části jsou prezentovány studie Monte-Carlo pro konkrétní lokalitu s použitím skutečných poloh pozemních stanic, matice populačních dat s rozlišením 1 km² a terénních dat SRTM [14] s rozlišením 90 m. Tam, kde jsou k dispozici, jsou uvažovány reálné polohy a výšky budov.

5.3.1 Charakteristiky systémů a prvky metodiky

5.3.1.1 Charakteristika FSS DL

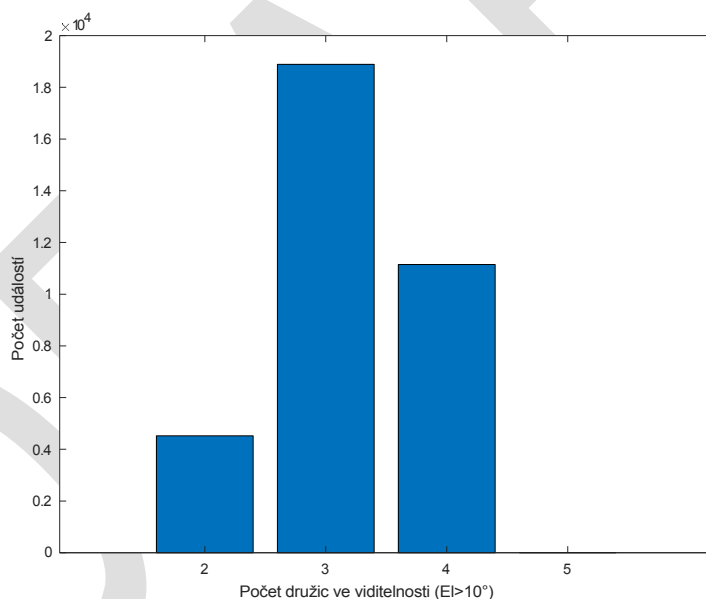
Byly provedeny studie specifické pro danou lokalitu s ohledem na pozemní stanice umístěné v Evropě. Všechny tyto pozemské stanice komunikují s konstelací MSS, která není známá jako HIBLEO-X a je definována následujícími parametry Walkerovy delty 52: 48/8/7,5. Charakteristiky FSS DL použité v této studii jsou uvedeny v tabulce 11 v oddíle 4.3.1.

V analýze sdílení mezi WAS/RLAN a pevnou družicovou službou v této zprávě je použito kritérium ochrany FSS I/N = -10,5 dB, které nesmí být překročeno po více než 20 % času.

V době psaní této zprávy se v ITU-R diskutuje o dalších kritériích ochrany pro FSS.

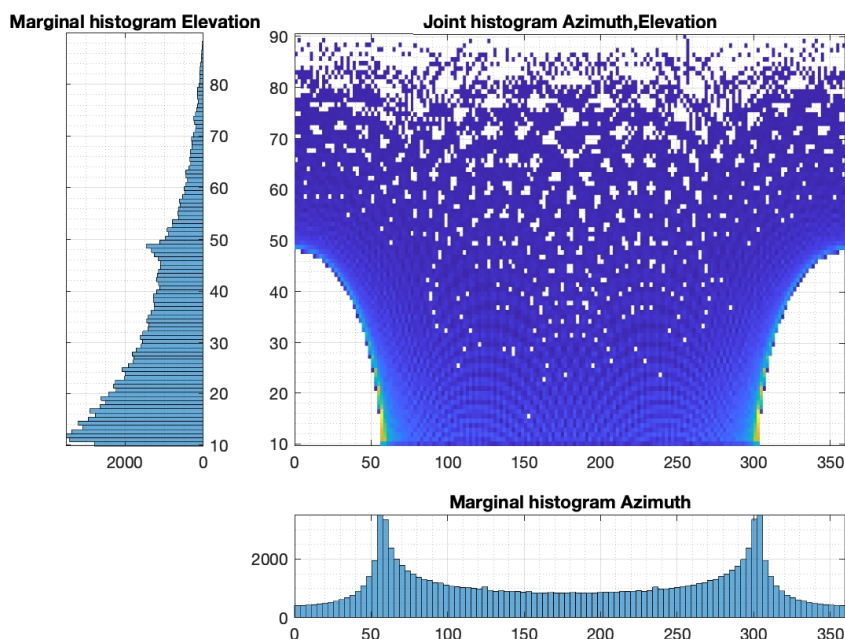
Minimální doba simulace pro konstelaci HIBLEO-X je 4 dny s krokem 10 sekund. Tato doba se považuje za dostatečnou pro modelování skutečného provozu systému. Časový krok 10 sekund odpovídá přibližně 0,6 stupňům, které odpovídají charakteristikám antény Gateway.

Na obrázku 19 je pro příklad znázorněn počet viditelných družic (s elevačním úhlem větším než 10°) během simulačního období. Lze pozorovat, že po většinu času bude pozemní stanice komunikovat se 4 družicemi současně. S ohledem na to, že z důvodů diverzity zahrnuje umístění pozemní stanice po většinu času tři až čtyři antény, jsou v každém časovém kroku zaznamenány všechny elevace představující spojení s různými družicemi, které jsou uvažovány pro simulace.



Obrázek 19: Počet současně viditelných družic s elevací $> 10^\circ$ z pozemní stanice umístěné v Aussaguel ve Francii.

Pokud vezmeme v úvahu viditelné družice s výškou nad 10° , jsou uloženy výšky těchto družic zobrazeny v dvourozměrném histogramu na obrázku 20. Lze pozorovat, že pro azimuty mezi -50° a 50° jsou družice viditelné ve velkých výškách, což bude mít významný dopad na výsledky simulace, protože tyto azimuty představují směr k nejbližší městské oblasti, kterou je Toulouse. Proto bude například oblast Toulouse viditelná pro pozemní stanici pouze v bočních lalocích.



Obrázek 20: Okrajové a společné histogramy výšky a azimutu, všechny družice ve viditelnosti nad 10° výšky, ze stanice Aussaguel, Francie.

5.3.1.2 Charakteristiky WAS/RLAN

Rozdělení e.i.r.p. WAS/RLAN je znázorněno v tabulce 41, PŘÍLOHA 1: této zprávy. Rozložení výšek WAS/RLAN je podle výše uvedené tabulky 3. Rozložení šířky pásma WAS/RLAN je podle tabulky 4.

Metodika použitá v PŘÍLOZE 2: (Faktor překrytí) se používá k odvození podílu sítí RLAN spadajících do kanálu 1,23 MHz, což vede k faktoru překrytí 23,08 %.

Výsledkem je níže uvedená tabulka hustoty WAS/RLAN (tabulka 29) podle scénáře A, přičemž později byl zkoumán pouze vysoký scénář.

Tabulka 29: WAS/RLAN aktivní zařízení spadající do jednoho kanálu FSS DL o šířce 1,23 MHz podle scénáře A

	Nízký	Mid	Vysoká
Bezdrátová zařízení pracující ve spektru osvobozeném od licence (zbytek pracuje v licencovaném spektru)	90%		
Faktor pracovní doby	50%	62.70%	62.70%
Faktor horní 6 GHz (horní 6GHz / (horní 6GHz + 5GHz + 2,4GHz)) (%)	40.75%		
Faktor přijetí na trhu (zařízení s frekvencí 6 GHz)	25%	32%	50%
Faktor aktivity RF na osobu	1.97%		
Faktor překrývání BW (1,23 MHz)	23.08%		
RLAN aktivní na osobu	0.000208	0.0003346	0.000523

5.3.1.3 Simulační oblast, hustota obyvatelstva a klasifikace město/předměstí/venkov

Pro tuto studii byly vybrány čtyři pozemní stanice v Evropě:

- Francie;
- Řecko;
- Španělsko;
- Estonsko.

Každá pozemní stanice má svá specifika, pokud jde o okolní terénní reliéf, ale také hustotu osídlení. Uvažovaná simulační oblast představuje obdélník zeměpisné šířky a délky pokrývající kruh o poloměru 40 km.

Při pohledu na zeměpisnou polohu pozemních stanic jsme použili několik vyloučených zón, ve kterých nebude aktivní žádná vnitřní síť RLAN v souladu se zastavěnou oblastí v okolí stanice. Tato vyloučená zóna se u jednotlivých pozemních stanic liší následovně:

- Řecko: 500 m;
- Španělsko: 320 m;
- Estonsko: 350 m;

Francie: rozmístění podle skutečných poloh budov, viz oddíl 5.3.1.6.

Simulace byly založeny na hustotě populace s rozlišením 30 obloukových vteřin (1 km na rovníku) extrapolované do roku 2030, která byla stažena z webových stránek JRC [15].

Pixely byly rozděleny na městské, příměstské a venkovské na základě hustoty obyvatelstva a podle následujícího rozdělení:

- Urban: 50%;
- Předměstí: 27%;
- Venkov 23%.

5.3.1.4 Scénář šíření

Při simulacích byl použit scénář šíření uvedený v tabulce 30.

Tabulka 30: Model šíření použitý při simulaci

Horizontální vzdálenost	Model šíření	Pouze pro vnitřní prostory	Nepořádek
$0 \text{ m} \leq d < 40 \text{ m}$	Volný prostor	ITU-R P.2109 (70 % tradiční, 30 % moderní, rovnoměrné rozložení pravděpodobnosti od 1 do 99 %)	nepoužije se
$40 \text{ m} \leq d < 1000 \text{ m}$	Model WINNER II	ITU-R P.2109 (70 % tradiční, 30 % moderní, rovnoměrné rozdělení pravděpodobnosti od 1 do 99 %)	Stanovení pravděpodobnosti poměru LOS a NLOS je vlastní modelu WINNER II.
$d \geq 1000 \text{ m}$	Doporučení ITU-R P.2001-4 (časové procento: rovnoměrné rozdělení 0 % až 100 %) Použití dat SRTM s rozlišením 90 m	ITU-R P.2109 (70 % tradiční, 30 % moderní, rovnoměrné rozdělení pravděpodobnosti od 1 % do 99 %)	Pro městské a vedlejší městské oblasti: ITU-R P.2108-1 (Procento umístění: rovnoměrné rozdělení) Pro venkov: Použijte doporučení ITU-R P.452-17 nepořádek

Horizontální vzdálenost	Model šíření	Pouze pro vnitřní prostory	Nepořádek
	Nebo Doporučení ITU-R P.452-17 (časové procento: rovnoměrné rozdělení 0 % až 100 % s maximální hodnotou 50 %) Použití dat SRTM s rozlišením 90 m		model (pole s vysokou úrodou, řídké domy na obou koncích)

5.3.1.5 Algoritmus simulace Monte-Carlo

- KROK 1: stanovení polohy pozemní stanice a parametrů satelitní konstelace;
- KROK 2: simulujte konstelaci a uložte azimut a elevaci viditelných satelitů nad danou elevací (>10°) na dostatečně dlouhou dobu.
- KROK 3: určete simulační oblast kolem pozemní stanice (v tomto případě 40 km).
- KROK 4: spusťte smyčku nad uloženými pozicemi družic a pro každou pozici pomocí azimutu pozemní stanice (elevace, azimut) proveďte následující vnitřní kroky.
 - KROK 4.1: Odhadněte počet aktivních RLAN podle hustoty obyvatelstva v pixelu a počtu aktivních RLAN na osobu (viz tabulka 124). Tento počet aktivních RLAN se generuje podle binomického rozdělení s parametry N =počet obyvatel pixelu (zaokrouhleno na nejbližší celé číslo) a pravděpodobnost úspěchu p =počet aktivních RLAN na osobu. Po dokončení rozptýlte tyto aktivní RLAN uvnitř pixelu a uložte, zda je RLAN městská, příměstská nebo venkovská,
 - KROK 4.2: pomocí různých distribucí přiřadte každé síti RLAN e.i.r.p., výšku a vnitřní/venkovní provoz.
 - KROK 4.3: na základě azimutu pozemní stanice a polohy RLAN (zeměpisná šířka, délka, výška) vypočítejte zisk pozemní stanice vůči každé RLAN.
 - KROK 4.4: vypočítejte souhrnnou I/N na pozemní stanici podle následující rovnice, kde G_r představuje zisk pozemní stanice vůči $RLAN(i)$, L_b přenosové ztráty podle doporučení ITU-R P.452 nebo ITU-R P.2001, L_c ztráty rušením, L_{bel} ztráty vstupem do budovy, pokud se použijí (vnitřní zařízení), pol je polarizační nesoulad 3 dB a BW_factor je korekční faktor šířky pásma.

$$I/N \text{ (dB)} = 10 * \log_{10} \left(\sum_{RLAN=1}^N 10^{EIRP(i)+G_r(i)-L_b(i)-L_c(i)-L_{bel(i)-pol-BW_factor}} \right) - N$$
 - KROK 4.5: uložte hodnoty I/N a opakujte všechny dílčí kroky 4 pro zvolený časový úsek.
- KROK 5: vygenerujte CCDF (Complementary Cumulative Distribution Function) pomocí uložených hodnot I/N .

5.3.1.6 Specifický případ pozemní stanice ve Francii

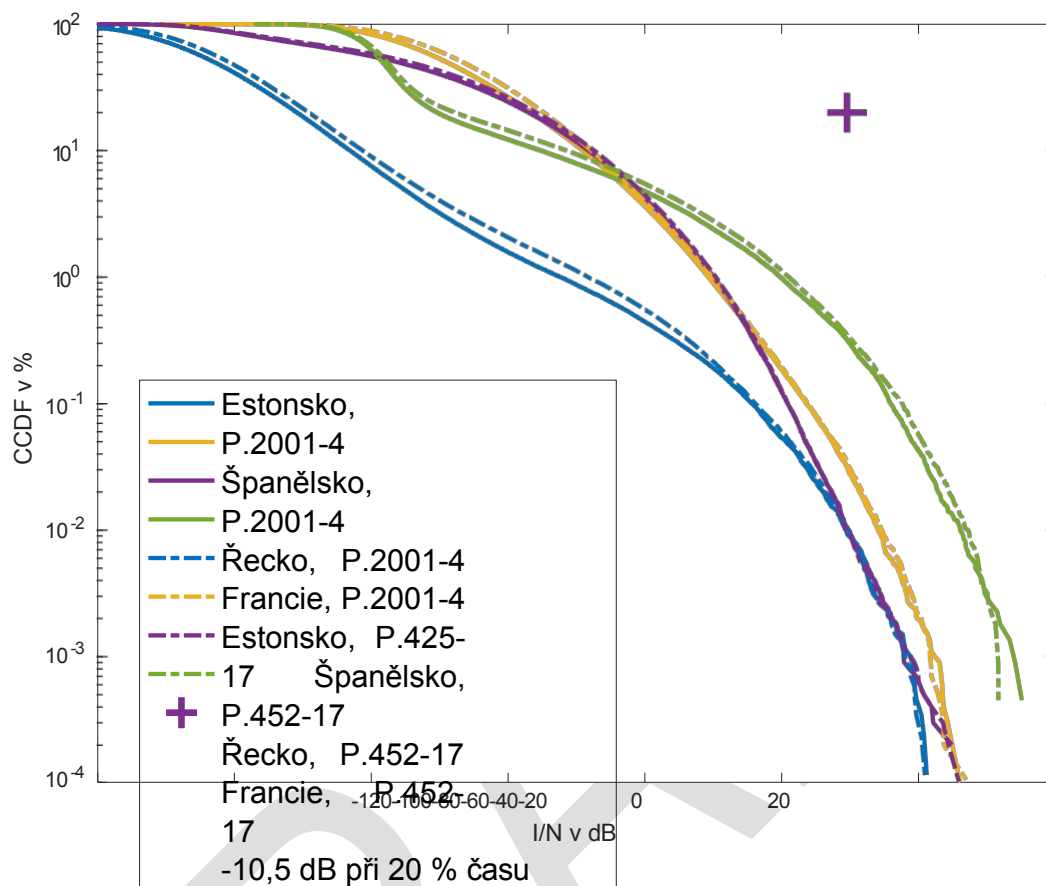
Pro francouzskou pozemní stanici jsou sítě RLAN uvnitř prvních 8 km kolem pozemní stanice vybírány pouze v místech, kde se nachází budova. K tomu byla použita francouzská databáze budov [BD TOPO](#) [31]. To také umožňuje vyřadit RLAN s reálnou výškou, protože databáze obsahuje i výšku budovy.

5.3.2 Výsledky simulace

Jak již bylo uvedeno, byly zkoumány čtyři skutečné pozemní stanice v Evropě, které se nacházejí ve venkovských oblastech s velmi nízkou hustotou obyvatelstva v okolí.

Získané CCDF pozorování I/N za 20 dní simulací pro Řecko, Španělsko a Estonsko a 8 dní pro Francii jsou uvedeny na obrázku 21. Lze pozorovat, že u všech stanic není nikdy překročeno ochranné kritérium. Výsledky rovněž ukazují, že není rozdíl mezi použitím doporučení ITU-R

P.2001-4 s procentem času rovnoměrně v rozmezí 0 až 100 % nebo s použitím doporučení ITU-R P.452-17 s procentem času rovnoměrně v rozmezí 0 až 100 %, ale s omezením na 50 %.



Obrázek 21: Získaný CCDF pozorovaných agregovaných I/N za dobu simulace

5.3.3 Závěr

Pro všechny čtyři pozemní stanice v Evropě byly provedeny studie Monte-Carlo pro sdílení specifických lokalit mezi WAS/RLAN a FSS DL podle scénáře A (High). Kromě toho, že se uvažovaly skutečné polohy a charakteristiky pozemních stanic (např. výška, zisk), studie také zohledňovala skutečnou hustotu obyvatelstva v okolí přijímače FSS s rozlišením až 1 km^2 . Studie pro pozemní stanice ve Španělsku, Řecku a Estonu byly provedeny tak, že do vzdálenosti 325 m, 500 m a 350 m od pozemních stanic nebyly vysazeny žádné WAS/RLAN, aby se zohlednilo, že v těchto zónách se nenachází žádné budovy, zatímco ve Francii byly vysazeny WAS/RLAN v rámci reálných poloh budov pro prvních 8 km vzdálenosti. Pro výpočty ztrát šíření byl profil terénu v okolí pozemní stanice simulován podle databáze SRTM [14]. Studie ukázaly, že všechny stanice dodržely ochranné kritérium $I/N = -10,5 \text{ dB}$, které nesmí být překročeno ve více než 20 % času.

6 SDÍLENÍ A KOMPATIBILITA MEZI SLUŽBOU WAS/RLAN A DALŠÍMI SLUŽBAMI/APLIKACEMI V PÁSMU.

6.1 SDÍLENÍ S RADIOASTRONOMIÍ

Z 18 radioastronomických stanic provozovaných v CEPT byly v PŘÍLOZE 10 zkoumány 4 následující stanice:, které jsou dobrým zástupcem řady podmínek prostředí:

- Stometrový dalekohled Effelsberg se nachází v údolí v německém pohoří Eifel, v řídce osídlené oblasti. Ve vzdálenosti asi 30 a 40 kilometrů se však nacházejí velká města Bonn a Kolín nad Rýnem.
- Observatoř Jodrell Bank (JBO) se nachází v poměrně hustě osídlené oblasti nedaleko Manchesteru (Spojené království) na poměrně rovinatém terénu.
- Sardinský radioteleskop (SRT) se nachází na vyvýšeném místě na jihu Sardynie, nedaleko hlavního města Cagliari v hornaté oblasti. Ve srovnání s ostatními zkoumanými lokalitami má nejnižší počet obyvatel v simulované oblasti.
- Westerbork Synthesis Radio Telescope (WSRT) se nachází na velmi rovinatém území v Nizozemsku, obklopen mnoha vesnicemi v relativně otevřeném terénu a několika většími městskými centry a městy v určité vzdálenosti.

Byla zkoumána koordinační/vylučovací zóna potřebná k ochraně radioastronomického pracoviště, přičemž výsledky jsou uvedeny v tabulce 31.

Tabulka 31: Požadované poloměry vyloučené zóny v kilometrech pro všechny stanice RAS a scénáře nasazení

Stanice RAS	Scénář A			Scénář B		
	Nízká	Mid	Vysoká	Nízká	Mid	Vysoká
Effelsberg 100 m	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Observatoř Jodrell Bank	84.5	84.5	108.5	97.5	110.5	118.5
Sardinský radioteleskop	<1	<1	<1	<1	<1	2.8
Westerbork	26.5	24.5	30.5	25.5	33.5	36.5

Výsledky ukazují, že:

- Pro určení potřebné koordinační zóny kolem místa RAS jsou nutné studie pro konkrétní lokalitu.
- Odvozené koordinační vzdálenosti naznačují, že koordinace RLAN-RAS pravděpodobně nebude přeshraniční záležitostí a spíše zůstane záležitostí místní/národní.

U lokalit RAS, které vyžadují ochranu, by se mohla uplatnit technická zmírňující opatření, jako jsou:

- Schopnost určit zemi
- Geografické vyloučené nebo koordinační zóny
- Omezení napájení RLAN
- Omezení provozu RLAN v pásmu 6650,0-6675,2 MHz.

7 ZÁVĚRY

Tato zpráva obsahuje studie sdílení a kompatibility mezi sítěmi WAS/RLAN (Low-Power Indoor (LPI) a Very Low Power (VLP)) a stávajícími zavedenými systémy v pásmu 6425-7125 MHz.

Studie byly provedeny na základě modelu nasazení WAS/RLAN podobného modelu použitému ve zprávách ECC 302 a 316, avšak s aktualizovanými parametry (scénář A), s přidáním druhého scénáře (scénář B), jehož cílem je rovněž zkoumat hustší využití WAS/RLAN. Každý scénář má tři předpoklady nasazení: nízký, střední a vysoký. Tento model, který definuje hustotu aktivních sítí RLAN jako úměrnou hustotě obyvatelstva, umožňuje zvážit studie rušení s vícenásobným vstupem jak v rámci obecného přístupu, tak v rámci přístupu specifického pro danou lokalitu.

7.1 SDÍLENÍ MEZI SLUŽBOU WAS/RLAN A PEVNOU SLUŽBOU (FS)

7.1.1 Výsledky studií minimálních vazebních ztrát (MCL)

Výpočty MCL byly provedeny pro městské a příměstské oblasti.¹¹ bez profilu terénu. Vysílač RLAN (Tx) je směřován na přijímač FS (Rx). Výšky RLAN jsou 1,5 m a 7,5 m. Pro případy venkovní/vnitřní sítě s konstantní šířkou pásma FS (Rx = 40 MHz) a proměnlivou šířkou pásma RLAN (Tx = 40 MHz až 320 MHz) se studují různé faktory překrývání šířky pásma. Zkoumá se vliv různých výšek FS (30 m, 40 m, 75 m).

Byly použity mediánové hodnoty pro ztráty při vstupu do budovy (doporučení ITU-R P.2109) pro tradiční budovy/domy a pro ztráty v důsledku rušení (doporučení ITU-R P.2108).

Studie identifikovala místa, kde by jedna WAS/RLAN mohla případně překročit kritérium ochrany v oblasti ve tvaru klíčové dírky (tvořené kruhem s relativně malým poloměrem a vrcholovou oblastí, která má relativně velký rozsah směrem dolů po vrstevnici). Výsledky ukazují, že poloměr špičky (maximální vzdálenosti) se ve venkovních případech pohybuje mezi 0,9 km a 11,3 km a pro vnitřní scénář je to maximálně 3,3 km. Poloměr kruhu (minimální vzdálenosti) se nijak výrazně nemění a pohybuje se mezi 0 km a 0,3 km pro případy použití uvnitř budov a 0,3 km až 0,7 km pro případy použití venku. Výšková úroveň přijímače FS má vliv na separační vzdálenosti (maximální poloměr).

Výsledky v případech venkovního/venkovního použití ukazují, že vzdálenosti se zmenšují s rostoucí šířkou pásma sítě RLAN v důsledku klesající spektrální hustoty výkonu sítě RLAN.

Výpočty MCL odhalily kritické scénáře, ale neumožnily učinit konečné závěry o statistické pravděpodobnosti výskytu těchto scénářů. Proto byly provedeny statistické studie založené na metodě Monte Carlo.

7.1.2 Výsledky studií Monte Carlo

V této zprávě byly ve studiích Monte Carlo použity dva různé přístupy:

- Společné Monte Carlo umístění/čas: Parametry závislé na umístění a čase použité ve výpočtech jsou náhodně vzorkovány při každé události Monte Carlo (společně se mění), nezávisle na sobě. Výstup tohoto přístupu je vyjádřen jako procento událostí (smíšených z hlediska polohy a času), které překračují ochranný práh (např. I/N -10 dB);
- Monte Carlo s oddělenou polohou a časem: Parametry závislé na poloze jsou náhodně vzorkovány v oddělené smyčce (smyčka morfologie) od parametrů závislých na čase (časová smyčka). Výstup tohoto přístupu je vyjádřen procentem morfologií překračujících časově závislé ochranné kritérium (např. I/N -10 dB překročené v méně než 20 % případů).

Metodiky jednotlivých přístupů jsou podrobně popsány v každé studii.

¹¹ Venkovské scénáře zde nebyly zkoumány, ale byly zkoumány ve zprávě ECC 302.

V době psaní této zprávy se v ECC stále pracuje na vytvoření obecné metodiky pro odvození kritérií ochrany pro jakýkoli zdroj časově proměnného rušení do přijímače FS. V rámci této činnosti se zkoumá, jak se současné přijímače FS chovají v přítomnosti rušení typu puls/výboje, a to s ACM (adaptivní kódování a modulace) a bez něj. Proto je třeba poznamenat, že závěry probíhající práce mohou mít dopad na výsledky sdílení RLAN/FS a že může být nutné další zkoumání vlivu majáků RLAN.

7.1.2.1 Studie Monte Carlo pro danou lokalitu

Některé kombinace parametrů uvažované v obecných studiích lokality nemusí ve skutečnosti v terénu existovat. Zejména jedno ověření provedené pro město s 6000 obyvateli na kilometr čtvereční ukázalo, že některé kombinace parametrů neodrážejí žádné zavedené pevné spoje. Pokud tedy nejsou založeny na vnitrostátních údajích, neměly by být všechny kombinace v rozsahu použitém v obecných studiích lokality považovány za reprezentativní a kombinace, které se v praxi skutečně vyskytují, by měly být posuzovány případ od případu.

Byl zjištěn vztah mezi hustotou osídlení a rozmístěním některých FS (viz oddíl 4.1.2). Pouze velmi malé procento přidružených přijímačů FS je umístěno v oblastech s hustotou zalidnění vyšší než 3000 obyvatel/km² a městské oblasti s největší hustotou zalidnění mají antény umístěné výše nad zemí než ty, které se nacházejí v oblastech s nižší hustotou zalidnění.

Obecná studie lokality A

Studie A je studie Monte Carlo pro celou lokalitu, jejímž cílem je posoudit, zda je splněno kritérium dlouhodobé ochrany a FDP, pokud jsou WAS/RLAN s nízkým výkonem (LPI) v interiéru (příčemž náhodný LPI je v exteriéru) a WAS/RLAN s velmi nízkým výkonem (VLP) v exteriéru a oba jsou v provozu současně.

Studie se zabývaly Frankfurtem, což je velké hustě obydlené německé město s okolními předměstskými a venkovskými oblastmi. Velikost simulačního poloměru byla omezena radiovým horizontem (tj. 59 km). Byly zvažovány tři různé modely hustoty nasazení WAS/RLAN scénáře A. Výsledky studie jsou vypočteny s přihlédnutím ke všem možným statistickým kombinacím z hlediska polohy, hustoty osídlení, výšky FS, zisku antény FS ze souboru reálných dat od německé správy.

Výsledky z velkého počtu společných událostí Monte Carlo v závislosti na poloze a čase ukazují, že práh dlouhodobé ochrany ($I/N = -10$ dB pro méně než 20 % běhů) je dodržen ve všech případech, a to i při náhodném venkovním LPI. Hodnoty FDP získané pro obecný spoj FS v místě s ATPC a bez něj jsou všechny nižší než 10 %. Jinými slovy, výsledky ukazují, že pravděpodobnost poškození spoje FS je velmi vzácná.

Kromě toho byly provedeny další simulace pomocí metody Monte Carlo s oddělenou polohou a časem na dvou případech, které vykazovaly nejhorší agregované rozdělení I/N ve společné studii polohy a času.

V obou těchto případech je dodrženo kritérium dlouhodobé ochrany -10 dB při 20 % času. Rovněž pro případ s velkou výškou antény FS nebylo touto metodikou zjištěno žádné překročení kritéria ochrany FDP ($FDP < 10$ %). V případě vysoké antény přijímače FS je maximální hodnota FDP 2 %. Pro případ s nízkou výškou antény FS je procento pevných morfologií RLAN, u nichž FDP nepřekračuje kritérium FDP 10 %, 99,2 %, 99,5 % a 99,6 % v závislosti na rezervě slábnutí spoje FS (23 dB, 29,7 dB a 40,3 dB). Výsledky ze studovaných morfologií pevných sítí RLAN ukazují, že procento morfologií, u nichž FDP překračuje 10 % pro spoj FS, je menší než 0,8 % (pro minimální FM s 5 % podílem) nebo 0,4 % (pro minimální FM s 95 % podílem).

Hodnota FDP získaná ze společného umístění/času Monte Carlo a mediánová hodnota z odděleného umístění/času Monte Carlo jsou ve všech případech podobné.

Obecná studie lokality B

Tato studie využívá podobné prostředí jako studie A (s odděleným místem/časem), ale alternativní metodu pro posouzení potenciálního rušení pevné služby.

Simulace jsou jednovstupové, ale výstupy jsou zpracovány tak, aby se získaly výsledky pro celá nasazení popsaná ve scénářích A a B. Metodu lze shrnout takto: vzhledem k pravděpodobnosti překročení 10 % FDP při jednovstupovém nasazení (ze simulace, kontrola proti kritériu ochrany FDP) a za předpokladu, že rušivé události z různých RLAN jsou statisticky nezávislé, se vypočítá pravděpodobnost překročení kritéria FDP při nasazení více RLAN. Základním předpokladem je, že v praxi v případech vysokého souhrnného rušivého výkonu, který přijímač FS v daném okamžiku zaznamená, převládá jediná síť RLAN.

Celková pravděpodobnost, že některá síť RLAN překročí kritérium ochrany FS, pokud se uvažuje plné nasazení sítě RLAN, se odvozuje od pravděpodobnosti jedné sítě RLAN s ohledem na celkový počet aktivních sítí RLAN na základě hustoty populace.

Při použití doporučení ITU-R F.699 a náhodných polarizačních ztrát se pro výšku antény FS 30 m míra překročení 10% FDP pohybuje od 1,16 % do 16,54 % (FM = 23 dB) v závislosti na scénáři hustoty sítě RLAN a zisku antény FS. Pro antény FS o výšce 45 m se míra překročení pohybuje od 0,40 % do 9,23 % (FM = 29,7 dB). U antén FS výšky 79 m se míra překročení pohybuje od 0,11 % do 3,82 % (FM = 40,3 dB).

Při použití doporučení ITU-R F.1245 a pevných polarizačních ztrát se pro výšku antény FS 30 m míra překročení 10% FDP pohybuje od 0,27 % do 3,88 % (FM = 23 dB) v závislosti na scénáři hustoty sítě RLAN a zisku antény FS. Pro antény FS o výšce 45 m se míra překročení pohybuje od 0,06 % do 1,20 % (FM = 29,7 dB). U antén FS výšky 79 m se míra překročení pohybuje od 0,01 % do 0,23 % (FM = 40,3 dB).

Obecná studie lokality C

Tato studie využívá metodu Monte Carlo s odděleným místem a časem k posouzení kritéria dlouhodobé ochrany a FDP na přijímači FS v důsledku rozmístění zařízení WAS/RLAN v kruhové oblasti o poloměru 5 km. Počet rušivých zařízení WAS/RLAN v okolí přijímače FS byl odvozen pomocí hodnot vysokých parametrů ze scénáře B. Byly použity čtyři různé hustoty osídlení 3000, 6000, 12000 a 18000 obyvatel na km². Uvažovaly se tři různé výšky antén FS, 30 m, 40 m a 79 m, ve spojení se ziskem antén FS 36 dBi a 46 dBi a třemi délkami spoje FS 20 km, 32 km a 50 km.

Kompatibilita byla hodnocena na základě posouzení míry překročení dvou ochranných kritérií i) dlouhodobého kritéria I/N=-10 dB, které nesmí být překročeno o více než 20 % času, a ii) kritéria FDP, které nesmí být překročeno o více než 10 %.

Výsledky ukazují, že vyšší hustota obyvatelstva vede k vyšší míře překročení obou ochranných kritérií. Míra překročení dlouhodobého ochranného kritéria se pohybuje od 0 % do 30,63 % a míra překročení FDP od 0 % do 34,80 % (pro rozsah hodnot FM mezi 30 dB a 51 dB). V rámci uvažovaných kombinací různých parametrů lze dále rozpoznat, že u přijímačů FS s nižšími zisky antény (a tedy vyššími postranními čarami) a/nebo nižšími výškami antény se míra překročení pravděpodobněji zvýší. Míry překročení pro zkoumané spoje FS využívající ATPC jsou podobné jako u spojů bez ATPC.

Obecná studie lokality D

Studie D je studie s obecným zaměřením zahrnující přijímač spojení FS umístěný uprostřed simulační zóny, kde je hustota obyvatelstva přibližně 5400 obyvatel/km². Tato hodnota patří mezi nejvyšší v zemích CEPT.

Bylo zkoumáno několik předpokladů a téměř ve všech společných simulacích Monte Carlo s ohledem na polohu a čas jsou dodržena jak dlouhodobá kritéria, tak kritéria FDP. Pouze za předpokladu nejvyššího nasazení scénáře B (vysoké přijetí sítě WAS/RLAN na trhu v pásmu horních 6 GHz) ve spojení s nízkou rezervou FS fade a nízkým špičkovým ziskem antény FS by mohlo být kritérium FDP překročeno o několik procent, zatímco ve velmi převážné většině zkoumaných případů je FDP hluboko pod hranicí 10 %, což vede k proveditelnému provozu sítě WAS/RLAN za přítomnosti spoje FS.

Analýza Monte Carlo s odděleným umístěním a časem ukázala, že topologie s kombinací mnoha faktorů, kdy se WAS/RLAN nachází v těsné blízkosti přijímače FS (hlavní svazek) a s (relativně) velkou výškou ve srovnání s výškou přijímače FS a s vysokým vysílacím výkonem viditelným přijímačem FS a s nízkým

ztráta při vstupu do budovy může způsobit překročení kritéria FDP, pokud je rezerva FS fade margin nízká. Tato obecná studie hustě obydleného centra města ukázala, že pravděpodobnost překročení je velmi závislá na splnění všech těchto podmínek a je nízká i pro spojení s omezenou rezervou pro odeznění (3 % pro scénář A a 5,5 % pro scénář B pro rezervu pro odeznění 13 dB) a je velmi specifická pro danou lokalitu.

7.1.2.2 Studie specifická pro danou lokalitu

V této analýze byla zohledněna místní studie skutečných spojů vybraných ve Spojeném království, Francii, Litvě a České republice. Vybrané přijímače FS se nacházely v hustě osídlených oblastech. Tato studie uvažovala simulační oblast rozšířenou na simulační poloměr 150 km. Kromě skutečných poloh a charakteristik FS (délka, výška a zisk antén ...) studie použila také přesné mapy skutečné hustoty obyvatelstva v okolí přijímače FS. Při výpočtech ztrát šíření byl zohledněn profil terénu v okolí přijímače FS. U spojů ve Spojeném království byly pro modelování vnitřních sítí WAS/RLAN v prvních dvou kilometrech vzdálenosti zohledněny také skutečné polohy a výšky budov.

Tato společná simulační studie Monte Carlo s ohledem na polohu a čas ukázala, že žádné ze spojení nepřekročilo dlouhodobý ochranný práh -10 dB I/N u více než 20 % běhů. Analýza frakční degradace výkonu navíc ukázala, že všechna spojení vykazovala FDP pod 10% prahovým kritériem.

7.2 SDÍLENÍ MEZI SLUŽBOU WAS/RLAN A PEVNOU SATELITNÍ SLUŽBOU (ZEMĚ-KOSMOS).

Simulace byly vyhodnoceny pro všechny možné typy satelitních svazků: globální, regionální, zónový a dva bodové svazky. Ve studii byly použity také přesné mapy skutečné hustoty obyvatelstva. Výsledky ukázaly, že ve všech studovaných případech za předpokladů WAS/RLAN pro scénář A (vysoký) je I/N pro všechny satelitní přijímače více než 15 dB pod prahovou hodnotou -10,5 dB. To je v souladu s výsledky, které již byly získány v dolním pásmu 6 GHz a které vedly k rozhodnutí ECC (20)01 v tomto pásmu.

7.3 SDÍLENÍ MEZI SLUŽBOU WAS/RLAN A PEVNOU DRUŽICOVOU SLUŽBOU (VESMÍR-ZEMĚ).

Pro všechny čtyři pozemní stanice v Evropě byly provedeny studie Monte-Carlo týkající se sdílení mezi WAS/RLAN a FSS downlinkem podle scénáře A (High). Kromě skutečných poloh a charakteristik pozemních stanic (např. výška, zisk) byly ve studiích použity také přesné mapy skutečné hustoty obyvatelstva v okolí přijímače pozemní stanice FSS. Studie pro pozemní stanice ve Španělsku, Řecku a Estonsku byly provedeny tak, že do vzdálenosti 325 m, 500 m a 350 m od pozemních stanic nebyly vysazeny žádné WAS/RLAN, aby se zohlednilo, že v těchto zónách se nenachází žádné budovy, zatímco ve Francii byly vysazeny WAS/RLAN v rámci skutečných poloh budov na prvních 8 km. Při výpočtech ztrát šíření byl zohledněn profil terénu v okolí pozemní stanice. Studie ukázaly, že všechny stanice dodržely ochranné kritérium I/N = -10,5 dB, které nesmí být překročeno ve více než 20 % případů.

7.4 KOMPATIBILITA S OSTATNÍMI APLIKACEMI V PÁSMU

7.4.1 Kompatibilita mezi WAS/RLAN a radioastronomickou službou

V okolí čtyř radioastronomických lokalit v CEPT byly provedeny simulace Monte-Carlo pro jednotlivé lokality podle scénářů A a B.

Výsledky naznačují, že některá místa RAS mohou vyžadovat ochranu a v těchto případech by mohla být použita vhodná technická zmírňující opatření, aby se zabránilo rušení ze sítí WAS/RLAN do RAS. Ostatní lokality taková opatření nevyžadují. Studie rovněž naznačuje, že sdílení WAS/RLAN-RAS se pravděpodobně nestane přeshraničním problémem.

ANNEX 1: NORMALIZOVANÉ ROZDĚLENÍ ZISKU ANTÉNY WAS/RLAN

A1.1 ÚVOD

Rozložení e.i.r.p. WAS/RLAN použité v této zprávě vychází z naměřených vzorů antén WAS/RLAN. Byly uvažovány dvě kategorie zařízení:

- 1 Vnitřní přístupové body (AP) s nízkou spotřebou energie (LPI)
- 2 Klientská zařízení zahrnující zařízení LPI s tělesnou ztrátou (BL) i bez ní a zařízení s velmi nízkou spotřebou (VLP) s BL.

Pro kategorii přístupových bodů byla naměřená data získána z datových listů několika výrobců s naměřenými anténními vzory, zatímco pro kategorii klientských zařízení byla data získána laboratorním měřením na různých klientech v různých scénářích.

A1.2 MODEL ROZDĚLENÍ AP/KLIENT/VLP

A1.2.1 Odvození modelu zahrnujícího provoz VLP z výchozího stavu ECC Report 302

Zpráva ECC 302 a ETSI TR 103 524 V1.1 vycházely z následujícího rozložení zařízení (tabulka 32):

Tabulka 32: Rozdělení jednotlivých kategorií zařízení

Typ zařízení	%
Klienti LPI	26.32%
Spotřebitel AP	66.31%
Podnik AP	2.63%
Herní agentura AP	4.74%
Celkem	100.00%

Zařízení VLP však nebyla při vypracovávání zprávy ECC 302 brána v úvahu. Aby se zohlednil jejich příspěvek, byl proto celkový provoz rozdělen na 90 % zařízení LPI (všechny kategorie) a 10 % zařízení VLP podle zprávy ECC 316, což vedlo k tabulce 33, která je uvedena v této zprávě.

Tabulka 33: Rozložení jednotlivých kategorií zařízení včetně VLP

Typ zařízení	%
Klienti LPI	23.68%
LPI Consumer AP	59.68%
LPI Enterprise AP	2.37%
LPI Gaming AP	4.27%
VLP	10.00%
Celkem	100.00%

A1.2.2 Aplikace ztráty těla

Ztráta na těle (BL) se vztahuje pouze na dvě kategorie zařízení: VLP a přenosné klienty LPI (napájené z baterie). V případě VLP se BL vztahuje na všechna zařízení. Pouze malá část klientů LPI bude pevná (tj. nepřenositelná) a nebude se používat v těsné blízkosti lidského těla, jako například chytré televizory. Při odvozování celkového rozdělení e.i.r.p. se tedy na malé procento klientů LPI nebude vztahovat BL. Vzhledem k prognóze trhu s chytrými televizory a stolními počítači se má za to, že 10 % klientů LPI nepodléhá BL.

Tabulka 34: Procento klientů LPI, u nichž došlo ke ztrátě těla

Typ zařízení	% z celkového provozu	S BL	Bez BL
Klienti LPI	23.68%	90%	10%
Výsledné %	NA	21.31%	2.37%

A1.3 ROZDĚLENÍ VNITŘNÍCH A VENKOVNÍCH ZAŘÍZENÍ

Předpokládá se, že všechny přístupové body jsou vnitřní podle definice v rozhodnutí ECC (20)01, protože jsou napájeny z kabelového připojení, mají integrované antény a nejsou napájeny z baterií.

Klienti LPI jsou určeni k trvalému použití v interiéru. Aby se zohlednilo určité náhodné venkovní zneužití klientů LPI napájených z baterií, bude určité procento provozu klientů LPI probíhat venku. ETSI TR 103 524 uvažuje, že v rámci venkovní autorizované regulace se procento venkovních zařízení odhaduje na 2 % (včetně AP i klientů). Vzhledem k tomu, že v tomto pásmu se nepředpokládá venkovní použití a že všichni venkovní klienti jsou způsobeni náhodným a chvilkovým provozem, bude při odvození rozdělení e.i.r.p. uvažováno procento 1 % provozu přenosných klientů LPI (což vede k $1 \% \times 90 \% \times 23,69 \% = 0,213 \%$ celkového provozu).

Pokud jde o náhodné venkovní použití klientů LPI, vzhledem k tomu, že jsou napájeny bateriemi a jsou přenosné, předpokládá se, že jejich venkovní použití probíhá v těsné blízkosti lidského těla. Proto jsou všechny (100 %) vystaveny ztrátě na těle. Tabulka 35 vysvětluje, jak je situace rozdělena.

Tabulka 35: Rozdělení klientských zařízení, vnitřní/venkovní a s BL nebo bez BL

	Celkový počet klientů LPI 23,68%			
	90% s BL		10% bez BL	
	1 % venkovní	99 % v interiéru	100 % v interiéru	Celkem
Výsledný provoz celkem	0.213%	21.099%	2.368%	23.680%
Výsledné % klientů LPI	0.900%	89.100%	10.000%	100.000%

Ačkoli zařízení VLP mohou pracovat v interiéru i exteriéru, očekává se, že většina jejich využití bude probíhat v interiéru. Proto se podle zprávy ECC 316 předpokládá, že procento využití uvnitř budov bude činit 90 %, zatímco zbývajících 10 % se bude odehrávat venku.

Celkové rozdělení pro vnitřní/venkovní prostředí je znázorněno v tabulce 36.

Tabulka 36: Rozdělení provozu podle kategorie zařízení

Typ zařízení			Doprava %	Vnitřní	Venkovní	Celkem v interiéru	Venkovní prostory celkem
Klienti LPI	S BL	90%	2.31%	99%	1%	21.1%	0.21%
	Bez BL	10%	2.37%	100%	0%	2.37%	0.00%
VLP	S BL		10%	90%	10%	9.00%	1.00%
Spotřebitel AP			59.68%	100%	0%	59.68%	0.00%
Podnik AP			2.37%	100%	0%	2.37%	0.00%
Herní agentura AP			4.27%	100%	0%	4.27%	0.00%
Celkem			100.00%			98.79%	1.21%

A1.4 ROZLOŽENÍ ZISKU ANTÉNY PŘÍSTUPOVÉHO BODU

A1.4.1 Zdroj údajů

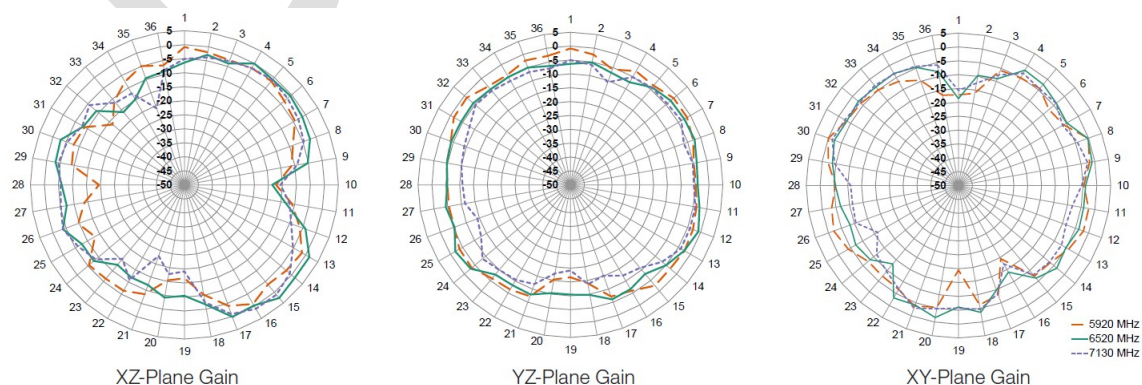
Naměřené anténní vzory byly získány z následujících přístupových bodů:

- 1 Spotřebitelská agentura AP: ANT-W63WS1 Series Blade-Style Dipole Wi-Fi 6 Anténa;
- 2 Spotřebitelská agentura AP: FPC antény: Linx Technologies ANT-W63-FPC-LH Series Flexible Embedded Wi-Fi 6/6E FPC Antennas;
- 3 Spotřebitelská agentura AP: Linx Technologies ANT-W63-MSA-TH1 Kovová anténa pro Wi-Fi 6/6E;
- 4 Spotřebitelská agentura AP: Linx Technologies ANT-W63-MON-ccc Wi-Fi 6 Monopole Whip Antenna;
- 5 Spotřebitelská agentura AP: Antenna Linx Technologies ANT-W63WS4-ccc Hinged Blade Wi-Fi 6/6E;
- 6 Podnik AP: CISCO C9136I integrovaný;
- 7 Herní agentura AP: Vysoce kvalitní anonymní výrobce.

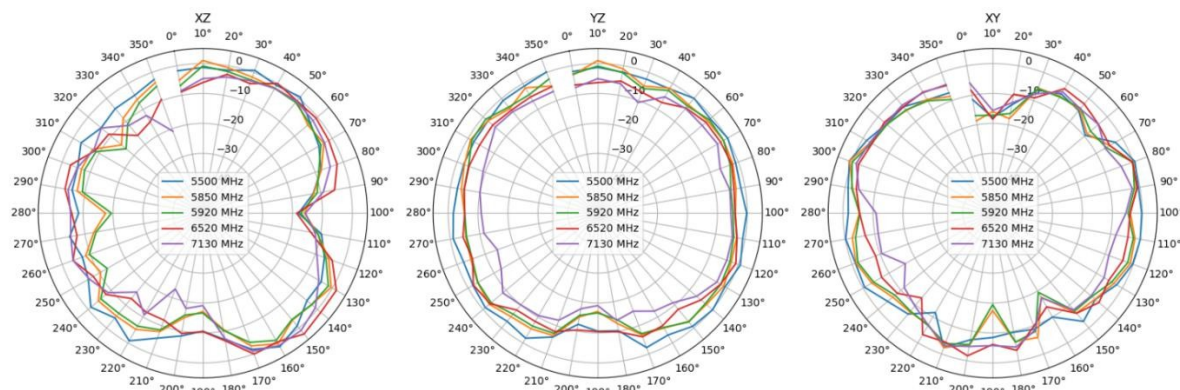
U všech spotřebitelských přístupových bodů byly zdrojem úplné datové listy antén, které byly v době zpracování této zprávy všechny veřejně dostupné.

A1.4.2 Extrakce vektorizovaných grafů z datových listů antén

V dříve uvedených datových listech antén jsou v souboru PDF uvedena měření diagramu antény ve vektorovém formátu. Proto byly vektorizované grafy extrahovány z datových listů PDF a zpracovány tak, aby byly získány přesné naměřené hodnoty. Jeden příklad je uveden níže:



Obrázek 22: Anténní schémata z datového listu pro ANT-W63-MON-ccc, přímá



Obrázek 23: Výstupní anténní diagramy ANT-W63-MON-ccc, přímý

A1.4.3 Omezení na frekvenční pásmo 6425-7125 MHz

Ačkoli lze z datových listů získat všechna měření, k odvození rozložení diagramů AP spotřebitelů byla použita pouze ta, která používají frekvenci zahrnutou do frekvenčního rozsahu 6425-7125 MHz.

Pro přístupové body Enterprise AP a Gaming AP byly k dispozici anténní vzory pouze pro jednu frekvenci, která se již nacházela ve frekvenčním rozsahu 6425-7125 MHz.

A1.4.4 Normalizace na 0 dBi

Všechny související anténní diagramy byly nejprve normalizovány na 0 dBi. To se provedlo odečtením maximálního zisku antény:

- Pro každý vzor antény spotřebitelského přístupového bodu byl maximální zisk antény deklarován v příslušném datovém listu pro rozsah 5945-7125 MHz.
- Pro přístupové body Enterprise a Gaming AP bylo z poskytnutého vzoru zisku antény vybráno maximum.

A1.4.5 Konkatenace

Všechny normalizované anténní diagramy dané kategorie AP se spojí do jednoho měřicího vektoru. Tento vektor se pak použije k odvození jediného rozdělení pro tuto kategorii AP. Celkové rozdělení pro AP je pak odvozeno podle rozdělení v tabulce 32.

A1.4.6 Odvození distribuce

Na základě celkového vektoru měření je odvozeno rozdělení pomocí metody histogramu s šířkou binů rovnou 1 dB. Tato granularita byla zvolena proto, aby co nejvíce odpovídala původní křivce a zároveň se zabránilo velkým mezerám mezi jednotlivými biny.

Získané normalizované rozdělení zisku, včetně spotřebitelských AP, herních AP a podnikových AP, je uvedeno v tabulce 37.

Tabulka 37: Normalizované rozložení zisku antény AP [Gmin; Gmax]

Gmin (dB)	Gmax (dB)	Pravděpodobnost (%)
-31	-30	0.10
-30	-29	0.07
-29	-28	0.21

Gmin (dB)	Gmax (dB)	Pravděpodobnost (%)
-28	-27	0.05
-27	-26	0.11
-26	-25	0.36
-25	-24	0.74
-24	-23	0.65
-23	-22	0.92
-22	-21	0.59
-21	-20	1.25
-20	-19	1.24
-19	-18	2.32
-18	-17	1.97
-17	-16	2.63
-16	-15	3.61
-15	-14	3.61
-14	-13	4.71
-13	-12	5.98
-12	-11	7.05
-11	-10	6.66
-10	-9	7.82
-9	-8	8.68
-8	-7	8.47
-7	-6	8.83
-6	-5	8.44
-5	-4	4.32
-4	-3	3.08
-3	-2	1.86
-2	-1	1.81
-1	0	1.86

A1.5 ROZDĚLENÍ ZISKU ANTÉNY ZAŘÍZENÍ VLP/KLIENTŮ

K odvození rozložení zisku antén klientských zařízení a VLP byla použita data z měřicí kampaně uvedené v příloze 6 zprávy ECC 355.

Byl použit stejný přístup jako v případě AP s tím rozdílem, že data byla poskytnuta v maticovém souboru a nebylo nutné je digitalizovat. Kromě toho byla data pro každé klientské zařízení normalizována vzhledem k maximálnímu zisku získanému v rámci platformy volného prostoru.

Ve vzácných případech může změna vyzařovacího diagramu v důsledku blízkosti těla způsobit malý zisk v některém směru (směrech) (viz tabulka 39). Jak je vyjádřeno v tabulce 36, klient LPI může přispět k rozložení zisku antény buď s BL pro přenosná zařízení, nebo bez něj pro jiné druhy zařízení. VLP vždy přispívají s BL. Jsou tedy zapotřebí dva typy rozdělení: jedno bez tělesných ztrát pouze pro klienty LPI (tabulka 38) a druhé s tělesnými ztrátami pro VLP a klienty LPI (tabulka 39).

Tabulka 38: Normalizované rozložení zisku klientské antény LPI bez ztráty tělesa [Gmin; Gmax]

Gmin (dB)	Gmax (dB)	Pravděpodobnost (%)
-27.00	-26.00	0.17
-26.00	-25.00	0.15
-25.00	-24.00	0.23
-24.00	-23.00	0.21
-23.00	-22.00	0.34
-22.00	-21.00	0.48
-21.00	-20.00	0.64
-20.00	-19.00	1.07
-19.00	-18.00	2.06
-18.00	-17.00	2.20
-17.00	-16.00	2.08
-16.00	-15.00	2.73
-15.00	-14.00	3.91
-14.00	-13.00	4.98
-13.00	-12.00	4.84
-12.00	-11.00	5.98
-11.00	-10.00	6.27
-10.00	-9.00	9.19
-9.00	-8.00	9.04
-8.00	-7.00	9.23
-7.00	-6.00	8.70
-6.00	-5.00	7.48

Gmin (dB)	Gmax (dB)	Pravděpodobnos t (%)
-5.00	-4.00	6.47
-4.00	-3.00	5.31
-3.00	-2.00	3.27
-2.00	-1.00	2.42
-1.00	0.00	0.56

Tabulka 39: Normalizované rozložení zisku klientské antény VLP/ LPI se ztrátou v těle [Gmin; Gmax]

Gmin (dB)	Gmax (dB)	Pravděpodobnos t (%)
-52.00	-51.00	0.001
-51.00	-50.00	0.001
-50.00	-49.00	0.001
-49.00	-48.00	0.001
-48.00	-47.00	0.001
-47.00	-46.00	0.002
-46.00	-45.00	0.005
-45.00	-44.00	0.005
-44.00	-43.00	0.005
-43.00	-42.00	0.011
-42.00	-41.00	0.064
-41.00	-40.00	0.048
-40.00	-39.00	0.154
-39.00	-38.00	0.131
-38.00	-37.00	0.235
-37.00	-36.00	0.216
-36.00	-35.00	0.261
-35.00	-34.00	0.418
-34.00	-33.00	0.291
-33.00	-32.00	0.557
-32.00	-31.00	0.633
-31.00	-30.00	0.872
-30.00	-29.00	0.891

Gmin (dB)	Gmax (dB)	Pravděpodobnos t (%)
-29.00	-28.00	1.632
-28.00	-27.00	1.776
-27.00	-26.00	1.485
-26.00	-25.00	2.125
-25.00	-24.00	2.324
-24.00	-23.00	2.451
-23.00	-22.00	2.626
-22.00	-21.00	2.358
-21.00	-20.00	2.763
-20.00	-19.00	3.883
-19.00	-18.00	3.640
-18.00	-17.00	4.637
-17.00	-16.00	5.080
-16.00	-15.00	4.598
-15.00	-14.00	4.244
-14.00	-13.00	4.216
-13.00	-12.00	4.490
-12.00	-11.00	4.460
-11.00	-10.00	4.755
-10.00	-9.00	5.078
-9.00	-8.00	5.507
-8.00	-7.00	4.680
-7.00	-6.00	5.277
-6.00	-5.00	4.310
-5.00	-4.00	2.913
-4.00	-3.00	2.054
-3.00	-2.00	1.108
-2.00	-1.00	0.449
-1.00	0.00	0.227
0.00	1.00	0.051

A1.6 VÝSLEDNÉ ROZLOŽENÍ VNITŘNÍCH/VENKOVNÍCH ANTÉN E.I.R.P.

Pro simulace Monte-Carlo, které vyžadují rozdělení do kategorií vnitřní/venkovní. Tabulka 36 může být použita spolu se souvisejícím maximálním e.i.r.p. každé kategorie, jak je definováno v rozhodnutí ECC (20)01, jak je uvedeno v tabulce 40.

Tabulka 40: WAS/RLAN vnitřní/venkovní a e.i.r.p. distribuce

Typ zařízení		Celkem v interiéru	Venkovní prostory celkem	distribuce e.i.r.p.
Klienti LPI	Se ztrátou těla	21.10%	0.21%	200 mW + normalizované rozložení zisku antény z tabulky 39
	Bez ztráty těla	2.37%	0.00%	200 mW + normalizované rozložení zisku antény z tabulky 38
VLP	Se ztrátou těla	9.00%	1.00%	25 mW + normalizované rozložení zisku antény z tabulky 39
AP (LPI)	Bez ztráty těla	66.32%	0.00%	200 mW + normalizované rozložení zisku antény z tabulky 37
Celkem		98.79%	1.21%	

Výsledné smíšené rozdělení je uvedeno v tabulce 41. Protože rozdělení v tabulce 39 zobrazuje určitý kladný zisk (i po normalizaci), může níže uvedené rozdělení překročit maximální povolený e.i.r.p. 200 mW (maximálně o 1 dB), protože zachycuje ztráty v tělese a v některých vzácných případech může být tato ztráta ve skutečnosti ziskem.

Toto smíšené rozdělení je proto třeba interpretovat jako výkon ve vzduchu (včetně tělesných ztrát), a nikoli jako e.i.r.p distribuce *stricto sensu*. Ve skutečnosti k takovému překročení nikdy nedojde, protože výrobci vždy zohlední určitou rezervu, aby zajistili dodržení maximálního povoleného e.i.r.p. během procesu certifikace.

Tabulka 41: Výsledný smíšený e.i.r.p. ve vzduchu (dBm) s ohledem na příspěvek každé kategorie zařízení podle tabulky 2 [e.i.r.p. min; e.i.r.p. max]

e.i.r.p. min (dBm)	e.i.r.p. max (dBm)	Vnitřní	Venkovní
-38	-37	0.00011471	1.2746E-05
-37	-36	7.6485E-05	8.4983E-06
-36	-35	7.6485E-05	8.4983E-06
-35	-34	7.6485E-05	8.4983E-06
-34	-33	7.9653E-05	8.8503E-06
-33	-32	0.00017714	1.9682E-05
-32	-31	0.0004681	5.2011E-05
-31	-30	0.0004681	5.2011E-05
-30	-29	0.00042156	0.00004684
-29	-28	0.00127928	0.00011494

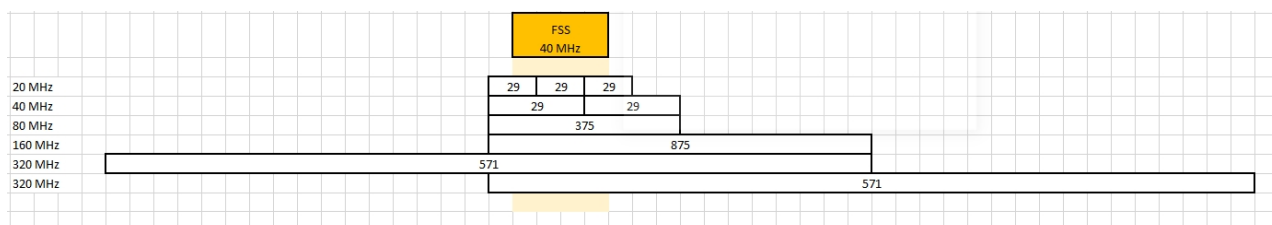
e.i.r.p. min (dBm)	e.i.r.p. max (dBm)	Vnitřní	Venkovní
-28	-27	0.0059718	0.00064539
-27	-26	0.00449058	0.00048081
-26	-25	0.01404831	0.00154278
-25	-24	0.01195874	0.00130986
-24	-23	0.02158239	0.00235603
-23	-22	0.02056083	0.00217352
-22	-21	0.02458473	0.00262062
-21	-20	0.03858132	0.00418684
-20	-19	0.02855959	0.00293367
-19	-18	0.06371467	0.00570566
-18	-17	0.06705053	0.0064276
-17	-16	0.111014	0.00904571
-16	-15	0.1077672	0.00918228
-15	-14	0.19654109	0.0168179
-14	-13	0.20543486	0.01821015
-13	-12	0.18872367	0.01539904
-12	-11	0.2793397	0.02212217
-11	-10	0.27054511	0.02384912
-10	-9	0.33809155	0.02567581
-9	-8	0.3698307	0.02758767
-8	-7	0.46221837	0.02541564
-7	-6	0.48038512	0.0294976
-6	-5	0.83238209	0.04225504
-5	-4	0.7355522	0.04012876
-4	-3	0.80883973	0.04949071
-3	-2	1.15044156	0.05526345
-2	-1	1.40179092	0.05086398
-1	0	1.33500405	0.04758426
0	1	1.55084857	0.04766939
1	2	1.30196495	0.04985464
2	3	1.83160436	0.05040067

e.i.r.p. min (dBm)	e.i.r.p. max (dBm)	Vnitřní	Venkovní
3	4	2.09710904	0.05570667
4	5	2.81059408	0.05842
5	6	2.83118125	0.06480812
6	7	3.28534234	0.05746542
7	8	3.90450057	0.06243064
8	9	3.76833416	0.05200798
9	10	4.3926062	0.03797855
10	11	5.21149512	0.02997142
11	12	5.86046275	0.02044679
12	13	5.6118004	0.01447723
13	14	6.49606316	0.01293406
14	15	7.13722572	0.01207871
15	16	6.82054414	0.00982737
16	17	7.17380443	0.01108254
17	18	6.6858903	0.00905016
18	19	3.63056019	0.00611646
19	20	2.60460618	0.00431382
20	21	1.54384401	0.00232701
21	22	1.35432962	0.00094313
22	23	1.29622557	0.00047693
23	24	0.01084561	0.00010794
	Celkem v %	98.7900261	1.2100003

ANNEX 2: FAKTOR ŠÍŘKY PÁSMO PŘEKRYTÍ

A2.1 POČET AKTIVNÍCH, NALADĚNÝCH APS PRACUJÍCÍCH NA HORNÍ FREKVENCI 6 GHz BĚHEM RUŠNÉ HODINY, DOPADAJÍCÍ NA ŠÍŘKU PÁSMO OBĚTI 40 MHz

Tato příloha se jako příklad zabývá FSS jako přijímačem oběti, ale lze ji použít pro jakýkoli jiný systém se šířkou pásma 40 MHz. Příklad FSS vs. WAS/RLAN lze znázornit jako na obrázku 24 (za předpokladu příkladu 10000 WAS/RLAN v horním pásmu 6 GHz uvažovaném v této zprávě, tj. 6425 MHz až 7125 MHz).



Obrázek 24: Kanály WAS/RLAN dopadající na šířku pásma přijímače FSS 40 MHz

To odpovídá překrývání pásem FSS:

- 3 kanály po 20 MHz;
- 2 kanály 40 MHz;
- 1 kanál 80 MHz;
- 1 kanál 160 MHz a
- 2 kanály 320 MHz.

Je třeba ji číst ve spojení s následující tabulkou 42.

Tabulka 42: Počet přístupových bodů WAS/RLAN pro různé kanály WAS/RLAN

WAS/RLAN Kanály	# kanálů	Procento WAS/RLAN	# WAS/RLAN na šířku pásma	# WAS/RLAN na kanál
20 MHz	35	10 %	1000	29
40 MHz	17	5 %	500	29
80 MHz	8	30%	3000	375
160 MHz	4	35 %	3500	875
320 MHz	3.5	20 %	2000	571
Počet WAS/RLAN v pásmu horních 6 GHz				10000

Situace tedy představuje celkem $(3 \times 29 + 2 \times 29 + 1 \times 375 + 1 \times 875 + 2 \times 571) = 2537$ WAS/RLAN překrývajících kanál FSS.

Uvažují se různé faktory šířky pásma pro různé kanály a aplikují se na odpovídající WAS/RLAN v rámci každého kanálu. Postupně se zvažuje, zda je možné zvýšit šířku pásma kanálů WAS/RLAN.

A2.1.1 Pro kanály 20 MHz

První 20MHz kanál se překrývá s 1/2 kanálu FSS. To tedy odpovídá 29 WAS/RLAN s faktorem šířky pásma 0,5 (lineární).

Druhý 20MHz kanál se plně překrývá s kanálem FSS. To tedy odpovídá 29 WAS/RLAN bez faktoru šířky pásma nebo faktoru šířky pásma 1 (lineární).

Třetí 20MHz kanál překrývá 1/2 kanálu FSS. To tedy odpovídá 29 WAS/RLAN s faktorem šířky pásma 0,5 (lineární).

Souhrnně to tedy odpovídá 87 WAS/RLAN využívajícím 20MHz kanály s průměrným faktorem šířky pásma $((0,5 \times 29 + 1 \times 29 + 0,5 \times 29)/87) = 0,667$ (zaokrouhleno na 0,7 v kroku 1).

A2.1.2 Pro kanály 40 MHz:

První 40MHz kanál se ze 3/4 překrývá s kanálem FSS. To tedy odpovídá 29 WAS/RLAN s faktorem šířky pásma 0,75 (lineární).

Druhý 40MHz kanál překrývá 1/4 kanálu FSS. To tedy odpovídá 29 WAS/RLAN s faktorem šířky pásma 0,25 (lineární).

V souhrnu to tedy odpovídá 58 WAS/RLAN, které používají 40MHz kanály s průměrným faktorem šířky pásma $((0,75 \times 29 + 0,25 \times 29)/58) = 0,5$.

A2.1.3 Pro kanál 80 MHz:

Kanál 80 MHz překrývá 1/2 kanálu FSS. Proto existuje 375 WAS/RLAN s faktorem šířky pásma 0,5 (lineární).

A2.1.4 Pro kanál 160 MHz

Kanál 160 MHz překrývá 1/4 kanálu FSS. To tedy odpovídá 875 WAS/RLAN s faktorem šířky pásma 0,25 (lineární).

A2.1.5 Pro kanál 320 MHz

Oba kanály 320 MHz se překrývají 1/8 kanálu FSS. To tedy odpovídá 571 WAS/RLAN s faktorem šířky pásma 0,125 (lineární).

V souhrnu to tedy odpovídá 1142 WAS/RLAN, které používají 320 MHz kanály s průměrným faktorem šířky pásma $((0,125 \times 571 + 0,125 \times 571)/1142) = 0,125$.

Za předpokladu 80 mW (19 dBm) průměrného e.i.r.p. na WAS/RLAN (na základě rozdělení e.i.r.p.) lze pak vypočítat agregovaný e.i.r.p. na základě výše uvedených předpokladů.

Tabulka 43:: Výpočet agregovaného e.i.r.p. pro analýzu FSS

WAS/RLAN Kanály	Průměrný e.i.r.p. (mW)	Počet WAS/RLAN	Faktor šířky pásma	Souhrnný e.i.r.p. (mW)
20 MHz	80	87	0.666667	4640
40 MHz	80	58	0.5	2320
80 MHz	80	375	0.5	15000

WAS/RLAN Kanály	Průměrný e.i.r.p. (mW)	Počet WAS/RLAN	Faktor šířky pásma	Souhrnný e.i.r.p. (mW)
160 MHz	80	875	0.25	17500
320 MHz	80	1142	0.125	11420
CELKEM		2537		50880 mW Nebo 47,07 dBm
Poznámka: To představuje průměr $(47,07 - 10\log(2537))=13,02$ dBm na WAS/RLAN v pásmu FSS, tedy průměrný faktor šířky pásma $(19 - 13,02)=5,98$ dB.				

Souhrnně lze říci, že tato metoda vede k 25,37 % celkového počtu WAS/RLAN v pásmu FSS s průměrným e.i.r.p. 13,02 dBm (nebo průměrným koeficientem šířky pásma 5,98 dB).

ANNEX 3: SDÍLENÍ S PEVNOU SLUŽBOU - OBECNÁ STUDIE LOKALITY A

Tato studie byla provedena za účelem posouzení dlouhodobé a krátkodobé ochrany pevné služby (FS) typu bod-bod před rušením od přenosných zařízení WAS/RLAN ve vnitřních prostorách (tj. LPI s nízkým výkonem ve vnitřních prostorách), jakož i od potenciálních přenosných zařízení WAS/RLAN ve venkovních prostorách (tj. VLP s velmi nízkým výkonem), která pracují s výkonem výrazně nižším, než je výkon pro vnitřní použití. Cílem je prozkoumat proveditelnost a určit harmonizované technické podmínky pro bezdrátové přístupové systémy včetně rádiových místních sítí v pásmu 6425-7125 MHz.

Zde prezentovaná studie zahrnuje parametrické vstupy, parametry a rozdělení, které jsou podobné těm, jež jsou použity ve zprávě ECC Report 302 [1] a ECC Report 316 [2]. Některé parametry byly upraveny ze zpráv ECC Report 302 a 316 tak, aby byly přizpůsobeny hornímu pásmu 6 GHz.

Studie se pokouší kvantifikovat a kvalifikovat riziko překročení dlouhodobých a krátkodobých kritérií rušení hodnocených z hlediska prahové hodnoty I/N pomocí společných a oddělených analýz Monte Carlo. Některé parametry, kde je to relevantní, byly založeny na možném nasazení FS v oblasti "Frankfurt nad Mohanem" v Německu. Výsledky studie jsou vypočteny s přihlédnutím ke všem možným statistickým kombinacím z hlediska polohy, hustoty obyvatelstva, výšky FS, zisku antény FS z reálného souboru dat od německých regulačních orgánů.

A3.1 POSOUZENÍ INTERFERENCE Z WAS/RLAN DO FS

A3.1.1 Úvod

Tento oddíl obsahuje výsledky studie dlouhodobého a krátkodobého rušení ze sítí WAS/RLAN do spojů FS. Jedná se o analýzu Monte Carlo, která posuzuje rušení od vnitřních sítí WAS/RLAN s nízkým výkonem (LPI) a přenosných zařízení WAS/RLAN s velmi nízkým výkonem (VLP) pro obecný scénář s využitím metodiky Monte Carlo a uvažuje hustotu obyvatelstva odpovídající oblasti "Frankfurt nad Mohanem" v Německu, spolkové zemi Hesensko.

A3.1.2 Použitá metodika

V této zprávě byla pro vyhodnocení dlouhodobého kritéria pevné služby [1] použita metodika založená na I/N = -10 dB nepřekročených po více než 20 % času, stejně jako u zprávy ECC 302. Je použito ochranné kritérium dílčího zhoršení výkonu o 10 % pro společné primární sdílení.

K vytvoření výsledků I/N byla použita simulace Monte Carlo. Bylo simulováno 10 milionů událostí. Tato simulace shrnuje statistiky I/N z RLAN náhodně vysazených na různých pozicích pro každou událost. Takto vysoké množství statistik je nezbytné, aby analýza Monte Carlo dokázala zjistit procento událostí překračujících krátkodobá kritéria a zároveň zajistila dobrý kompromis mezi statistickou stabilitou a rychlostí výpočtu.

Použitá simulační platforma je oficiální verze SEAMCAT 5.5.0 k tomuto datu.

Dále byly provedeny simulace Monte Carlo s odděleným místem a časem pro 2 případy, které vykazovaly nejvyšší agregovanou I/N. Bylo simulováno 1 milion časových událostí a 5 000 událostí umístění. Simulace Monte Carlo s oddělenou polohou a časem má za cíl řešit zvlášť pevné rušivé vlivy a zvlášť mobilní rušivé vlivy. V kontextu této studie jsou pevnými rušiteli přístupové body RLAN (AP) a klientská zařízení RLAN jsou mobilní.

A3.2 MONTE CARLO ANALÝZA

A3.2.1 Technické vlastnosti FS

Technické charakteristiky FS byly získány z databáze německých regulačních orgánů.

Většina spojů FS využívá šířku pásma 40 MHz. Statistika výšky antény z databáze německého regulátora je taková, že 10 % spoje FS je pod 30 m, 50 % je pod 45 m a 90 % je pod 79 m. Tyto hodnoty budou použity pro analýzu citlivosti.

V případě informací, které nejsou k dispozici v databázi DE, se místo nich použijí informace z tabulky 18 zprávy ECC 302. Technické charakteristiky FS jsou shrnuty v tabulce 44.

Tabulka 44: Specifické parametry pro systémy PP FS pro frekvenční rozsah 6425-7125 MHz

Parametr	Hodnota pro tuto studii	Poznámka
Modulace	64-QAM	Ze zprávy ECC 302
Střední frekvence (MHz)	6775 (střed pásma)	
Odstup kanálů a šířka pásma šumu přijímače (MHz)	40	Z databáze německého regulačního orgánu
Rozsah ztrát na napáječi/multiplexeru (dB)	1.3	Z databáze DE mezi 0 a 7,5 (hodnota 1,8 mezi 0 a 6,3 je uvedena ve zprávě ECC 302).
Špičkový zisk antény (dBi)	45,5 (max.) 38,8 (průměr) 33,6 (min)	Z databáze německého regulačního orgánu
Vzor antény	Doporučení ITU-R F.1245 pro souhrnné rušení	Ze zprávy ECC 302
Výška antény (m)	10% : 30 50% : 45 90% : 79	Z databáze německého regulačního orgánu
Šumové číslo přijímače (NF) typické (dB)	5	Ze zprávy ECC 302 mezi 4,5 a 5
Šumová dolní mez přijímače (dBm)	-92.94	$-173,97 + 10 \log_{10}(BW \text{ v Hz}) + NF$
Naklonění antény nahoru/dolů	0 stupňů	Ze zprávy ECC 302 a zprávy ECC 316
Požadavek na ochranu (dB)	Dlouhodobě: I/N = -10 dB není překročeno po více než 20 % času (Doporučení ITU-R F.758: tabulka 4) FDP <10 %	
Marže blednutí	Min. 5% percentil FM: 23 dB Max. 5% percentil FM: 40,3 dB Režim FM: 29,7 dB	Z databáze německého regulačního orgánu

A3.2.2 Technické charakteristiky WAS/RLAN v pásmu 6425-7215 MHz pro účely této studie

A3.2.2.1 Distribuce e.i.r.p. v systému WAS/RLAN

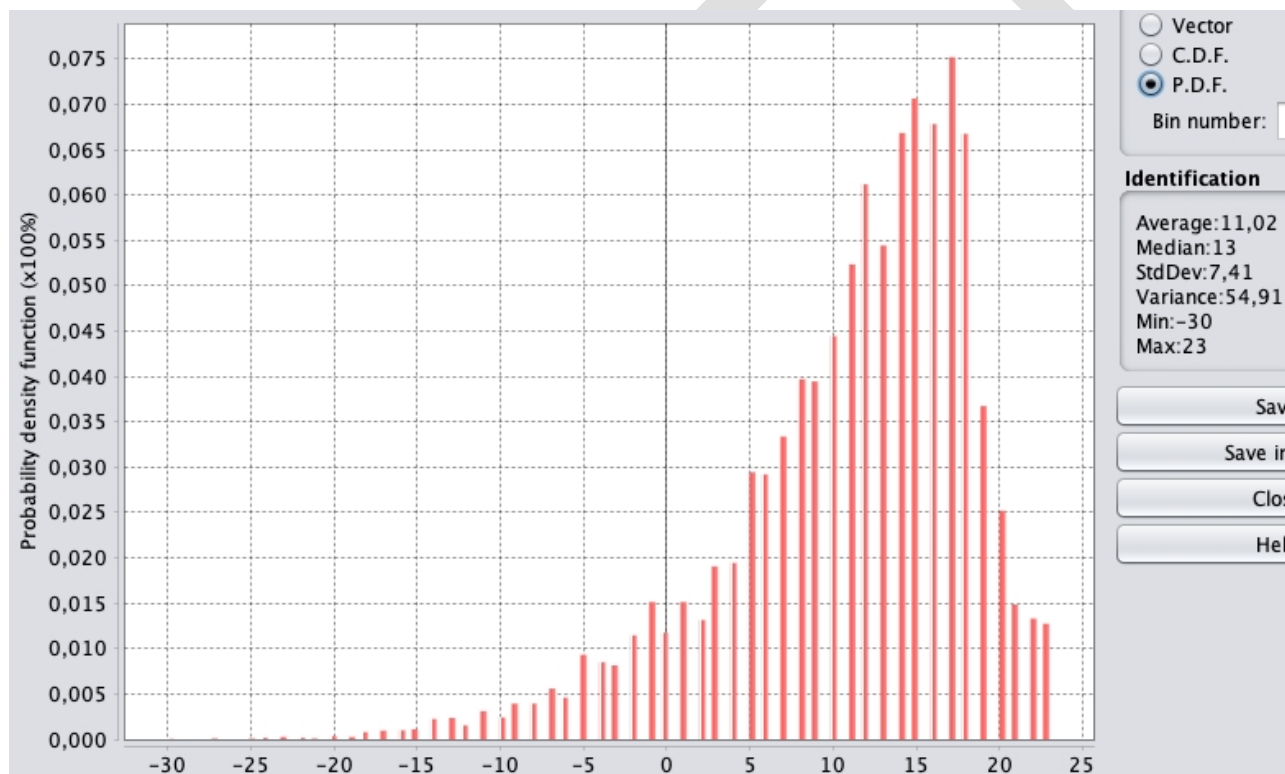
Rozdělení e.i.r.p. použité v této simulaci je uvedeno v PŘÍLOZE 1:. Je založeno na níže uvedených předpokladech.

Tabulka 45: rozdělení e.i.r.p. podle typu zařízení a typu vnitřního/venkovního prostředí.

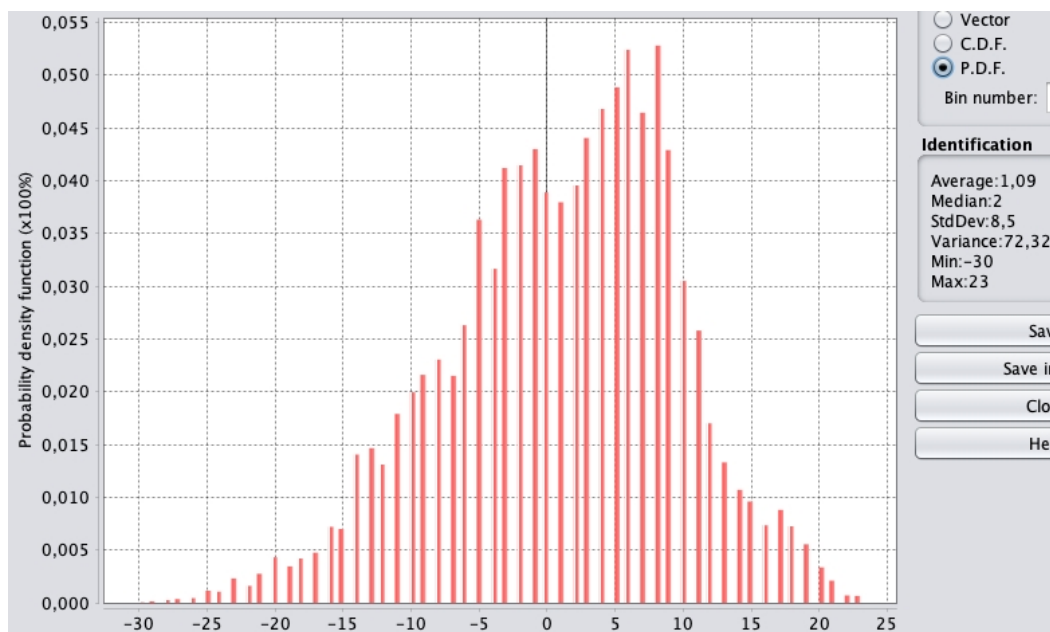
Table 2: WAS/RLAN indoor/outdoor and e.i.r.p. distributions				
Device type		Total indoor	Total outdoor	e.i.r.p. distribution
LPI Clients	With Body Loss	21.10%	0.21%	200 mW + normalized antenna gain distribution from Table 39
	Without Body Loss	2.37%	0.00%	200 mW + normalized antenna gain distribution from Table 38
VLP	With Body Loss	9.00%	1.00%	25 mW + normalized antenna gain distribution from Table 39
AP (LPI)	Without Body Loss	66.32%	0.00%	200 mW + normalized antenna gain distribution from Table 37
Total		98.79%	1.21%	

Všimněte si, že ve scénáři SEAMCAT je rušitel identifikován pro vnitřní i venkovní prostředí. Počet simulovaných sítí RLAN nastavených pro simulaci je proto 98,8 % z celkového počtu sítí RLAN pro vnitřní prostředí a 1,2 % z celkového počtu sítí RLAN pro venkovní prostředí. Proto je třeba rozdělení e.i.r.p. normalizovat na 100 % pro každý z vnitřních a venkovních scénářů.

Od verze SEAMCAT 5.5.0 již není nutné mít jako vstup do nástroje společný korekční faktor e.i.r.p. a šířky pásma (viz další část). Jako vstup do nástroje se nyní nastavuje e.i.r.p. Používají se normalizované hodnoty e.i.r.p. z tabulky 41 v PŘÍLOZE 1:.



Obrázek 25: Normalizované rozdělení pravděpodobnosti e.i.r.p. v interiéru.



Obrázek 26: Venkovní normalizované rozdělení pravděpodobnosti e.i.r.p.

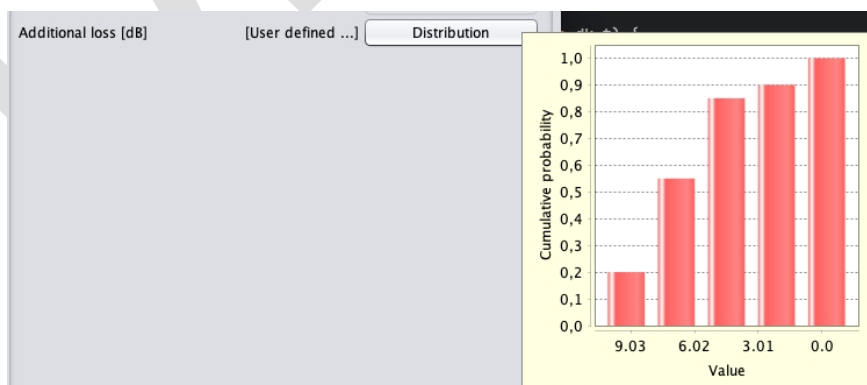
A3.2.2.2 Rozdělení korekčního faktoru šířky pásma

Výsledný korekční faktor šířky pásma v důsledku různé šířky pásma RLAN ve srovnání s pevnou šířkou pásma FS 40 MHz je uveden v tabulce 46.

Tabulka 46: Rozložení korekčního faktoru šířky pásma pro 40 MHz FS

Bandwidth (MHz)	Correction factor (dB)	Probability
20	0	10%
40	0	5%
80	-3.01	30%
160	-6.02	35%
320	-9.03	20%

Tento kumulativní percentil se přičítá k SEAMCAT v polích rozdělení "Additional loss [dB]" v charakteristice vysílače RLAN. Protože se jedná o ztrátu jako vstup, jsou záporné hodnoty nahrazeny kladnými.



Obrázek 27: Příklad nového pole "dodatečné ztráty" v SEAMCAT 5.5.0, které se používá pro konfiguraci faktoru šířky pásma.

A3.2.2. 3Simulační poloměr

Při analýze dlouhodobé ochrany FS je dominantním jevem agregovaný účinek rušivých vlivů. V důsledku toho, aby bylo možné zahrnout maximální počet rušitelů, bude pro vyhodnocení velikosti simulačního poloměru použit rádiový horizont.

Rovnici pro výpočet vzdálenosti antény od horizontu nebo přímky viditelnosti, tzv. rádiového horizontu, lze nalézt v [12] a je úměrná výšce antény (v km) nad zemí a střednímu poloměru Země $R = 6371$ km.

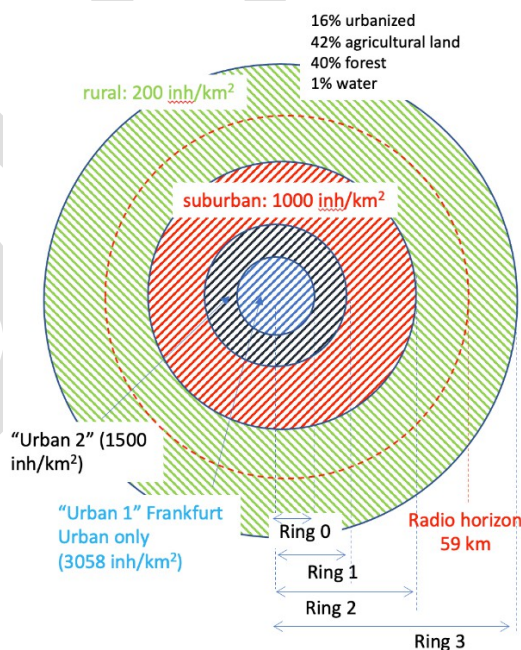
Maximální výška FS je 79 m, což znamená vzdálenost rádiového horizontu na přijímači $d_1=37$ km. Maximální možná výška sítě RLAN je 28 m, což znamená vzdálenost rádiového horizontu na vysílači $d_2=22$ km. Celkový rádiový horizont d přijímacích antén FS a vysílacích antén RLAN odpovídá $d=d_1+d_2=59$ km.

A3.2.2.4 Model a hustota nasazení sítě WAS/RLAN

Za účelem vyhodnocení hustoty zařízení WAS/RLAN byly údaje o FS z databáze německých regulačních orgánů (z bezpečnostních důvodů nejsou veřejně dostupné) vykresleny na mapě Google, která označovala zařízení FS ve Frankfurtu, Mohuči, Bad Kreuznachu atd. nebo v jejich blízkosti, což jsou kopcovité oblasti. Oblast Frankfurtu byla vybrána, protože se v ní nachází nejvíce 6GHz FS spojení v Německu, a použita k odvození těchto vstupních parametrů.

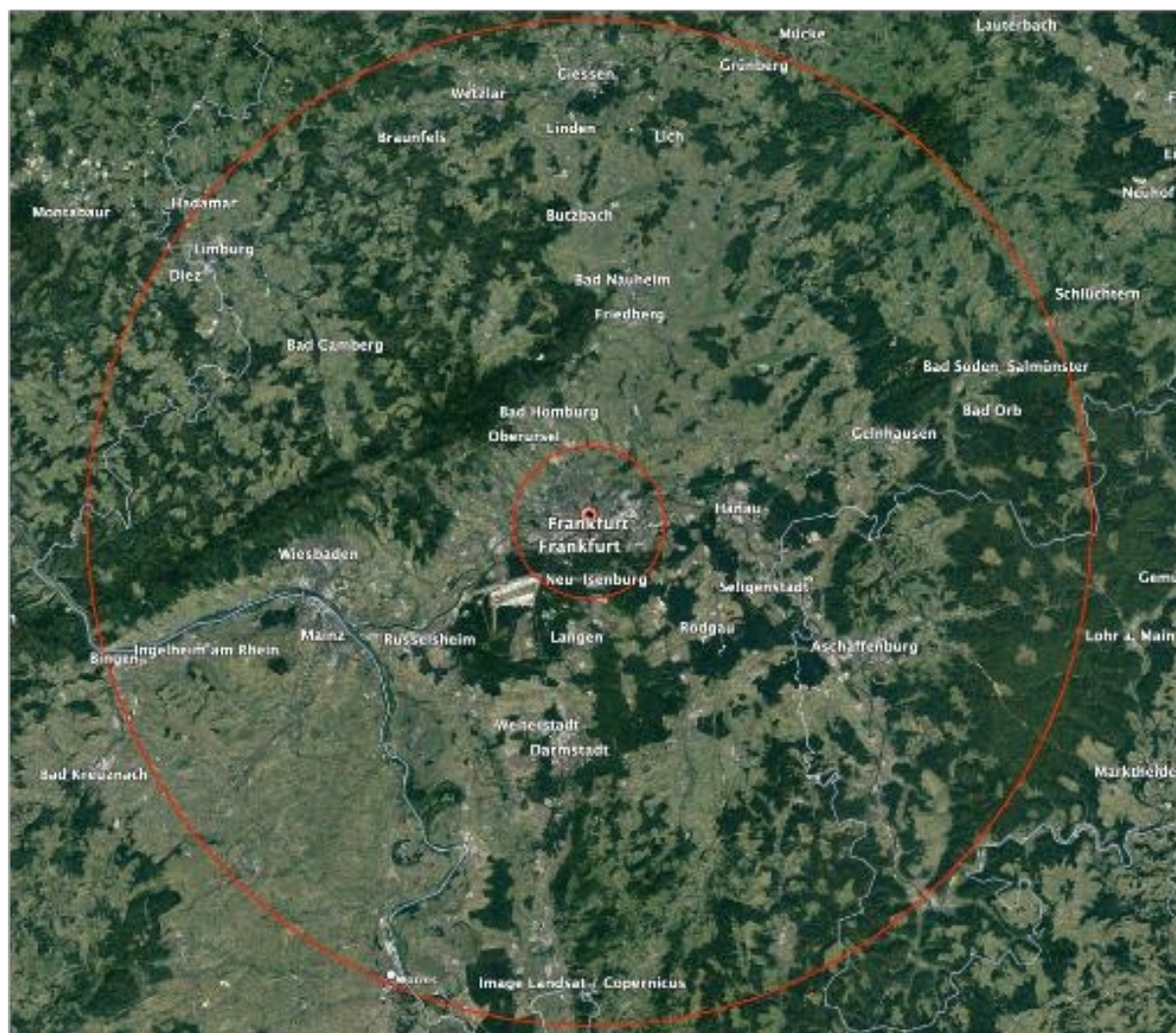
To je třeba vzít v úvahu v závěru, protože modelování v systému SEAMCAT předpokládá rovinný terén, a proto zanedbává jakoukoli přirozenou ochranu, kterou by mohl poskytovat reliéf terénu, a poskytuje tak konzervativní výsledky ve srovnání se simulací specifickou pro reliéf. Výsledky modelování SEAMCAT však poskytují správním orgánům cenné informace o vlivu potenciálního rušení ze sítě WAS/RLAN na přijímač FS.

V simulátoru SEAMCAT není možné použít pixelovou granularitu jako v jiných simulátorech. Proto se k provedení obecné studie používá model podobný prstenci, jak je znázorněno na obrázku 28. Uprostřed je přijímač FS v městské oblasti s vysokou hustotou, obklopený prstencem městského prostředí s nižší hustotou, rovněž obklopený příměstským prostředím a následovaný venkovským prostředím.



Obrázek 28: Ilustrace simulace obecného kruhového modelu odvozeného z oblasti spolkové země Hesensko (oblast Frankfurtu) - přijímač FS je uprostřed simulace.

Jako maximální poloměr simulace se použije radiový horizont 59 km (červený kruh na obrázku 28).



Obrázek 29: Znázornění rádiového horizontu (vnější kruh 59 km) a oblasti města Frankfurt (vnitřní kruh 8,89 km).

Město Frankfurt, které je největším městem spolkové země Hesensko, bude zvažováno z důvodu vysoké hustoty osídlení. Spolková země Hessen se skládá z 16 % urbanizované plochy (tj. zahrnuje veškeré domy/budovy, infrastrukturu, která může být v některém z modelů rádia město/příměstí/venkov), 42 % zemědělské půdy, 40 % lesní plochy a 1 % vodní plochy.

Rozloha Frankfurtu odpovídá 7 % urbanizovaného území Hesenska, jeho rozloha je 248 km² (tj. poloměr 8,89 km) s vysokou hustotou obyvatelstva 3058 obyvatel/km². Frankfurt je obklopen velkými městy jako Darmstadt, Wiesbaden, Mohuč atd. tvořícími plochu 681 km², které lze kvalifikovat jako městskou oblast s nižší hustotou (tj. 1500 obyvatel/km²). V této zprávě je označována jako "město 2" a tvoří 21 % urbanizovaného území Hesenska. Předpokládá se, že zbývající území je rovnoměrně rozděleno mezi příměstské a venkovské oblasti. Model hustoty příměstského obyvatelstva je 1000 obyvatel/km² a model hustoty venkovského obyvatelstva je 200 obyvatel/km².

Poměr mezi osídlenou a neosídlenou oblastí (v km²) a výsledný celkový počet obyvatel je shrnut v následujícím přehledu

Tabulka 47.

Tabulka 47: Přehled celkového počtu obyvatel na urbanizovanou oblast a celkovou plochu v Hesensku

(Poznámka 2)	Procentuální rozloha v Hesensku	poměr ploch	celkové procento	Plocha (km ²) (Poznámka 1)	Obyvatelstvo hustota (inh/km) ²	Celkový počet obyvatel
Urbanizované	16.5%					
"Urban 1" (Frankfurt)		7.12%	1.17%	248	3058	758710
"Urban 2" (tj. Darmstadt+atd.)		21.19%	3.5%	739	1500	1107956
předměstí		35.85%	5.92%	1250	1000	1249877
venkov		35.85%	5.92%	1250	200	249975
Zemědělská půda	42%		42%	8863	-	
les	40.1%		40.1%	8481	-	
voda	1.4%		1.4%	294	-	

Poznámka 1: Celková plocha vychází z poloměru 81,2 km, takže je respektována plocha Frankfurtu.
Poznámka 2: Urbanizovaná plocha je 3315 km², plocha Frankfurtu je 248 km², plocha "města 2" je 681 km², plocha zemědělské půdy je 8859 km², plocha lesů je 8477 km², plocha vodních ploch je 294 km².

Navrhovaný model pro hodnocení kritérií dlouhodobé ochrany se bude skládat ze 4 kroužků.

- Okruh 0 je pouze oblast Frankfurtu (16 %*7 %);
- Prstenec 1 je "městský 2" (tj. Wiesbaden, Darmstadt, Mohuč atd.) (16 %*21 %) s vodní plochou (protože většina řek je v těchto velkých městech z historických obchodních důvodů);
- Kruh 2 je příměstská oblast (16 %*36 %) s 50 % lesní plochy, protože města střední velikosti jsou oddělena lesem, jak ukazuje obrázek 29;
- Okruh 3 je venkovská oblast (16 %*36 %) doplněná o zbývajících 50 % lesní plochy a plochy zemědělské půdy.

Simulační poloměry prstenců a související celkový počet obyvatel jsou shrnuty v tabulce 48.

Tabulka 48: Souhrn simulačních poloměrů na okruh a související celkový počet obyvatel na okruh

	Model rádia	Plocha (km ²)	poloměr (km)	celkový počet obyvatel
Kroužek 0	"městský 1"	248	8.88	758710
Kroužek 1	"urban 2"+voda	1033	20.19	1107956

Model rádia		Plocha (km) ²	poloměr (km)	celkový počet obyvatel
Kroužek 2	příměstské + 50 % les	5490	46.43	1249877
Kroužek 3	venkovský + 50% lesní + zemědělský	14353	82 (poznámka 1)	249975
Poznámka 1: Vzhledem k tomu, že rádiový horizont je 59 km, bude třeba poslední prstenec zkrátit až k rádiovému horizontu při zachování hustoty obyvatelstva. Zkrácení z 82 na 59 km odpovídá zmenšení plochy o 29,02 %, což bude odpovídat snížení počtu simulovaných zařízení WAS/RLAN o stejné procento.				

Celková populace pro každý ze čtyř kruhů se použije k výpočtu celkového počtu zařízení, která současně vysílají, model nasazení WAS/RLAN, jak je popsán v části 3. Jedná se o stejnou metodiku jako podle zprávy ECC 302 a zprávy ECC 316. Stejně jako ve zprávě ECC 302 byly uvažovány tři kategorie nasazení WAS/RLAN: Nízké, střední a vysoké nasazení.

Dále v této zprávě bude okruh 0 označován jako "městský 1", okruh 1 jako "městský 2", okruh 2 jako "příměstský" a okruh 3 jako "venkovský", aby se usnadnila čitelnost zprávy.

Pro systém FS s frekvencí 40 MHz je faktor překrytí šířky pásma přizpůsoben zařízením pracujícím s frekvencí 700 MHz na horních 6 GHz a odpovídá 39,18 %. Tato hodnota je analyticky odvozena ze simulace Monte-Carlo.

Tabulka 49: Souhrn modelu nasazení WAS/RLAN ve Frankfurtu podle metodiky uvedené ve zprávě ECC 302

	Nízká	Mid	Vysoká
Bezdrátová zařízení pracující ve spektru osvobozeném od licence (zbytek pracuje v licencovaném spektru)	90%		
Horní faktor 6 GHz	40.75%		
Faktor přijetí na trhu (zařízení s frekvencí 6 GHz)	25%	32%	50%
Počet zařízení využívajících frekvenci 6 GHz	75,435		
Faktor rušných hodin	50%	62.7%	62.7%
Faktor aktivity RF na osobu (tj. pracovní cyklus)	1.97%		
Faktor překrývání šířky pásma (podle metodiky ECC Report 302)	23.95 %		

Tabulka 50: Shrnutí modelu nasazení WAS/RLAN ve frankfurtském regionu (vysoké nasazení) podle metodiky uvedené ve zprávě ECC 302.

	Kroužek 0	Kroužek 1	Kroužek 2	Kroužek 3
Model rádia	"městský 1"	"městský 2" + voda	Příměstské + 50 % les	Venkov + 50 % les + zemědělství
Poloměr simulace	8.88	19.02	45.75	81,60 (Poznámka 2) Zkrácení rádiového horizontu: 59

	Kroužek 0	Kroužek 1	Kroužek 2	Kroužek 3
Celkový počet obyvatel	758710	1107956	1249877	249975
Bezdrátová zařízení pracující ve vyjmutém spektru	90%	90%	90%	90%
Horní faktor 6 GHz	62.70%	62.70%	62.70%	62.70%
Faktor přijetí na trhu (zařízení s frekvencí 6 GHz)	40.73%	40.73%	40.73%	40.73%
Faktor rušných hodin	50%	50%	50%	50%
Počet zařízení využívajících frekvenci 6 GHz	138979	187197	218625	43725
RF Faktor aktivity na osobu	1.97%	1.97%	1.97%	1.97%
Faktor překrývání šířky pásma	23.95%	23.95%	23.95%	23.95%
Ekvivalentní počet okamžitě vysílajících sítí WAS/RLAN použitých při simulacích	412	601	678	136 (Poznámka 2) Zkrácení rádiového horizontu: 39
Poznámka 2: Vzhledem k tomu, že rádiový horizont je 59 km, bude třeba poslední prstenec zkrátit až k rádiovému horizontu při zachování hustoty obyvatelstva. Zkrácení z 82 na 59 km odpovídá zmenšení plochy o 29,02 %, což bude odpovídat snížení počtu simulovaných zařízení WAS/RLAN o stejné procento.				

Ekvivalentní počet okamžitě vysílajících sítí WAS/RLAN použitých v simulacích pro každý ze 4 kruhů je třeba rozdělit na vnitřní a venkovní použití tak, že 98,8 % je vnitřních a 1,2 % je venkovních.

Tabulka 51 shrnuje počet simulovaných zařízení WAS/RLAN pro vysoké/střední/nízké nasazení. Pro Urban 1, kdy je relativní výška antény mezi FS a RLAN malá, je třeba oddělit RLAN ve vnitřním nízkém prstenci a vnitřním vysokém prstenci. Metodika pro získání těchto čísel je stejná jako v případě tabulky 50 a použití tabulky 49.

Tabulka 51: Počet simulovaných zařízení WAS/RLAN pro střední/nízké nasazení v případě, že výška FS je vyšší než maximální výška RLAN.

	městský 1				městský 2		předměstí		venkov	
hustota nasazení	celkem v interiéru	vnitřní nízká	vnitřní vysoká	venkovní dveře	vnitřní	venkovní dveře	vnitřní	venkovní dveře	vnitřní	venkovní dveře
		78%	RLAN <10.5m							
vysoká	407	-	-	5	594	7	670	8	38	1
v polovině	260	-	-	3	380	5	429	5	24	1
nízká	162	-	-	2	237	3	267	3	15	1

52: Počet simulovaných zařízení WAS/RLAN pro střední/nízké nasazení v případě, že výška FS je podobná maximální výšce RLAN.

	městský 1				městský 2		předměstí		venkov	
hustota nasazení	celkem v interiéru	vnitřní nízká	vnitřní vysoká	venkovní dveře	vnitřní	venkovní dveře	vnitřní	venkovní dveře	vnitřní	venkovní dveře
		78%	RLAN <10.5m							
vysoká	407	317	90	5	594	7	670	8	38	1
v polovině	260	203	57	3	380	5	429	5	24	1
nízká	162	126	36	2	237	3	267	3	15	1

A3.2.2.5 Faktor horní hranice 6 GHz

V Německu a ve většině zemí CEPT je dostupnost spektra pro WAS/RLAN následující:

Tabulka 53: Dostupnost spektra v CEPT

Označení kapely	Dostupnost spektra (MHz)
U-NII-1 (5,15-5,25 GHz)	100
U-NII-2A (5,25-5,35 GHz)	100
U-NII-2C (5,470-5,725 GHz)	255
U-NII-3 (5,725-5,85 GHz)	0
U-NII-4 (5,85-5,925 GHz)	0
2,4 GHz	83.5
Nižší frekvence 6 GHz	480
Celkové dostupné spektrum	1018.5

Faktor horních 6 GHz je procento zařízení WAS/RLAN využívajících horní frekvenční pásmo 6 GHz. Je dán poměrem spektra dostupného v horním pásmu 6 GHz k spektru dostupnému v pásmech 6, 5 a 6 GHz. 2,4 GHz (viz tabulka výše).

Pro studie v horní části pásma 6 GHz se uvažuje šířka pásma 700 MHz, tj. 6425-7125 MHz. Proto lze při použití aktuálně dostupného spektra v oblasti CEPT vypočítat faktor pro horní pásmo 6 GHz takto:

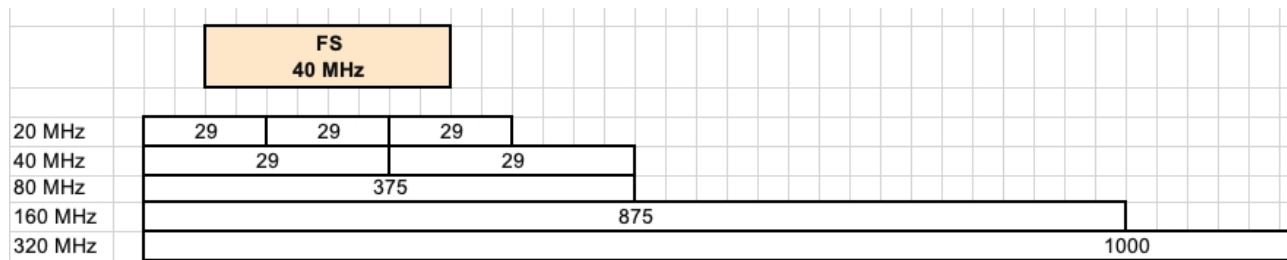
Proto lze horní faktor 6 GHz odvodit na základě následující rovnice:

$$\begin{aligned}
 6\text{GHz}_{\text{upperfactor}} &= \frac{\text{upper } 6\text{GHz availability}}{\text{upper } 6\text{GHz} + \text{lower } 6\text{GHz} + 5\text{GHz} + 2.4\text{GHz}} \\
 &= \frac{700}{1018.5 + 700} = 40.75\%
 \end{aligned}$$

A3.2.2.6 Šířka pásma WAS/RLAN a faktor překryvu šířky pásma

Z informací uvedených v Německu vyplývá, že většina spojů FS pracuje se šířkou pásma 40 MHz.

Faktor překrytí odráží počet WAS/RLAN, které by spadaly do BW přijímače. Celková předpokládaná šířka pásma pro WAS/RLAN je 700 MHz. Přijímač tedy "neuvídí" všechny WAS/RLAN ve své pozorovací šířce pásma, ale pouze jejich "část". Tuto část je třeba vypočítat podle kanalizace WAS/RLAN.



Obrázek 30: Překrývající se kanály WAS/RLAN s šířkou pásma 40 MHz FS

V této simulaci je použita zjištěná hodnota 23,95 %.

Tabulka 54: Faktor překrytí U6 pro FS 40 MHz

10000 RLANS in example				
RLAN Channels	#of channels	Percentage of RLAN	Number of RLAN per BW	#of RLANS per channel
20 MHz	35	10%	1000	29
40 MHz	17	5%	500	29
80 MHz	8	30%	3000	375
160 MHz	4	35%	3500	875
320 MHz	2	20%	2000	1000
FS BW = 40 MHz corresponds to an FS band overlapping (see figure)				
3 channels of 20 MHz				
2 channels of 40 MHz				
1 channel of 80 MHz				
1 channel of 160 MHz				
1 channel of 320 MHz				
This represents a total of $(3 \cdot 29 + 2 \cdot 29 + 1 \cdot 375 + 1 \cdot 875 + 1 \cdot 1000) =$			2395	
Bandwidth overlap factor =			23.95%	

Tabulka 55: Typický systém WAS/RLAN pro frekvenční rozsah 6425-7125 MHz

Parametr	Hodnota
Střední frekvence (MHz)	6775
Odstup kanálů a šířka pásma šumu přijímače (MHz)	Viz PŘÍLOHA 2:
Špičkový zisk antény (dBi)	0
Vzor antény	Všesměrové ve všech směrech
Výška antény (m)	Viz tabulka 56
Polarizační nesoulad (za předpokladu agregovaných případů)	3 dB
e.i.r.p.	Viz PŘÍLOHA 1:

A3.2.2.7 Rozložení výšky antén systému WAS/RLAN a vyloučená zóna kolem FS

Výška WAS/RLAN je použita ze zprávy ECC 316. Při pohledu na úplnou tabulku výšky budov ze zprávy ECC 316 je možné ji rozdělit na kategorii město/příměstí a venkov. V rámci každé kategorie se uvažuje průměrná výška.

- U městských (tj. "městských 1" a "městských 2") je výška WAS/RLAN založena na průměru kategorií ">100K", ">50K" a ">25K". Důvodem pro použití stejného rozdělení výšek pro "urban 1" a "urban 2" je skutečnost, že každý prstenec může pokrývat více než jednu výškovou kategorii, protože prstence mají velikost desítek kilometrů. Při pohledu na topologii Frankfurtu a dalších "městských" měst v Hesensku, Wiesbadenu atd. jsou průměrné výšky budov velmi podobné (s výjimkou centra města s jeho věžáky ve Frankfurtu).
- Pro příměstské oblasti je výška WAS/RLAN založena na průměru kategorií ">10K", ">5K", ">2,5K" a "<2,5K".
- Pro venkovské oblasti je výška WAS/RLAN založena na kategorii venkova.

Tabulka 56: Pravděpodobnost výšky WAS/RLAN ze zprávy ECC 316

Podlaž a	Výška (m)	>100k	>50k	>25k	>10k	>5k	>2.5k	<2.5k	Venkov	Venkovní
		urban			předměstí				venko v	venkovní
pozemní	1.5	24.66	35.14	36.95	41.74	49.22	58.08	66.18	71.03	95
1	4.5	20.36	24.74	23.95	25.04	25.97	26.58	26.13	25.43	2
2	7.5	14.05	13.40	12.23	11.34	9.46	6.88	3.80	1.66	2
3	10.5	11.27	9.31	8.75	7.78	6.20	4.25	2.27	1.01	0.5
4	13.5	9.19	6.24	6.13	5.10	3.76	2.27	1.12	0.52	0
5	16.5	7.52	3.78	4.04	2.96	1.80	0.69	0.20	0.13	0
6	19.5	5.56	2.91	3.10	2.30	1.39	0.52	0.14	0.10	0
7	22.5	3.88	2.16	2.29	1.72	1.03	0.37	0.10	0.07	0
8	25.5	2.41	1.50	1.59	1.22	0.72	0.24	0.06	0.04	0
9	28.5	1.10	0.92	0.96	0.78	0.44	0.12	0.02	0.02	0.5

Na základě výše uvedené tabulky zahrnuje výška městského modelu kategorie ">100K", ">50K" a ">25K". Konečná výška pro město je průměrnou výškou těchto tří kategorií. Příměstské zahrnují zbývající, tedy ">10K", ">5K", ">2,5K" a "<2,5K". Průměrná výška těchto kategorií se rovněž provede, aby se získala výška příměstského modelu.

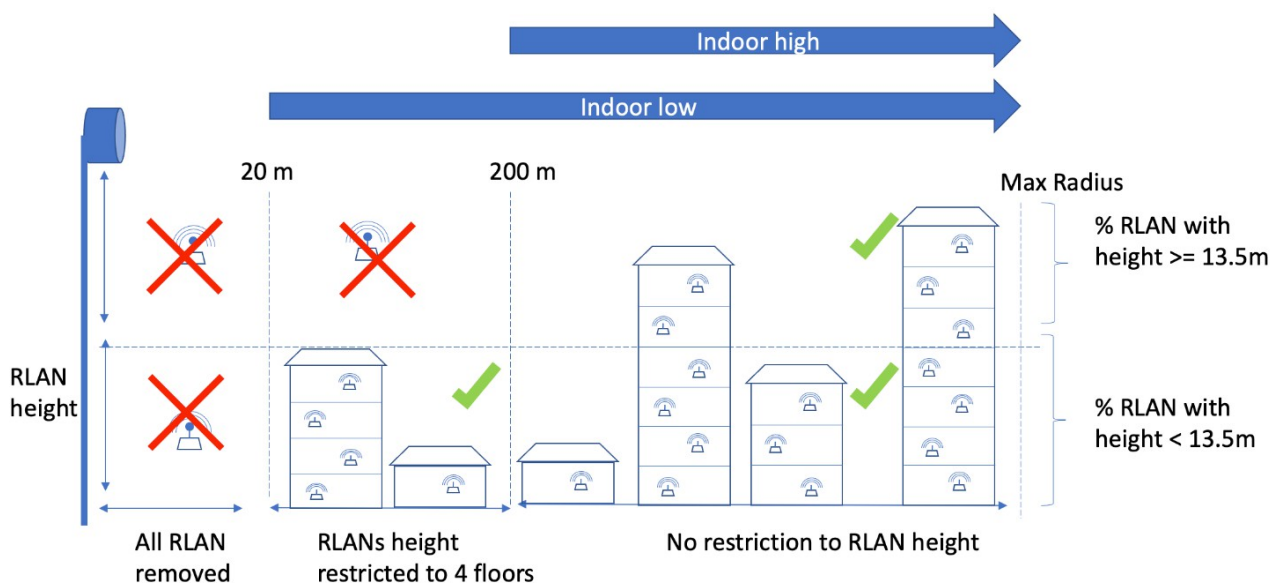
Tabulka 57: WAS/RLAN pravděpodobnost výšky pro město/město/venkov (průměr na základě ECC Report 316 kategorie)

Podlaž a	Výška (m)	urban	předměstí	venko v	venkovní
pozemní	1.5	32.25	53.81	71.03	95
1	4.5	23.02	25.93	25.43	2
2	7.5	13.23	7.87	1.66	2
3	10.5	9.78	5.13	1.01	0.5
4	13.5	7.19	3.06	0.52	0

Podla h	Výška (m)	městs ké	předměstí	venko v	venkovní
5	16.5	5.11	1.41	0.13	0
6	19.5	3.86	1.09	0.1	0
7	22.5	2.78	0.81	0.07	0
8	25.5	1.83	0.56	0.04	0
9	28.5	0.99	0.34	0.01	0.5

Pro všechny simulace se předpokládá vyloučená zóna 20 m kolem přijímače FS, aby se předešlo nereálnému případu, kdy by byl na přijímač FS namontován systém WAS/RLAN. Jedná se o stejnou hodnotu, jaká je použita ve zprávě ECC Report 316. Záměrem vyloučené zóny 20 m je modelovat, že reálně nebudou existovat žádné budovy/konstrukce menší než 20 m (tj. konzervativní hodnota, protože lze uvažovat o větší vzdálenosti), přinejmenším v Německu/Evropě z důvodu stavební regulace, regulace emisní bezpečnosti, regulace, aby lidé neskákali z věží atd... Z hlediska VF bychom také neměli zapomínat na vzdálenost blízkého pole, v níž se plně nevytváří anténní obraz/zisk. Pro případy, kdy je FS namontován na střeše budovy, se předpokládá, že ztráty konstrukce budovy budou dostatečné, aby se zabránilo jakémukoli "vertikálnímu" rušení od RLAN v budově.

V případě simulace, kdy se výška FS blíží nejvyšším zařízením WAS/RLAN, tj. kdy je výška FS 30 m a nejvyšší budova 28,5 m, je třeba při modelování věnovat zvláštní pozornost tomu, aby se WAS/RLAN statisticky nevytvářel před hlavním paprskem FS, protože je nereálné, aby se před Rx FS nacházela vysoká budova. Tento bod byl řešen ve zprávě ECC 316. Proto nelze simulovat WAS/RLAN do vzdálenosti 20 m od FS a do 200 m, pokud je výška zařízení WAS/RLAN vyšší než 10,5 m. To je znázorněno na obrázku 31.



Obrázek 31: Příklad algoritmu "WAS/RLAN Odstranění výšky a vzdálenosti"

Aby bylo možné použít oficiální verzi SEAMCAT a vyhnout se dodatečnému zpracování dat, používá se následující přístup: Zařízení WAS/RLAN, která mají výškové rozložení nižší než 10,5 m včetně, jsou rovnoměrně rozložena od 20 m do maximálního poloměru odpovídajícího poloměru města (tj. "vnitřní nízké") a zařízení WAS/RLAN, která mají výškové rozložení vyšší než 10,5 m, jsou rovnoměrně rozložena od 200 m do největšího poloměru (tj. "vnitřní nízké").

"indoor high"). Použití různých prstenců s různou výškou zohledňuje Fresnelovu zónu.

V případě Frankfurtu je největší poloměr 8,89 km, to znamená, že plocha "vnitřní nízké" je 248,285 km² a plocha "vnitřní vysoké" je 248,161 km². Všimněte si, že rozdíl v ploše obou je tak malý, že rozdíl v hustotě zařízení WAS/RLAN je považován za zanedbatelný. Venkovní zařízení jsou z tohoto procesu vyloučena, protože pravděpodobnost, že se nacházejí před FS, je zanedbatelná.

Pro analýzu nízké výšky antény FS je kategorie "městská" rozdělena do dvou tabulek, jak je uvedeno níže v tabulce 58 (a) a tabulce 58 (b). Podle kategorie "městské" je přibližně 78 % zařízení WAS/RLAN pod úrovní rovnou výšce. 10,5 m a 22 % je vyšších.

Tabulka 58: Rozložení vnitřní výšky WAS/RLAN, když je výška FS nižší než maximální výška WAS/RLAN (10,5 m) pro městský model

Podlaha	Výška (m)	pravděpodobnost	Normalizovaná pravděpodobnost
pozemní	1.5	32.25	41.20
1	4.5	23.02	29.41
2	7.5	13.23	16.90
3	10.5	9.78	12.49
		78.27%	100%

Podlaha	Výška (m)	pravděpodobnost	Normalizovaná pravděpodobnost
4	13.5	7.19	33.03
5	16.5	5.11	23.50
6	19.5	3.86	17.72
7	22.5	2.78	12.76
8	25.5	1.83	8.43
9	28.5	0.99	4.56
		21.76%	100%

(a) Výška WAS/RLAN pro "vnitřní nízkou"

(b) Výška WAS/RLAN pro "vnitřní vysokou".

A3.2.3 Výpočet přenosových ztrát

Ve studii byl použit externí model šíření (ePMP). Model WINNER II [9] byl použit do vzdálenosti 1 km, přičemž prvních 40 m je horní hranice modelu volného prostoru [10]. Pro vzdálenosti větší než 1 km je použito doporučení ITU-R P.2001-4 [19] se ztrátou rušení (doporučení ITU-R P.2108-0 [8]) pro městské a příměstské oblasti. Uvažuje se předpoklad plochého terénu. To je shrnuto v tabulkách 59 a 60.

Tabulka 59: Parametry ePMP

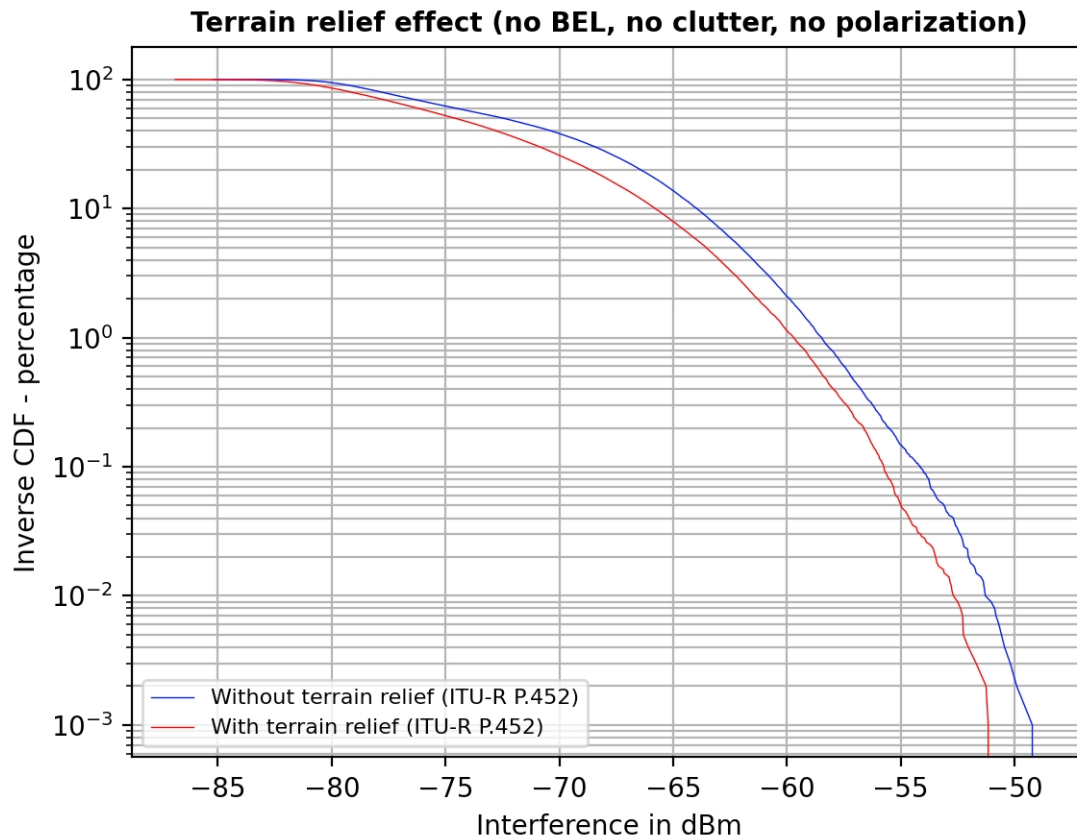
Parametry	Hodnota	Jednotka
Polarizační ztráta	3	dB
Doporučení ITU-R P.2109 (pouze vnitřní) Ztráta pravděpodobnosti	1 až 99	%
Doporučení ITU-R P.2109 (pouze vnitřní) Typ budovy	70 % tradičních 30% tepelná účinnost	
Volný prostor (doporučení ITU-R P.525) bod přerušení	0.04	km
Bod zlomu WINNER II	1.0	km
Model WINNER II	Urban: C2 Příměstské: C1 Venkov: D1	-
WINNER II LoS	Pravděpodobnost LoS	-
Doporučení ITU-R P.2001-4 Časové procento	0,001 až 100	%

Parametry	Hodnota	Jednotka
Doporučení ITU-R P.2001-4 Rx/Tx LAT/LON	Výchozí hodnota SEAMCAT - není relevantní, protože se předpokládá rovinný terén	-
Doporučení ITU-R P.2001-4 Polarizace	vertikální	
Model nepořádku	Urban: Doporučení ITU-R P.2108 Příměstské: Doporučení ITU-R P.2108 Venkov: Doporučení ITU-R P.452-17 (oddíl 4.5.3 a 4.5.4)	
Doporučení ITU-R P.2108 procento umístění	0,001 až 100	%
Doporučení ITU-R P.452 model nepořádku (tj. vesnice)	Jmenovitá výška rušení = 5 m Jmenovitá vzdálenost rušení = 0,07 km	-

Tabulka 60: Modely šíření pro města a příměstské oblasti

Horizontální vzdálenost	Model šíření	Pouze pro vnitřní prostory (ztráta při vstupu do budovy)	Nepořádek
$0 \text{ m} \leq d < 40 \text{ m}$	Volný prostor	ITU-R S.2109 [11] (70 % tradiční, 30 % moderní, rovnoměrné rozložení pravděpodobnosti od 1 do 99 %)	nepoužije se
$40 \text{ m} \leq d < 1000 \text{ m}$	Model WINNER II (městská makrobuňka C2 nebo příměstská makrobuňka C1)	ITU-R P.2109 (70% tradiční, 30% moderní, rovnoměrné rozdělení pravděpodobnosti od 1 do 99 %)	Stanovení pravděpodobnosti poměru LOS a NLOS je vlastní modelu WINNER II.
$d \geq 1000 \text{ m}$	Doporučení IT U-R P.2001-4 (časové procento: rovnoměrné rozdělení od 0,001 % do 100%)	ITU-R P.2109 (70% tradiční, 30% moderní, rovnoměrné rozdělení pravděpodobnosti od 1 % do 99 %)	ITU-R P.2108-0 (Procento umístění: rovnoměrné rozdělení od 0,001 % do 99 %)

SEAMCAT předpokládá rovný povrch terénu, což nezohledňuje možné dodatečné ztráty způsobené reliéfem terénu. Poskytnuté výsledky jsou proto konzervativní. Pro ilustraci je na obrázku 32 znázorněn rozdíl v agregovaných výsledcích rušení při použití buď rovného povrchu terénu, nebo reliéfního povrchu terénu. Při použití scénáře 11 (jako příkladu uspořádání) výsledky na obrázku prezentují vliv reliéfu terénu na ITU-R P.452 (není simulován žádný BEL, žádné rušení a žádné polarizační ztráty, takže se nedívejte na absolutní hodnotu, ale na relativní hodnotu). FS byl umístěn na skutečné místo v oblasti Frankfurtu. Byly použity soubory SRTM 1arc sec .bil v3 [14]. Výsledky založené na předpokladech plochého terénu (modrá křivka) poskytují větší rušení ve srovnání s tím, když se uvažuje reliéf terénu (tj. ne plochý).



Obrázek 32: Znázornění vlivu reliéfu terénu na výsledky rušení A3.2.4

Výsledky simulace

A3.2.4. 1 Simulační scénáře

Tato studie ukazuje současný dopad vnitřních a venkovních zařízení WAS/RLAN na přijímač FS. V tabulce 61 je uveden souhrn scénářů, které byly zvažovány.

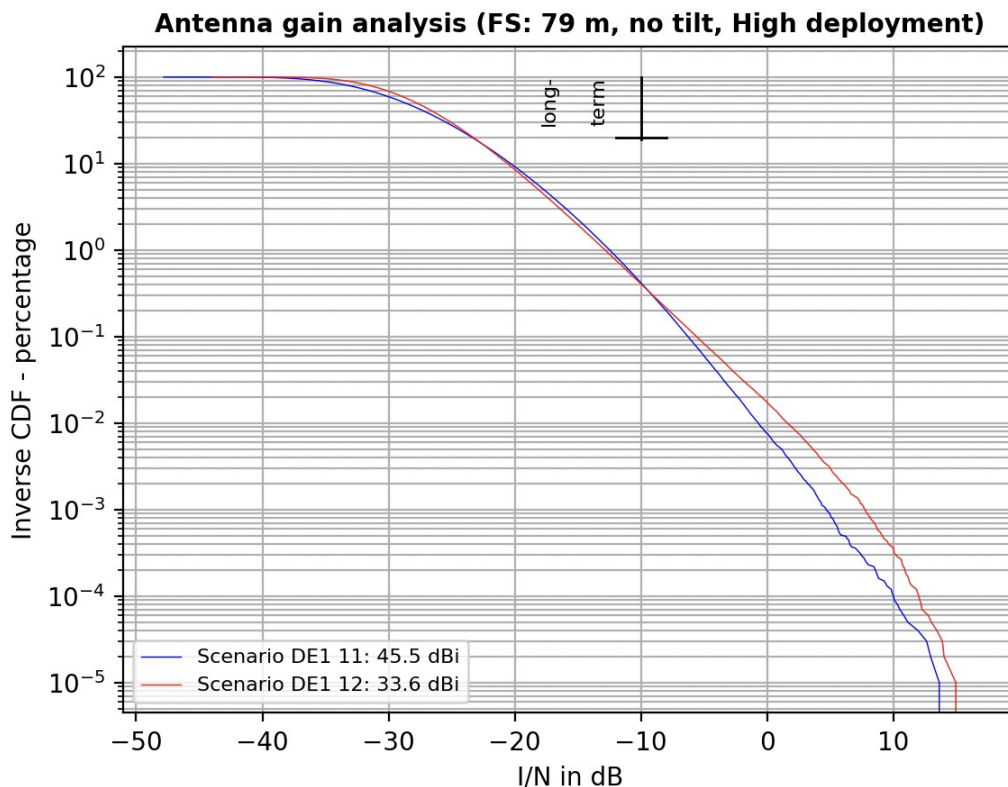
Tabulka 61: Tabulka 61: Shrnutí simulačních scénářů

filename	city	Antenna gain	deployment density	FS height	FS ant.	urban 1 height (indoor)	urban 2 height (indoor)	suburban height (indoor)	rural height (indoor)	outdoor Height	forest/ag ricultural land	exclusion zone	
scenario_DE1_	11 Frankfurt	45.5	high	79 (90%)	ITU-R F.1245	Hurban	Hurban	Hsuburban	rural	Hout	option 1	20 m	baseline
	12 Frankfurt	33.6	high	79 (90%)	ITU-R F.1245	Hurban	Hurban	Hsuburban	rural	Hout	option 1	20 m	Sensitivity
	13 Frankfurt	45.5	low	79 (90%)	ITU-R F.1245	Hurban	Hurban	Hsuburban	rural	Hout	option 1	20 m	Sensitivity
	14 Frankfurt	45.5	mid	79 (90%)	ITU-R F.1245	Hurban	Hurban	Hsuburban	rural	Hout	option 1	20 m	Sensitivity
	15 Frankfurt	45.5	high	45 (50%)	ITU-R F.1245	Hurban	Hurban	Hsuburban	rural	Hout	option 1	20 m	Sensitivity
	16 Frankfurt	45.5	high	30 (10%)	ITU-R F.1245	Hurban_low/high	Hurban_low/high	Hsuburban	rural	Hout	option 1	20 m	Sensitivity
	17 Frankfurt	45.5	low	30 (10%)	ITU-R F.1245	Hurban_low/high	Hurban_low/high	Hsuburban	rural	Hout	option 1	20 m	Sensitivity
	18 Frankfurt	45.5	mid	30 (10%)	ITU-R F.1245	Hurban_low/high	Hurban_low/high	Hsuburban	rural	Hout	option 1	20 m	Sensitivity

A3.2.4. 2 Výsledky pro současný vnitřní a venkovní provoz pro realistický případ

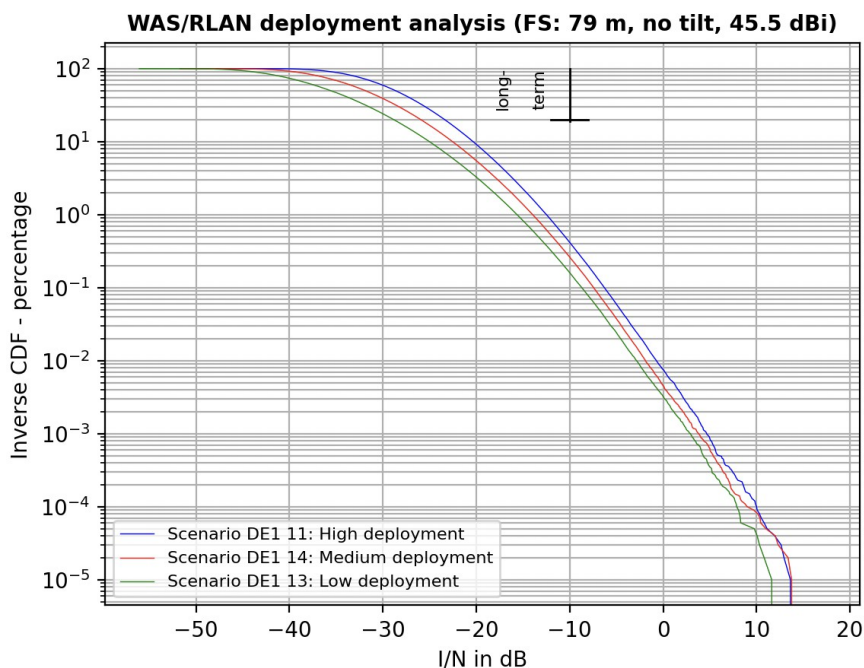
Celkové výsledky, znázorněné na obrázcích 33 a 34, jsou prezentovány z hlediska inverzního (tj. doplňkového) CDF I/N na přijímači FS, aby bylo možné posoudit kritérium dlouhodobého a krátkodobého rušení a navázat na výsledky uvedené ve zprávě ECC 302 a zprávě ECC 316 pro dolní pásmo 6 GHz.

Obrázek 33 ukazuje vliv dvou různých zisků antény 33,6 dBi a 45,5 dBi. Pro oba zisky antény (tj. min a max) s nejvyšší výškou antény FS jsou dodržena kritéria dlouhodobého rušení.



Obrázek 33: Inverzní CDF výsledků I/N pro nejvyšší výšky FS a s min. a max. ziskem antény

Na obrázku 34 je uvedena analýza citlivosti pro tři nasazení WAS/RLAN (tj. vysoké, střední a nízké) za předpokladu nejvyšší výšky antény FS s maximálním ziskem antény. U těchto tří rozmístění jsou dodržena kritéria dlouhodobého a krátkodobého rušení.

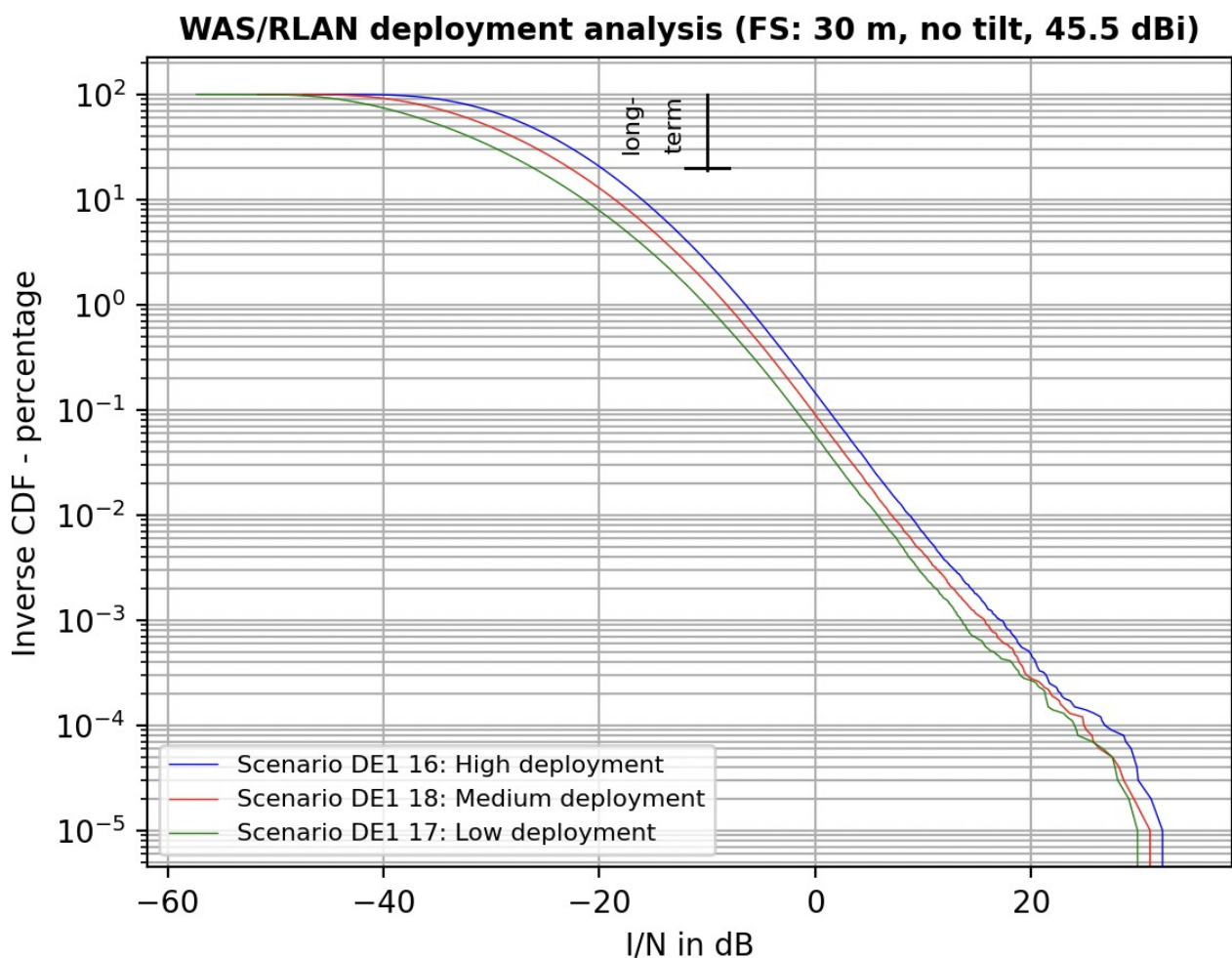


Obrázek 34: Inverzní CDF výsledků I/N pro nejvyšší výšky FS a maximální zisk antény pro tři různé kategorie rozmístění

A3.2.4.3 Výsledky analýzy citlivosti

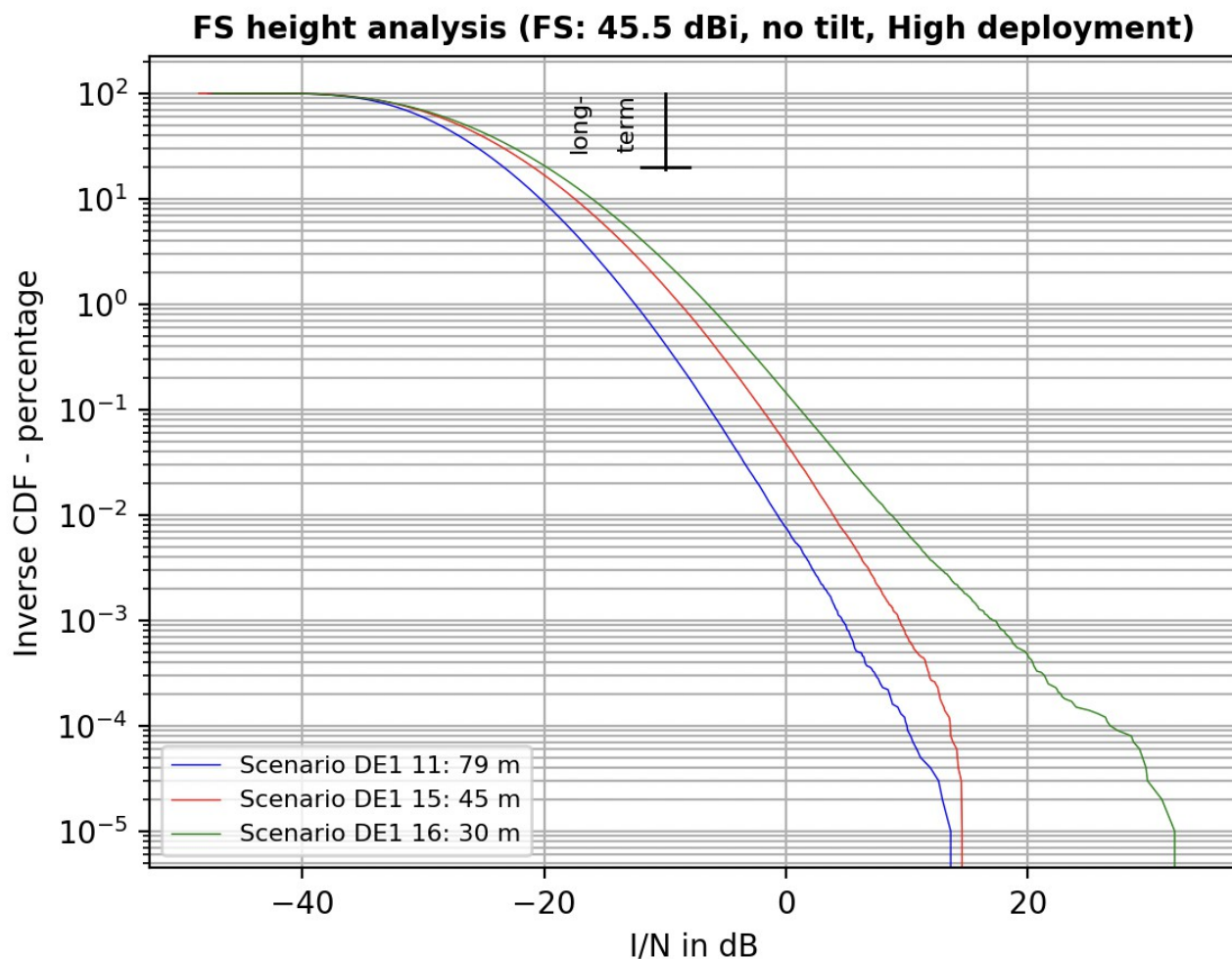
V této části jsou uvedeny další výsledky založené na analýze citlivosti. Zkoumané scénáře v této analýze citlivosti neodrážejí skutečné rozmístění ve Frankfurtu, protože modelování předpokládá, že FS Rx je ve středu rušiče s rovnoměrným rozložením. Ve skutečnosti nejsou přijímače FS ve Frankfurtu v centru města, ale spíše na okraji města směřujícím od centra, tj. většina rušičů s vysokou hustotou se nachází v zadním laloku antény FS.

Jediným cílem této analýzy je ukázat, že i při vysoké hustotě osídlení a vysoké výšce budov je sdílení stále možné s anténou FS o výšce pouhých 30 m, což představuje 10 % německého parku FS. Na obrázku 35 je uvedena analýza citlivosti pro tři nasazení WAS/RLAN (tj. vysoké, střední a nízké) za předpokladu nejnižší výšky antény FS (tj. 30 m) s maximálním ziskem antény. Pro tato tři výšková rozmístění jsou dodržena kritéria dlouhodobého a krátkodobého rušení.



Obrázek 35: Inverzní CDF výsledků I/N pro nejnižší výšky FS a maximální zisk antény pro tři různé kategorie nasazení.

Na obrázku 36 je uvedena analýza citlivosti na výšku antény FS (tj. 79 m, 45 m a 30 m) za předpokladu vysokého nasazení WAS/RLAN a maximálního zisku antény FS. Pro tyto tři výšky antén jsou dodržena kritéria dlouhodobého a krátkodobého rušení. Je důležité zvážit jak vliv agregovaného rušení (tj. vysoké FS), tak i jednotlivého rušení (tj. nízké FS). Proto je důležité zkoumat nízké a vysoké FS antény, medián není tak relevantní, ale uvádí se pro usnadnění.



Obrázek 36: Inverzní CDF výsledků I/N pro tři výšky FS s maximálním ziskem antény FS a vysokým nasazením WAS/RLAN

A3.3 VÝSLEDKY FDP

Výsledky I/N byly následně zpracovány pro výpočet frakční degradační výkonnosti (FDP) podle rovnic uvedených v PŘÍLOZE 11:.

Výsledky FDP jsou uvedeny v tabulce 63. Výpočet uvažuje obecný spoj FS, který nemá ATPC. V Německu je mediánová velikost spoje FS 24,48 km.

V tomto příspěvku jsou hodnoty Fade Margin (FM) a Net Fade Margin (NFM) získány z databáze německého regulátora. Hodnoty představují 5 %-ní a 95 %-ní hranici minimálního rozdělení FM a hodnotu módu (tj. nejpoužívanější hodnotu).

Hodnoty se pohybují v rozmezí a jsou konkrétnější pro Německo a poskytují realističtější obraz, protože pocházejí ze statistik skutečných spojů pro různé délky spojů včetně 24,48 km. Všimněte si, že hodnoty NFM jsou nižší než FM podle rozsahu ATPC. Souřadnice GPS přesných spojů FS jsou důvěrné, proto byla pro výpočet P_0 podle ITU-R P.530 použita souřadnice LAT, LON ve spolkových zemích Hesensko.

FDP v tabulce 63 bez ATPC a v tabulce 64 s ATPC se vypočítá s parametry uvedenými v tabulce 62.

Tabulka 62: Vstupní parametry pro výpočet FDP bez ATPC

Parametry	Hodnoty
Zeměpisná šířka (Poznámka1)	49.5804
Zeměpisná délka (Poznámka1)	9.0550
Výška FS Tx (m)	Závislost na scénáři {79, 45, 30}
Výška FS Rx (m)	Závislost na scénáři {79, 45, 30}
Frekvence (MHz)	6685
Šumová dolní mez přijímače (dBm)	-92.94
Délka středního spoje FS (km)	24.48
FM minimum (5% a 95% pól) a mód (dB)	{23, 40.3, 29.7}
Minimální NFM (5% a 95% pól) a režim (dB)	{11, 27.3, 24.9}
Poznámka 1: Zeměpisná šířka a délka představují náhodnou polohu ve spolkové zemi Essen poblíž Frankfurtu a nepředstavují přesnou polohu FS.	

Výsledky z tabulky 63 ukazují, že všechny hodnoty FDP jsou nižší než 10 %.

Tabulka 63: Frakční degradační výkon bez ATPC

Scénář	FS Zisk antény (dBi)	RLAN hustota nasazení	FS výška antény (m)	FS střední délka spoje (km)	FDP(%) Min FM 5% percentil: 23 dB	FDP(%) Min FM 95% percentil: 40,3 dB	FDP(%) FM režim: 29,7 dB
11	45.5	vysoká	79 (90%)	24.48	0.44	0.48	0.48
12	33.6	vysoká	79 (90%)	24.48	0.47	0.51	0.5 1
13	45.5	nízká	79 (90%)	24.48	0.17	0.19	0.19
14	45.5	v polovině	79 (90%)	24.48	0.28	0.31	0.31
15	45.5	vysoká	45 (50%)	24.48	0.92	1.02	1.02
16	45.5	vysoká	30 (10%)	24.48	2.65	1.88	2.98
17	45.5	nízká	30 (10%)	24.48	1.31	0.76	1.2
18	45.5	v polovině	30 (10%)	24.48	1.85	1.20	1.75

Tabulka 64: Frakční degradační výkon s ATPC

Scénář	FS Zisk antény (dBi)	RLAN hustota nasazení	FS výška antény (m)	FS střední délka spoje (km)	FDP(%) Min FM 5% percentil: 11 dB	FDP(%) Max FM 5% percentil: 27,3 dB	FDP(%) FM režim: 24,9 dB
11	45.5	vysoká	79 (90%)	24.48	0.61	0.48	0.44

Scénář	FS Zisk antény (dBi)	RLAN hustota nasazení	FS výška antény (m)	FS střední délka spoje (km)	FDP(%) Min FM 5% percentil: 11 dB	FDP(%) Max FM 5% percentil: 27,3 dB	FDP(%) FM režim: 24,9 dB
12	33.6	vysoká	79 (90%)	24.48	0.77	0.51	0.46
13	45.5	nízká	79 (90%)	24.48	0.24	0.19	0.17
14	45.5	v polovině	79 (90%)	24.48	0.4	0.31	0.28
15	45.5	vysoká	45 (50%)	24.48	1.5	1.01	0.91
16	45.5	vysoká	30 (10%)	24.48	4.18	2.97	2.67
17	45.5	nízká	30 (10%)	24.48	1.68	1.38	1.28
18	45.5	v polovině	30 (10%)	24.48	2.66	1.85	1.83

A3.4 SIMULACE MONTE CARLO S ODDĚLENOU POLOHOU A ČASEM

A3.4.1 Metodika umístění/času

Monte Carlo s oddělenou polohou/časem má řešit zvlášť pevné rušivé vlivy a zvlášť mobilní rušivé vlivy. V kontextu této studie jsou pevnými rušiteli přístupové body RLAN (AP) a klientská zařízení RLAN jsou mobilní.

Abychom mohli oddělit místo a čas, podívejme se nejprve na rušivou rozpočtovou vazbu:

$$iRSS_{victim} = [P_{txinterferer} + G_{txinterferer} + G_{Rxvictim} + B_{ELink} + C_{Link} + P_{Link}]_{AF}$$

kde:

- $iRSS_{victim}$ je přijímaný signál na přijímači oběti v dB.
- $P_{txinterferer}$ je vysílací výkon rušitele. Každá síť RLAN bude vysílat jiný e.i.r.p. (podle rozdělení) a bude vysílat s různou šířkou pásma. Předpokládá se, že pro každý časový okamžik AP vysílá stejný výkon a používá stejnou šířku pásma.
- $G_{txinterferer}$ je zisk antény od rušivého vysílače. U každého přístupového bodu se liší. Je modelován jako konstantní hodnota 0 dB, protože je modelován v rozdělení e.i.r.p.. Předpokládá se, že v časové oblasti je to konstantní hodnota.
- $G_{Rxvictim}$ je zisk antény z přijímače oběti. Pro každý spoj FS-AP se liší. Vypočítává se podle doporučení ITU-R F. 1245. Předpokládá se, že je to konstantní hodnota v časové oblasti.
- B_{ELink} je vstupní ztráta budovy (BEL) mezi AP a FS. Vypočítává se podle doporučení ITU-R P.2109 a jedná se o statistický model. Předpokládá se, že BEL je v časové oblasti konstantní, protože struktura stěn se v čase nemění.
- C_{Link} je ztráta rušením mezi AP a FS. CL se počítá pro městské a příměstské prostředí pomocí doporučení ITU-R P.2108 a jedná se o statistický model. Pro venkovské prostředí se používá model rušení podle doporučení ITU-R P.452-17, který není statistický. Předpokládá se, že se prostředí s rušením v časové oblasti nemění.
- P_{Link} je ztráta šíření mezi AP a FS. **Mění se v závislosti na čase.** Je kombinací tří modelů
 - Od 0 do 40 m] se používá doporučení ITU-R P.525. Nejedná se o statistický model
 - Od 40 m do 1 km se používá model WINNER II. Jedná se o statistický model bez časového vstupu. Předpokládá se, že statistická odchylka bude zástupným ukazatelem časového vývoje. Dokumentace WINNER II [9], oddíl 3.5, vysvětluje podmínky nomádského kanálu, kde lze předpokládat, že se rozptyly mohou pohybovat v čase s přítomností člověka.
 - Od 1 km do rádiového horizontu se používá doporučení ITU-R P.2001. Jedná se o statistický model s časovým vstupem.

- AF je faktor aktivity. Faktor aktivity byl změřen a obsahuje signalizaci. Tento faktor určuje, která z vybraných sítí RLAN bude v určitém časovém okamžiku aktivní. **To způsobí, že se aktivní AP budou v čase měnit.**

Odkaz [9] v několika případech vysvětluje, že dopad pohyblivých clusterů pro nomádské modely (oddíl 3.5) "Ve skutečnosti je to v mnoha případech zcela typické, například když v blízkosti vysílače pracují lidé. Pro nomádské prostředí je také typické, že přístupový bod a zejména uživatelské terminály mohou měnit místo, např. v místnosti, a dokonce z místnosti odcházet. Nejdůležitější vlastností, kterou je třeba při modelování kanálu zohlednit, jsou však pohybující se rozptylovače. [...]. Kočovní kanály mohou v zásadě existovat ve všech scénářích nasazení systému WINNER, a to jak ve vnitřních, tak ve venkovních prostorách".

Dále je uvedeno, že "V interiérech se předpokládá, že pohybující se objekty (tzv. shluky) jsou lidé."

Každý model WINNER II má standardní odchylku stínového blednutí, která představuje variabilitu kanálu rádiového šíření, která může být závislá na čase nebo prostoru. Model WINNER II B5 uvažuje, že oba vysílače jsou pevné a že standardní odchylka stínového blednutí se pohybuje v rozmezí 4 až 8 dB v závislosti na podmínkách LOS a NLOS. U modelu B5 je změna shluku pouze časová.

Kanál C2 použitý v této studii jako městský model, tedy pod 1 km, vykazuje také standardní odchylku stínového blednutí v rozmezí 4 až 8 dB, proto se předpokládá, že statistická odchylka bude zástupná pro časový vývoj, protože model může obsahovat časové a prostorové složky.

Při spuštění simulace se celkový počet přístupových bodů RLAN odvozuje z hodin obsazenosti, faktoru 6GHz atd... To odpovídá nalezení fondu přístupových bodů, z nichž některé budou aktivní a některé ne. Tento fond RLAN AP se nazývá **morfologický fond**.

Počet aktivních přístupových bodů RLAN je závislý na AF a bude vybrán z této morfologie. Tato morfologie se v čase nemění. Pro každou časovou událost budou aktivní různá AP této morfologie. Výběr pevné sítě RLAN se pro každý časový okamžik mění, zatímco morfologie se nemění. Pro každý časový okamžik se vypočítá I/N, což vede k rozdělení I/N v "pseudo" časové oblasti.

Pro každou jednotlivou morfologii se vypočítá jeden výkon frakční degradace (FDP) z a) rozdělení I/N a b) rozdělení fade, které přijímač FS zaznamenal v důsledku vícecestného nebo dešťového fadingu. Fade na přijímači FS se vypočítá pomocí doporučení ITU-R P.530 a závisí na charakteristikách spoje (LAT/LON, výška, délka spoje, dostupnost/NFM).

Ke statistickému zkoumání FDP v oblasti umístění je třeba vytvořit několik morfologií. To povede k rozdělení FDP ve formě kumulativní distribuční funkce (CDF).

To lze zapsat v následujícím pseudokódu:

```

Výpočet celkového počtu sítí RLAN
Výpočet počtu aktivních sítí RLAN Pro
každou událost umístění
    Vytvoření fondu morfologie generováním celkového počtu sítí RLAN
    Pro každý pseudočasový okamžik
        Pro každou síť RLAN
            Náhodný výběr počtu aktivních sítí RLAN z fondu Výpočet
            agregovaného času I/Npseudo
        Konec
    Shromážděte vektor I/Npseudočasová událost
    Konec
    Výpočet Fade podle ITU-R P.530
    Výpočet FDPlokace = funkce (vektor I/Npseudočasová událost, Fade)
    Konec
Shromáždění události FDPlocation
Generování CDF události FDPlocation

```

A3.4.2 Kompletní simulace a výpočet FDP

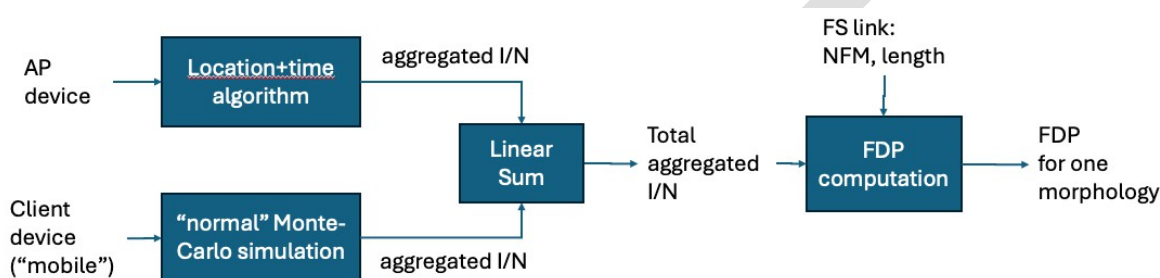
Celá simulace se skládá ze dvou sad simulací:

1. Sada simulací Monte Carlo s oddělenou polohou a časem pouze pro zařízení AP
2. Sada společné simulace umístění/času Monte Carlo pouze pro klientská zařízení

Pro každou morfologickou událost se vypočítá FDP(%). Celková I/N, z níž se odvozuje FDP, se skládá z lineárního součtu agregovaných vzorků I/N pro zařízení AP a agregovaných vzorků I/N pro klientská zařízení.

Bylo simulováno 5000 morfologických událostí a 1 milion časových

událostí. Obrázek 37 znázorňuje celý proces simulace.



Obrázek 37: Kompletní simulační proces pro získání FDP(%)

A3.4.3 Simulační předpoklady

Faktor aktivity (AF) byl měřen pro zařízení AP i klientská zařízení dohromady. Pro zařízení AP a klientská zařízení neexistuje individuální AF, proto se předpokládá, že AF pro AP a klienta je stejný.

V porovnání s "běžnou" simulací Monte Carlo se liší následující předpoklady:

- Rozdělení e.i.r.p. AP a klienta bylo odděleno.
- Pro vysoké nasazení sítě RLAN byl počet simulovaných přístupových bodů a klientských zařízení rozdělen. V této studii je uvažována možnost A (tj. na základě metodiky ECC Report 302).

Ostatní předpoklady "konvenční" simulace Monte Carlo zůstávají stejné.

A3.4.3. 1AP e.i.r.p.

Hodnoty e.i.r.p. klienta a AP jsou nyní odděleny. V tabulce 65 je uvedeno rozdělení e.i.r.p. pouze pro AP.

Tabulka 65: Rozdělení AP e.i.r.p.

Gmax (dB)	AP Pravděpodobnost (%)	Gmax (dB)	AP Pravděpodobnost (%)	Gmax (dB)	AP Pravděpodobnost (%)	Gmax (dB)	AP Pravděpodobnost (%)
-7	0.099406	3	1.2546	13	6.6638	23	1.8621
-6	0.066031	4	1.2434	14	7.8203		
-5	0.20884	5	2.3172	15	8.6798		
-4	0.050212	6	1.9677	16	8.4656		
-3	0.11187	7	2.6282	17	8.8269		

Gmax (dB)	AP Pravděpodob nost (%)	Gmax (dB)	AP Pravděpodob nost (%)	Gmax (dB)	AP Pravděpodob nost (%)	Gmax (dB)	AP Pravděpodob nost (%)
-2	0.36413	8	3.6108	18	8.4427		
-1	0.74216	9	3.6073	19	4.3163		
0	0.64993	10	4.7088	20	3.0841		
1	0.91867	11	5.9779	21	1.8584		
2	0.58648	12	7.0536	22	1.8128		

A3.4.3.2 Nasazení zařízení AP

Tabulka 66 uvádí předpoklady pro odvození morfologického fondu. Celkem 58 240 AP tvoří morfologický fond. Pro každou časovou událost se z tohoto souboru AP vybere určitý počet aktivních zařízení (tj. 58 240 *1,97 %).

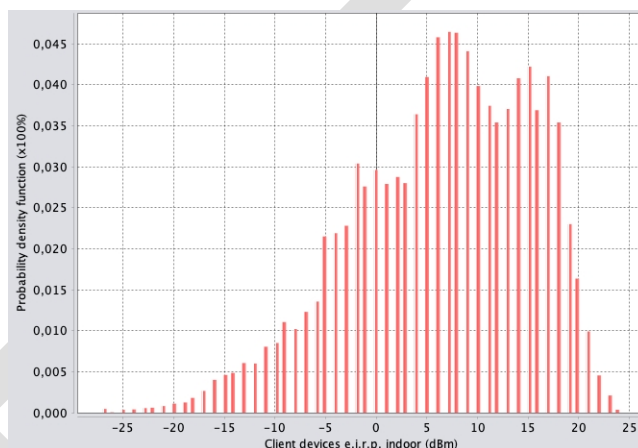
Tabulka 66: Vysoké nasazení AP (scénář A)

	Kroužek 0	Kroužek 1	Kroužek 2	Kroužek 3
Model rádia	"městský 1"	"městský 2" +voda	Příměstské + 50 % les	Venkov + 50 % les +zemědělství
Poloměr simulace	8.88	19.02	45.75	81,60 (poznámka 1) Zkrácení rádiového horizontu: 59
Celkový počet obyvatel	758710	1107956	1249877	249975
Bezdrátová zařízení pracující ve spektru osvobozeném od licence	90%	90%	90%	90%
Horní faktor 6 GHz	62.70%	62.70%	62.70%	62.70%
Faktor přijetí na trhu (zařízení s frekvencí 6 GHz)	40.73%	40.73%	40.73%	40.73%
Faktor rušných hodin	50%	50%	50%	50%
Poměr AP/klient	66.32%	66.32%	66.32%	66.32%
RF Activity factor pro získání fond morfologie	100%	100%	100%	100%
Faktor překrývání šířky pásmo	23.95%	23.95%	23.95%	23.95%
Ekvivalentní počet AP pro fond morfologie	13856	20234	22826	4565 (Poznámka 1) Zkrácení rádiového horizontu: 1325

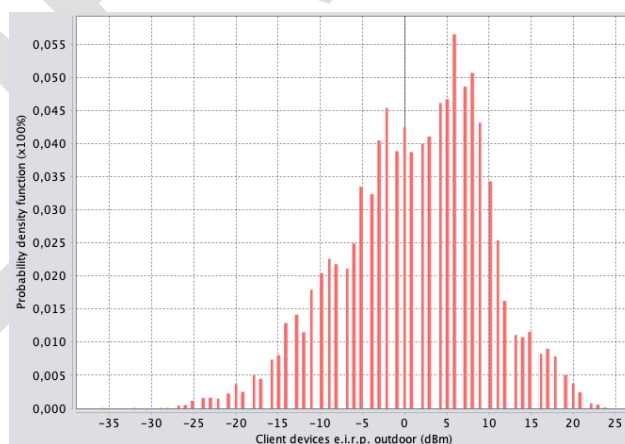
	Kroužek 0	Kroužek 1	Kroužek 2	Kroužek 3
Vnitřní celkový bazén AP	13856	20234	22826	1325
Venkovní AP	0	0	0	0
AF pro agenturu AP	1.97%	1.97%	1.97%	1.97%
Poznámka 1: Vzhledem k tomu, že rádiový horizont je 59 km, bude třeba poslední prstenec zkrátit až k rádiovému horizontu při zachování hustoty obyvatelstva. Zkrácení z 82 km na 59 km odpovídá zmenšení plochy o 29,02 %, což bude odpovídat snížení počtu simulovaných zařízení WAS/RLAN o stejné procento.				

A3.4.3. 3Klient e.i.r.p.

Klientská zařízení e.i.r.p. se skládají z kombinace klient bez BL, klient s BL, VLP s BL. AP je z rozdělení e.i.r.p. použitého v "konvenční" Monte-Carlo simulaci odstraněn. Obrázek 38 a obrázek 39 představují rozložení e.i.r.p. pro klientská zařízení umístěná uvnitř, resp. venku.



Obrázek 38: Rozložení e.i.r.p. klientů pro vnitřní zařízení



Obrázek 39: Rozložení e.i.r.p. klientů pro venkovní zařízení

A3.4.3.4 Nasazení klientských zařízení

Tabulka 66 uvádí předpoklady pro odvození morfologického fondu. Celkem 58 240 AP tvoří morfologický fond. Pro každou časovou událost se z tohoto souboru AP vybere určitý počet aktivních zařízení (tj. 58 240 *1,97 %).

Tabulka 67: Vysoké nasazení klientů (scénář A)

	Kroužek 0	Kroužek 1	Kroužek 2	Kroužek 3
Model rádia	"městský 1"	"městský 2" +voda	Předměstí + 50% les	Venkov + 50 % les +zemědělství
Poloměr simulace	8.88	19.02	45.75	81,60 (poznámka 1) Zkrácení rádiového horizontu: 59
Celkový počet obyvatel	758710	1107956	1249877	249975
Bezdrátová zařízení pracující ve spektru osvobozeném od licence	90%	90%	90%	90%
Horní faktor 6 GHz	62.70%	62.70%	62.70%	62.70%
Faktor přijetí na trhu (zařízení s frekvencí 6 GHz)	40.73%	40.73%	40.73%	40.73%
Faktor rušných hodin	50%	50%	50%	50%
Poměr AP/klient	33.68%	33.68%	33.68%	33.68%
Faktor aktivity RF pro klientská zařízení	1.97%	1.97%	1.97%	1.97%
Faktor překrývání šířky pásma	23.95%	23.95%	23.95%	23.95%
Ekvivalentní počet okamžitě vysílajících klientských zařízení	139	202	228	46 (Poznámka 1) Zkrácení rádiového horizontu: 13
Vnitřní klientská zařízení (98,8 %)	137	200	226	13
Venkovní klientská zařízení (1,2 %)	2	2	3	1

Poznámka 1: Vzhledem k tomu, že rádiový horizont je 59 km, bude třeba poslední prstenec zkrátit až k rádiovému horizontu při zachování hustoty obyvatelstva. Zkrácení z 82 km na 59 km odpovídá zmenšení plochy o 29,02 %, což bude odpovídat snížení počtu simulovaných zařízení WAS/RLAN o stejné procento.

A3.4.4 Výsledky simulace

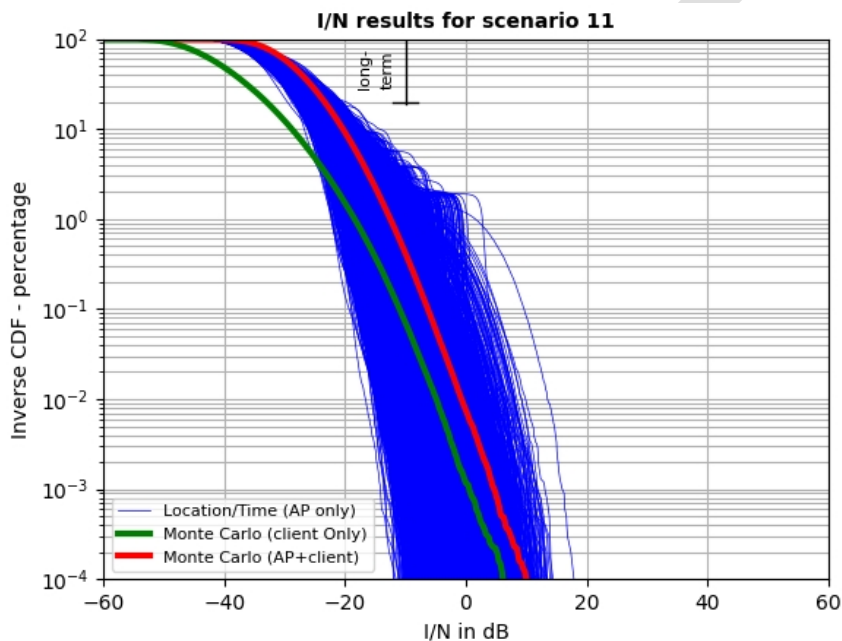
Zkoumají se dva scénáře: Scénář 11 (vysoká výška antény FS) a scénář 16 (nízká výška antény FS).

A3.4.4. 1I/N Výsledky

Obrázek 40 ukazuje CCDF výsledků I/N pro scénář 11 (vysoká výška antény FS). Jsou

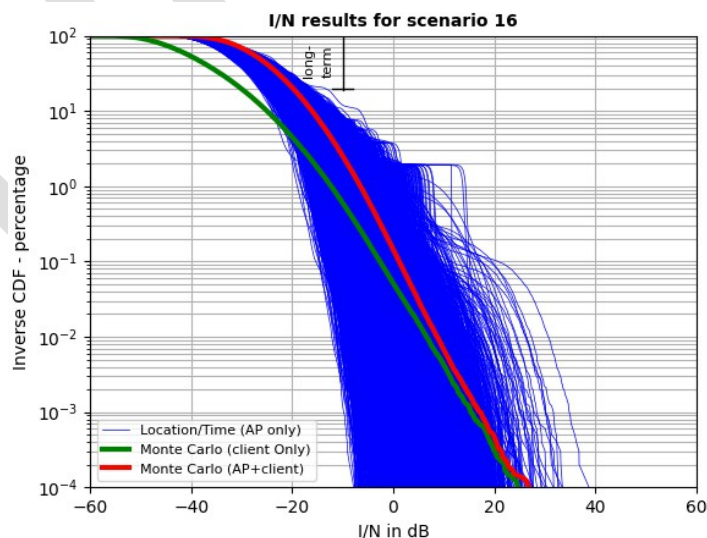
zobrazeny tři sady křivek:

- První sada, tvořená 1 červenou křivkou, představuje rozdělení I/N zařízení AP i klientů současně modelované pomocí "konvenčního" přístupu Monte Carlo.
- Druhá sada, tvořená 1 zelenou křivkou, představuje rozdělení I/N pouze klientských zařízení s použitím "konvenčního" přístupu Monte Carlo.
- Třetí soubor, sestávající z 5000 modrých křivek, představuje rozdělení I/N pouze pro zařízení AP s použitím Monte Carlo s odděleným umístěním/časem.



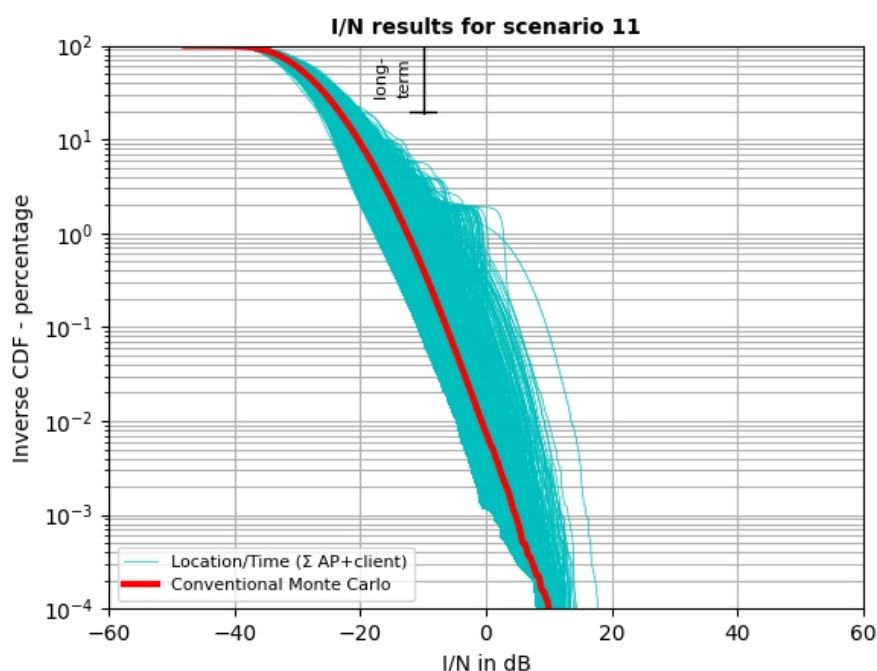
Obrázek 40: Výsledky I/N pro scénář 11 (vysoká výška antény FS) - možnost A (5000 morfologických událostí)

Obrázek 41 ukazuje CCDF výsledků I/N pro scénář 16 (nízká výška antény FS).

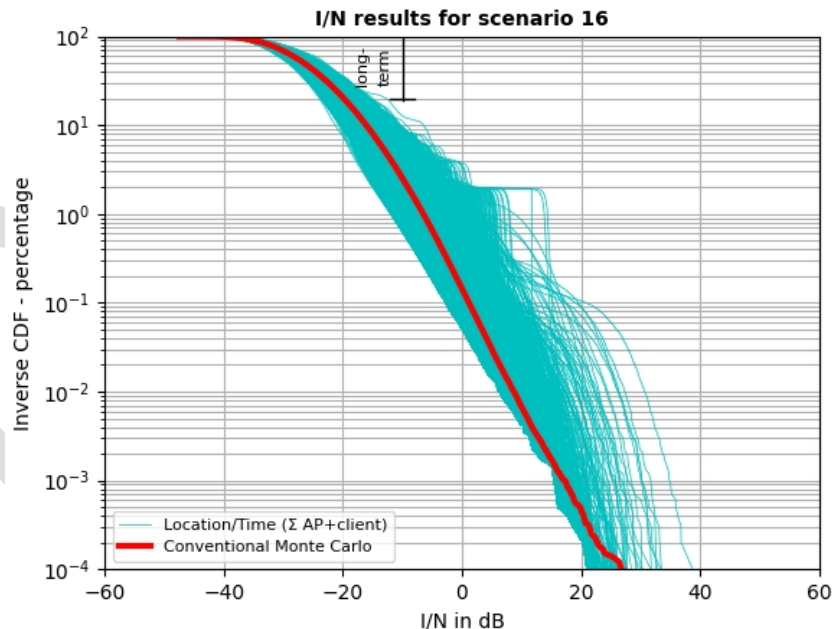


Obrázek 41: Výsledky I/N pro scénář 16 (nízká výška antény FS) - možnost A

(5000 morfologických událostí)



Obrázek 42: Výsledky I/N pro konvenční Monte Carlo a agregovaný čas/lokaci klienta a AP pro scénář 11 (vysoká výška antény FS) - možnost A (5000 morfologických událostí)



Obrázek 43: Výsledky I/N pro konvenční Monte Carlo a agregovaný čas/lokaci klienta a AP pro scénář 16 (nízká výška antény FS) - možnost A (5000 morfologických událostí)

Dlouhodobé ochranné kritérium -10 dB při 20 % času je dodrženo.

A3.4.4.2 Výsledky FDP (%)

FDP se počítají s parametry uvedenými v tabulce 68.

Tabulka 68: Vstupní parametry pro výpočet FDP bez ATPC

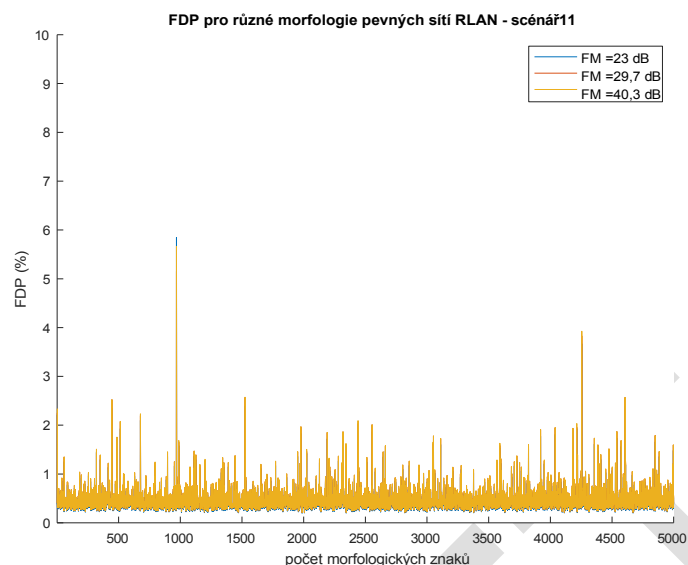
Parametry	Scénář 11	Scénář 16
Zeměpisná šířka (Poznámka1)	49.5804	49.5804
Zeměpisná délka (Poznámka1)	9.0550	9.0550
Výška FS Tx (m)	79	30
Výška FS Rx (m)	79	30
Frekvence (MHz)	6685	6685
Šumová dolní mez přijímače (dBm)	-92.94	-92.94
Délka středního spoje FS (km)	24.48	24.48
Poznámka 1: Zeměpisná šířka a délka představují náhodnou polohu ve spolkové zemi Essen poblíž Frankfurtu a nepředstavují přesnou polohu FS.		

Tabulka 69: Vstupní parametry FM pro výpočet FDP

Parametr	Hodnota
FM minimum (5% a 95% pól) a mód (dB)	{23, 40.3, 29.7}

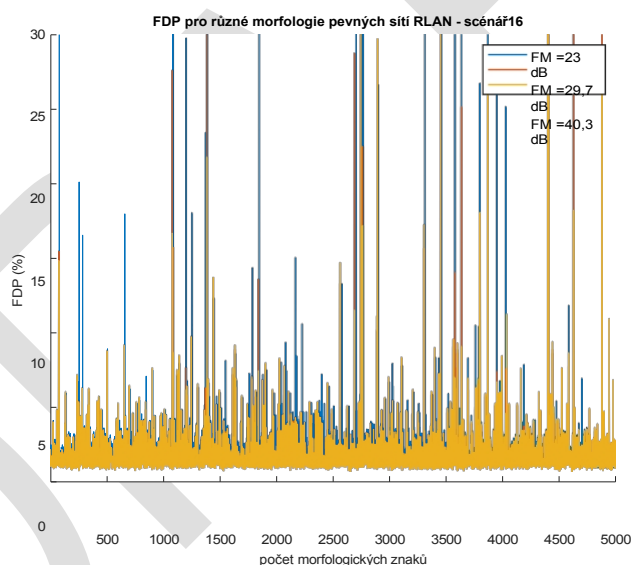
FDP vs. pevná morfologie sítě RLAN

Na obrázku 44 je znázorněn FDP(%) pro scénář 11 vypočtený pro FM = 23 dB, 29,7 dB a 40,3 dB jako funkce počtu pevných morfologií RLAN.



Obrázek 44: FDP pro různé morfologie pevných sítí RLAN - pro scénář 11 (vysoká výška antény FS)

Obrázek 45 ukazuje FDP(%) pro scénář 16, vypočtený pro třístupňové rozpětí.



Obrázek 45: FDP pro různé morfologie pevných sítí RLAN - pro scénář 16 (nízká výška antény FS)

Poznámka: U scénáře 16 může být v některých případech FDP v porovnání s ostatními hodnotami drasticky vysoká, což ztěžuje odvození pdf a cdf. Proto jsou všechny hodnoty FDP vyšší než 30 % zkráceny na 30 %.

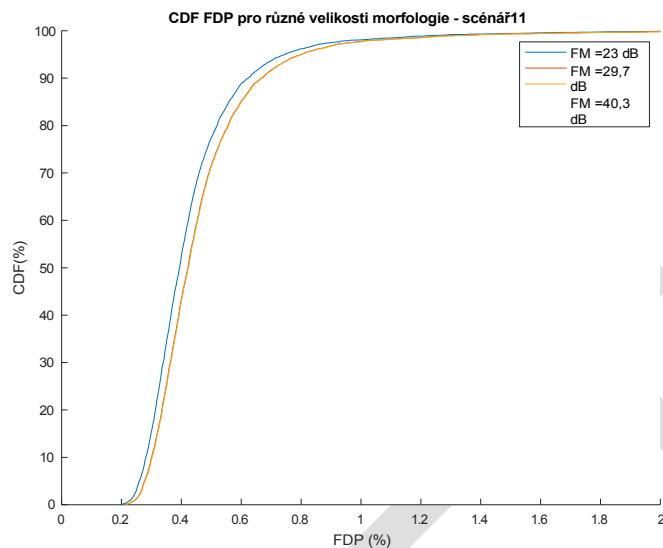
Kumulativní distribuční funkce (cdf) FDP

Obrázek 46 pro scénář 11 (vysoká FS) ukazuje cdf při uvažování FM = 23 dB, 29,7 dB a 40,3 dB.

Medián (tj. 50 %) dává FDP = 0,39 % (pro FM = 23 dB), FDP = 0,42 % (pro FM = 29,7 dB) a FDP = 0,42 % (pro FM = 40,3 dB). Při porovnání mediánových hodnot s hodnotami FDP(%) vypočtenými na základě "konvenčního" Monte Carlo, jak je uvedeno v tabulce 70, se ukazuje, že výsledky FDP(%) jsou vzájemně konzistentní.

Ačkoli by se očekávalo, že pro větší FM bude FDP nižší, pro tento scénář s nízkým I/N je to ve skutečnosti naopak, FDP je větší o 0,03 % pro velké FM.

Výsledky z obrázku 46 (tj. scénář 11) ukazují, že u přijímače s vysokým FS nehrozí degradace z RLAN do spoje FS, protože maximální FDP je 2 %.

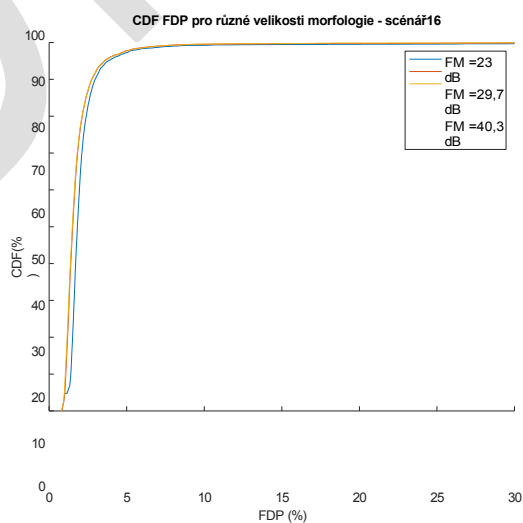


Obrázek 46: cdf FDP - scénář 11 (vysoká výška antény FS)

Tabulka 70: FDP(%) pro scénář 11 (vysoká výška antény FS - možnost A) z analýzy Monte Carlo

Scénář	Zisk antény (dBi)	hustota nasazení	FS výška (m)	FS střední délka spoje (km)	FDP(%) Min FM 5% percentil: 23 dB	FDP(%) FM režim: 29,7 dB	FDP(%) Max FM 5% percentil: 40,3 dB
11 (možnost A)	45.5	vysoká	79 (90%)	24.48	0.45	0.48	0.48

Obrázek 47 pro scénář 16 (nízká FS) uvádí cdf FDP(%) a tabulka 71 shrnuje procento pevných morfologií sítě RLAN, u nichž FDP nepřekračuje 10% kritérium FDP.



Obrázek 47: cdf FDP - scénář 16 (nízká výška antény FS)

Scénář 16 vykazuje vyšší úroveň I/N než scénář 11. Procento pevných morfologií RLAN, u nichž FDP nepřekračuje 10% kritérium FDP, je 99,2 % pro minimum 5 %-ního FM (tj. 23 dB) a 99,6 % pro scénář 1.

pro maximální hodnotu 5%-ile FM (tj. 40,3 dB). Jinými slovy, výsledky ukazují, že pravděpodobnost zhoršení kvality spoje FS je velmi vzácná, protože přibližně méně než 0,8 % a 0,4 % pevné morfologie RLAN způsobilo překročení FDP o 10 % pro 5 %-ile FM, resp. 95 %-ile.

Tabulka 71: Procento pevných morfologií RLAN, kde FDP>10% (scénář 16)

FM	23	29,7 dB	40,3 dB
Procento morfologie pod 10 %	99.2%	99.5%	99.58%

Medián (50 %) výsledků pro scénář 16 dává FDP = 1,82 % (pro FM = 23 dB), FDP = 1,52 % (pro FM = 29,7 dB) a FDP = 1,49 % (pro FM = 40,3 dB). Tyto hodnoty jsou nižší než u analýzy metodou Monte Carlo, jak je uvedeno v tabulce 72, což je způsobeno tím, že rozdělení není rovnoměrné.

Podle očekávání jsou výsledky FDP nižší pro velké hodnoty FM.

Tabulka 72: FDP(%) pro scénář 16 (nízká výška antény FS - možnost A) z analýzy Monte Carlo

Scénář	Zisk antény (dBi)	hustota nasazení	Výška FS (m)	FS střední délka spoje (km)	FDP(%) Min FM 5% percentil: 23 dB	FDP(%) FM režim: 29,7 dB	FDP(%) Max FM 5% percentil: 40,3 dB
16 (možnost A)	45.5	vysoká	30 (10%)	24.48	2.65	2.98	1.88

A3.5 ZÁVĚRY

Byly provedeny simulace Monte Carlo s využitím 10 milionů událostí, aby se posoudilo, zda jsou splněna dlouhodobá kritéria a FDP, pokud jsou současně v provozu sítě WAS/RLAN s nízkým výkonem (LPI) uvnitř budov (přičemž náhodné sítě LPI jsou venku) a sítě WAS/RLAN s velmi nízkým výkonem (VLP) venku.

Studie se zabývaly Frankfurtem, což je velké hustě obydlené německé město s okolními předměstskými a venkovskými oblastmi. Velikost simulačního poloměru¹² je omezen rádiovým horizontem (tj. 59 km). Studie se zaměřily na nasazení WAS/RLAN s nejvyšším výškovým rozložením budov jako referenčním bodem, různým špičkovým ziskem antény (33,6 dBi a 45,5 dBi), různou výškou antény FS (tj. 30 m, 45 a 79 m) a pro tři různé modely hustoty nasazení WAS/RLAN scénáře A. SEAMCAT předpokládá rovný povrch terénu, což nezohledňuje možné dodatečné ztráty způsobené reliéfem terénu. Proto jsou uvedené výsledky konzervativní.

Výsledky z velkého počtu společných událostí Monte Carlo v závislosti na poloze a čase ukazují, že práh dlouhodobé ochrany (-10 dB pro méně než 20 % běhů) je dodržen ve všech případech, a to i při náhodném venkovním LPI. Všechny výsledky FDP jsou nižší než 10 %. Hodnoty FDP získané pro obecný spoj FS v místě s ATPC a bez ATPC jsou všechny pod 10 %. Jinými slovy, výsledky ukazují, že pravděpodobnost znehodnocení spoje FS je velmi vzácná.

Provedené společné simulace Monte Carlo s ohledem na polohu a čas používaly pro výpočet procenta rušení rozdělení podle polohy a času. Proto jsou výsledky vyjádřeny v procentech polohy a času, a nikoli pouze v procentech času.

¹² Velký simulační poloměr, tj. až do rádiového horizontu, zachycuje všechny agregované účinky sítí WAS/RLAN, aby se plně zohlednil dlouhodobý účinek rušení.

Při simulacích Monte Carlo s odděleným místem/časem pro danou lokalitu byly zkoumány scénář 11 (vysoká FS) a scénář 16 (nízká FS), protože mají nejhorší rozdělení I/N. V této studii bylo uvažováno 5000 různých pevných morfologií RLAN reprezentujících polohu-událost) a 1 milion časových událostí. Tyto scénáře byly rovněž zkoumány pomocí společné metodiky Monte Carlo pro polohu a čas.

Kritérium dlouhodobé ochrany -10 dB při 20 % času je dodrženo.

Scénář 11 s vysokou výškou antény FS vykazoval mnohem menší rušení do přijímače FS a metodika Monte Carlo s odděleným místem/časem nezjistila žádné překročení FDP = 10 %, což znamená, že neexistuje žádné riziko degradace ze sítě RLAN do spoje FS.

Scénář 16 s nízkou výškou antény FS vykazuje vyšší úroveň rušení. Procento pevných morfologií RLAN, kde FDP nepřekračuje 10% kritérium FDP, je 99,2 % pro FM=23 dB, 99,5 % pro FM=29,7 dB a 99,6 % pro FM=40,3 dB. Jinými slovy, výsledky ukazují, že pravděpodobnost zhoršení kvality spoje FS je velmi vzácná, protože přibližně méně než 0,8 %, resp. 0,4 % pevných morfologií RLAN způsobilo překročení FDP 10 % pro minimální 5 %-ní FM, resp. minimální 95 %-ní FM.

Hodnota FDP získaná ze společného umístění/času Monte Carlo a mediánová hodnota z odděleného umístění/času Monte Carlo jsou ve všech případech podobné.

ANNEX 4: SDÍLENÍ S PEVNOU SLUŽBOU - OBECNÁ STUDIE LOKALITY B

Tato studie je podobná analýze frankfurtského scénáře v PŘÍLOZE 3: používá však alternativní metodu pro posouzení potenciálního rušení pevné služby. Jsou předloženy dvě sady výsledků s různými parametry, s použitím různých vzorů antén FS a modelů polarizačních ztrát.

A4.1 PARAMETRY SIMULACE

A4.1.1 Parametry sítě RLAN

Parametry sítě RLAN jsou stejné jako v části 3 s následujícími poznámkami (viz tabulka 73):

Tabulka 73: Parametry pro systémy RLAN pro frekvenční rozsah 6425-7125 MHz

Parametr	Hodnota pro tuto studii	Poznámka
Výškové rozdělení RLAN	Stejně jako v PŘÍLOZE 3: pro nasazení ve "městě".	
Faktor překrývání šířky pásma	23,95 %, stejně jako v PŘÍLOZE 3:	Pro 40 MHz FS

A4.1.2 Parametry FS

Parametry FS jsou stejné jako v oddíle 4 s následujícími rozdíly a poznámkami (viz tabulka 74):

Tabulka 74: Parametry pro systémy PP FS pro frekvenční rozsah 6425-7125 MHz

Parametr	Hodnota pro tuto studii	Poznámka
Střední frekvence (MHz)	6775 (střed pásma)	
Polarizační ztráta (dB) (Poznámka)	Náhodná polarizační ztráta	Podle zprávy ECC 302, oddíl 6.3.1 Krok 2)
	3	Stejně jako v PŘÍLOZE 3:
Špičkový zisk antény (dBi)	45,5 (max.) 33,6 (min)	Stejně jako v PŘÍLOZE 3:
Vzor antény (Poznámka)	Doporučení ITU-R F.699	Pro rušení s jedním vstupem
	Doporučení ITU-R F.1245	Pro souhrnné rušení
Výška antény (m)	10%: 30 50%: 45 90%: 79	Stejně jako v PŘÍLOZE 3:
Šumové číslo přijímače (NF) typické (dB)	5	Stejně jako v PŘÍLOZE 3:
Náklon antény nahoru/dolů (stupně)	0	Stejně jako v PŘÍLOZE 3:
Požadavek na ochranu	FDP < 10%	Dlouhodobě se nepovažuje za
Rozpětí zeslabení (dB)	5%: 23 50%: 29.7 95%: 40.3	Stejně jako v PŘÍLOZE 3:
Délka skoku FS (km)	5%: 13 50%: 24.48 95%: 50.78	
Poznámka: První sada výsledků používá anténní vzor F.699 a náhodnou polarizační ztrátu; druhá sada používá F.1245 a polarizační ztrátu 3 dB.		

Parametry spojení FS pro účely hodnocení FDP jsou uvedeny v tabulce 75.

Tabulka 75: Parametry spojení FS pro vyhodnocení FDP

Parametr	Hodnota
Zeměpisná délka (stupně)	9.0283 (střed spolkové země Hesensko)
Zeměpisná šířka (stupně)	50.6081 (střed spolkové země Hesensko)
Výška přijímače (m)	30 / 45 / 79
Výška vysílače (m)	Stejně jako výška přijímače
Výška terénu (m)	0
Hopová vzdálenost (km)	13 / 24.48 / 50.78
Fade Margin pro spoje bez ATPC (dB)	23 / 29.7 / 40.3
Čistá mezní hodnota útlumu pro spoje ATPC (dB)	10 / 32
Rozsah ATPC pro spoje ATPC (dB)	15 / 20

A4.1.3 Scénář a parametry šíření

Scénář je stejný jako v PŘÍLOZE 3:.. Poloměr simulace je omezen na 1 km kolem místa FS. Parametry šíření jsou uvedeny v tabulce 76.

Tabulka 76: Modely šíření

Horizontální vzdálenost	Model šíření	Pouze pro vnitřní prostory (ztráta při vstupu do budovy)	Nepořádek
$0 \text{ m} \leq d < 40 \text{ m}$	Volný prostor	ITU-R S.2109 [11] (70 % tradiční, 30 % moderní, rovnoměrné rozložení pravděpodobnosti od 1 do 99 %)	nepoužije se
$40 \text{ m} \leq d < 1000 \text{ m}$	Model WINNER II (městská makrobuňka C2 nebo příměstská makrobuňka C1)	ITU-R P.2109 (70 % tradičních, 30% moderní, rovnoměrné rozdělení pravděpodobnosti od 1 do 99 %)	Určení poměru pravděpodobnosti LOS a NLOS je vlastní modelu WINNER II

A4.2 POPIS SIMULACE

Metodika studie je následující:

- 1 Pro každý pokles Monte Carlo umístěte náhodně jednu síť RLAN do vzdálenosti 1 km od místa FS s použitím příslušných parametrů rozmístění sítě RLAN (pravděpodobnost vnitřního/venkovního rozmístění, rozdělení výšky, rozdělení e.i.r.p. atd.).
- 2 Vypočítejte I/N pomocí parametrů šíření za předpokladu, že síť RLAN vysílá na frekvenci překrývající se s frekvencí FS. Výsledná funkce rozdělení pravděpodobnosti I/N tedy odráží potenciál rušení vyplývající z jedné sítě RLAN, která se překrývá s frekvencí FS.
- 3 Pomocí parametrů spoje FS (odstup, dostupnost, ATPC atd.) vypočítejte mezní hodnotu I/N, která překročí 10 % FDP pro jednu síť RLAN s 1,97 % nebo 2,45 % faktorem aktivity RF. To lze vyřešit pomocí rovnic v PŘÍLOZE 11: a v PŘÍLOZE 12:.. Funkce hustoty pravděpodobnosti z (v lineárním oboru) je jednoduše $z = 10^{(I/N/10)}$ s pravděpodobnostmi 1,97 % nebo 2,45 % (podle toho, který faktor RF aktivity se použije) a jinak nula.

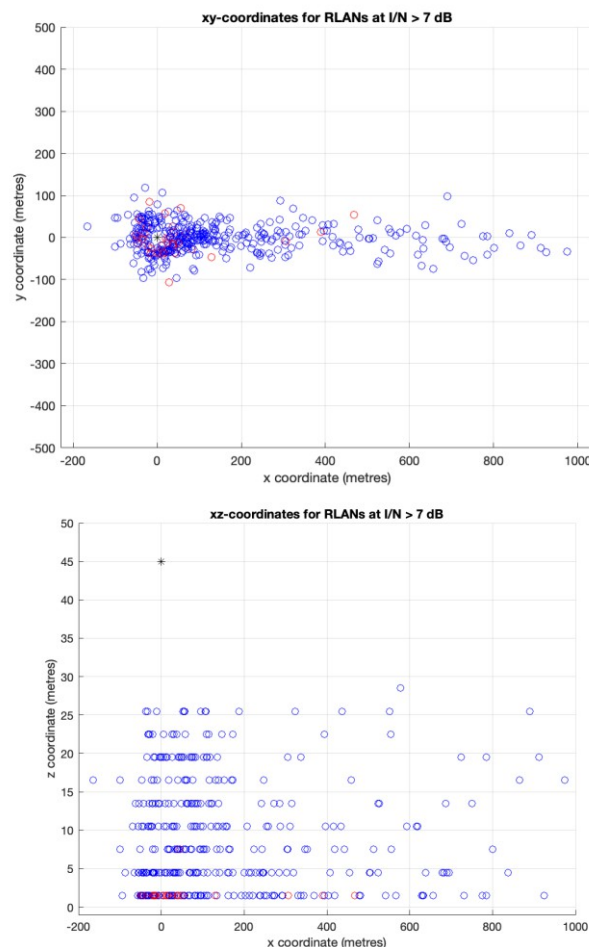
- 4 Zjistěte z I/N CDF pravděpodobnost překročení 10% FDP pro daný FS spoj. Jedná se o pravděpodobnost, když je v náhodném místě do vzdálenosti 1 km od místa FS nasazena jediná síť RLAN s kmitočtovým překryvem.
- 5 Pomocí hustoty obyvatelstva a parametrů hustoty sítě RLAN (např. faktor přijetí trhu, faktor obsazené hodiny, faktor překrývání pásma atd.) určete počet frekvenčně se překrývajících sítí RLAN v simulační oblasti pro každý scénář A a B (nízká/střední/vysoká hustota sítě RLAN).
- 6 Vypočítejte pravděpodobnost celkového překročení FDP o 10 % pomocí počtu sítí RLAN podle kroku 1. 5). To se vypočítá jako $pN = 1 - (1 - p_1)^N$, kde p_1 je pravděpodobnost podle kroku 4) a N je celkový počet frekvenčně se překrývajících sítí RLAN podle kroku 5).

A4.3 VÝSLEDKY SIMULACE

A4.3.1 Simulace Monte Carlo (krok 1)

Jak je popsáno v PŘÍLOZE 11:, účelem simulace Monte Carlo je zjistit statistiku I/N, když je v simulační oblasti (o poloměru 1 km kolem stanoviště FS) náhodně rozmístěna jedna vysílací síť RLAN s překrývajícím se kmitočtem. Simulace nebere v úvahu faktor RF aktivity, který je uvažován později v kroku 3) simulace.

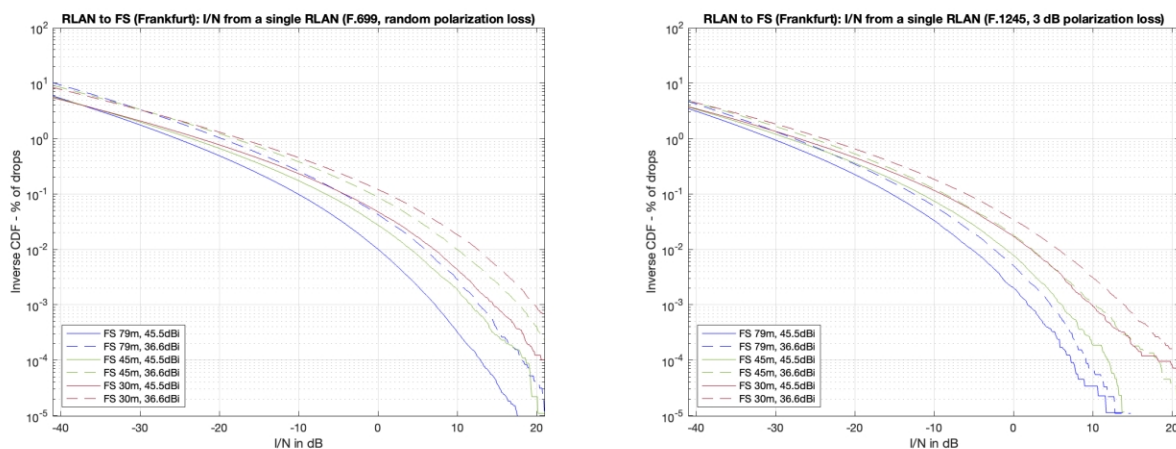
Obrázek 48 ukazuje umístění sítí RLAN pro scénář, ve kterém je výška FS 45 metrů a zisk antény FS 45,5 dBi. Zobrazena jsou pouze místa, která vedou k vysokému I/N přesahujícímu 7 dB. Modré kruhy jsou vnitřní síť RLAN a červené kruhy jsou venkovní síť RLAN. Celkem bylo simulováno 10 milionů míst, z nichž 442 míst překročilo I/N 7 dB.



Obrázek 48: Příklad umístění RLAN pro vysoké výskyty I/N (výška antény FS 45 m, anténní vzor F.699 a náhodná polarizační ztráta)

A4.3.2 Výsledek I/N (krok 2)

Následující obrázek 49 ukazuje výsledky pro všechny výšky FS (30 / 45 / 79 m) a zisky antén FS (36,6 / 45,5 dBi).



Obrázek 49: I/N vyplývající z jedné sítě RLAN na pokles Monte Carlo (vlevo: F.699 a náhodná polarizační ztráta; vpravo: F.1245 a polarizační ztráta 3 dB).

Z výsledků vyplývá, že každá RLAN, která se překrývá s frekvencí FS, má nezanedbatelnou pravděpodobnost, že způsobí vysokou I/N. Tato pravděpodobnost je menší u antén s vysokým FS a vysokým ziskem antény FS.

A4.3.3 Prahová hodnota I/N pro dílčí zhoršení výkonu > 10 % (krok 3)

Vyhodnocení FDP vyžadují základní parametry spoje FS pro určení p_0 (faktoru výskytu více cest). Ty byly uvedeny v tabulce 75.

Jak je vysvětleno v PŘÍLOZE 11., funkce hustoty pravděpodobnosti rušení z (v lineární oblasti) je $z = \frac{I/N}{10}$ s pravděpodobnostmi 1,97 % nebo 2,45 % (v závislosti na tom, který faktor RF aktivity se použije) a jinak nula.

Díky tomu je výpočet FDP poměrně jednoduchý.

Dále jsou vyhodnoceny tři různé příklady spojení pro případ bez ATPC. Výsledkem těchto příkladů je přiměřená dostupnost spojení (>99,995 %). Nejnižší výška antény FS 30 m odpovídá nejkratší délce skoku a nejnižší rezervě slábnutí a nejvyšší výška antény 79 m odpovídá nejdelší délce skoku a nejvyšší rezervě slábnutí. Ty jsou zvýrazněny v tabulce 77, která rovněž uvádí cílové hodnoty dostupnosti spoje a prahové hodnoty I/N pro 10% FDP.

Tabulka 77: Dostupnost spoje a prahová hodnota I/N pro 10% FDP pro rušitele RLAN s jedním vstupem (za předpokladu 1,97 % a 2,45 % faktorů RF aktivity), pro spoje bez ATPC

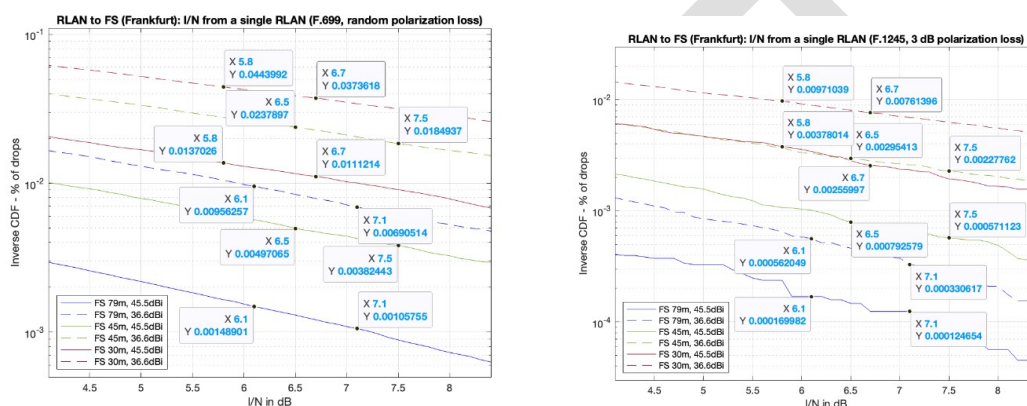
Délka skoku FS / výška antény	FM = 23 dB (5 %)	FM = 29,7 dB (50 %)	FM = 40,3 dB (95 %)
13 km (10%) / 30 m	100% - PO_0 = 99,998% I/N ≥ 6,7 dB (1,97 %) I/N ≥ 5,8 dB (2,45 %)	100% - PO_0 = 99,999% I/N ≥ 7,3 dB (1,97 %) I/N ≥ 6,3 dB (2,45 %)	100% - PO_0 = 99,9999% I/N ≥ 7,1 dB (1,97 %) I/N ≥ 6,1 dB (2,45 %)
24,48 km (50 %) / 45 m	100% - PO_0 = 99,984% I/N ≥ 7,6 dB (1,97 %) I/N ≥ 6,7 dB (2,45 %)	100% - PO_0 = 99,996% I/N ≥ 7,5 dB (1,97 %) I/N ≥ 6,5 dB (2,45 %)	100% - PO_0 = 99,999% I/N ≥ 7,1 dB (1,97 %) I/N ≥ 6,1 dB (2,45 %)
50,78 km (90 %) / 79 m	100% - PO_0 = 99,819%	100% - PO_0 = 99,957%	100% - PO_0 = 99,996%

Délka skoku FS / výška antény	FM = 23 dB (5 %)	FM = 29,7 dB (50 %)	FM = 40,3 dB (95 %)
	I/N ≥ 9,3 dB (1,97 %) I/N ≥ 8,1 dB (2,45 %)	I/N ≥ 7,9 dB (1,97 %) I/N ≥ 6,8 dB (2,45 %)	I/N ≥ 7,1 dB (1,97 %) I/N ≥ 6,1 dB (2,45 %)

U odkazů ATPC se další hodnocení neprovádí. U jakéhokoli rušitele RLAN s jedním vstupem bude podmínka 10 % FDP překročena dříve, než I/N spotřebuje celou čistou rezervu Fade Margin, proto lze v tomto konkrétním případě zvýšený výpadek vypočítat pouze pomocí Fade Margin (tj. pomocí rovnice pro spoje bez ATPC).

A4.3.4 Pravděpodobnost překročení prahu I/N pro RLAN s jedním vstupem (krok 4)

Prahové hodnoty I/N pro RLAN s jedním vstupem, které překračují kritérium 10 % FDP, jsou zahrnuty do zvětšených CDF I/N. Odpovídající pravděpodobnosti jsou uvedeny v tabulce 78.



Obrázek 50: Zvětšení I/N vyplývající z jedné sítě RLAN na pokles Monte Carlo s pravděpodobnostmi překročení prahových hodnot I/N pro 10% FDP (vlevo: F.699 a náhodná ztráta polarizace; vpravo: F.1245 a polarizační ztráta 3 dB).

Tabulka 78: Pravděpodobnost, že jedna RLAN způsobí překročení 10% FDP, v závislosti na faktoru RF aktivity

Výška antény FS / zisk	F.699, náhodná polarizační ztráta		F.1245, 3 dB polarizační ztráta	
	Scénář A 1,97 %	Scénář B 2,45 %	Scénář A 1,97 %	Scénář B 2,45 %
30 m / 36,6 dBi	I/N ≥ 6,7 dB $p_1 = 0.037362\%$	I/N ≥ 5,8 dB $p_1 = 0.044399\%$	I/N ≥ 6,7 dB $p_1 = 0.007614\%$	I/N ≥ 5,8 dB $p_1 = 0.009710\%$
30 m / 45,5 dBi	I/N ≥ 6,7 dB $p_1 = 0.011121\%$	I/N ≥ 5,8 dB $p_1 = 0.013702\%$	I/N ≥ 6,7 dB $p_1 = 0.002560\%$	I/N ≥ 5,8 dB $p_1 = 0.003780\%$
45 m / 36,6 dBi	I/N ≥ 7,5 dB $p_1 = 0.018494\%$	I/N ≥ 6,5 dB $p_1 = 0.023790\%$	I/N ≥ 7,5 dB $p_1 = 0.002278\%$	I/N ≥ 6,5 dB $p_1 = 0.002954\%$
45 m / 45,5 dBi	I/N ≥ 7,5 dB $p_1 = 0.003824\%$	I/N ≥ 6,5 dB $p_1 = 0.004971\%$	I/N ≥ 7,5 dB $p_1 = 0.000571\%$	I/N ≥ 6,5 dB $p_1 = 0.000793\%$
79 m / 36,6 dBi	I/N ≥ 7,1 dB $p_1 = 0.006905\%$	I/N ≥ 6,1 dB $p_1 = 0.009563\%$	I/N ≥ 7,1 dB $p_1 = 0.000331\%$	I/N ≥ 6,1 dB $p_1 = 0.000562\%$
79 m / 45,5 dBi	I/N ≥ 7,1 dB $p_1 = 0.001058\%$	I/N ≥ 6,1 dB $p_1 = 0.001489\%$	I/N ≥ 7,1 dB $p_1 = 0.000125\%$	I/N ≥ 6,1 dB $p_1 = 0.000170\%$

A4.3.5 Počet nasazených sítí RLAN (krok 5)

Krok 4) určil pravděpodobnost, že jedna překrývající se síť RLAN způsobí rušení sítě FS. Pro pochopení celkové pravděpodobnosti rušení z celkového počtu nasazených sítí RLAN je třeba vypočítat počet nasazených sítí RLAN.

Pro tento výpočet se používá model nasazení sítí RLAN, jak je uvedeno v tabulce 79.

Tabulka 79: Výpočet aktivních překrývajících se frekvencí RLAN

	Scénář A			Scénář B		
	Nízká	Mid	Vysoká	Nízká	Mid	Vysoká
Zařízení RLAN proxy na osobu	1	1	1	1	1	1
Faktor osvobozený od licence	90%	90%	90%	NEUPLAT ŇUJE SE	NEUPLAT ŇUJE SE	NEUPLAT ŇUJE SE
Faktor rušné hodiny	50%	62.7%	62.7%	50%	62.7%	62.7%
Faktor přijetí na trhu	25%	32%	50%	28%	36%	60%
Horní faktor 6 GHz	40.75%	40.75%	40.75%	47.03%	47.03%	47.03%
Faktor překrytí šířky pásma (40 MHz FS)	23.95%	23.95%	23.95%	23.95%	23.95%	23.95%
Aktivní překrývající se frekvence RLAN na osobu	0.0110	0.0176	0.0275	0.0158	0.0254	0.0424
Hustota obyvatelstva v oblasti Frankfurtu	3058 / km ²					
Počet obyvatel v okruhu 1 km	9607					
Aktivní síť RLAN s překrývajícími se frekvencemi	105	169	265	151	244	407

A4.3.6 Pravděpodobnost, že celkové nasazení sítě RLAN překročí 10 % FDP (krok 6)

Vzhledem k pravděpodobnosti 10% překročení FDP z jedné frekvenčně se překrývající sítě RLAN (p_1) a celkovému počtu frekvenčně se překrývajících sítí RLAN (N) lze celkovou 10% pravděpodobnost překročení FDP vypočítat jako $p_N = 1 - (1 - p_1)^N$. To je uvedeno v tabulce 80 pro anténní vzor F.699 FS a náhodnou polarizační ztrátu. Pro anténní vzor F.1245 a polarizační ztrátu 3 dB jsou výsledky uvedeny v tabulce 81.

Tabulka 80: Pravděpodobnost překročení 10 % FDP v důsledku rozmístění sítí RLAN (při hustotě obyvatelstva 3058/km²) - anténní vzor F.699 FS a náhodná polarizační ztráta

	Scénář A			Scénář B		
	Nízká	Mid	Vysoká	Nízká	Mid	Vysoká
Výška antény FS / zisk antény						
30 m / 36,6 dBi	3.85%	6.12%	9.43%	6.49%	10.27%	16.54%
30 m / 45,5 dBi	1.16%	1.86%	2.90%	2.05%	3.29%	5.42%
45 m / 36,6 dBi	1.92%	3.08%	4.78%	3.53%	5.64%	9.23%
45 m / 45,5 dBi	0.40%	0.64%	1.01%	0.75%	1.21%	2.00%
79 m / 36,6 dBi	0.72%	1.16%	1.81%	1.43%	2.31%	3.82%
79 m / 45,5 dBi	0.11%	0.18%	0.28%	0.22%	0.36%	0.60%

Tabulka 81: Pravděpodobnost překročení 10 % FDP v důsledku rozmístění sítě RLAN (při hustotě obyvatelstva 3058/km²) - anténní vzor F.1245 FS a polarizační ztráta 3 dB

Výška antény FS / zisk antény	Scénář A			Scénář B		
	Nízká	Mid	Vysoká	Nízká	Mid	Vysoká
30 m / 36,6 dBi	0.80%	1.28%	2.00%	1.46%	2.34%	3.88%
30 m / 45,5 dBi	0.27%	0.43%	0.68%	0.57%	0.92%	1.53%
45 m / 36,6 dBi	0.24%	0.38%	0.60%	0.45%	0.72%	1.20%
45 m / 45,5 dBi	0.06%	0.10%	0.15%	0.12%	0.19%	0.32%
79 m / 36,6 dBi	0.03%	0.06%	0.09%	0.08%	0.14%	0.23%
79 m / 45,5 dBi	0.01%	0.02%	0.03%	0.03%	0.04%	0.07%

Při použití anténního vzoru FS F.699 a náhodných polarizačních ztrát lze výsledky shrnout takto:

- Pro nízké výšky antén se pravděpodobnost, že rozmístění RLAN způsobí překročení 10% FDP v oblasti Frankfurtu, pohybuje od 1,16 % do 16,54 % (FM = 23 dB) v závislosti na scénáři hustoty RLAN a zisku antény FS;
- U středně vysokých antén se pravděpodobnost pohybuje od 0,40 % do 9,23 % (FM = 29,7 dB);
- U antén s vysokým FS se pravděpodobnost pohybuje od 0,11 % do 2,77 % (FM = 40,3 dB).

Při použití anténního vzoru FS F.1245 a polarizační ztráty 3 dB lze výsledky shrnout takto:

- Pro nízké výšky antén se pravděpodobnost, že rozmístění RLAN způsobí překročení 10% FDP v oblasti Frankfurtu, pohybuje od 0,27 % do 3,88 % (FM = 23 dB) v závislosti na scénáři hustoty RLAN a zisku antény FS;
- U středně vysokých antén se pravděpodobnost pohybuje od 0,06 % do 1,20 % (FM = 29,7 dB);
- U antén s vysokým FS se pravděpodobnost pohybuje od 0,01 % do 0,23 % (FM = 40,3 dB).

V rámci hlavního laloku FS se mohou vyskytovat potenciální rušivé vlivy sítě RLAN mimo dosah 1 km, které nejsou v této studii zohledněny a které by mohly potenciálně zvýšit pravděpodobnost překročení 10% FDP.

ANNEX 5: SDÍLENÍ S PEVNOU SLUŽBOU - OBECNÁ STUDIE LOKALITY C

A5.1 ÚVOD

Studie založené na standardních simulacích Monte Carlo se běžně používají v technických zprávách CEPT k posouzení sdílení a kompatibility různých služeb využívajících stejné nebo sousední frekvenční pásmo. Takové studie byly použity také u pevné služby (FS).

Typický přístup Monte Carlo spočívá ve spuštění sady náhodných iterací, někdy v řádu milionů, přičemž se při každé iteraci náhodně nastaví všechny relevantní parametry, jako je umístění a ztráty šíření. Rušení u oběti se zaznamenává pro všechny iterace. Běžně se vytváří CDF nebo PDF rušení nebo poměru rušení k šumu (I/N), který se pak používá k posouzení kompatibility.

Jedním z problémů tohoto přístupu a získaných statistik rušení nebo hodnot I/N je však to, že jsou funkcí času i místa. Na druhé straně jsou kritéria ochrany pro FS definována pouze pro čas. Proto není standardní přístup Monte Carlo pro studie FS přímo vhodný. Jedním z řešení je provést oddělenou časově-místní analýzu Monte Carlo tak, že se odděleně zohlední náhodné veličiny závislé na čase a na místě.

Tato studie používá metodu Monte Carlo s odděleným časem a místem, kde jsou odděleny náhodné veličiny závislé na čase a na místě a v každé iteraci místa jsou zpracovány náhodné veličiny závislé na čase pro výpočet CDF nebo PDF I/N v přijímači FS. Proto se v každé lokalizační iteraci vyhodnocují kritéria ochrany, dlouhodobé a částečné zhoršení výkonnosti (FDP), a poskytuje se statistika vyhovujících a nevyhovujících hodnot.

Tato studie je obecná pro danou lokalitu a byly v ní použity typické parametry přijímače FS uvedené v tabulce 82. K posouzení FDP je však zapotřebí zeměpisná poloha. Zde byly vybrány zeměpisné polohy Helsinek, Milána, Barcelony a Paříže, protože věrně reprezentují hustotu obyvatelstva použitou při simulaci.

Oddíly A5.2 a A5.3 popisují technické parametry používané pro FS a WAS/RLAN. Oddíl A5.4 upozorňuje na modely použité pro simulaci šíření signálu. Oddíl A5.5 popisuje model nasazení a metodiku simulace sítí WAS/RLAN. V oddílech A5.6 a A5.8 jsou uvedeny výsledky a závěry.

A5.2 TECHNICKÉ PARAMETRY FS

V tabulce 82 jsou uvedeny technické parametry FS použité v této studii. Podrobnější informace o použitých parametrech FS při simulacích jsou uvedeny v oddíle 4.1.

Tabulka 82: Technické parametry FS

Parametr	
Výška antény	30, 40, 79 metrů
Střední frekvence (MHz)	6775 (střed pásma)
Odstup kanálů a šířka pásma šumu přijímače (MHz)	40
Rozsah ztrát na napáječi/multiplexeru (dB)	1.3
Špičkový zisk antény (dBi)	34 a 46
Vzor antény	Doporučení ITU-R F.1245 pro souhrnné rušení
Šumové číslo přijímače (NF) typické (dB)	4.5
Šumová dolní mez přijímače (dBm)	-93.46

Parametr	
Naklonění antény nahoru/dolů	0 stupňů
Požadavek na ochranu (dB)	Dlouhodobě: I/N = -10 dB není překročeno po více než 20 % času FDP <10 %
Rozpětí zeslabení (dB)	24 až 52
Rozsah ATPC (dB)	15 a 20

A5.3 TECHNICKÉ PARAMETRY WAS/RLAN

A5.3.1 Vnitřní/venkovní a e.i.r.p. distribuce

V tabulce 83 jsou uvedena rozložení vnitřního/venkovního prostředí a e.i.r.p. použita v této studii.

Tabulka 83: WAS/RLAN vnitřní/venkovní a e.i.r.p. distribuce

Typ zařízení		Celkem v interiéru	Venkovní prostor y celkem	distribuce e.i.r.p.
Klienti LPI	Se ztrátou těla	21.10%	0.21%	200 mW + normalizované rozložení zisku antény z tabulky 39
	Bez ztráty těla	2.37%	0.00%	200 mW + normalizované rozložení zisku antény z tabulky 38
VLP	Se ztrátou těla	9.00%	1.00%	25 mW + normalizované rozložení zisku antény z tabulky 39
AP (LPI)	Bez ztráty těla	66.32%	0.00%	200 mW + normalizované rozložení zisku antény z tabulky 37
Celkem		98.79%	1.21%	

Sloupec rozdělení e.i.r.p. ve výše uvedené tabulce představuje PDF pro různé typy zařízení RLAN, z nichž každé může mít jinou šířku pásma. Rozložení použité šířky pásma je uvedeno v tabulce 84. Vzhledem k tomu, že přijímač FS analyzovaný v této studii pracuje s šířkou pásma kanálu 40 MHz, musí být e.i.r.p. RLAN pozorované na přijímači FS odpovídajícím způsobem upraveny. Metodika úpravy je v souladu s přístupem použitým ve zprávě ECC Report 316 [2].

Tabulka 84: Rozdělení šířky pásma

Šířka pásma kanálu	20 MHz	40 MHz	80 MHz	160 MHz	320 MHz
Procento zařízení WAS/RLAN	10%	5%	30%	35%	20%

A5.3.2 Výšky antén

V tabulce 85 jsou uvedeny výšky antén WAS/RLAN použité v této studii. Je třeba poznamenat, že v úvahu byly vzaty pouze pravděpodobnosti pro výšky městských antén.

Tabulka 85: Pravděpodobnosti výšky WAS/RLAN
(Vnitřní výšky jsou průměrem ze zprávy ECC 316 a venkovní výšky jsou ze zprávy ECC 302).

Podlaž a	Výška (m)	urban	předměstí	venko v	venkovní
pozemní	1.5	32.25	53.81	71.03	95
1	4.5	23.02	25.93	25.43	2
2	7.5	13.23	7.87	1.66	2
3	10.5	9.78	5.13	1.01	0.5
4	13.5	7.19	3.06	0.52	0
5	16.5	5.11	1.41	0.13	0
6	19.5	3.86	1.09	0.1	0
7	22.5	2.78	0.81	0.07	0
8	25.5	1.83	0.56	0.04	0
9	28.5	0.99	0.34	0.01	0.5

A5.3.2.1 Podmínka výšky antény

Aby se vyloučilo nereálné umístění sítí RLAN, byla pro přijímače FS s výškou 30 metrů nebo menší použita zvláštní podmínka. V okruhu 200 metrů od těchto přijímačů FS byly umístěny pouze sítě WAS/RLAN s výškou menší nebo rovnou 13,5 metru.

A5.4 FAKTORY ŠÍŘENÍ A ÚTLUMU SIGNÁLU

A5.4.1 modely šíření

Tabulka 86 specifikuje modely šíření a podrobně popisuje odpovídající podmínky použití.

Tabulka 86: Modely šíření

Scénář	Model šíření pro sítě RLAN v městských/příměstských oblastech
Vzdálenost < 40 m	Ztráta dráhy ve volném prostoru (FSPL)
40 m ≤ Vzda lenost < 1 km	VÍTĚZ II LOS/NLOS Pro WAS/RLAN ve městě se používá C2 WINNER II.
Vzdálenost ≥ 1 km	P.452-17 ($0,001 \leq p \leq 50$, p = procento času) + P.2108-1 Ztráta rušení ($1 < p < 100$, p = procento míst)

A5.4.2 Ztráta při vstupu do budovy (BEL)

Většina předpokládaných sítí RLAN je umístěna v interiéru, kde je signál z těchto zařízení přirozeně tlumen stavebními materiály. Proto byly použity vstupní ztráty v budovách založené na doporučení ITU-R P.2109 s použitím poměru rozdělení 30:70 pro tepelně účinné a tradiční budovy.

A5.4.3 Polarizační nesoulad

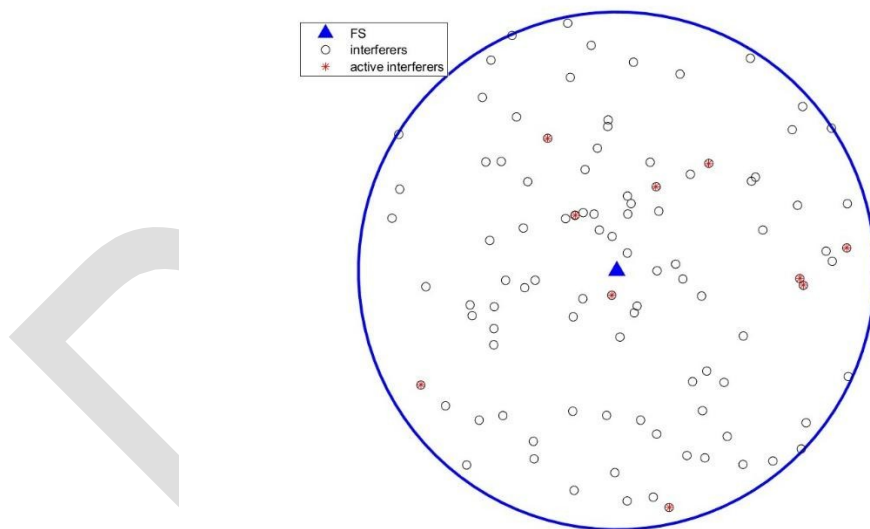
Byla použita náhodná polarizační neshoda podle zprávy ECC 302.

A5.5 MODEL NASAZENÍ RLAN A METODIKA SIMULACE

A5.5.1 Model nasazení sítě RLAN

Tato studie byla provedena na základě přijímače FS ve středu kruhu o poloměru 5 km a náhodného rozmístění sítě RLAN kolem přijímače FS. Rozmístění sítě RLAN se řídilo navrženou metodou umístění/času Monte Carlo. Hustota sítě RLAN v kruhové oblasti byla zvolena podle hustoty obyvatelstva velkých měst v zemích CEPT. Proto byly zvoleny hustoty obyvatelstva 3000, 6000, 12000 a 18000 obyvatel na km², které reprezentují různá města [20]. Konkrétně byly vybrány Helsinky, Milán¹³, Barcelona a Paříž vzhledem k jejich přibližně podobné hustotě obyvatelstva ve výše uvedeném pořadí. Obrázek 51 ukazuje příklad simulační oblasti s přijímačem FS uprostřed a náhodně rozmístěnými zařízeními WAS/RLAN, z nichž některá aktivně vysílají.

Ačkoli je tato studie obecná pro danou lokalitu, pro posouzení FDP je zapotřebí zeměpisná poloha. Zde byla vybrána zeměpisná poloha měst Helsinky (zeměpisná délka: 24,9354°, zeměpisná šířka: 60,1695°), Milán (zeměpisná délka: 9,18951°, zeměpisná šířka: 45,46427°), Barcelona (zeměpisná délka: 2,2167°, zeměpisná šířka: 41,3173°) a Paříž (zeměpisná délka: 2,3522°, zeměpisná šířka: 48,8566°), protože odpovídají hustotě obyvatelstva použité v simulaci. Je třeba zmínit, že nebyly použity žádné skutečné spoje a/nebo nebyly k dispozici informace, které by potvrdily, zda jsou v těchto městech nasazeny skutečné spoje FS podobné těm studovaným. Další informace o nasazení FS v CEPT jsou uvedeny v oddíle 4.1.2.



Obrázek 51: Příklad topologie umístění/času Monte Carlo

Pro výpočet celkového počtu zařízení WAS/RLAN (a aktivních zařízení WAS/RLAN) v okruhu 5 km byl zvolen scénář B. Simulace byly provedeny pro vysoké hodnoty scénáře B. Tabulka 6 znázorňuje model nasazení sítě RLAN pro hustotu obyvatelstva 3000, 6000, 12000 a 18000 obyvatel na km² v kruhové oblasti o rozloze 5 km.

¹³ Ačkoli má Milán hustotu zalidnění 7500 osob na km², v analýze byla uvažována konzervativní hodnota 6000 osob na km².

Tabulka 87: Model nasazení WAS/RLAN

Scénář B				
Hustota obyvatelstva (obyvatelé/km ²)	3000	6000	12000	18000
Simulační oblast (km)	5			
Obyvatelstvo v okruhu 5 km	235620	471240	942480	1413700
Bezdrátová zařízení pracující ve spektru osvobozeném od licence	100%			
Horní faktor 6 GHz	47.03%			
Faktor přijetí na trhu (zařízení s frekvencí 6 GHz)	28% 36% 60%			
Faktor rušných hodin	50% 62.7% 62.7%			
Zařízení WAS/RLAN v pásmu horních 6 GHz v okruhu 5 km	15514 25012 41687	31027 50025 83375	62055 100050 166750	93082 150070 250120

V tabulce 87 je uveden celkový počet sítí WAS/RLAN provozovaných v celém pásmu horních 6 GHz. Vzhledem k tomu, že uvažovaný spoj FS má šířku pásma kanálu 40 MHz se středním kmitočtem 6,775 GHz, použitím faktoru překrytí šířky pásma 23,95 % se odvodí celkový počet WAS/RLAN překrývajících šířku pásma kanálu FS. Dalším použitím faktoru RF aktivity 2,45 % se vypočítá celkový počet aktivních RLAN. Ty jsou uvedeny v tabulce 88.

Tabulka 88: Zařízení WAS/RLAN překrývající šířku pásma FS 40 MHz

Horní 6GHz WAS/RLAN zařízení v okruhu 5 km	15514 25012 41687	31027 50025 83375	62055 100050 166750	93082 150070 250120
Faktor překrytí BW	23.95%			
Horní 6GHz WAS/RLAN zařízení v okruhu 5 km překrývající se s FS	3715 5990 9984	7431 11981 19968	14862 23962 39937	22293 35942 59904
Faktor aktivity RF	2.45%			

Současné aktivní zařízení WAS/RLAN v pásmu horních 6 GHz s překrývajícím se FS	91 147 245	182 294 489	364 587 978	546 881 1468

Při simulacích byl použit celkový počet sítí WAS/RLAN a aktivních sítí WAS/RLAN uvedených ve výše uvedené tabulce.

A5.5.2 Metodika simulace

V předchozích částech jsme definovali parametry FS, parametry RLAN a vypočítali počet WAS/RLAN překrývajících šířku pásma FS 40 MHz. V této části je vysvětleno, jak byly všechny tyto proměnné použity v simulacích pro výpočet I/N pro různé topologie umístění.

Přehled průběhu simulace:

1. Charakteristika odkazu FS

Definujte spojení FS s technickými charakteristikami z tabulky 82. Poloha přijímače FS je nastavena na (0,0).

2. Charakterizace sítě RLAN

Definujte zařízení RLAN podle jejich typů, nastavte technické vlastnosti typům zařízení.

3. Zahájení lokalizační smyčky

3.1. Inicializace všech proměnných závislých na umístění

Podle simulačního poloměru vypočítejte celkový počet sítí RLAN překrývajících šířku pásma FS. Od vzdálenosti 20 m od přijímače FS náhodně rozmístěte síť RLAN. Pro každou z vysazených RLAN vypočítejte zisk antény FS, ztráty šíření v závislosti na vzdálenosti od přijímače FS (WINNER II předpokládá pouze proměnlivost polohy, P.452 je funkcí času), ztráty rušením, BEL a polarizační ztráty.

3.2. Zahájení časové smyčky

3.2.1. Inicializace všech proměnných závislých na čase

3.2.2. Ze všech nasazených sítí RLAN v kroku 3.1. náhodně aktivujte síť RLAN podle faktoru aktivity RF. Případně vypočítejte ztráty šíření (P.452).

3.2.3. Výpočet agregovaného rušení (I) z aktivních sítí RLAN do přijímače FS.

3.3. Ukončení časové smyčky.

3.4. Shromážděte hodnoty I/N získané během časové smyčky.

3.5. Posouzení kritérií ochrany na základě získaných statistik I/N, které odpovídají aktuální prostorové iteraci.

3.5.1. Vytvořte CDF/PDF získaných hodnot I/N a ověřte je podle kritéria dlouhodobé ochrany.

3.5.2. Výpočet hodnoty FDP (výpadek způsobený fadingem na přijímači FS se vypočítá podle doporučení ITU-R P.530).

4. Koncová smyčka umístění.

5. Shromáždíte statistiky o tom, kolik prostorových iterací splnilo/nesplnilo kritéria ochrany ze všech testovaných prostorových iterací.

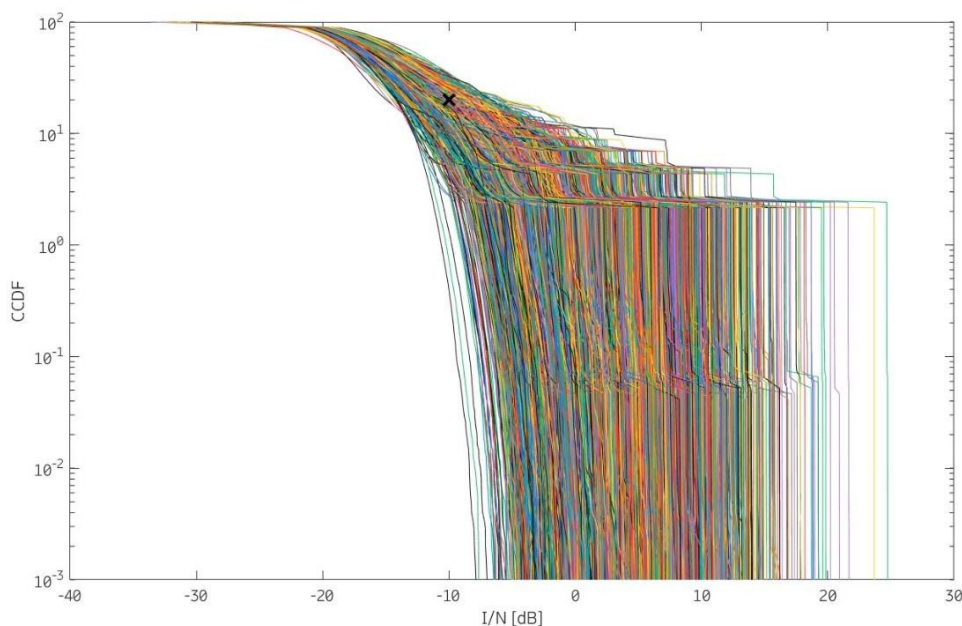
Pro dosažení dostatečné statistické přesnosti bylo provedeno 3000 iterací lokalizace, přičemž pro každou iteraci lokalizace bylo provedeno 100 000 časových iterací. V části A5.7 je uvedeno statistické zdůvodnění této volby.

Je třeba poznamenat, že všechna zařízení WAS/RLAN uvažovaná ve studii byla považována za stacionární. Tento předpoklad je přímý pro přístupové body a části klientů, jako jsou televizory, herní konzole, bezdrátové reproduktory, virtuální asistenti atd., protože jsou vždy stacionární. Na druhou stranu mobilní klienti by se ke stejným přístupovým bodům připojovali ze stejného okolí přístupového bodu. Proto je rozumné předpokládat, že tato omezená mobilita je na FS Rx vnímána jako stacionární.

A5.6 VÝSLEDKY

Výsledky byly vyjádřeny v procentech morfologií lokalit překračujících ochranná kritéria, později definovaných jako míra překročení.

Každá prostorová iterace byla ověřena na základě kritéria dlouhodobé ochrany $I/N = -10$ dB (nepřekročení po více než 20 % času) a frakční degradace výkonu (FDP) (nepřekročení 10 %). Výpočet výsledků dlouhodobého kritéria byl jednoduchý: každý vektor I/N odvozený z prostorové iterace byl porovnán s kritériem. Pokud bylo 20 % hodnot vektoru I/N menších než -10 dB, výsledek je vyhovující, v opačném případě je nevyhovující. Obrázek 52 ukazuje graf vektorů I/N z 3000 iterací umístění pro případ s hustotou obyvatelstva = 18 K, ziskem FS = 34 dBi a výškou FS = 30 m.



Obrázek 52: CCDF graf hodnot I/N odvozených z 3000 lokačních iterací, případ: hustota populace = 18K, výška FS = 30 m, Fsgain = 34 dBi.

Pro FDP byly vektory I/N dále zpracovány. Metodika a další technické charakteristiky pro odhad FDP jsou vysvětleny v PŘÍLOHA 11: a PŘÍLOHA 12:. Byly vysvětleny výpočty FDP s automatickým řízením vysílacího výkonu (ATPC) i bez ATPC.

Simulace byly provedeny pro čtyři sady případů vždy pro hustotu populace 3K, 6K, 12K a 18K. Tyto případy jsou následující:

- Zisk FS: 34 dBi, výška FS: 30 m
- Zisk FS: 46 dBi, výška FS: 30 m

- Zisk FS: 46 dBi, výška FS: 40 m
- Zisk FS: 46 dBi, výška FS: 79 m

Na základě výšek FS byly zvažovány tři typy typických délek článků. Pro výšku FS 30 m bylo zvoleno spojení na krátkou vzdálenost o délce 20 km, pro výšku FS 40 m bylo zvoleno spojení na střední vzdálenost o délce 32 km a pro výšku FS 79 m bylo zvoleno spojení na dlouhou vzdálenost o délce 50 km. V tabulce 89 jsou uvedeny souřadnice, délky spojů a marže pro vybrané případy.

Tabulka 89: Charakteristiky článků vybraných do studie

Hustota zalidnění, Název města	Lat, Long	FS Zisk (dB)	FS Výška (m)	Délka spojení (km)	Rozpětí i zeslabení (dB)
3000, Helsinky	60.1695, 24.9354	34	30	20	32
		46	30	20	32
		46	40	32	40
		46	79	50	48
6000, Milán	45.46427, 9.18951	34	30	20	32.4
		46	30	20	32.4
		46	40	32	41.2
		46	79	50	45
12000, Barcelona	41.3173, 2.2167	34	30	20	35
		46	30	20	35
		46	40	32	43
		46	79	50	51
18000, Paříž	48.8566, 2.3522	34	30	20	30
		46	30	20	30
		46	40	32	37
		46	79	50	45

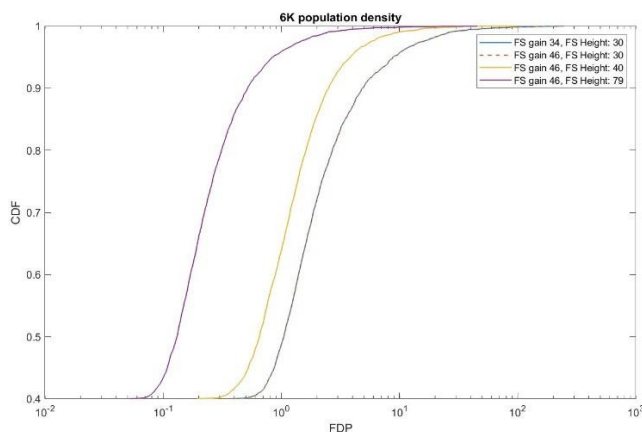
Všimněte si, že pro nejkratší spojení 20 km byly v rámci analýzy citlivosti zvoleny 2 hodnoty antén, 34 dBi a 46 dBi. Aby bylo možné provést porovnání 1:1, byly všechny ostatní parametry ponechány stejné, včetně délky spoje a rezervy útlumu, ačkoli zisk systému se při použití antén 46 dBi zvýší nejméně o 12 dB. Lze však předpokládat, že spoj FS s anténou 46 dBi a vyšším systémovým ziskem pracuje s vyšší kapacitou, tj. s vyšším modulačním formátem vyžadujícím vyšší odstup signálu od šumu, a proto zůstává odstup od šumu stejný i při stejné délce spoje.

Tabulka 90 uvádí kombinované výsledky pro obě kritéria rušení, dlouhodobé a FDP bez ATPC. Další analýza posuzující vliv ATPC (s použitím 15 dB a 20 dB) neprokázala u uvažovaných spojů žádný rozdíl mezi případy s ATPC a bez ATPC.

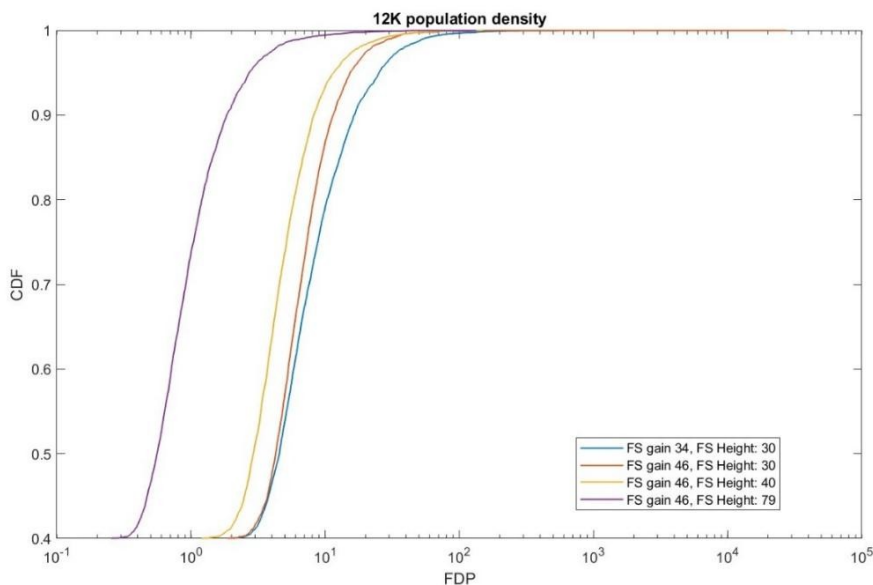
Tabulka 90: Dlouhodobé kritérium a výsledky FDP

Odkaz	Poloměr (km)	Hustota obyvatelstva (na metr čtvereční)	FS Zisk (dBi)	FS Výška (m)	Délka spojení (km)	Míra překročení dlouhodobého kritéria	Míra překročení pro FDP
1,1	5	3000	34	30	20	0%	3.5%
1,2	5	3000	46	30	20	0%	1.5%
1,3	5	3000	46	40	32	0%	0.6%
1,4	5	3000	46	79	50	0%	0%
2,1	5	6000	34	30	20	0%	7.17%
2,2	5	6000	46	30	20	0%	7.17%
2,3	5	6000	46	40	32	0%	1.63%
2,4	5	6000	46	79	50	0%	0.3%
3,1	5	12000	34	30	20	1.53%	18.47%
3,2	5	12000	46	30	20	2.67%	10.5%
3,3	5	12000	46	40	32	0.3%	4.3%
3,4	5	12000	46	79	50	0%	0.2%
4,1	5	18000	34	30	20	23.57%	34.80%
4,2	5	18000	46	30	20	30.63%	21.97%
4,3	5	18000	46	40	32	5%	11.17%
4,4	5	18000	46	79	50	0%	0.93%

Grafy CDF pro čtyři soubory případů s hustotou populace 6000 a 18000 jsou zobrazeny na obrázcích 53 a 54. Z obrázků je patrné, že s rostoucí hustotou obyvatelstva roste i počet rušivých vlivů, a tím i překročení FDP. V oblastech s vyšší hustotou obyvatelstva jsou navíc na rušení náchylné i spoje FS o délce 79 metrů.



Obrázek 53: Graf CDF pro FDP bez ATPC pro hustotu populace 6000 obyvatel.

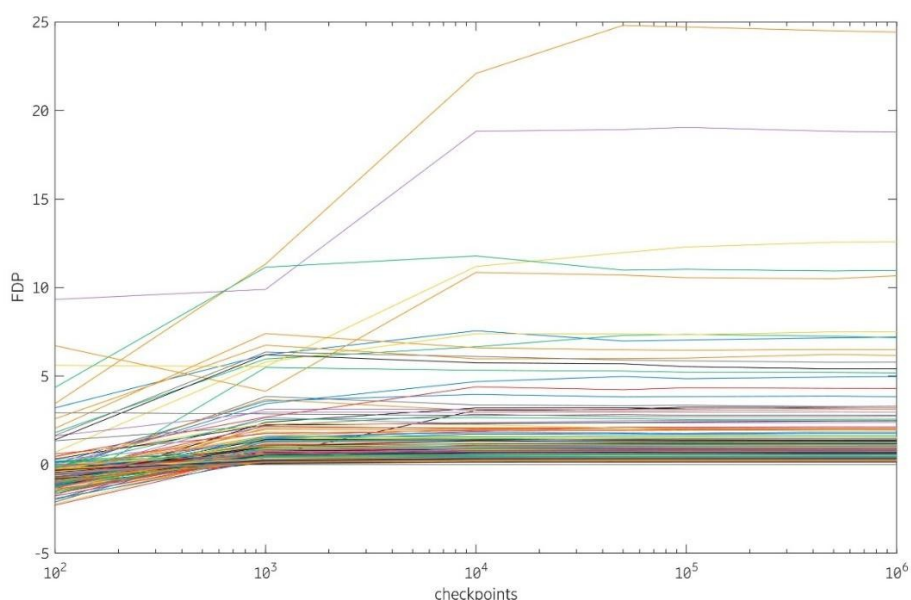


Obrázek 54: Graf CDF pro FDP bez ATPC pro hustotu obyvatelstva 18000

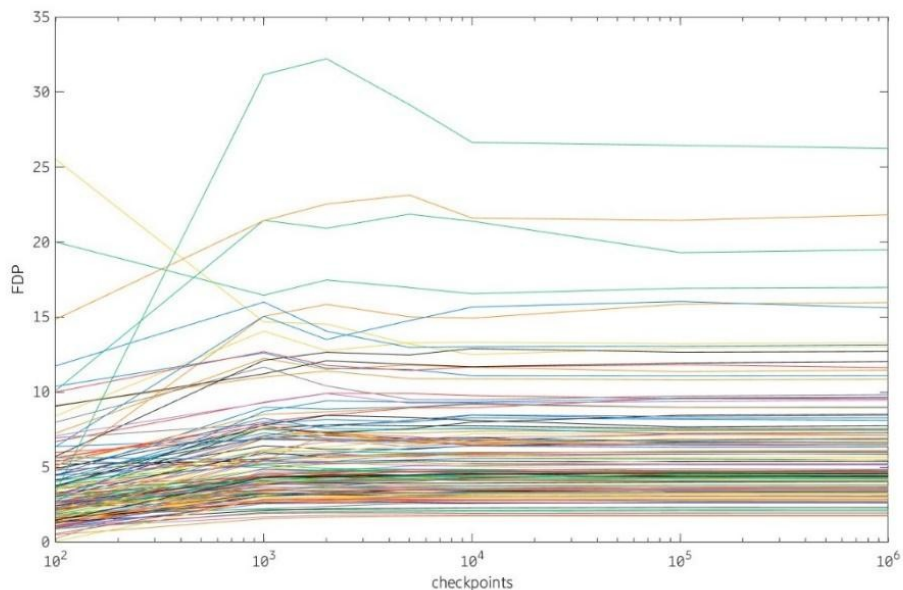
A5.7 STATISTICKÉ OVĚŘENÍ POČTU ZVOLENÝCH ITERACÍ

Pro ověření potřebného počtu časových a prostorových iterací pro studii byla provedena statistická analýza. Zpočátku se měnila délka vektoru I/N , který představuje počet časových iterací pro daný počet prostorových iterací. Proměnné kontrolní body byly nastaveny na 100, 1000, 10000, 100000 a 1000000 a byly zkoumány hodnoty FDP odvozené z vektoru I/N v těchto kontrolních bodech. Analýza ukázala, že hodnoty FDP začínají konvergovat kolem 100 000 iterací. Proto jsme se ustálili na 100 000 časových iteracích.

Obrázek 55 ukazuje konvergenci hodnot FDP při 100 000 časových iteracích.

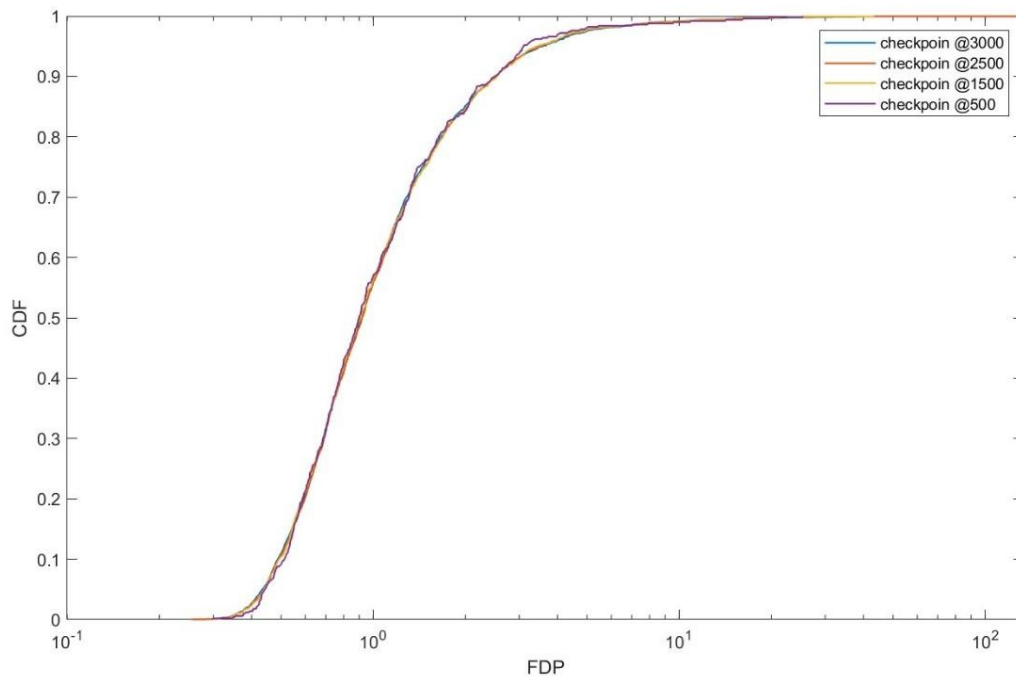


Obrázek 55: Hodnoty FDP (v %) pro různé kontrolní body časových iterací pro hustotu populace=3K



Obrázek 56: Hodnoty FDP (v %) pro různé kontrolní body časových iterací pro hustotu populace=18K

Podobný přístup byl zvolen i pro iterace umístění. Kontrolní body byly nastaveny na 500, 1500, 2500 a 3000 iterací lokalizace. Je vidět, že po 500 iteracích začíná křivka CDF konvergovat. Pro statistickou stabilitu jsme se rozhodli pro 3000 iterací umístění.



Obrázek 57: Graf CDF FDP pro různé kontrolní body iterací umístění

A5.8 ZÁVĚR

Tato studie využívá metodu Monte Carlo s odděleným místem a časem k posouzení kritéria dlouhodobé ochrany a FDP na přijímači FS v důsledku rozmístění zařízení WAS/RLAN v kruhové oblasti o poloměru 5 km. Počet rušivých zařízení WAS/RLAN v okolí přijímače FS byl odvozen pomocí hodnot vysokých parametrů ze scénáře B. Byly použity čtyři různé hustoty obyvatelstva 3000, 6000, 12000 a 18000 obyvatel na km². Uvažovaly se tři různé výšky antén FS, 30 m, 40 m a 79 m, ve spojení se třemi délkami spoje 20 km, 32 km a 50 km. Byla provedena analýza citlivosti antén FS porovnáním výsledků pro antény 34 dBi a 46 dBi pro nejkratší spojení 20 km. Střední a dlouhé spojení bylo studováno s anténami 46 dBi. Studie zahrnuje výsledky s ATPC a bez ATPC.

Výsledky ukazují, že vyšší hustota obyvatelstva vede k vyšší míře překročení obou ochranných kritérií. Míra překročení dlouhodobého ochranného kritéria se pohybuje od 0 % do 30,63 % a míra překročení FDP se pohybuje od 0 % do 34,80 % (pro rozsah hodnot FM mezi 30 dB a 51 dB). V rámci uvažovaných kombinací různých parametrů lze dále rozpoznat, že u přijímačů FS s nižšími zisky antény (a tedy vyššími postranními čarami) a/nebo nižšími výškami antény se míra překročení pravděpodobněji zvýší. Míry překročení pro zkoumané spoje FS využívající ATPC jsou podobné jako u spojů bez ATPC.

ANNEX 6: SDÍLENÍ S PEVNOU SLUŽBOU - OBECNÁ STUDIE LOKALITY D

Tato studie využívá metodu Monte Carlo k analýze rušení způsobeného systémy WAS/RLAN pracujícími v kmitočtovém pásmu 6425-7125 MHz v pevné službě (FS).

Scénář uvažuje nasazení, kdy je přijímač FS umístěn v centru města s vysokou hustotou obyvatelstva (přibližně 5400 obyvatel/km²) rozmístěného na velkém území (přibližně 600 km).²

K posouzení vlivu WAS/RLAN na kritéria ochrany spojů FS jak z hlediska dlouhodobého, tak z hlediska částečného snížení výkonosti (FDP) byl použit přizpůsobený simulátor založený na zdrojovém kódu SEAMCAT.

A6.1 PARAMETRY FS

Jelikož se jedná o studii pro danou lokalitu, byly uvažovány obecné charakteristiky FS z tabulky 8, kde byl zkoumán vliv špičkového zisku antény, výšky antény a rezervy pro útlum na základě hodnot uvedených v tabulce 91.

Tabulka 91: Technické parametry FS

Parametr	Hodnota
Modulace	64-QAM
Střední frekvence (MHz)	6775 (střed pásma)
Odstup kanálů a šířka pásma šumu přijímače (MHz)	40
Rozsah ztrát na napáječi/multiplexeru (dB)	1.3
Špičkový zisk antény (dBi)	34, 40, 46
Vzor antény	Doporučení ITU-R F.1245 pro souhrnné rušení
Výška antény (m)	40, 75
Šumové číslo přijímače (NF) typické (dB)	4.5
Šumová dolní mez přijímače (dBm)	-93
Rozpětí slábnutí (FM) (dB)	od 13 do 45 let
ATPC	Žádné
Požadavek na ochranu	Dlouhodobě: I/N = -10 dB není překročeno po více než 20 % času (doporučení ITU-R F.758: tabulka 4) Frakční snížení výkonu (FDP) nepřesahující 10 %.

A6.2 PARAMETRY WAS/RLAN

Uvažují se sítě WAS/RLAN s nízkým výkonem (LPI) a velmi nízkým výkonem (VLP) s maximální hodnotou e.i.r.p. 23 dBm, resp. 14 dBm.

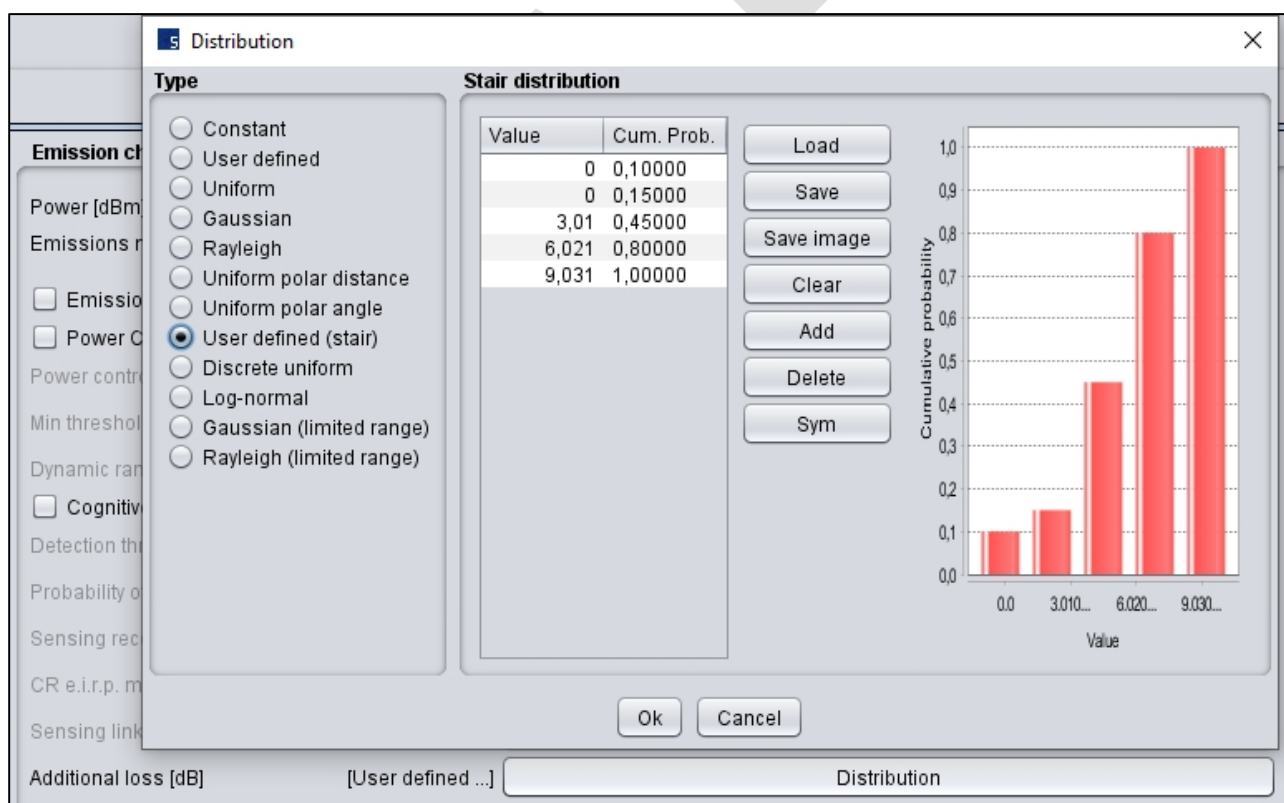
Zařízení LPI jsou kombinací přístupových bodů (AP) a klientů WAS/RLAN. U klientů LPI může, ale nemusí být zohledněna tělesná ztráta, zatímco u zařízení VLP se tělesná ztráta uplatňuje vždy.

Rozložení e.i.r.p. vnitřních a venkovních zařízení WAS/RLAN je uvedeno v tabulce 41 v PŘÍLOZE 1. Rozložení šířky pásma WAS/RLAN je uvedeno v tabulce 4. Vzhledem k tomu, že zařízení WAS/RLAN, která vysílají okamžitě, mají různou šířku pásma, bylo by třeba v důsledku toho upravit e.i.r.p., které vidí přijímač FS s pevnou šířkou pásma 40 MHz. Na základě předchozího rozdělení šířky pásma a šířky pásma přijímače FS se k vysílanému e.i.r.p. přičte následující redukční faktor.

Tabulka 92: redukční faktor e.i.r.p. pro WAS/RLAN překrývající 40 MHz FS v horní části 6 GHz

WAS/RLAN Šířka pásma (MHz)	Redukční faktor (dB) oproti spojení 40 MHz FS	Distribuce
20	0	10%
40	0	5%
80	3.01	30%
160	6.021	35%
320	9.031	20%

V přizpůsobeném simulátoru se tento redukční faktor e.i.r.p. přidá jako rozdělení na kartě vysílače pro systém WAS/RLAN podle předchozích vah.



Obrázek 58: Implementace faktoru redukce šířky pásma

Pro výšku antény WAS/RLAN byla uvažována zprůměrovaná rozdělení uvedená v tabulce 3.

A6.3 METODIKA

V této studii je použit přístup Monte-Carlo k posouzení dopadu nasazení WAS/RLAN v pásmu 6425 až 7125 MHz na spojení FS. Byl použit přizpůsobený simulátor založený na zdrojovém kódu SEAMCAT.

Na základě scénáře je daný počet sítí WAS/RLAN vypuštěn do vnitřních a venkovních prostor. Statistiky I/N na spoji přijímače FS se shromažďují za účelem posouzení kritéria dlouhodobé ochrany ($I/N = -10$ dB nepřekročeno po více než 20 % času) a kritéria částečného zhoršení výkonu (FDP pod 10 %).

A6.3.1 Model šíření

Pro tuto studii byl pro rušivé spojení mezi vysílačem WAS/RLAN a přijímačem FS uvažován následující model šíření.

Tabulka 93: Model šíření pro WAS/RLAN (včetně ztráty rušením) pro městský scénář

Vzdálenost	Model šíření
Vzdálenost < 40 m	Ztráta dráhy ve volném prostoru (FSPL)
$40 \text{ m} \leq \text{Vzdálenost} < 1 \text{ km}$	VÍTĚZ II C2 LOS/NLOS
Vzdálenost $\geq 1 \text{ km}$	Doporučení ITU-R P.452-17 + Doporučení ITU-R P.2108 Ztráta rušení

A6.3.2 Ztráta rušení

Doporučení ITU-R P.2108 ztráta rušením se přičítá všem WAS/RLAN rozmístěným ve vzdálenosti od 1 km od přijímače FS v městském prostředí.

Zdrojový kód SEAMCAT v5.5.0 byl upraven tak, aby umožňoval kombinovat útlum rušení podle doporučení ITU-R P.2108 s útlumem vstupu do budovy pro vysílače WAS/RLAN umístěné uvnitř.¹⁴

A6.3.3 Ztráta při vstupu do budovy

Pro WAS/RLAN umístěné uvnitř budov byla použita ztráta na vstupu do budovy podle doporučení ITU-R P.2109 (70 % tradiční, 30 % moderní, rovnoměrné rozdělení pravděpodobnosti od 1 % do 99 %).

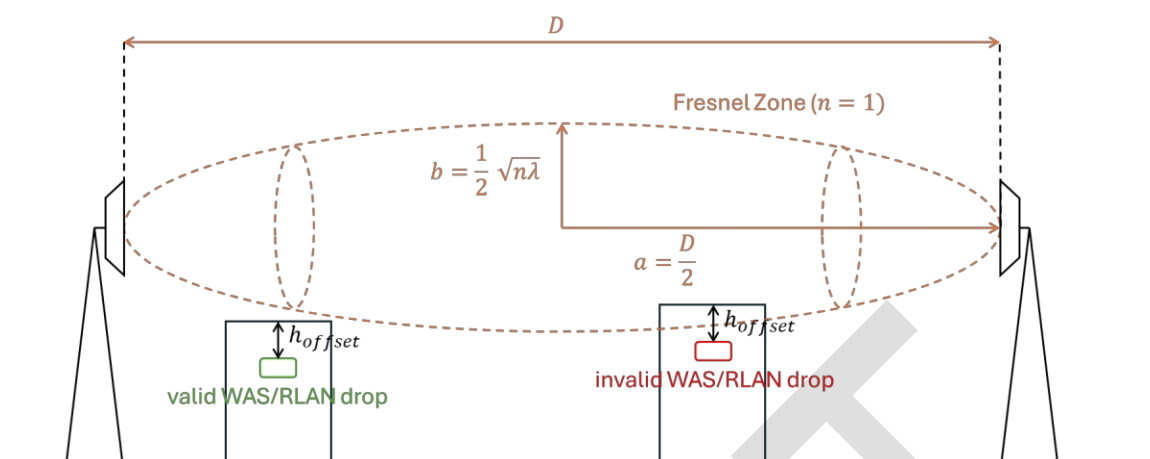
A6.3.4 Fresnelova ochranná zóna

Běžnou praxí při nasazování spojů FS je vyhnout se jakýmkoli překážkám v první ($n = 1$) Fresnelově zóně. Proto má smysl se při simulaci Monte-Carlo vyhnout vysazení zařízení WAS/RLAN v této oblasti (nebo zóně vyloučení). Zdrojový kód SEAMCAT v5.5.0 byl upraven tak, aby bylo možné zohlednit n^{th} Fresnelovu zónu a vyhnout se v ní vysazování RLAN.

Pro modelování n^{th} Fresnelovy zóny mezi vysílačem FS a přijímačem FS byl použit 3D elipsoid (délka poloosy a , b , b). 3D-pozice libovolného zařízení WAS/RLAN se překresluje, dokud se nenachází mimo Fresnelovu zónu. K výšce WAS/RLAN se přidá pevný výškový posun (*offset*), aby se zachytil strop místnosti, kam by zařízení WAS/RLAN spadlo, protože tento strop by samozřejmě neměl ležet ve Fresnelově zóně.

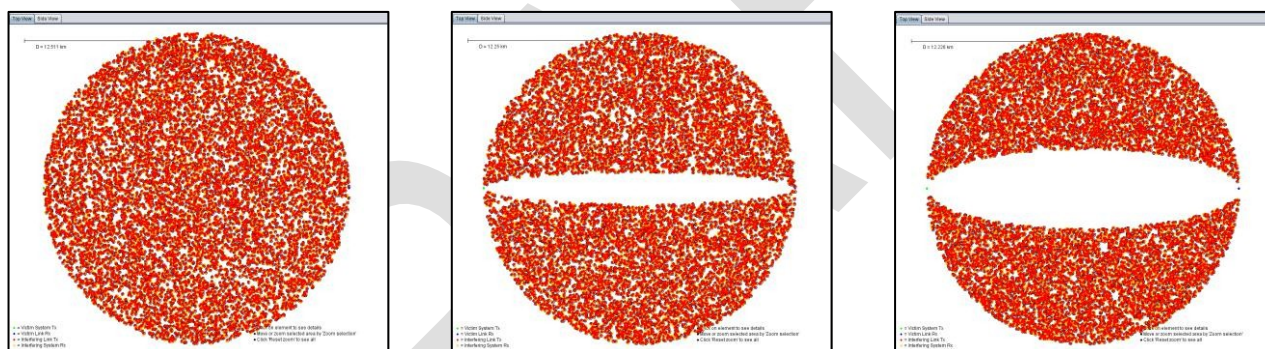
¹⁴ Všimněte si, že nejnovější verze SEAMCAT, která byla v době zpracování této studie ve vývoji, konkrétně SEAMCAT v5.5.1-Alpha3, umožňuje použít ztrátu rušení pro systém nezávisle na jeho vnitřním/venkovním stavu.

Na obrázku 59 je znázorněna implementace Fresnelovy vylučovací zóny.



Obrázek 59: Definice Fresnelovy vylučovací zóny

Obrázek 60 ukazuje pokles 10000 rušičů kolem spoje FS o délce 20 km pro různé konfigurace Fresnelovy vylučovací zóny ($n = 1$ a 5000 a 30000) jako jednoduchou kontrolu správnosti (zobrazení (x, y), Fresnelova zóna je modelována v (x, y, z) 3D-prostoru). Hodnoty $n = 5000$ a 30000 jsou nereálné hodnoty, ale jsou použity proto, aby Fresnelovy zóny byly na obrázcích viditelné.



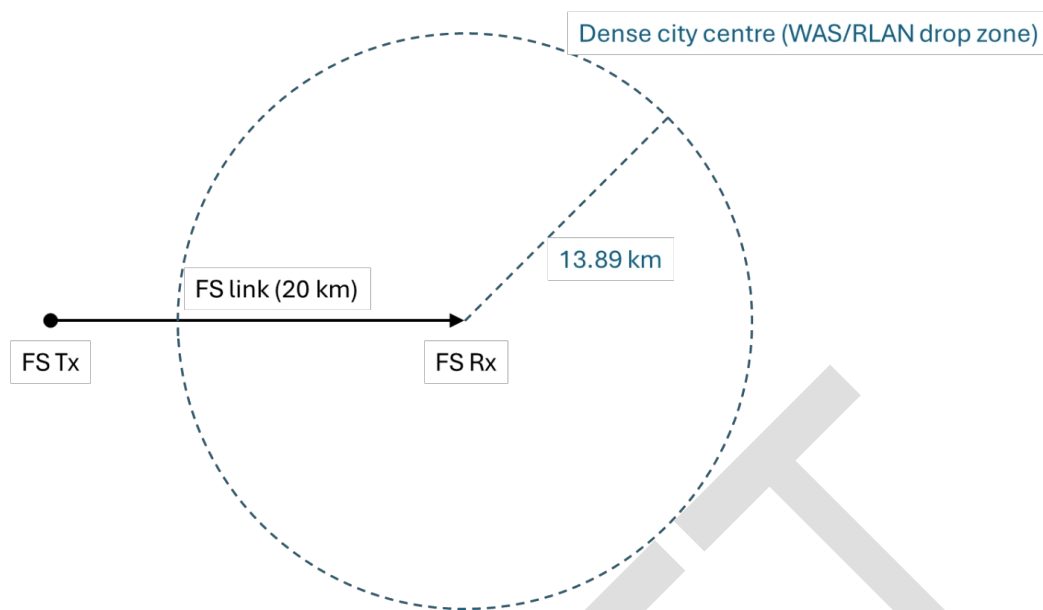
Obrázek 60: Kontrola správnosti implementace Fresnelovy vylučovací zóny pro 20 km spoj FS pracující na frekvenci 6775 MHz pro $n = 1, 5000, 30000$ vedoucí k $b = 14,87$ m (Fresnelova zóna není viditelná), 1,05 km, resp. 2,57 km.

Pro tuto studii byla uvažována první Fresnelova zóna ($n = 1$) a výškový posun (h_{offset}) 1,5 metru.

A6.4 VÝSLEDKY SIMULACE

A6.4.1 Model nasazení FS a WAS/RLAN

Uvažovalo se o hustotě zalidnění přibližně 5400 obyvatel/km², která se rovnoměrně snížila uvnitř kruhové oblasti o poloměru 13,89 km modelující husté centrum města, což znamená, že v této oblasti žije přibližně 3,3 milionu obyvatel (přibližně 606 km²). Taková hustota patří k nejvyšším v zemích CEPT. Uvažovalo se o spoji FS o délce 20 km s přijímačem umístěným ve středu této kruhové spádové oblasti WAS/RLAN, jak je znázorněno na obrázku 61.



Obrázek 61: Hustá modelová oblast města (zóna pádu WAS/RLAN)

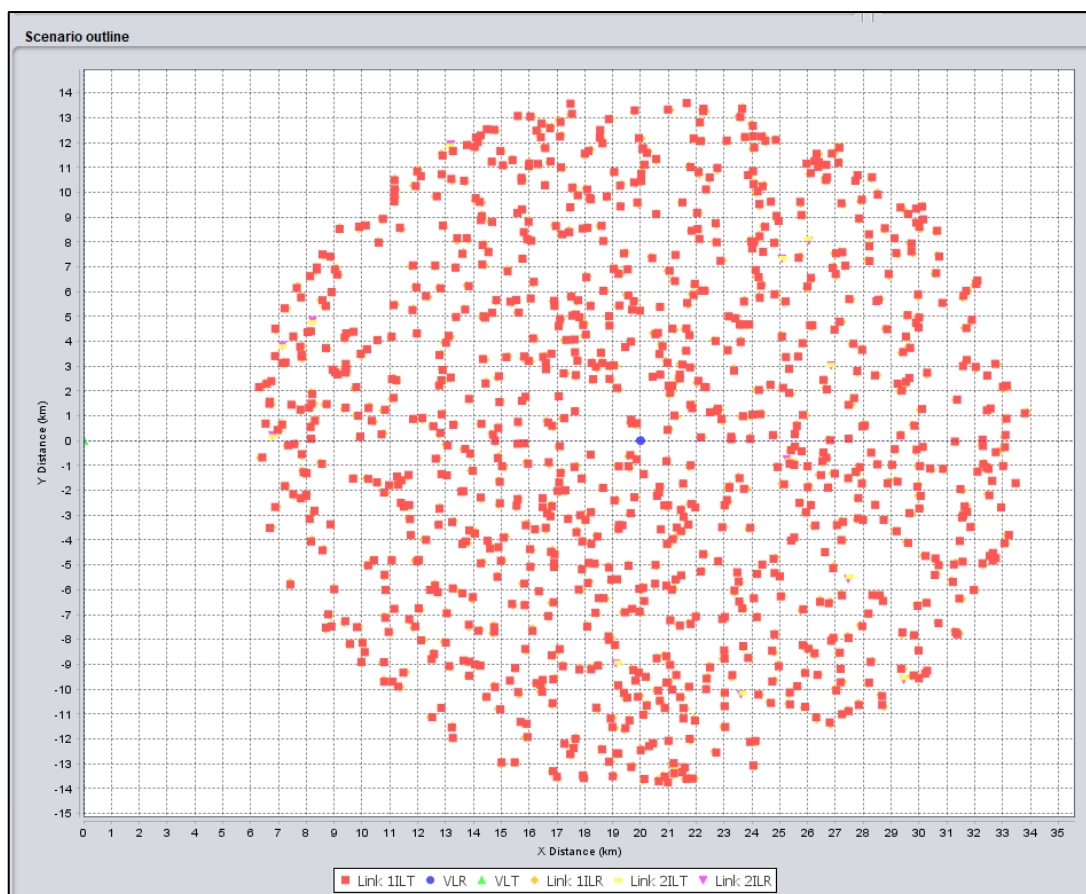
Vzhledem ke zvolené vysoké hustotě osídlení se pro model šíření předpokládalo pouze městské prostředí.

V tabulce 94 je uveden celkový počet okamžitě vysílajících (vnitřních a venkovních) zařízení WAS/RLAN za předpokladu parametrů scénáře A s ohledem na předpoklady "High" z hlediska přijetí na trhu.

Tabulka 94: Model nasazení RLAN podle scénáře A (vysoký)

Parametry	Městská oblast
Poloměr simulace (km)	13.89
Celkový počet obyvatel	3277451
Faktor přijetí na trhu (zařízení s frekvencí 6 GHz)	50.00%
Faktor rušných hodin	62.70%
Bezdrátová zařízení pracující ve spektru osvobozeném od licence	90.00%
Horní faktor 6 GHz	40.75%
Počet přenosů v pásmu horních 6 GHz	376828.62
Faktor aktivity RF	1.97%
Faktor překrývání šířky pásma	23.95%
Počet okamžitě vysílajících sítí WAS/RLAN	1777.93
Počet okamžitě vysílajících sítí WAS/RLAN uvnitř budov	1757
Počet okamžitě vysílajících venkovních sítí WAS/RLAN	22

V okruhu 20 metrů od přijímače FS nebyly shozeny žádné WAS/RLAN, což představuje přiměřený předpoklad. Obrázek 62 ukazuje výsledek 10 kumulativních shozů (1757 + 22) WAS/RLAN v rámci Monte-Carlo.



Obrázek 62: WAS/RLAN (kumulativní) příklad poklesu (10 událostí)

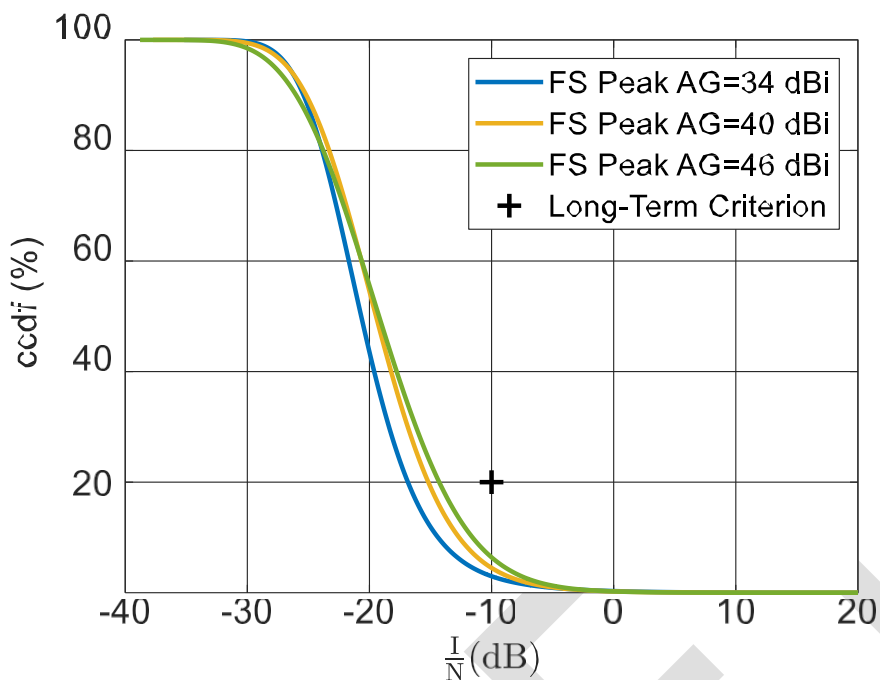
Protože tato studie pro celou lokalitu neuvažuje skutečné spojení FS, bylo zkoumáno několik parametrů FS pro posouzení rušení při nasazení WAS/RLAN. Pro každý zkoumaný parametr byly shromážděny statistiky I/N s použitím 5 milionů událostí ze simulací Monte-Carlo.

A6.4.2 Vliv zisku antény FS

Pro posouzení vlivu zisku antény FS v takovém scénáři nasazení byly zvoleny tři různé špičkové hodnoty pro FS: 34, 40 a 46 dBi.

Mezi anténou vysílače WAS/RLAN a anténou přijímače FS se nepředpokládá žádný polarizační nesoulad.

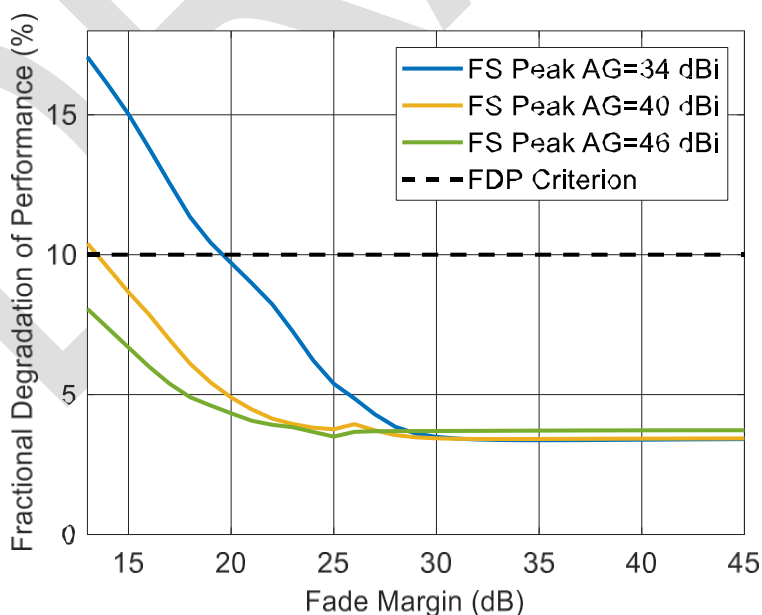
Obrázek 63 ukazuje komplementární kumulativní distribuční funkci (CCDF) I/N na přijímači FS pro různé špičkové zisky antény. Všechny křivky jsou pod kritériem dlouhodobé ochrany (I/N nepřekročí -10 dB po více než 20 % času).



Obrázek 63: CCDF I/N pro různé zisky antény přijímače FS (bez polarizačního nesouladu)

Ačkoli je tato studie obecná pro danou lokalitu, pro posouzení FDP je zapotřebí zeměpisná poloha. Zde byla vybrána zeměpisná poloha města Madrid (zeměpisná délka: $-3,70261^\circ$, zeměpisná šířka: $40,4165^\circ$), protože odpovídá hustotě obyvatelstva použité v simulaci. Je třeba zmínit, že nebyly použity žádné skutečné spoje a/nebo nebyly k dispozici informace, které by potvrdily, zda jsou v tomto městě nasazeny skutečné spoje FS podobné těm studovaným. Další informace o nasazení FS v CEPT jsou uvedeny v kapitole 4.1.2.

Bez znalosti skutečných charakteristik spoje FS byla vyhodnocena FDP pro různé Fade Margin (FM), jak je znázorněno na obrázku 64.



Obrázek 64: FDP vs FM pro různé zisky antény přijímače FS (bez polarizačního nesouladu)

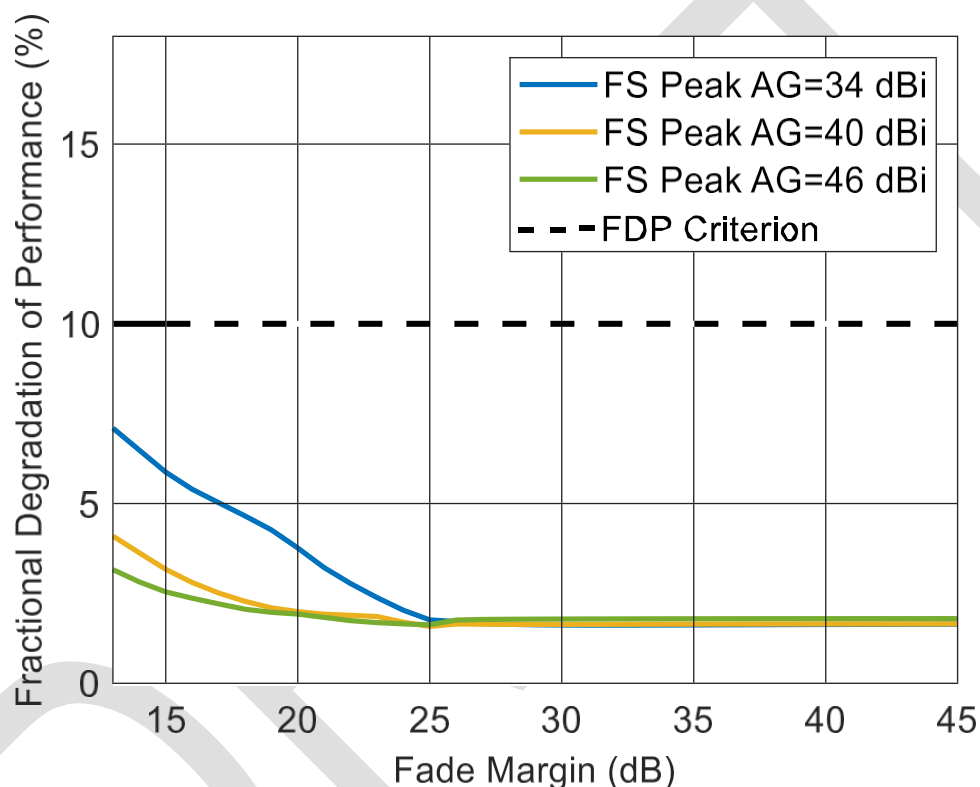
Lze pozorovat, že kritérium FDP je po většinu času dodržováno pro všechny FM, s výjimkou případů, kdy je FM poměrně nízký a hlavně pro nízký špičkový zisk antény (34 dBi), jak ukazuje modrá křivka.

A6.4.3 Vliv polarizačního nesouladu

Předpoklad polarizačního nesouladu 3 dB mezi vysílačem WAS/RLAN a přijímačem FS odpovídá odstranění 3 dB z dříve získaných vzorků I/N.

U kritéria dlouhodobé ochrany se CCDF na obrázku 63 posune o 3 dB doleva. Protože i bez polarizačního nesouladu bylo kritérium dlouhodobé ochrany dodrženo, není třeba vykreslovat CCDF s polarizačním nesouladem.

U kritéria FDP je třeba výpočet provést znovu a je uveden na obrázku 65.

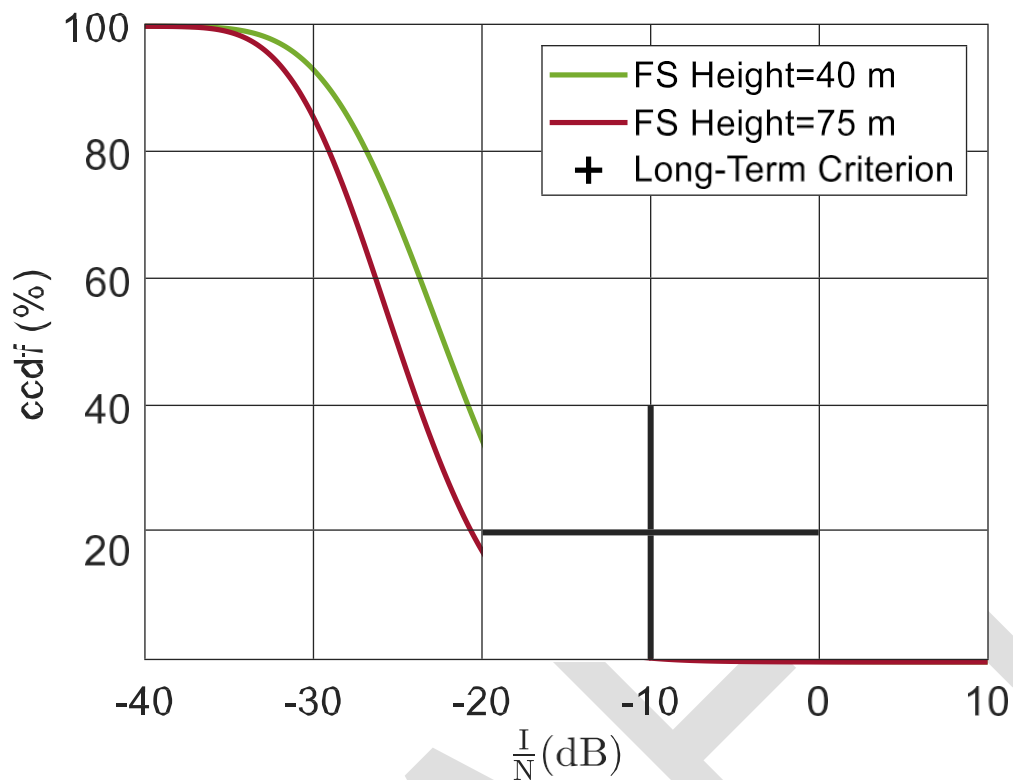


Obrázek 65: FDP vs FM pro různé zisky antény přijímače FS (polarizační nesoulad)

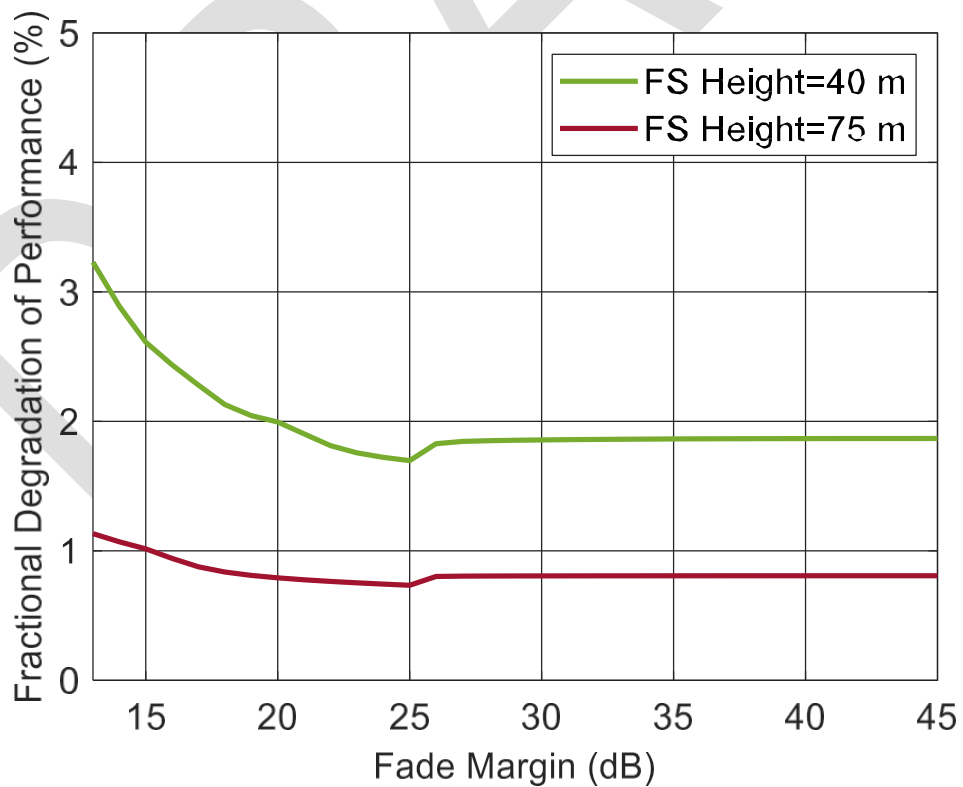
Všechna zhoršení výkonu jsou nižší než 6 % pro širokou škálu hodnot FM a pro všechny zisky antény. Kritérium 10 % FDP je tedy u všech těchto konfigurací při předpokládaném polarizačním nesouladu dodrženo.

A6.4.4 Vliv výšky antény FS

Zkoumala se také kritéria ochrany, pokud se místo 40 m použije výška antény FS 75 m. Předpokládal se špičkový zisk antény 46 dBi s polarizačním nesouladem 3 dB. Dlouhodobé kritérium ochrany a srovnání FDP vs. FM jsou uvedeny na obrázku 66, resp. 67.



Obrázek 66: CCDF I/N pro různé výšky přijímače FS



Obrázek 67: FDP vs FM pro různé výšky přijímače FS

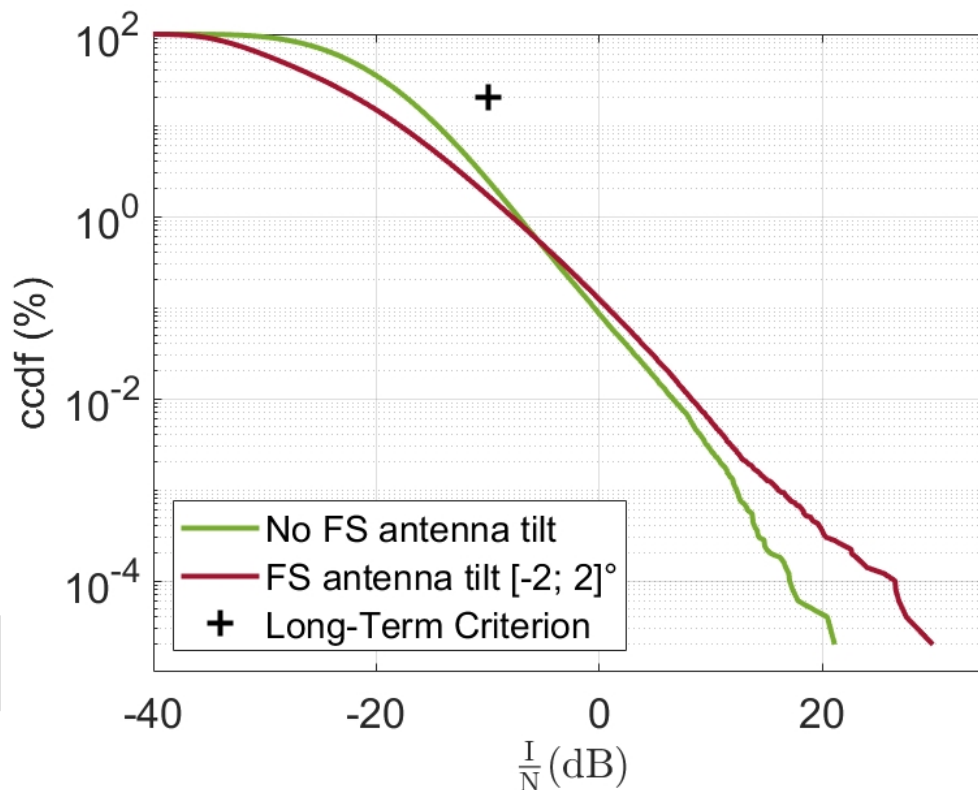
Podle očekávání jsou pro obě výšky antén FS dodržena kritéria dlouhodobosti i FDP.

A6.4.5 Vliv sklonu antény FS

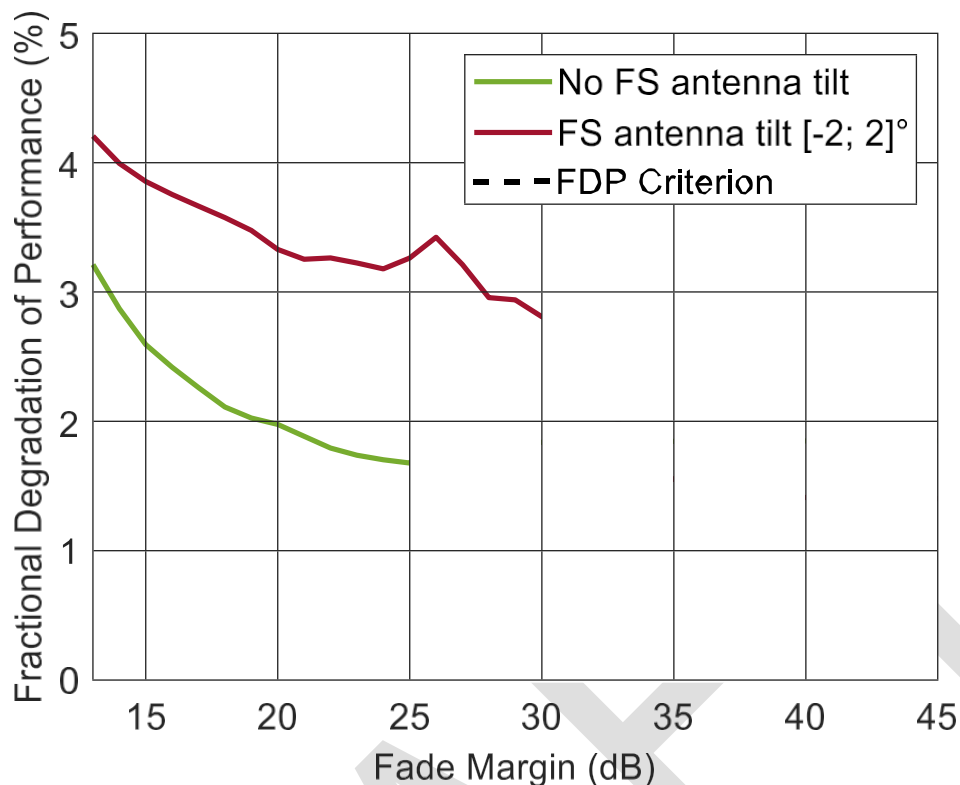
Ve všech předchozích simulacích se předpokládalo, že vysílač FS je dokonale zarovnan s přijímačem, když je namířen v horizontálním směru (elevation antény 0° od FS Tx k FS Rx).

Pro analýzu vlivu náklonu (nebo elevation) antény FS na agregované přijímané rušení v případě nesprávného nastavení se předpokládalo náhodné rovnoměrné rozložení vrtání antény (v rozmezí $[-2; 2]^\circ$) při zachování nezměněného zisku přijímače (46 dBi). Výšky FS 40 m byly zachovány pro Tx i Rx, a proto se nezměnila ani Fresnelova vylučovací zóna. Předpokládalo se polarizační nesoulad 3 dB.

Na obrázcích 68 a 69 je vidět, že obě kritéria ochrany FS jsou dodržena. Pokud je anténní přijímač u některých událostí nasměrován vzhůru, má to za následek snížení dlouhodobého kritéria, protože v hlavním svazku by se nacházelo v průměru méně WAS/RLAN (obrázek 68). Na druhou stranu se FDP zvyšuje pro rezervu slábnutí až na 34 dB při rovnoměrném náklonu (obrázek 69), což lze vysvětlit tím, že když je přijímač FS v některých událostech nasměrován dolů, má větší šanci dostat WAS/RLAN do svého hlavního svazku v nejbližší vzdálenosti ve srovnání s daným případem. Mohlo by být provedeno více šetření na událost, ale nesprávné nastavení elevation antény Tx/Rx spoje FS není typickou situací.



Obrázek 68: CCDF I/N pro různou výšku otvoru antény FS (konstantní vs. rovnoměrná)



Obrázek 69: FDP vs. FM pro různé rozložení vrtání antény FS (konstantní vs. rovnoměrné)

A6.5 ANALÝZA CITLIVOSTI

Zatímco scénář A (založený na zprávě ECC 302) představuje základní scénář této studie s předpoklady "High", které již zachycují optimistické přijetí horní hranice 6 GHz trhem, mohlo by být zajímavé sledovat výsledky ještě optimističtějšího souboru parametrů ze scénáře B s předpoklady "High" pro přijetí trhem.

A6.5.1 Model nasazení FS a WAS/RLAN

V tabulce 95 je uveden počet současně vysílajících vnitřních a venkovních sítí WAS/RLAN, které mají být vypuštěny na jednu událost pro scénář B.

Tabulka 95: Model nasazení RLAN podle scénáře B (vysoký)

Parametry	Městská oblast
Poloměr simulace (km)	13.89
Celkový počet obyvatel	3277451
Faktor přijetí na trhu (zařízení s frekvencí 6 GHz)	60.00%
Faktor rušných hodin	62.70%
Bezdrátová zařízení pracující ve spektru osvobozeném od licence	100.00%
Horní faktor 6 GHz	47.00%
Počet přenosů v pásmu horních 6 GHz	579499.22

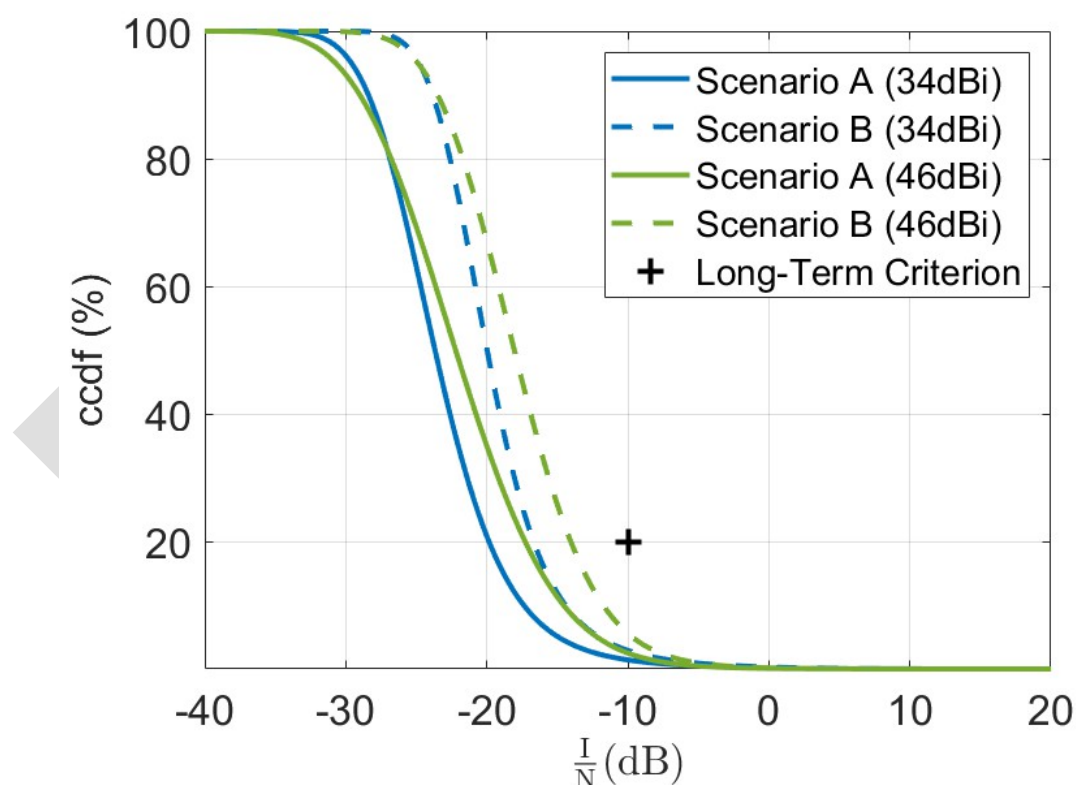
Parametry	Městská oblast
Faktor aktivity RF	2.45%
Faktor překrývání šířky pásma	23.95%
Počet okamžitě vysílajících sítí WAS/RLAN	3400.36
Počet okamžitě vysílajících sítí WAS/RLAN uvnitř budov	3360
Počet okamžitě vysílajících venkovních sítí WAS/RLAN	42

Byla zachována stejná základní linie pro FS s délkou 20 km a výškou Tx/Rx 40 metrů s polarizačním nesouladem 3 dB mezi přijímačem FS a vysílači WAS/RLAN.

Byly zkoumány obě krajní hodnoty špičkového zisku antény FS, a to 34 a 46 dBi. Každá simulace Monte-Carlo byla provedena pro 5 milionů událostí pro každou konfiguraci.

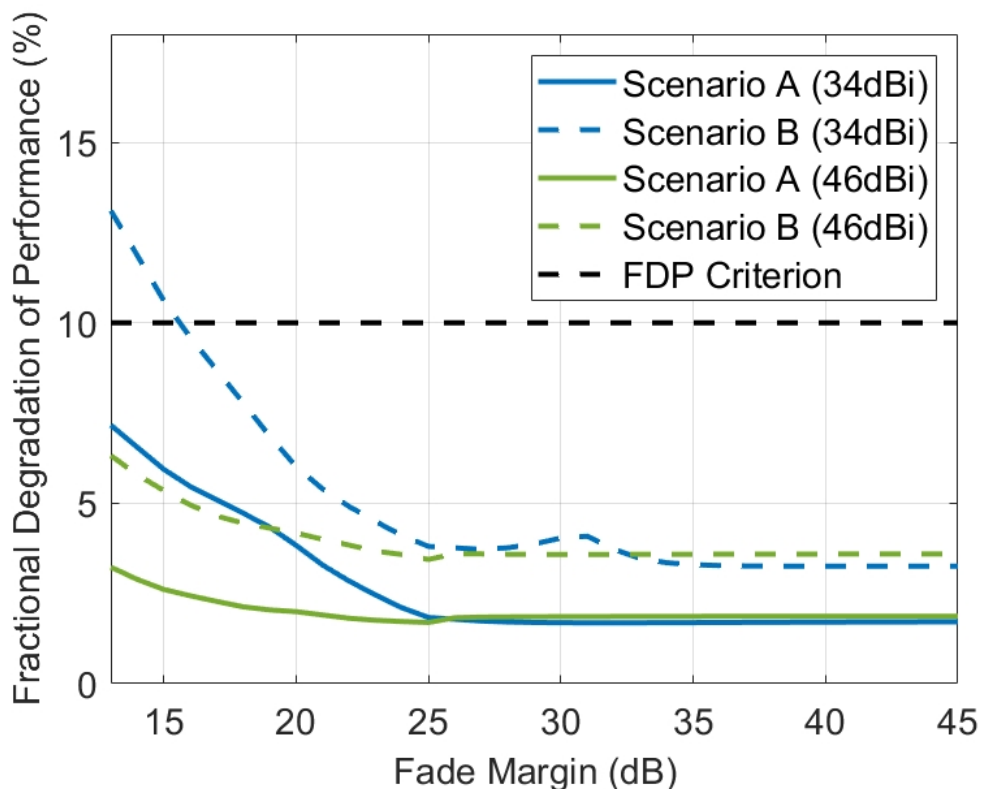
A6.5.2 Kritéria ochrany

Obrázek 70 ukazuje CCDF I/N na straně přijímače FS při porovnání scénáře A a scénáře B. Ve všech scénářích a konfiguracích FS je dodrženo dlouhodobé kritérium.



Obrázek 70: CCDF pro scénář I/N A a scénář B

Kritérium FDP je dodrženo pro špičkový zisk antény FS 46 dBi pro všechny uvažované FM ve scénáři B, jak je znázorněno na obrázku 71. Pro vrcholový zisk antény FS 34 dBi překračuje FDP 10 % hranici pouze pro nízké FM (pod 16 dB), jinak je kritérium dodrženo. U hustě osídleného města, jako je zkoumané město (přibližně 5400 obyvatel/km²), se zdá nepravděpodobné, že by volba nízkého FM (15 dB) byla spojena s nízkým ziskem antény (34 dBi).



Obrázek 71: FDP vs. FM: scénář A a scénář B

A6.6 ANALÝZA UMÍSTĚNÍ A ČASU

A6.6.1 Metodika

Předchozí simulace Monte-Carlo předpokládaly, že při každé události dojde k novému poklesu aktivních sítí WAS/RLAN a pokaždé se vytvoří nová topologie. Pro posouzení kritérií ochrany FDP byl diskutován přístup založený na poloze a čase. Obecně tento přístup spočívá ve vypuštění všech WAS/RLAN, které se překrývají s FS (jedna topologie), a bere v úvahu pouze ty aktivní pro každou událost, přičemž přesné podrobnosti o tom, co je pevně stanoveno a co ne, nejsou zatím popsány v žádném výstupu ani zprávě. Taková simulace Monte-Carlo poskytne statistiku I/N pro danou topologii (čas), zatímco několik topologií by mohlo být simulováno náhodně (umístění).

Pro danou topologii bylo v této studii stanoveno, že pouze umístění vnitřních zařízení WAS/RLAN je pevné, zatímco umístění venkovních zařízení WAS/RLAN by se měnilo v závislosti na události, protože představují mobilní zařízení, která by se přirozeně pohybovala v čase. Aktivní vnitřní zařízení WAS/RLAN pro každou událost jsou náhodně vybrána na základě procenta faktoru RF aktivity.

Obecná metodika simulace pro jednu topologii je následující:

1. Náhodně vypustit pevnou vnitřní síť WAS/RLAN v okolí přijímače FS (**v závislosti na umístění**).
 - a. Pro každou pevnou vnitřní síť WAS/RLAN:
 - i. Výpočet WAS/RLAN e.i.r.p. (včetně potenciální ztráty těla)
 - ii. Výpočet ztráty rušením
 - iii. Výpočet ztráty při vstupu do budovy
2. Pro každou časovou událost (**v závislosti na čase**)
 - a. Pro každou pevnou vnitřní síť WAS/RLAN vyberte, zda je aktivní, na základě faktoru aktivity RF.
 - i. Pro každou aktivní pevnou vnitřní síť WAS/RLAN:
 1. Výpočet faktoru snížení šířky pásma
 2. Výpočet modelu šíření
 - b. Náhodný pokles (aktivní) venkovní sítě WAS/RLAN v okolí přijímače FS

- i. Pro každou aktivní venkovní síť WAS/RLAN:
 - 1. Výpočet WAS/RLAN e.i.r.p. (včetně potenciální ztráty těla)
 - 2. Výpočet ztráty rušením
 - 3. Výpočet faktoru snížení šířky pásma
 - 4. Výpočet modelu šíření
 - c. Výpočet hodnoty I/N pro tuto časovou událost v důsledku všech aktivních WAS/RLAN.
3. Hodnoty procesu I/N získané pro tuto topologii (výpočet FDP)

Tato metodika se pak opakuje, aby se získalo několik topologií (a statistik I/N).

Všimněte si, že ztráty na vstupu do budovy a e.i.r.p. WAS/RLAN (včetně potenciálních ztrát v tělese) všech vnitřních WAS/RLAN byly pro danou topologii považovány za pevné. Tento přístup je konzervativní, protože pouze přístupové body LPI WAS/RLAN jsou ze své podstaty pevné, zatímco vnitřní klienti WAS/RLAN se mohou pohybovat, a vykazovat tak v průběhu času různé ztráty na vstupu do budovy a vysílací výkon směrem k přijímači FS.

A6.6.2 Model nasazení FS a WAS/RLAN

Tento lokalizační a časový rámec je výpočetně náročný, protože zahrnuje dvě smyčky: jednu vnější smyčku pro topologii (lokalizace) a jednu vnitřní smyčku pro aktivní vybranou síť WAS/RLAN (čas). Pro posouzení kritéria FDP (a nikoli kritéria dlouhodobé ochrany) byl proto pro zónu pádu WAS/RLAN zvolen omezený simulační poloměr (5 km místo 13,89 km).

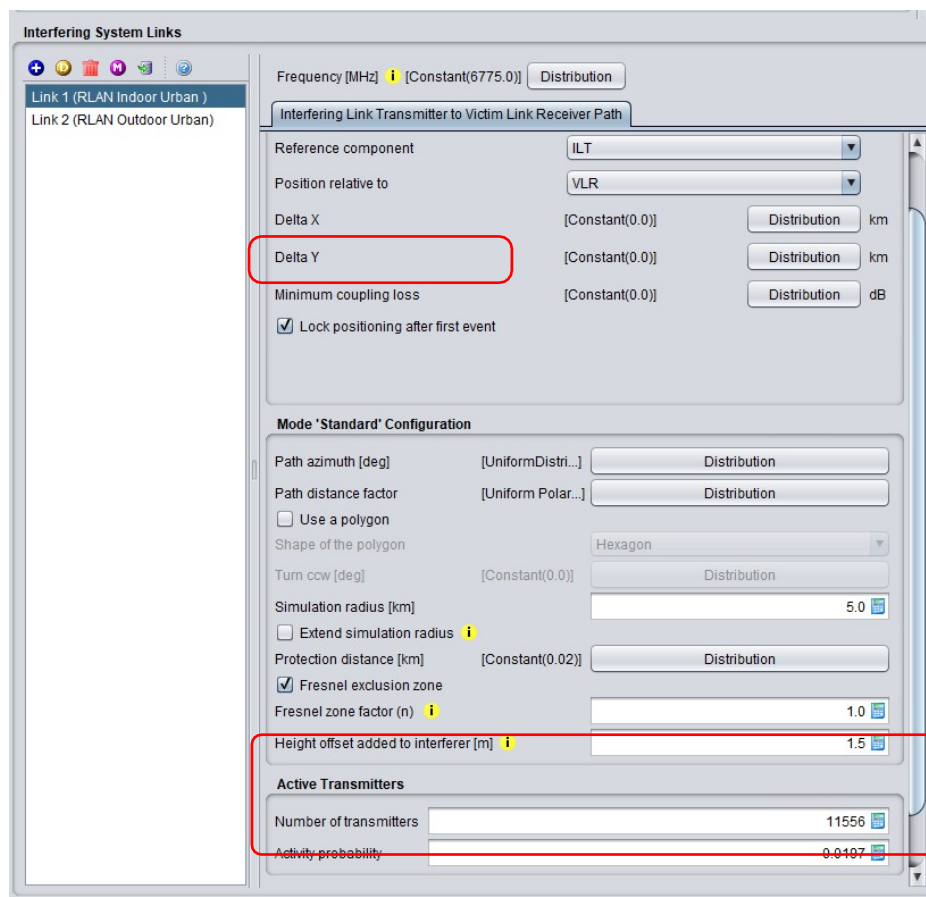
Podle tohoto rámce a předpokladů je model nasazení WAS/RLAN pro scénář A a scénář B uveden v tabulce 96. Pro scénář A vede tento model k tomu, že na jednu topologii je vyřazeno 11556 pevných vnitřních sítí WAS/RLAN, přičemž v průměru je 228 aktivních vnitřních sítí WAS/RLAN (z těchto 11556) a na jednu časovou událost se uvažují přesně 3 venkovní sítě WAS/RLAN.

Tabulka 96: Model nasazení sítě RLAN založený na předpokladu "High" pro simulaci umístění a času

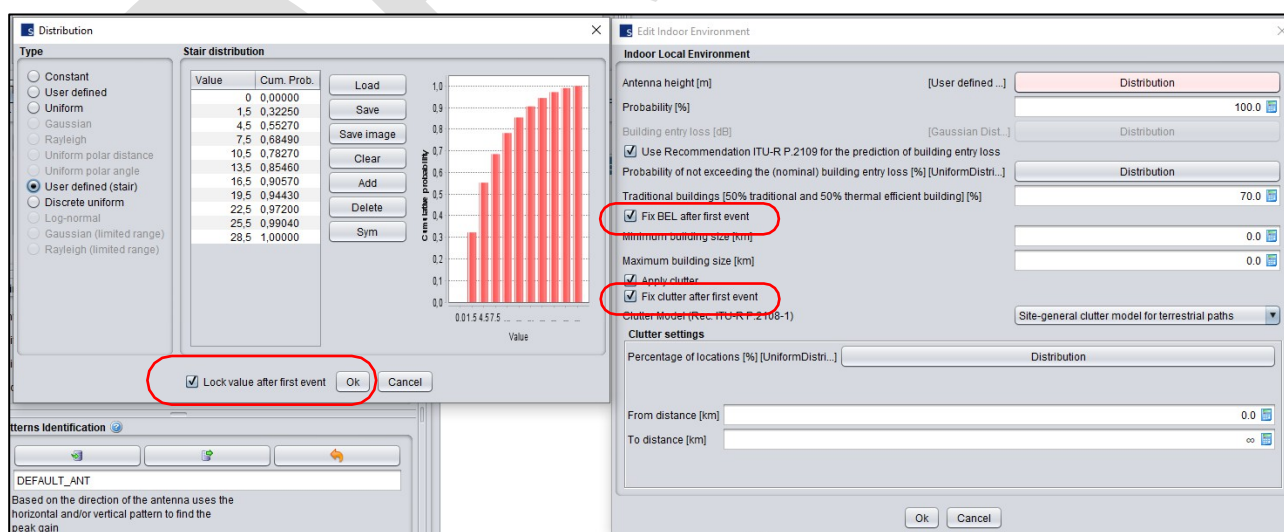
Parametry	Scénář A	Scénář B
Poloměr simulace (km)	5	
Celkový počet obyvatel	424770	
Faktor přijetí na trhu (zařízení s frekvencí 6 GHz)	50.00%	60%
Faktor rušných hodin	62.70%	
Bezdrátová zařízení pracující ve spektru osvobozeném od licence	90.00%	100%
Horní faktor 6 GHz	40.75%	47%
Počet přenosů v pásmu horních 6 GHz	48838.41	75105.28
Faktor překrývání šířky pásma	23.95%	
Počet sítí WAS/RLAN	11696.80	17987.72
Počet vnitřních sítí WAS/RLAN (pevné)	11556	17771
Faktor aktivity RF	1.97%	2.45%
Průměrný počet okamžitě vysílajících sítí WAS/RLAN uvnitř budov	228	436
Počet okamžitě vysílajících venkovních sítí WAS/RLAN	3	6

Pro parametr FS byla předpokládána výška antény 40 m a špičkový zisk antény 46 dBi. Uvažovalo se také s polarizačním nesouladem 3 dB.

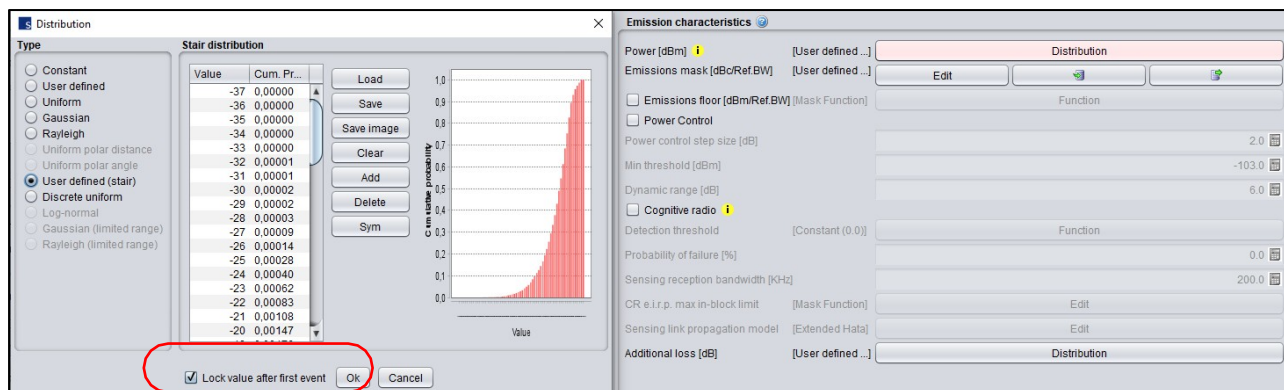
Pro výše popsanou metodiku určování polohy a času byl použit upravený simulátor založený na zdrojovém kódu SEAMCAT 5.5.1-Alpha3. Do tohoto kódu byla rovněž přenesena implementace Fresnelovy vylučovací zóny. Tato verze umožňuje, aby některé proměnné (včetně polohy rušivých prvků) byly po první události pevně stanoveny, což znamená, že každá instance může simulovat jednu topologii. Obrázky 72 až 74 ukazují, jak lze zafixovat parametry závislé na poloze.



Obrázek 72: Vnitřní poloha WAS/RLAN uzamčená po první události a aktivní konfigurace pravděpodobnosti

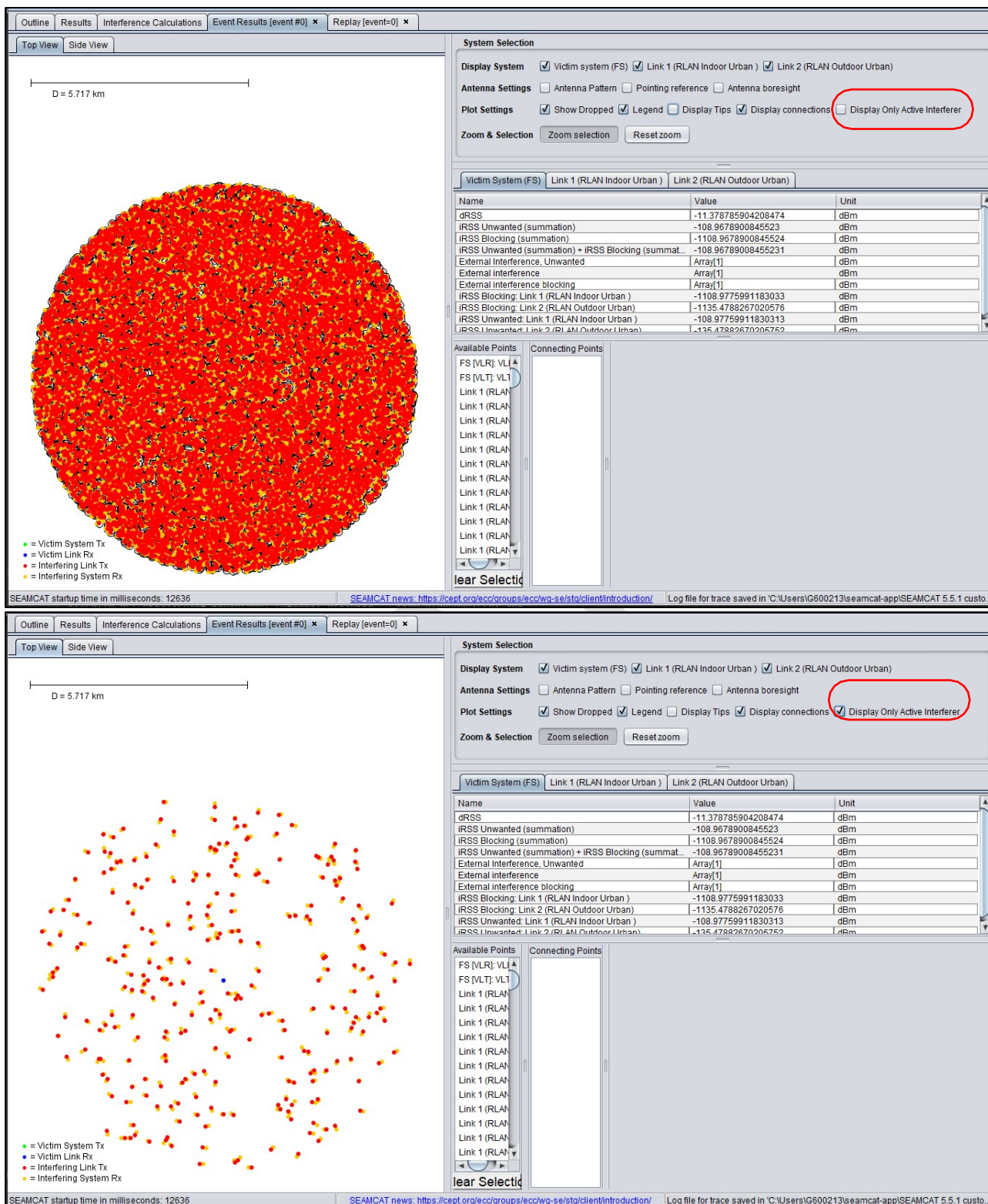


Obrázek 73: Vnitřní výška WAS/RLAN, ztráta rušení a ztráta vstupu do budovy zablokované po první události



Obrázek 74: Vnitřní WAS/RLAN e.i.r.p. uzamčen po první události

Do panelu výsledků událostí byl přidán filtr, který umožňuje zobrazit pouze aktivní rušitele pro každou událost, čímž se viditelnost výsledků stává uživatelsky přívětivější, jak je znázorněno na obrázku 75.

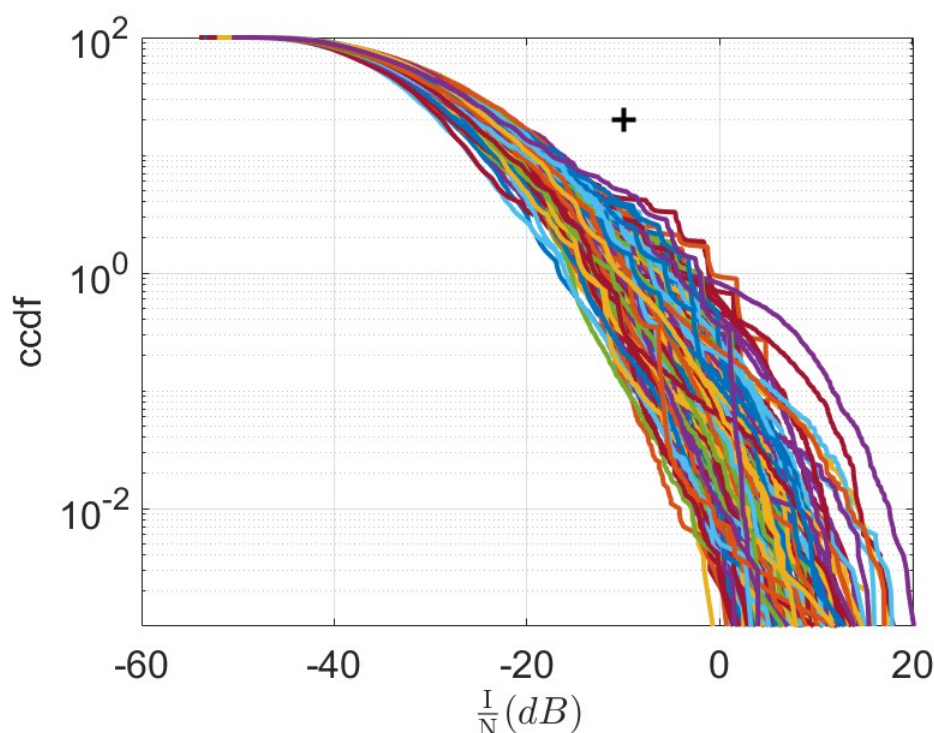


Obrázek 75: Možnost filtrování pro zobrazení pouze aktivního rušitele: vypnuto vs. zapnuto

V této studii bylo pro oba scénáře simulováno 200 topologií, přičemž každá topologie se skládala ze 100 000 časových událostí, což představuje 20 milionů událostí (čtyřikrát více než v předchozích simulacích).

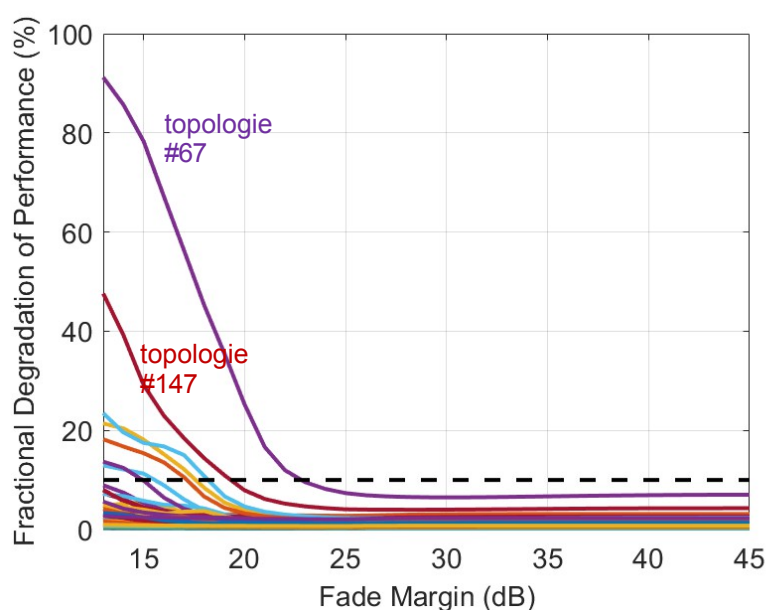
A6.6.3 Kritéria ochrany FDP

Obrázek 76 ukazuje CCDF I/N pro všechny simulované topologie pro scénář A. Hodnoty I/N slouží jako vstupní údaje pro FDP.



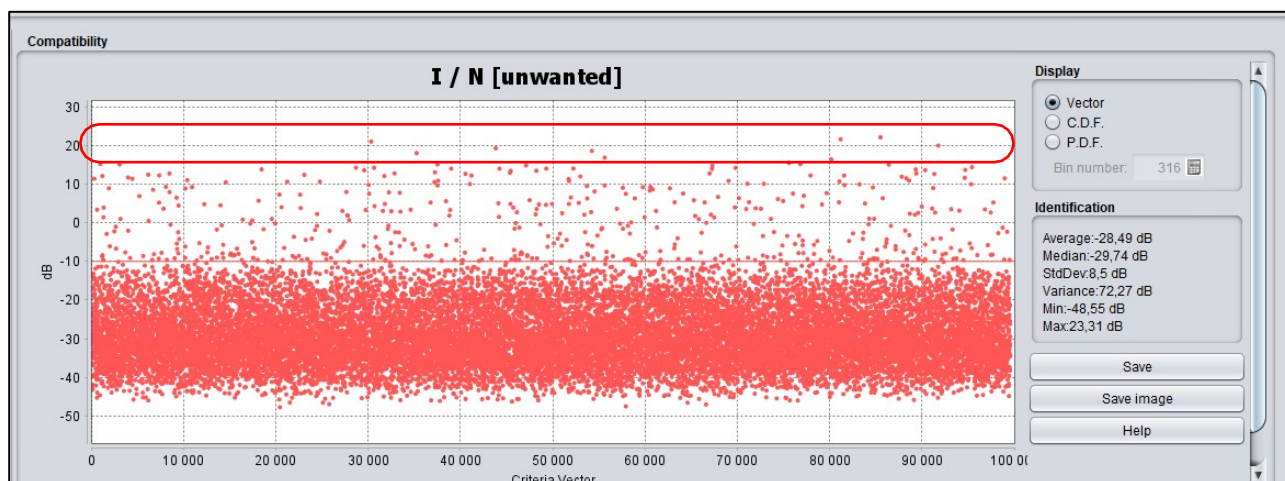
Obrázek 76: CCDF I/N pro všechny simulované topologie (polohový a časový rámec pro scénář A)

Obrázek 77 ukazuje vývoj FDP pro různé FM pro každou topologii pro scénář A. Z 200 simulovaných topologií mohou pouze přibližně 3 % z nich vykazovat FDP vyšší než 10 % pro nízké FM (pod 20 dB). Zdá se, že zejména dvě topologie způsobují vysoké FDP (topologie č. 67 a topologie č. 147) a vyžadovaly by FM alespoň 23 dB, resp. 18 dB, aby se dostaly pod 10% ochranné kritérium.



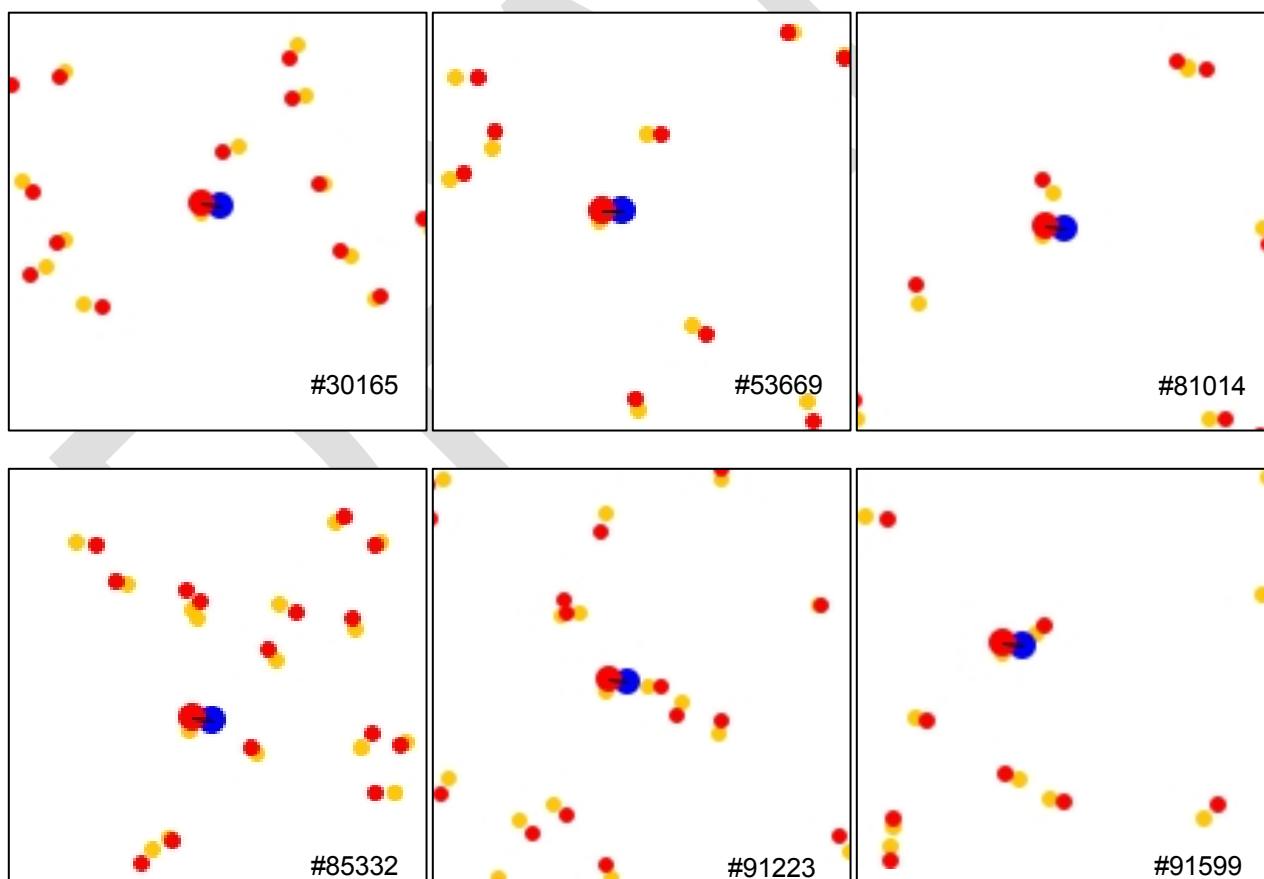
Obrázek 77: FDP vs. FM pro všechny simulované topologie (polohový a časový rámec pro scénář A)

Je možné zkontrolovat hodnoty I/N na časovou událost pro "nejhorší případ" topologie č. 67, jak je znázorněno na obrázku 78.



Obrázek 78: Vzorky I/N pro topologii#67

Jak je patrné, některé časové události mají vysoké hodnoty I/N (např. události 30165, 53669, 81014, 85332, 91223, 91599)¹⁵. Při pohledu pouze na aktivní rušiče v panelu výsledků pro tyto události je aktivní stejný WAS/RLAN v blízkosti přijímače FS, jak ukazuje obrázek 79.



Obrázek 79: Aktivní WAS/RLAN způsobující vysokou hodnotu I/N v topologii č. 67

¹⁵ Zde zobrazené hodnoty I/N jsou bez 3 dB polarizačního nesouladu, protože tento efekt byl přidán ve fázi následného zpracování.

Aby se potvrdilo, že tato síť WAS/RLAN je příčinou vysokého I/N, byla provedena hloubková analýza topologie č. 67, při níž byly zkoumány všechny události vedoucí k I/N většímu nebo rovnému 19 dB (bez polarizačního nesouladu). Jak ukazuje tabulka 97, potvrdilo se, že všechny jsou způsobeny stejným rušičem ("ILT 9159"), jehož charakteristiky vůči přijímači FS jsou uvedeny na obrázku 80.

Tabulka 97: Časové události vedoucí k I/N ≥ 19 dB pro topologii č. 67 (scénář A) a identifikace hlavního rušitele

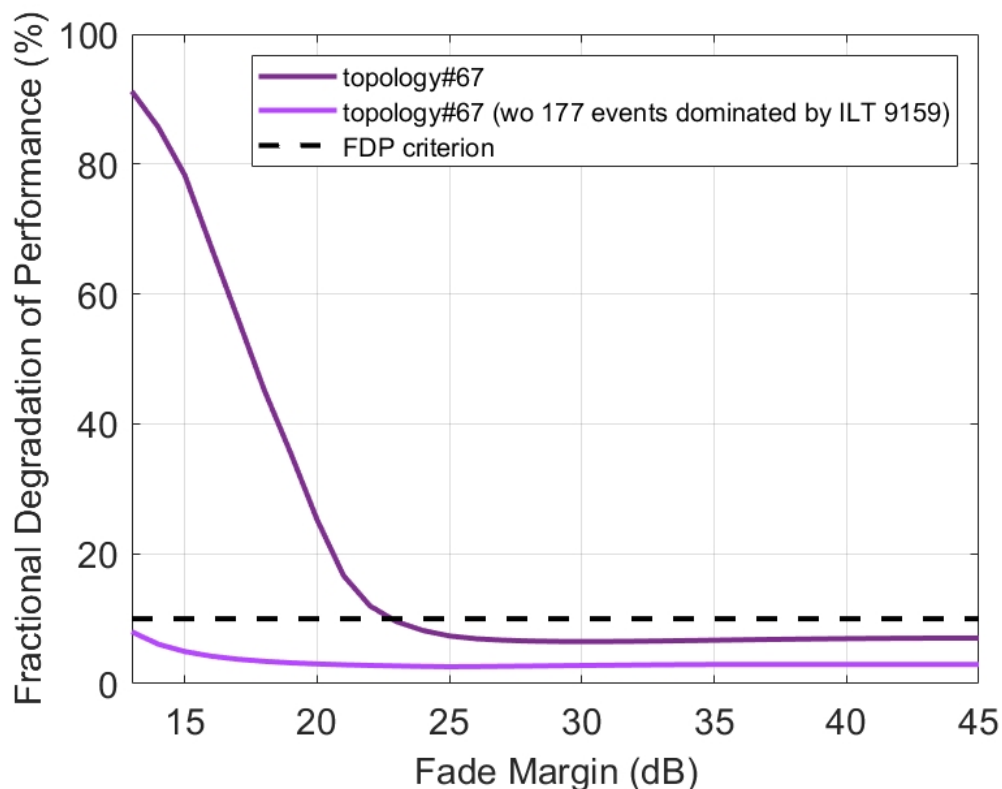
Časová událost s I/N ≥ 19 dB	Hlavní rušitel	iRSS Hlavní rušitel (dBm)	iRSS Všechna rušení (dBm)
172	ILT 9159	-74.094966	-74.094777
6876	ILT 9159	-72.556346	-72.555702
13505	ILT 9159	-71.125116	-71.125107
14682	ILT 9159	-72.415401	-72.415232
16030	ILT 9159	-73.70948	-73.709464
16542	ILT 9159	-74.078284	-74.072261
22306	ILT 9159	-73.426427	-73.426223
30165	ILT 9159	-72.034928	-72.034922
43652	ILT 9159	-73.78058	-73.777484
52373	ILT 9159	-72.861414	-72.860483
53669	ILT 9159	-70.36466	-70.364656
54062	ILT 9159	-74.454642	-74.454537
57168	ILT 9159	-72.916321	-72.915333
69927	ILT 9159	-72.740034	-72.739554
72356	ILT 9159	-74.451398	-74.451396
76805	ILT 9159	-73.41686	-73.41685
81014	ILT 9159	-71.453301	-71.453099
83433	ILT 9159	-74.308748	-74.308709
85332	ILT 9159	-70.930912	-70.930908
91223	ILT 9159	-70.190173	-70.189754
91599	ILT 9159	-73.083699	-73.082631

Name	Value	Unit
Link Details		
Frequency	6775.0	MHz
Distance	0.089	km
Tx-Rx azimuth (global)	354.172	degree
Tx-Rx elevation (global)	7.369	degree
TX power	20.0	dBm
Path loss	94.004	dB
Effective path loss	90.19	dB
ILT Power in VLR Bandwidth	20.0	dBm
Minimum coupling loss	0.000E+00	dB
iRSS Unwanted	-70.19	dBm
iRSS Blocking	-1070.19	dBm
Tx Values (Link 1 (RLAN Indoor Urban) [ILT]: ILT 9159)		
Position	(19.912 0.009)	(km,km)
Antenna height	28.5	m
Terrain height	0.000E+00	m
Antenna Azimuth angle	94.667	degree
Antenna Azimuth pointing (global)	259.505	degree
Azimuth boresight (global)	259.505	degree
Antenna Elevation angle	7.369	degree
Antenna Elevation pointing (global)	0.000E+00	degree
Elevation boresight (global)	0.000E+00	degree
Gain	0.000E+00	dBi
Building entry loss	10.868	dB
Additional loss	0.000E+00	dB
Rx Values (FS [VLR]: VLR)		
Position	(20.0, 0.0)	(km,km)
Antenna height	40.0	m
Terrain height	0.000E+00	m
Antenna Azimuth angle	354.172	degree
Antenna Azimuth pointing (global)	180.0	degree
Azimuth boresight (global)	180.0	degree
Antenna Elevation angle	-7.369	degree
Antenna Elevation pointing (global)	0.000E+00	degree
Elevation boresight (global)	0.000E+00	degree
Gain	5.114	dBi
Additional loss	1.3	dB

Obrázek 80: Parametr sítě WAS/RLAN způsobující vysoký počet výskytů I/N v topologii č. 67 (scénář A) pro časovou událost č. 91223

Tato síť WAS/RLAN byla spuštěna téměř v přímé viditelnosti přijímače FS, ve vzdálenosti 89 m, ve výšce 28,5 m, s vysílacím výkonem 20 dBm, který přijímač FS viděl, a s relativně nízkou ztrátou na vstupu do budovy (přibližně 10 dB).

Ze 100 000 zkoumaných časových událostí topologie č. 67 bylo 177 časových událostí ovládáno tímto rušičem WAS/RLAN a vykazovalo I/N větší než 13 dB (bez polarizačního nesouladu). Pokud by se tyto časové události odstranily, FDP této topologie by vypadala jako na obrázku 81 a byla by pod 10% kritériem pro všechny FM, což potvrzuje skutečnost, že překročení FDP je způsobeno pouze jedním WAS/RLAN.



Obrázek 81: FDP vs FM pro topologii#67 s a bez vzorků I/N větších než 13 dB, kterým dominuje hlavní rušivý signál

Stejná analýza byla provedena pro topologii č. 147, jak je uvedeno v tabulce 98 a na obrázku 82, což vedlo k rovnocennému závěru: za vysoké hodnoty I/N je zodpovědný jediný WAS/RLAN, který byl vyslán téměř v přímé viditelnosti přijímače FS, ve vzdálenosti 129 m, s výškou 7,5 m, vysílacím výkonem 22 dBm, který přijímač FS vidí, a nízkou ztrátou na vstupu do budovy (přibližně 3,3 dB). Jelikož se v této topologii vyskytuje jen málo případů vysokého I/N, je logické, že její křivka FDP je nižší než u nejhorší topologie č. 67.

Tabulka 98: Časové události vedoucí k $I/N \geq 19$ dB pro topologii č. 147 (scénář A) a identifikace hlavního rušitele

Časová událost s $I/N \geq 19$ dB	Hlavní rušitel	iRSS Hlavní rušitel (dBm)	iRSS Všechna rušení (dBm)
6286	ILT 3347	-72.48542	-72.485407
36206	ILT 3347	-73.220988	-73.220959
81584	ILT 3347	-73.852841	-73.852829
91832	ILT 3347	-73.723745	-73.723662
94201	ILT 3347	-71.200353	-71.20035

Name	Value	Unit
Link Details		
Frequency	6775.0	MHz
Distance	0.129	km
Tx-Rx azimuth (global)	349.936	degree
Tx-Rx elevation (global)	14.133	degree
TX power	22.0	dBm
Path loss	90.38	dB
Effective path loss	93.2	dB
ILT Power in VLR Bandwidth	22.0	dBm
Minimum coupling loss	0,000E+00	dB
iRSS Unwanted	-71.2	dBm
iRSS Blocking	-1071.2	dBm
Tx Values (Link 1 (RLAN Indoor Urban) [ILT]: ILT 3347)		
Position	(19.873, 0.023)	(km,km)
Antenna height	7.5	m
Terrain height	0,000E+00	m
Antenna Azimuth angle	242.741	degree
Antenna Azimuth pointing (global)	107.194	degree
Azimuth boresight (global)	107.194	degree
Antenna Elevation angle	14.133	degree
Antenna Elevation pointing (global)	0,000E+00	degree
Elevation boresight (global)	0,000E+00	degree
Gain	0,000E+00	dBi
Building entry loss	3.396	dB
Additional loss	0,000E+00	dB
Rx Values (FS [VLR]: VLR)		
Position	(20.0, 0.0)	(km,km)
Antenna height	40.0	m
Terrain height	0,000E+00	m
Antenna Azimuth angle	349.936	degree
Antenna Azimuth pointing (global)	180.0	degree
Azimuth boresight (global)	180.0	degree
Antenna Elevation angle	-14.133	degree
Antenna Elevation pointing (global)	0,000E+00	degree
Elevation boresight (global)	0,000E+00	degree
Gain	-1.52	dBi
Additional loss	1.3	dB

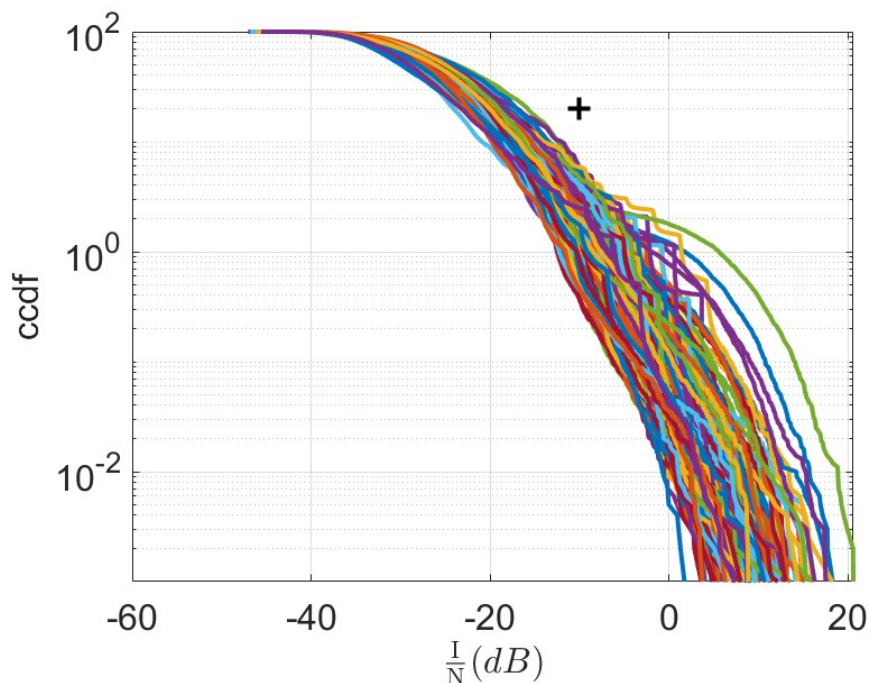
Obrázek 82: Parametr sítě WAS/RLAN způsobující vysoký počet výskytů I/N v topologii č. 147 (scénář A) pro časovou událost č. 94201

Podobná šetření byla provedena také pro další křivky odlehklých hodnot FDP (tj. křivka nad 10 % pro nízkou rezervu FM) a byl pozorován stejný trend: WAS/RLAN v těsné blízkosti přijímače FS (v hlavním svazku), s (relativně) velkou výškou ve srovnání s výškou přijímače FS, s vysokým vysílacím výkonem, který přijímač FS vidí, a s nízkou ztrátou na vstupu do budovy může způsobit překročení kritérií FDP, pokud je rezerva FS fade margin nízká.

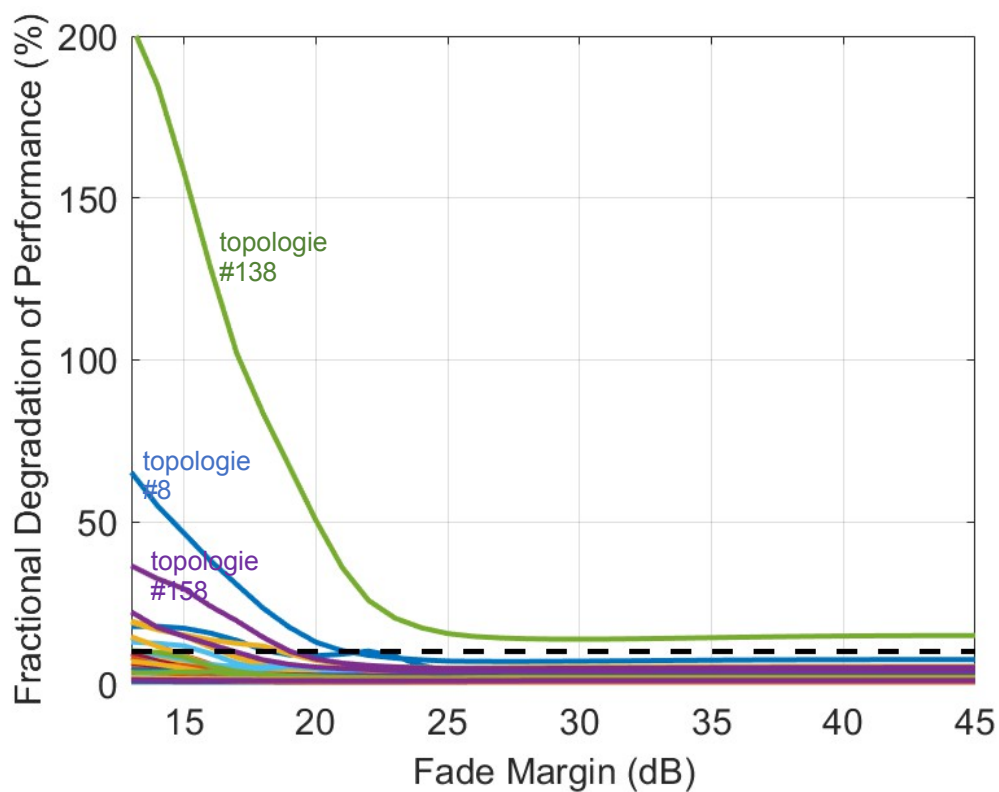
Pravděpodobnost, že všechny tyto podmínky budou splněny v reálném světě, je velmi specifická pro danou lokalitu. Tato simulace pro danou lokalitu ukazuje, že naprostá většina simulovaných topologií splňovala kritéria FDP pro všechny zkoumané FM a že pouze několik málo případů (přibližně 3 %) by způsobilo rušení, pokud je FM spoje FS nízká.

A6.6.4 Analýza citlivosti

Jako analýza citlivosti byly provedeny také simulace s použitím parametrů scénáře B s předpoklady "vysokého" nasazení, protože tyto hypotézy zachycují optimistické rozšíření sítě WAS/RLAN v pásmu 6 GHz na trhu. Rozložení I/N a FDP vs. FM pro každou topologii jsou uvedeny na obr. 83, resp. 84.



Obrázek 83: CCDF I/N pro všechny simulované topologie (polohový a časový rámec pro scénář B)



Obrázek 84: FDP vs. FM pro všechny simulované topologie (polohový a časový rámec pro scénář B)

Přibližně 5,5 % topologií překračuje kritéria FDP pro nejnižší zkoumané FM (13 dB), zatímco 0,5 % topologií je překračuje i pro nejvyšší FM (45 dB). Ze simulovaných topologií mají tři ve srovnání s ostatními obzvláště vysoké FDP. Topologie č. 8 a topologie č. 158 vyžadují FM vyšší než 20 dB, resp. 18 dB, aby byly pod kritériem FDP 10 %. Pouze topologie č. 138 nemůže splnit kritérium FDP pro všechny testované FM.

Stejná hloubková analýza byla provedena pro tyto tři topologie, kde časové události způsobily, že I/N byla větší nebo rovna 19 dB (bez polarizačního nesouladu). Jak je uvedeno v tabulkách 99 až 101, tyto vysoké hodnoty I/N způsobuje pouze jedna síť WAS/RLAN.

Tabulka 99: Časové události vedoucí k I/N $\geq$ 19 dB pro topologii č. 138 (scénář B) a identifikace hlavního rušitele

Časová událost s I/N $\geq$ 19 interferent	dBHlavní	iRSS Hlavní rušitel (dBm)	iRSS Všechna rušení (dBm)
2170	ILT 7015	-74.123109	-74.1225
4848	ILT 7015	-70.574434	-70.573136
6461	ILT 7015	-73.471988	-73.471851
10065	ILT 7015	-73.591974	-73.59189
13476	ILT 7015	-74.081817	-74.076354
18357	ILT 7015	-72.219718	-72.219706
18453	ILT 7015	-69.295387	-69.295367
18785	ILT 7015	-71.634446	-71.634429
24870	ILT 7015	-74.338587	-74.338068
26246	ILT 7015	-73.022191	-73.020691
27254	ILT 7015	-72.471788	-72.471621
28453	ILT 7015	-71.57213	-71.571621
29148	ILT 7015	-71.651491	-71.651339
30814	ILT 7015	-73.557966	-73.557857
32622	ILT 7015	-73.509838	-73.509821
35362	ILT 7015	-70.968297	-70.968287
40229	ILT 7015	-71.544513	-71.544192
44267	ILT 7015	-74.460352	-74.460224
50442	ILT 7015	-74.18652	-74.186461
59641	ILT 7015	-71.333426	-71.333178
65468	ILT 7015	-69.902093	-69.901718
67523	ILT 7015	-74.403181	-74.401076
68940	ILT 7015	-74.108831	-74.108045
70947	ILT 7015	-73.254591	-73.254527

Časová událost s $I/N \geq 19$ dB	Hlavní rušitel	iRSS Hlavní rušitel (dBm)	iRSS Všechna rušení (dBm)
72370	ILT 7015	-74.345204	-74.344815
75419	ILT 7015	-73.272503	-73.27248
76260	ILT 7015	-73.160425	-73.160404
77999	ILT 7015	-73.736206	-73.73603
78011	ILT 7015	-74.442601	-74.440924
79042	ILT 7015	-74.371651	-74.370166
83314	ILT 7015	-74.08218	-74.081889
83662	ILT 7015	-72.826973	-72.826727
88790	ILT 7015	-71.216251	-71.216227
91929	ILT 7015	-74.190897	-74.190741
95018	ILT 7015	-69.91603	-69.91582
95482	ILT 7015	-73.890881	-73.890865
95650	ILT 7015	-71.645118	-71.644955

Tabulka 100: Časové události vedoucí k $I/N \geq 19$ dB pro topologii č. 8 (scénář B) a identifikace hlavního rušitele

Časová událost s $I/N \geq 19$ dB	Hlavní rušitel	iRSS Hlavní rušitel (dBm)	iRSS Všechna rušení (dBm)
24364	ILT 3635	-73.562798	-73.561814
31928	ILT 3635	-74.130109	-74.128896
72664	ILT 3635	-72.206834	-72.206452
74352	ILT 3635	-72.778137	-72.778096
77990	ILT 3635	-71.068928	-71.068763
85757	ILT 3635	-72.802313	-72.802286
86047	ILT 3635	-73.676257	-73.676178
96889	ILT 3635	-73.328832	-73.328658
24364	ILT 3635	-73.562798	-73.561814

Tabulka 101: Časové události vedoucí k $I/N \geq 19$ dB pro topologii č. 158 (scénář B) a identifikace hlavního rušitele

Časová událost s $I/N \geq 19$ dB	Hlavní rušitel	iRSS Hlavní rušitel (dBm)	iRSS Všechna rušení (dBm)
10281	ILT 16989	-74.438332	-74.436015
45037	ILT 16989	-73.151331	-73.15113
45582	ILT 16989	-72.999254	-72.999204
62565	ILT 16989	-73.078505	-73.075099
72348	ILT 16989	-72.011902	-72.011867

V případě "nejhoršího případu" topologie č. 138 byl nejrušivější WAS/RLAN, jehož charakteristika je uvedena na obrázku 85, "vysazen" ve vzdálenosti 44 metrů od přijímače FS, ve výšce 25,5 metru, s vysokým vysílacím výkonem 22 dBm, který přijímač FS viděl, a s velmi nízkou ztrátou na vstupu do budovy 3,4 dB. Tato konfigurace vysvětluje, proč pro tuto topologii nelze splnit kritérium FDP pro všechny FM. Všimněte si, že v těchto simulacích byl vstupní útlum v budově udržován konstantní pro všechny vnitřní WAS/RLAN v průběhu času, zatímco v praxi budou pouze přístupové body LPI pevné, zatímco klienti WAS/RLAN se budou s větší pravděpodobností pohybovat, a proto budou mít různé vstupní útlumy v budově.

Analýza jiného rušivého spoje (Obrázek 86 a Obrázek 87) ukazuje stejné obecné charakteristiky pro WAS/RLAN, které ovlivňují spoj FS, jako byly pozorovány dříve: WAS/RLAN v těsné blízkosti a s (relativně) velkou výškou a s vysokým vysílacím výkonem, jak jej vidí přijímač FS, a s nízkou ztrátou na vstupu do budovy může způsobit překročení kritérií FDP, pokud je rezerva FS fade margin nízká.

Pravděpodobnost výskytu všech těchto podmínek v reálném světě je velmi specifická pro danou lokalitu. Tato simulace obecně pro danou lokalitu ukazuje, že i v této studii citlivosti Scénář B) naprostá většina simulovaných topologií splňovala kritéria FDP pro všechny zkoumané FM a že pouze několik málo výskytů (procento v jednociferném čísle) by je nesplňovalo pro nízké FM.

Name	Value	Unit
Link Details		
Frequency	6775.0	MHz
Distance	0.044	km
Tx-Rx azimuth (global)	99.776	degree
Tx-Rx elevation (global)	18.149	degree
TX power	22.0	dBm
Path loss	77.42	dB
Effective path loss	91.295	dB
ILT Power in VLR Bandwidth	22.0	dBm
Minimum coupling loss	0.000E+00	dB
iRSS Unwanted	-69.295	dBm
iRSS Blocking	-1069.295	dBm
Tx Values (Link 1 (RLAN Indoor Urban) [ILT]: ILT 7015)		
Position	(20.008 -0.044)	(km km)
Antenna height	25.5	m
Terrain height	0.000E+00	m
Antenna Azimuth angle	98.336	degree
Antenna Azimuth pointing (global)	1.44	degree
Azimuth boresight (global)	1.44	degree
Antenna Elevation angle	18.149	degree
Antenna Elevation pointing (global)	0.000E+00	degree
Elevation boresight (global)	0.000E+00	degree
Gain	0.000E+00	dBi
Building entry loss	3.414	dB
Additional loss	0.000E+00	dB
Rx Values (FS [VLR]: VLR)		
Position	(20.0, 0.0)	(km,km)
Antenna height	40.0	m
Terrain height	0.000E+00	m
Antenna Azimuth angle	99.776	degree
Antenna Azimuth pointing (global)	180.0	degree
Azimuth boresight (global)	180.0	degree
Antenna Elevation angle	-18.149	degree
Antenna Elevation pointing (global)	0.000E+00	degree
Elevation boresight (global)	0.000E+00	degree
Gain	-12.575	dBi
Additional loss	1.3	dB

Obrázek 85: Parametr sítě WAS/RLAN, který způsobuje vysoký počet výskytů I/N v topologii č. 138 (scénář B) pro časovou událost č. 18453

Name	Value	Unit
Link Details		
Frequency	6775.0	MHz
Distance	0.057	km
Tx-Rx azimuth (global)	12.441	degree
Tx-Rx elevation (global)	17.055	degree
TX power	16.0	dBm
Path loss	82.138	dB
Effective path loss	87.069	dB
ILT Power in VLR Bandwidth	16.0	dBm
Minimum coupling loss	0,000E+00	dB
iRSS Unwanted	-71.069	dBm
iRSS Blocking	-1071.069	dBm
Tx Values (Link 1 (RLAN Indoor Urban) [ILT]: ILT 3635)		
Position	(19.944, -0.012)	(km,km)
Antenna height	22.5	m
Terrain height	0,000E+00	m
Antenna Azimuth angle	208.273	degree
Antenna Azimuth pointing (global)	164.168	degree
Azimuth boresight (global)	164.168	degree
Antenna Elevation angle	17.055	degree
Antenna Elevation pointing (global)	0,000E+00	degree
Elevation boresight (global)	0,000E+00	degree
Gain	0,000E+00	dBi
Building entry loss	5.842	dB
Additional loss	0,000E+00	dB
Rx Values (FS [VLR]: VLR)		
Position	(20.0, 0.0)	(km,km)
Antenna height	40.0	m
Terrain height	0,000E+00	m
Antenna Azimuth angle	12.441	degree
Antenna Azimuth pointing (global)	180.0	degree
Azimuth boresight (global)	180.0	degree
Antenna Elevation angle	-17.055	degree
Antenna Elevation pointing (global)	0,000E+00	degree
Elevation boresight (global)	0,000E+00	degree
Gain	-3.631	dBi
Additional loss	1.3	dB

Obrázek 86: Parametr sítě WAS/RLAN způsobující vysoký počet výskytů I/N v topologii č. 8 (scénář B) pro časovou událost č. 77990

Name	Value	Unit
Link Details		
Frequency	6775.0	MHz
Distance	0.099	km
Tx-Rx azimuth (global)	2.618	degree
Tx-Rx elevation (global)	10.065	degree
TX power	15.0	dBm
Path loss	89.715	dB
Effective path loss	87.012	dB
ILT Power in VLR Bandwidth	15.0	dBm
Minimum coupling loss	0,000E+00	dB
iRSS Unwanted	-72.012	dBm
iRSS Blocking	-1072.012	dBm
Tx Values (Link 1 (RLAN Indoor Urban) [ILT]: ILT 16989)		
Position	(19.902 -0.005)	(km,km)
Antenna height	22.5	m
Terrain height	0,000E+00	m
Antenna Azimuth angle	192.216	degree
Antenna Azimuth pointing (global)	170.403	degree
Azimuth boresight (global)	170.403	degree
Antenna Elevation angle	10.065	degree
Antenna Elevation pointing (global)	0,000E+00	degree
Elevation boresight (global)	0,000E+00	degree
Gain	0,000E+00	dBi
Building entry loss	6.695	dB
Additional loss	0,000E+00	dB
Rx Values (FS [VLR]: VLR)		
Position	(20.0, 0.0)	(km,km)
Antenna height	40.0	m
Terrain height	0,000E+00	m
Antenna Azimuth angle	2.618	degree
Antenna Azimuth pointing (global)	180.0	degree
Azimuth boresight (global)	180.0	degree
Antenna Elevation angle	-10.065	degree
Antenna Elevation pointing (global)	0,000E+00	degree
Elevation boresight (global)	0,000E+00	degree
Gain	4.003	dBi
Additional loss	1.3	dB

Obrázek 87: Parametr sítě WAS/RLAN způsobující vysoký počet výskytů I/N v topologii č. 158 (scénář B) pro časovou událost č. 72348

A6.7 ZÁVĚR

Tato obecná studie lokality zahrnuje přijímač spojení FS umístěný uprostřed simulační zóny, kde je hustota obyvatelstva přibližně 5400 obyvatel / km². Tato hodnota patří k nejvyšším, které lze v zemích CEPT nalézt.

Bylo zkoumáno několik předpokladů a téměř ve všech případech WAS/RLAN nemají škodlivý vliv na zkoumané FS, tj. jsou dodržena kritéria dlouhodobosti i FDP (za předpokladu vyčištění první Fresnelovy zóny). Pouze za předpokladu nejvyššího nasazení scénáře B (vysoké přijetí WAS/RLAN na trhu v pásmu horních 6 GHz) ve spojení s nízkou rezervou FS fade a nízkým špičkovým ziskem antény FS by mohlo být kritérium FDP překročeno o několik procent, zatímco ve velmi převážné většině studovaných případů je FDP hluboko pod hranicí 10 %, což vede k proveditelnému provozu WAS/RLAN za přítomnosti spojení FS.

Analýza umístění a času ukázala, že topologie s kombinací mnoha faktorů, kdy se WAS/RLAN nachází v těsné blízkosti přijímače FS (hlavní svazek) a s (relativně) velkou výškou ve srovnání s výškou přijímače FS a s vysokým vysílacím výkonem, který přijímač FS vidí, a s nízkou ztrátou na vstupu do budovy, mohou způsobit překročení kritérií FDP, pokud je rezerva FS fade margin nízká. Tato obecná studie hustě obydleného centra města ukázala, že pravděpodobnost je velmi závislá na splnění všech těchto podmínek a je nízká i pro spojení s omezenou rezervou útlumu (3 % pro scénář A a 5,5 % pro scénář B pro rezervu útlumu 13 dB) a je velmi specifická pro danou lokalitu.

DRAFT

ANNEX 7: SDÍLENÍ S PEVNOU SLUŽBOU - STUDIE PRO KONKRÉTNÍ LOKALITU

A7.1 POZADÍ

Tato analýza představuje studii sdílení sítě RLAN s pevnou službou (FS) typu bod-bod v "horním pásmu 6 GHz" (tj. 6425-7125 MHz). Tato analýza rozšiřuje studii sdílení a kompatibility provedené ve zprávách ECC 302 a 316 mezi systémy WAS/RLAN a stávajícími zavedenými systémy v pásmu 5925-6425 MHz na pásmo vyšších 6 GHz.

Studie se pokoušejí kvantifikovat a kvalifikovat riziko překročení dlouhodobých a frakčních kritérií ochrany (FDP).

Oddíl A7.2 uvádí předpoklad WAS/RLAN použitý v této studii, který je v souladu s dohodnutými parametry. To zahrnuje parametrické vstupy, parametry a rozdělení, které jsou podrobně popsány ve zprávě ECC 302 a 316, a zohledňuje modely roku 2030 pro nasazení WAS/RLAN a dodatečnou úvahu o výškovém rozložení antén WAS/RLAN.

Oddíl A7.3 představuje metodiku a výsledky studie sdílení FS. Tato studie se řídí metodikou ze "Studie B analýzy Monte Carlo" zprávy ECC 302 a využívá reprezentativní vazby FS z: Spojeného království, Francie, Litvy a České republiky.

A7.2 TECHNICKÉ VLASTNOSTI WAS/RLAN V HORNÍM KMITOČTOVÉM PÁSMU 6 GHz

Bezdrátové přístupové systémy včetně rádiových místních sítí (WAS/RLAN) byly modelovány takto.

A7.2.1 Vyzáření výkon vysílače

Rozložení e.i.r.p. bylo odvozeno pomocí dohodnutého normovaného rozložení zisku antény a kombinace zařízení WAS/RLAN podle tabulky 40. Výsledné celkové rozdělení je shrnuto v tabulce 41 pro vnitřní a venkovní zařízení WAS/RLAN.

A7.2.2 Výšky antén WAS/RLAN

A7.2.2.1 *Propojení v České republice, Litvě a Francii*

Pro spoje nacházející se ve výše uvedených správách je rozdělení výšek WAS/RLAN ze zprávy ECC 316 a zprávy ECC 302.

- Vnitřní výšky WAS/RLAN jsou stanoveny na základě rozdělení vnitřních výšek ze zprávy ECC 316, tabulka 18 (v příloze 3). To je znázorněno v tabulce 102, kde je rozdělení ze zprávy ECC 316 (podle velikosti domácnosti) převedeno na města a příměstské oblasti, a to tak, že se předpokládá, že města s více než 25 000 domácnostmi jsou města a ostatní města jsou příměstské oblasti. Zpráva ECC 316 již poskytla rozdělení podle výšky pro Rural, které je zde použito v nezměněné podobě.
- Pro venkovní síť WAS/RLAN se používá rozdělení venkovní výšky ze zprávy ECC 302, tabulka 10,
- Celkové rozložení výšky WAS/RLAN je uvedeno v tabulce 102.

Tato analýza se zabývala sedmi spoji získanými z databáze pevných spojů ve Spojeném království. U šesti zkoumaných spojů se oba konce spoje nacházely na území Spojeného království, zatímco u jednoho ze zkoumaných spojů se přijímací konec nacházel na území Francie (viz oddíl A7.3.1).

Pro šest zkoumaných přijímačů FS ve Spojeném království jsou vnitřní a venkovní výšky WAS/RLAN přiřazeny takto:

- Do vzdálenosti přibližně 2 km od každého přijímače FS jsou vnitřní sítě WAS/RLAN v budovách vypuštěny podle databáze budov Spojeného království.¹⁶ (viz obrázek 88) a venkovní sítě WAS/RLAN jsou vyřazeny mimo budovy. V simulované oblasti se výška budov pohybovala od 1 patra (1,5 m) do 33 pater (97,5 m). Kromě toho 5 % všech venkovních sítí RLAN nadále vypadává nad budovami, což by mohlo představovat venkovní použití na balkonech, střechách atd. Pro tyto vnitřní a venkovní sítě WAS/RLAN je proto výška nastavena na základě výšky budovy, na kterou je vysazena, přičemž výška sítě RLAN je náhodně vybrána mezi 1,5 m a výškou budovy v krocích po 3 m se stejnou pravděpodobností. Výška zbývajících venkovních sítí WAS/RLAN je nastavena na 1,5 m.



Obrázek 88: Příklad výšky budov ve 3D v okolí Londýna

- Pro vnitřní sítě WAS/RLAN vzdálené více než 2 km od kteréhokoli ze šesti přijímačů FS umístěných ve Spojeném království se používá rozložení vnitřní výšky odvozené z databáze budov ve Spojeném království v simulační oblasti (viz tabulka 102). Podobně se pro zbývajících venkovních WAS/RLAN použije rozložení venkovních výšek ze zprávy ECC 302, tabulka 10, jak je replikováno v tabulce 102.

Tabulka 102: Rozložení vnitřní výšky WAS/RLAN odvozené z databáze budov ve Spojeném království

Příběh budovy	Výška (m)	Městský interiér	Příměstské interiéry	Venkovský interiér
1	1.5	68.06%	81.13%	99.99953%
2	4.5	29.65%	18.13%	0.00033%
3	7.5	1.82%	0.64%	0.00014%
4	10.5	0.32%	0.06%	0%
5	13.5	0.09%	0.02%	0%

¹⁶ <https://buildingheights.emu-analytics.net/main?layers=greatBritain&urbanAreas=&options=&baseMap=darkmatter&selectedFeature=4985395&main-map=15.244 -0.094 51.511 0.0 0.0> od 25.05.2023

Příběh budovy	Výška (m)	Městský interiér	Příměstské interiéry	Venkovský interiér
6	16.5	0.03%	0.01%	0%
7	19.5	0.01%	0.003%	0%
8	22.5	0.006%	0.002%	0%
9	25.5	0.003%	0.001%	0%
10	28.5	0.017%	0.005%	0%
Celkem		100%	100%	100%

Pro jeden přijímač FS ve Francii (FS ID 5 v tabulce 107) jsou vnitřní a venkovní výšky WAS/RLAN přiřazeny podle výše uvedené tabulky 3.

A7.2.3 Provozní frekvence

Obrázek 89 ukazuje sadu kanálů WAS/RLAN z IEEE 802.11be D5.0 uvedenou v tabulce 103, začínající na frekvenci 6425 MHz.

20 MHz	97	101	105	109	113	117	121	125	129	133	137	141	145	149	153	157	161	165	169	173	177	181	185	189	193	197	201	205	209	213	217	221	225	229	233																	
40 MHz	99	107			115		123		131		139		147		155		163		171		179		187		195		203		211		219		227																			
80 MHz	103					119					135					151					167					183					199				215																	
160 MHz					111								143									175									199									207												
320-1 MHz	95 (overlapping with lower 6 GHz)																		159																		207															
320-2 MHz									127																				191																							
6425 MHz																																	7125 MHz																			

Obrázek 89: Plán kanálů WAS/RLAN v horním pásmu 6 GHz (IEEE 802.11be D5.0)

Tabulka 103: Soubor kanálů

Šířka pásma kanálu	# kanálů	Sada kanálů
20 MHz	35	97, 101, 105, 109, 113, 117, 121, 125, 129, 133, 137, 141, 145, 149, 153, 157, 161, 165, 169, 173, 177, 181, 185, 189, 193, 197, 201, 205, 209, 213, 217, 221, 225, 229, 233
40 MHz	17	99, 107, 115, 123, 131, 139, 147, 155, 163, 171, 179, 187, 195, 203, 211, 219, 227
80 MHz	8	103, 119, 135, 151, 167, 183, 199, 215
160 MHz	4	111, 143, 175, 207
320 MHz	2	95 (překrývá se s nižšími 6 GHz), 159, 127, 191

A7.2.4 Šířka pásma

Rozložení šířky pásma je podle níže uvedené tabulky 104, kde byla šířka pásma 320 MHz zavedena do rozložení použitého ve zprávě ECC 302.

Tabulka 104: Rozdělení šířky pásma

Šířka pásma kanálu	20 MHz	40 MHz	80 MHz	160 MHz	320 MHz
Procento zařízení WAS/RLAN	10%	5%	30%	35%	20%

A7.2.5 Počet okamžitě vysílajících zařízení

Tabulka 105 a tabulka 106 shrnují model nasazení WAS/RLAN a uvádějí celkový počet okamžitě vysílajících zařízení v zemích CEPT během hodin vytížení. V tabulce 105 a tabulce 106 jsou uvažovány předpokládané počty obyvatel zemí CEPT podle OSN v roce 2030 včetně "všech věkových kategorií" a "ve věku 10 až 90 let". Každá tabulka obsahuje parametrické vstupy (nízký, střední a vysoký) pro faktor rušných hodin a faktor přijetí na trhu. Proto jsou pro každý scénář uvedeny nízké, střední a vysoké hodnoty okamžitě vysílajících zařízení.

Provádějí se dvě sady simulací, jedna za předpokladu populace "všech věkových kategorií" a druhá citlivostní analýza za předpokladu populace "ve věku 10 až 90 let".

V každé iteraci simulace jsou okamžitě vysílající zařízení vyřazena úměrně hustotě obyvatelstva na základě 30arcsecond Gridded Population of the World database spolu s několika dalšími úvahami - jako je umístění WAS/RLAN uvnitř a venku nad budovami ve vzdálenosti do 2 km od jakéhokoli přijímače FS ve Spojeném království a žádné umístění WAS/RLAN nad vodou - jak je podrobně popsáno v části A7.3.3.

Tabulka 105: Shrnutí modelu nasazení WAS/RLAN (všechny věkové kategorie)

	Nízká	Mid	Vysoká
Celkový počet obyvatel CEPT 2030 podle projekcí OSN (všechny věkové kategorie)	688 447 000		
Bezdrátová zařízení pracující ve spektru osvobozeném od licence (zbytek pracuje v licencovaném spektru)	90%		
Faktor pracovní doby	50%	62.70%	62.70%
Faktor horní hranice 6 GHz (horní hranice 6 GHz / (horní hranice 6 GHz + 5 GHz + 2,4 GHz)) (%)	40.75%		
Faktor přijetí na trhu (zařízení s frekvencí 6 GHz)	25%	32%	50%
Faktor aktivity RF na osobu	1.97%		
Okamžitě vysílající zařízení	621 752	997 986	1 559 353

Tabulka 106: Shrnutí modelu nasazení analýzy citlivosti WAS/RLAN (věk 10 až 90 let)

	Nízká	Mid	Vysoká
Celkový počet obyvatel CEPT 2030 podle projekcí OSN (ve věku 10 až 90 let)	609 503 000		
Bezdrátová zařízení pracující ve spektru osvobozeném od licence (zbytek pracuje v licencovaném spektru)	90%		
Faktor pracovní doby	50%	62.70%	62.70%
6 GHz Faktor (horních 6 GHz / (horních 6 GHz + 5 GHz + 2,4 GHz)) (%)	40.75%		

	Nízká	Mid	Vysoká
Faktor přijetí na trhu (zařízení s frekvencí 6 GHz)	25%	32%	50%
Faktor aktivity RF na osobu	1.97%		
Okamžitě vysílající zařízení	550 455	883 547	1 380 542

A7.2.6 Zařazení obyvatelstva do městského, příměstského a venkovského prostředí

Stejně jako ve zprávě ECC 302 byl celkový počet obyvatel CEPT rozdělen do městského, příměstského a venkovského prostředí takto:

- Urban: 50%;
- Předměstí: 27%;
- Venkov 23%.

A7.2.7 Vnitřní a venkovní prostředí

Předpokládá se, že síť WAS/RLAN jsou:

- 98,79 % Vnitřní
- 1,21 % Venkovní prostředí

Stejně jako ve zprávě ECC 302 se pro vnitřní použití WAS/RLAN používá doporučení ITU-R P.2109 o ztrátách při průniku do budov, přičemž se předpokládá, že 70 % tvoří tradiční budovy a 30 % tepelně účinné budovy. Simulace rovnoměrně vzorkuje rozdělení podle P.2109 v rozmezí 1 % až 99 %, protože se jedná o rozsah pravděpodobnosti, kde byl model ověřen na základě empirických údajů.

A7.3 METODIKA SDÍLENÍ FS

A7.3.1 Parametry FS

S využitím nejnovější databáze správy¹⁷ byly extrahovány spoje pevné služby v pásmu horních 6 GHz. Dále bylo za účelem výběru několika reprezentativních spojů pro provedení studie provedeno následující:

- Když byly k dispozici zisky přijímací antény, byly odstraněny spoje se ziskem přijímací antény menším než 34,4 dBi, aby odpovídaly nejnižšímu zisku analyzovanému ve studii UK 2020.¹⁸
- Vybraly se spoje, které byly vybrány ve studii UK 2020 nebo měly podobnou topologii (např. vysílač i přijímač v městské oblasti, vysoký zisk antény) jako spoje vybrané ve studii UK 2020.

Pro spoje do České republiky a Francie se použilo pouze druhé kritérium z výše uvedených (tj. přijímač v hustě osídlených oblastech). Výsledkem je řada spojů s parametry spoje uvedenými v tabulkách 107 až 110, které byly použity ve výpočtech I/N.

¹⁷ Databáze Ofcom byla stažena z [informačního portálu https://www.ofcom.org.uk/spectrum/information/spectrum-information-system-sis/spectrum- dne 17. dubna 2023](https://www.ofcom.org.uk/spectrum/information/spectrum-information-system-sis/spectrum- dne 17. dubna 2023). Pro Českou republiku byla data konzultována ve spolupráci s Českým telekomunikačním úřadem, který provozuje interní databázi kmitočtových přidělení, dne 2024. června. Pro Francii byl použit následující odkaz <https://nam10.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fcarte-.fh.lafibre.info%2F&data=05%7C02%7CFEdalat%40rkf-eng.com%7Cac2938c2d9aa451fa75508dc99dea0b3%7C4ed8b15b911f42bc8524d89148858535%7C1%7C0%7C638554428688090338%7CUnknown%7CTWfPbGZsb3d8eyJWljoIMC4wLjAwMDAilCJQljoiv2luMzliLCJBtIil6lk1haWwLiCJXVCI6Mn0%3D%7C0%7C%7C%7C&sdata=j0WfHbwmH%2FRvkiutrzGNqvz2IJNVz082GDIs%2FSC%2F8PE%3D&reserved=0> v červnu 2024. V případě Litvy byly údaje konzultovány v květnu 2023 ve spolupráci se státní správou.

¹⁸ https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0036/198927/6ghz-statement.pdf

Tabulka 107: Umístění a parametry vysílače a přijímače spoje UK FS

ID F S	Číslo licence	FS Tx Zeměpisná šířka	FS Rx Zeměpisná šířka	Střední frekvence (MHz)	Šířka pásmo (MHz)	FS Tx AGL Výška (m)	FS Rx AGL Výška (m)	FS Rx Špičkov ý zisk antény (dBi)	FS Rx Ztráty na přívodu (dB)
		Zeměpisná délka	Zeměpisná délka						
1	1218912/3	50° 50' 35.63372" N 1° 4' 8.52762" W	50° 40' 36.39525" N 1° 22' 13.3606" W	6685	60	23	55	39.7	8.8
2	1218912/3	50° 40' 36.39525" N 1° 22' 13.3606" W	50° 50' 35.63372" N 1° 4' 8.52762" W	7025	60	55	23	39.7	2.2
3	1118962/1	51° 35' 9.57852" N 0° 28' 30.33169" E	51° 32' 5.82649" N 0° 0' 23.8075" W	6460	30	20	138	35	0.5
4	1118962/1	51° 32' 5.82649" N 0° 0' 23.8075" W	51° 35' 9.57852" N 0° 28' 30.33169" E	6800	30	138	20	35	0.5
5	1266190/1	51° 20' 28.50676" N 1° 23' 27.51076" E	51° 2' 30.98892" N 2° 16' 40.40006" E	6800	40	77	85	39.5	0.38
6	1041404/1	51° 27' 5.75597" N 0° 2' 57.0038" E	51° 29' 21.02343" N 0° 17' 50.03528" W	6610	30	32	70	39.6	0.5
7	1041404/1	51° 29' 21.02343" N 0° 17' 50.03528" W	51° 27' 5.75597" N 0° 2' 57.0038" E	6950	30	70	32	39.6	0.5

Tabulka 108: Umístění a parametry vysílače a přijímače linky FS ve Francii¹⁹

ID F S	FS Tx Latitude Zeměpisná délka	FS Rx Zeměpisná šířka Zeměpisná délka	FS Tx AGL Výška (m)	FS Rx AGL Výška (m)	FS Rx Špičkový zisk antény (dBi)
1	48.80502° N 2.533139° E	48.885513° N 2.422432° E	96	103	34.77
2	48.885513° N 2.422432° E	48.80502° N 2.533139° E	103	96	34.77
3	49.029807° N 2.753452° E	48.916162° N 2.415722° E	41.7	45.5	42.38
4	45.747017° N 4.97979° E	45.764023° N 4.822339° E	77	43	39.88
5	45.764023° N 4.822339° E	45.747017° N 4.97979° E	43	77	34.77
6	48.288174° N -1.959124° E	48.108287° N -1.672523° E	56	55	36.36

Tabulka 109: Umístění a parametry vysílače a přijímače spoje France FS

ID F S	FS Tx Zeměpisná šířka Zeměpisná délka	FS Rx Zeměpisná šířka Zeměpisná délka	Střední frekvence (MHz)	Šířka pásmo (MHz)	FS Tx AGL Výška (m)	FS Rx AGL Výška (m)	FS Rx Špičkov ý zisk antény (dBi)
1	55° 54' 28.05" N 24° 20' 09.41" E	55° 44' 04.1" N 24° 21' 30" E	6480	56	50	46	35
2	55° 32' 32.63" N 24° 04' 31.23" E	55° 44' 04.1" N 24° 21' 30" E	6480	56	60	44	35
3	56° 08' 32.17" N 23° 12' 36.32" E	55° 56' 05.3" N 23° 19' 00.2" E	6460	40	70	29.5	35
4	55° 59' 25.13" N 23° 38' 41.82" E	55° 56' 05.3" N 23° 19' 00.2" E	6460	40	72	29.5	35

Návrh ZPRÁVY ECC 364 - strana

170 5	55° 22' 03.8" N 25° 47' 59.5" E	55° 20' 16.52" N	6840	40	45	46	35
----------	------------------------------------	---------------------	------	----	----	----	----

¹⁹ Předpokládá se, že část RX se nachází v nejlidnatější oblasti jako nejhorší případová studie.

ID F S	FS Tx Zeměpisná šířka Zeměpisná délka	FS Rx Zeměpisná šířka Zeměpisná délka	Střední frekvence (MHz)	Šířka pásma (MHz)	FS Tx AGL Výška (m)	FS Rx AGL Výška (m)	FS Rx Špičkový zisk antény (dBi)
		26° 10' 33.06" E					
6	54° 45' 49.9" N 25° 22' 21.9" E	54° 43' 46.2" N 25° 14' 47.3" E	6480	56	40	54	32.8
7	54° 31' 11.4" N 25° 19' 21.2" E	54° 39' 39.5" N 25° 16' 47.1" E	6480	56	55	40	32.8

Tabulka 110: Umístění vysílače a přijímače spoje FS v České republice

ID F S	FS Tx Latitude Zeměpisná délka	FS Rx Latitude Zeměpisná délka	Šířka pásma (MHz)	FS Tx AGL Výška (m)	FS Rx AGL Výška (m)
1	49.82277778° 13.67027778°	50.08° 14.37583333°	40	30	52
2	49.19888889° 16.57972222°	49.20083° 17.12138889°	40	17	30
3	49.86111° 18.21444444°	49.62778° 18.62722222°	40	52	33
4	48.86722° 14.28138889°	48.99917° 14.48138889°	40	44	37
5	49.46194° 12.91583333°	49.7775° 13.35361111°	40	25	22
6	50.38806° 14.93111111°	50.05583° 14.37944444°	80	12	117

Poznámky:

- Pro všechny antény FS Rx v simulaci je pro anténní vzor použito doporučení ITU-R F.1245.
- Pro francouzský FS:
 - Vzhledem k tomu, že není známa střední frekvence a šířka pásma kanálu spojů FS, je střední frekvence nastavena na střed horního pásma 6 GHz (tj. 6775 MHz) a šířka pásma kanálu je nastavena na 40 MHz pro všech 6 spojů FS.
 - Dále jsou špičkové zisky antény FS Rx (G_{max}) odvozeny z průměru antény FS Rx (D) v databázi a frekvence 6775 MHz ($\lambda = 0,044 \text{ meters}$) podle F.1245 pomocí následujícího vzorce:

$$G_{max} \approx 20 \log_{10} \left(\frac{D}{\lambda} \right) + 7.7$$

- Za Českou republiku FS:

Vzhledem k tomu, že v databázi České republiky není uveden špičkový zisk antény FS přijímače, byla zvolena režimová hodnota 38 dBi z tabulky 18 zprávy ECC (převzaté z doporučení ITU-R F.758) o charakteristikách FS spoje v pásmu horních 6 GHz.

Návrh ZPRÁVY ECC 302 - stránka 172
Pro Maňon, LRTV a Českou republiku byla vzhledem k absenci údajů týkajících se hlučnosti FS zvolena obecná hodnota 4,5 dB s použitím minimální hodnoty ze zprávy ECC 302, tabulka 18, která činí

z doporučení ITU-R F.758. Vzhledem k absenci hodnoty ztrát na přívodu byla použita obecná hodnota 1,3 dB na základě tabulky 8 v oddíle 4.1.1 této zprávy ECC.

A7.3.2 Modely šíření

Tabulka 111 shrnuje modely šíření použité pro simulaci FS podle zprávy ECC 302.

Tabulka 111: Souhrn modelů šíření pro studii FS

Scénář	Model šíření pro síť RLAN v městských/příměstských oblastech	Model šíření pro síť RLAN na venkově
Vzdálenost ≤ 40 m	Ztráta dráhy ve volném prostoru (FSPL)	
40 m < vzdálenost ≤ 1 km	VÍTĚZ II LOS/NLOS Pro WAS/RLAN v městských a příměstských oblastech, C2 a C1 WINNER II se používají modely.	P.452-17 (3arcsekundová terénní databáze SRTM) + P.452-17 Clutter Loss (pokud jsou splněny podmínky vzdálenosti a úhlu)
Vzdálenost > 1 km	P.452-17 (3arcsekundová terénní databáze SRTM) + P.2108-0 Ztráta rušivých vlivů	P.452-17 Úbytek nepořádku Kategorie: - Listnaté stromy, smíšené lesy nebo jehličnaté stromy, pokud je podle Evropské agentury pro životní prostředí Corine Land Cover (CLC)²⁰ označuje jako takový - Jinak, nepořádek v centru obce

Jak je uvedeno ve zprávě 302, pravděpodobnosti LOS v systému WINNER II jsou implementovány pomocí následujícího pseudokódu:

- Umístěte každou WAS/RLAN na Zemi náhodně podle hustoty populace.
- Pro každý WAS/RLAN vypočítejte vzdálenost k FS: d
- Pro každou WAS/RLAN vypočítejte pravděpodobnost LOS, p_{LOS} , která je funkcí vzdálenosti d a prostředí (WAS/RLAN může být v městském, příměstském nebo venkovském prostředí).
- Pro každou síť WAS/RLAN vygenerujte náhodné číslo $r = \text{rand}(1)$ s rovnoměrným rozdělením v intervalu $[0, 1]$.
pokud $r < p_{LOS}$: vypočítáme přenosovou ztrátu pomocí rovnice
LOS jinak: vypočítáme přenosovou ztrátu pomocí rovnice
NLOS
- opakujte pro všechny FS

Pro síť WAS/RLAN nad 10 m je pravděpodobnost cesty LOS WINNER II stanovena na hodnotu jedna, stejně jako ve zprávě ECC 302.

A7.3.3 Metodika

Studie v této zprávě jsou založeny na metodice simulace Monte Carlo podobně jako studie B ve zprávě ECC 302, kde je odvozeno rozložení rušení pro každý přijímač FS.

Studie Monte Carlo byla provedena na spojích FS (jak je uvedeno v oddíle A7.3.1), aby se určila souhrnná I/N v každém místě příjmu FS.

Toto rušivé prostředí bylo modelováno pro každou iteraci nasazení sítě WAS/RLAN náhodným rozmístěním aktivních sítí WAS/RLAN s využitím pravděpodobnostního rozdělení hustoty obyvatelstva a databáze budov (pouze pro Velkou Británii) a dalších relevantních parametrů, jako je středová frekvence, šířka pásma, e.i.r.p. a výška. Předpokládalo se, že každá iterace rozmístění WAS/RLAN je nezávislá.

²⁰ Použita nejnovější verze této databáze z května 2023, U2018_CLC2012_V2020_20u1.tif.

Pro každou stanici FS bylo simulováno pět milionů (5 000 000) nezávislých nasazení WAS/RLAN, aby bylo možné získat statistické údaje a určit, zda:

- a) Bylo splněno kritérium dlouhodobé ochrany FS, podle kterého nesmí být I/N = -10 dB překročeno po více než 20 % času v důsledku provozu WAS/RLAN (podle doporučení ITU-R F.758).
- b) Kritérium FS FDP, které je nižší než 10 % v důsledku provozu WAS/RLAN, bylo splněno.

U pevných služeb se I/N agreguje přes všechny souběžné kanály WAS/RLAN v okruhu 150 km od přijímače FS.

A7.3.4 Metodika postupné simulace

Rušení z nasazení sítí WAS/RLAN do přijímačů FS je analyzováno pomocí simulace Monte Carlo. Simulace má následující strukturu:

- 1) Definice metodiky vysazení sítě RLAN
 - a. Metodika poklesu RLAN využívá Gridded Population of the World (GPW).²¹ a také databázi budov (pouze pro Velkou Británii) v okolí přijímačů FS k nastavení náhodných míst RLAN (zeměpisná délka, šířka a výška) v každé iteraci simulace Monte Carlo. Metodika poklesu RLAN je klíčovou součástí simulace a je podrobně popsána níže.
- 2) Nastavení dat:
 - a. Vložte informace o spojení vysílačů FS (Tx) a přijímačů FS (Rx) do databáze;
 - b. Nastavte rozdělení pravděpodobnosti výpadku sítě RLAN, jak je popsáno v podrobném popisu metodiky výpadku sítě RLAN níže.
- 3) Iterace Monte Carlo:
 - a. Vygenerujte náhodné rozložení sítí WAS/RLAN pomocí rozdělení pravděpodobnosti populace zařízení;
 - b. Vytvořte hodnoty přenosových ztrát, ztrát rušením a ztrát budov mezi jednotlivými WAS/RLAN a FS Rx v souladu s modelováním šíření uvedeným v oddíle A7.3.2;
 - c. Pomocí anténního obrazce FS Rx, ztrát na napájecí, šířky pásma a šumového čísla vypočítejte souhrnnou hodnotu WAS/RLAN I/N na každém FS Rx.
- 4) Iterujte:

Opakujte krok 2 pro celkový zadaný počet iterací. Zaznamenejte hodnoty I/N pro každý FS Rx v každé iteraci a výsledky zapište do souboru.
- 5) Použijte zaznamenané souhrnné hodnoty I/N k vytvoření doplňkové kumulativní distribuční funkce I/N (CCDF).

Výše uvedené kroky 1), 2) a 3) jsou podrobněji popsány níže.

Krok 1) Definujte metodiku zanechání sítě RLAN:

Postup pro určení rozdělení polohy RLAN (zeměpisná délka, šířka, výška) je následující.

1. Čtou se rastrová data o světové populaci s rozlišením 30 arcsec, což je přibližně 900 metrů.
2. Regiony jsou klasifikovány jako městské/příměstské/venkovské na základě prahových hodnot hustoty obyvatelstva. Prahové hodnoty hustoty zalidnění jsou vypočteny tak, aby procentuální podíl městského/příměstského/venkovského obyvatelstva v simulačním regionu odpovídal cílovým hodnotám 50 % městského, 27 % příměstského a 23 % venkovského obyvatelstva (podle A7.2.6).
3. Každé oblasti mřížky o rozměrech 30 x 30 úhlových vteřin v simulační oblasti je přiřazena pravděpodobnost rovnající se podílu populace v dané oblasti mřížky a celkové populace v simulační oblasti. Tímto způsobem mají všechny oblasti o rozměrech 30 arcsec x 30 arcsec v simulační oblasti diskrétní rozdělení pravděpodobnosti, kdy každá oblast má určitou pravděpodobnost a součet všech těchto pravděpodobností je 1.
4. Náhodná oblast mřížky o rozměrech 30 úhlových vteřin x 30 úhlových vteřin je vybrána pomocí diskrétního rozdělení odvozeného v kroku 4 výše. Určí se odpovídající ENVIRONMENT_TYPE (Urban/Suburban/Rural).
5. Sít' RLAN se považuje za venkovní/vnitřní s použitím diskrétního rozdělení:
$$\text{Prob}(\text{Indoor}) = 0,9879$$
$$\text{Pravděpodobnost}(\text{Venku}) = 0,0121$$

Výška RLAN se pak určí pomocí odpovídajícího rozdělení pro Indoor/Outdoor s odpovídajícím ENVIRONMENT_TYPE (podle tabulky 3). Souřadnice zeměpisné délky/šířky RLAN se určí výběrem polohy rovnoměrně rozložené v oblasti mřížky 30 úhlových vteřin x 30 úhlových vteřin.

²¹ je použit soubor gpw_v4_population_density_rev11_2020_30_sec.tif.

Jak je uvedeno v oddíle 0, pro studii ve Spojeném království se v oblasti o poloměru prvních dvou kilometrů kolem přijímače FS načítá databáze skutečných budov. Všimněte si, že databáze budov obsahuje výšku budovy pro každý vzorkovací bod s rozlišením přibližně 1 metr. Proto je každé RLAN, která spadne v prvních dvou kilometrech, přiřazena skutečná poloha a výška. Platí přitom následující pravidla:

- Pokud je oblast mřížky vybraná v kroku 5 pokryta databází budov, uvažuje se dílčí mřížka databáze budov s rozlišením (1/30) úhlové vteřiny nad oblastí 30 úhlových vteřin x 30 úhlových vteřin. Všimněte si, že tato dílčí mřížka obsahuje $900 \times 900 = 810\,000$ bodů. Každý z těchto bodů je klasifikován podle toho, zda se v daném místě nachází budova, nebo ne, pomocí databáze budov. Z těchto 810 000 bodů se započítá celkový počet bodů, ve kterých se nachází budova. Nechť N_B = počet bodů, kde se nachází budova, N_N = počet bodů, kde se nenachází žádná budova. Všimněte si, že $N_B + N_N = 810\,000$.
- Pravděpodobnosti pro Indoor/Outdoor/OutdoorBldg jsou definovány jako.
- $PIN = Prob(Indoor) = 0,9879$
- $POUT = Prob(Outdoor) = 0,0121 * 0,95 = 0,011495$
- $POUTBLDG = Prob(OutdoorBldg) = 0,0121 * 0,05 = 0,000605$
- Každému z 810 000 bodů je přiřazena určitá pravděpodobnost. Bodům, pro které neexistuje žádná budova, je přiřazena pravděpodobnost $POUT/N_N$. Bodům, v nichž se nachází budova, je přiřazena pravděpodobnost $(PIN+POUTBLDG) * h/SH$, kde h je výška budovy v bodě a SH je součet výšek budov ve všech bodech, v nichž se nachází budova.
- Pomocí rozdělení definovaného v kroku 9 se vybere jeden bod. Pokud bod nemá žádnou budovu, je považován za venkovní a je mu přiřazena výška 1,5 metru (podle oddílu A7.2.2). Pokud má bod budovu, považuje se buď za vnitřní s pravděpodobností $PIN/(PIN+POUTBLDG)$, nebo za venkovní s pravděpodobností $POUTBLDG/(PIN+POUTBLDG)$. Výška je pak vybrána náhodně mezi 1,5 m a výškou budovy v krocích po 3 m se stejnou pravděpodobností.

Krok 2) Nastavení dat:

Část simulace zaměřená na nastavení dat zahrnuje načtení dat FS do simulace, definování odpovídajících anténních vzorů F.1245 pro každý přijímač FS, definování rozložení e.i.r.p. používaných pro zařízení RLAN, zadání parametrů pro modely přenosových ztrát a dalších parametrů rozpočtu spoje.

Využívají se data o hustotě zalidnění světa (GPW), která obsahují hodnoty hustoty zalidnění na 30 obloukových vteřinách v souřadnicích zeměpisné délky a šířky, jak bylo popsáno v předchozím kroku. Kromě toho je použit polygon zahrnující všechny země CEPT, který vymezuje simulační oblast.

Krok 3) Iterace Monte Carlo:

Pro každou iteraci se náhodným rozložením aktivních zařízení WAS/RLAN vygeneruje vždy jedno zařízení WAS/RLAN pomocí metodiky popsané v kroku 1) výše.

Každé síti WAS/RLAN je přiřazena náhodná šířka pásma pomocí diskrétního rozdělení pravděpodobnosti, jak je uvedeno v tabulce 104, a náhodná střední frekvence výběrem kanálu pro příslušnou šířku pásma, jak je uvedeno v tabulce 104.

103. Střední frekvence je generována na základě všech možných středních frekvencí pro zvolenou šířku pásma a pomocí rovnoměrného rozdělení.

Pro každý FS v simulaci se vypočítá a agreguje rušení ze všech sítí WAS/RLAN. Pokud je vzdálenost WAS/RLAN od Rx FS větší než 150 km, předpokládá se, že WAS/RLAN nepřispívá k rušení Rx FS.

Dále se polohy FS Tx a FS Rx použijí spolu s polohou WAS/RLAN k určení, zda se WAS/RLAN nachází uvnitř první Fresnelovy zóny spoje FS. Pokud se WAS/RLAN skutečně nachází uvnitř první Fresnelovy zóny FS, při výpočtu rušení se ignoruje. Předpokládá se, že se jedná o nepravděpodobnou cestu rušení a špatný návrh spoje FS, protože spoj FS nemá volný prostor v první Fresnelově zóně.

Šířka pásma WAS/RLAN a střední frekvence se spolu se šířkou pásma a střední frekvencí FS Rx používají k výpočtu podílu šířky pásma WAS/RLAN, který se překrývá se šířkou pásma FX Rx. Pokud se pásmo WAS/RLAN nepřekrývá, je při výpočtu rušení ignorováno.

Pro představu o dopadu těchto faktorů a umístění sítí WAS/RLAN do vzdálenosti 150 km od FS je níže v oddíle A7.4.1 uveden podrobnější popis.

Při implementaci doporučení ITU-R P.452-17 jsou procenta času (p) mezi 0 % a 100 % generována náhodně a procenta času větší než 50 % jsou nastavena na 50 %. Náhodná ztráta vstupu do budovy se vypočítá pomocí doporučení ITU-R P.2109-0 a typu budovy a výškového úhlu od WAS/RLAN k FS Rx. Náhodné hodnoty přenosových ztrát a ztrát rušení se generují pomocí specifikovaných simulačních modelů přenosových ztrát/ztrát rušení v oddíle A7.3.2.

Je použita pevná hodnota polarizačního útlumu 3 dB.

Úhel antény FS Rx od směru vrtání ve směru WAS/RLAN se vypočítá s ohledem na umístění FS Rx, FS Tx a umístění WAS/RLAN. Tento úhel a rovnice závislosti zisku na úhlu mimo kótu v F.1245 se pak použijí k interpolaci zisku antény FS Rx ve směru WAS/RLAN.

Rušivý výkon na FS Rx se vypočítá vhodným součtem e.i.r.p. WAS/RLAN, ztrát na vstupu do budovy, ztrát při přenosu, ztrát při rušení, polarizačních ztrát, zisku FS Rx ve směru každého WAS/RLAN, ztrát na přívodu FS Rx a ztrát při spektrálním překrytí. Toto rušení je agregováno pro všechny sítě WAS/RLAN pro každý FS Rx v simulaci. Agregátní I/N je poměr agregovaného rušivého výkonu a šumového výkonu přijímače. Šumový výkon přijímače se pro každý přijímač FS vypočítá podle následující rovnice:

$$N \text{ (dBW)} = 10 \log_{10} (k T_0 B) + NF$$

kde:

- N = šumový výkon FS Rx na vstupu přijímače (dBW);
- k = Boltzmannova konstanta = $1,3806488 \cdot 10^{-23}$ (J/K);
- $T_0 = 290$ K;
- B = šířka pásma FS Rx (Hz);
- NF = šumové číslo FS Rx .

Pro FS Spojeného království byla zvolena hodnota hlučnosti = 5 dB, aby bylo dosaženo těsné shody s úrovněmi hluku stanovenými Ofcomem (Spojené království) pro účely plánování [18]. Vzhledem k tomu, že nejsou k dispozici údaje pro ostatní správní orgány, je použita hodnota hlučnosti 4,5 dB, jak je uvedeno v oddíle A7.3.1.

Výsledná souhrnná hodnota I/N (dB) se vypočítá podle následujícího vzorce:

$$\bar{N} \text{ (dB)} = 10 * \log_{10} \left(\sum_{i=1}^N 10^{(EIRP_i + GFS,i - L_{b,i} - LBEL_{,i} - L_{pol} - L_{spectraloverlap,i})/10} \right) - N$$

Kde:

- $EIRP_i$ je e.i.r.p. i^{th} RLAN v dBW.
- GFS,i představuje zisk stanice pevné služby vůči i^{th} RLAN v dB.
- $L_{b,i}$ je ztráta cesty a ztráta rušením mezi i^{th} RLAN a FS Rx v dB.
- $LBEL_{,i}$ je ztráta průniku budovou v dB (pro vnitřní zařízení).
- L_{pol} je polarizační ztráta 3 dB.
- $L_{spectraloverlap,i}$ je spektrální ztráta překrytím v dB.

A7.4 VÝSLEDKY ANALÝZY FS

A7.4.1 Model nasazení WAS/RLAN

Pro vizualizaci metodiky Monte Carlo při umísťování sítě WAS/RLAN do vzdálenosti 150 km od přijímače FS, jak je podrobně popsáno v oddíle A7.3.3, byla pro každou správu provedena jedna iterace simulace Monte Carlo.

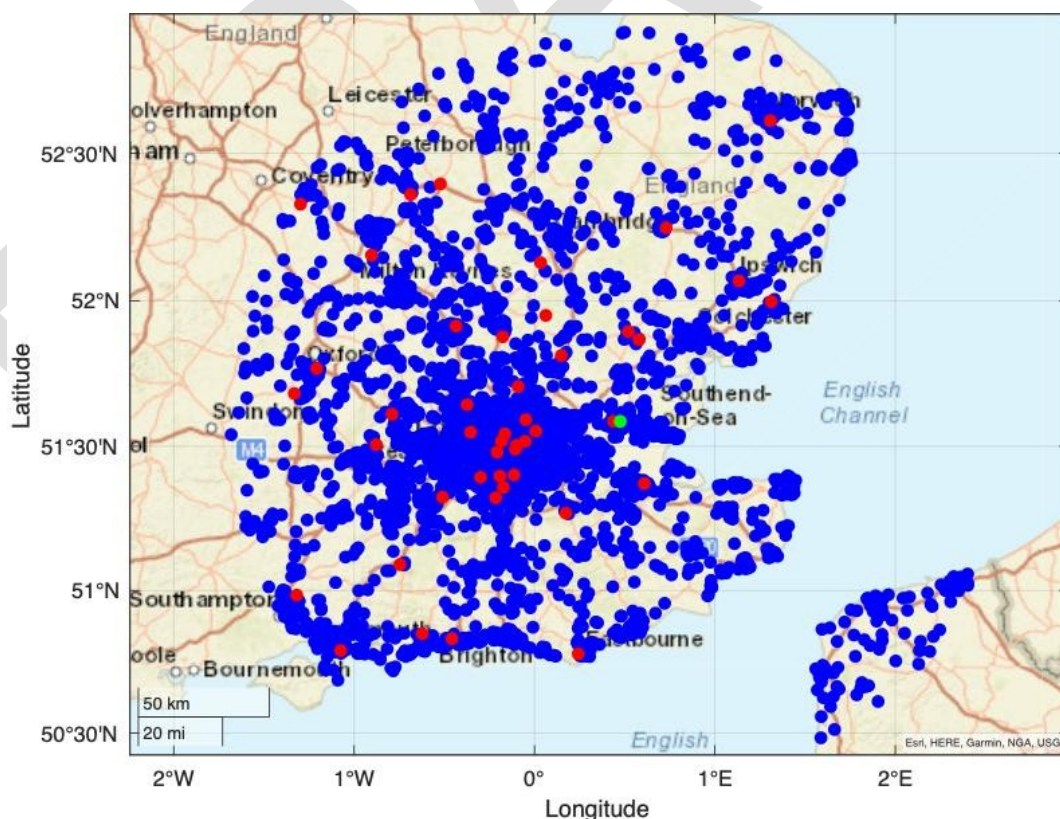
Tabulka 112 ukazuje, jak byly parametry uvedené v oddíle A7.2.5 implementovány s ohledem na tuto simulaci, která byla použita pro UK FS 4.

Tabulka 112: Počet aktivních zařízení WAS/RLAN simulovaných v jedné iteraci UK FS 4 pro scénář "všechny věkové kategorie"

Studovaná populace	Okamžitě vysílající zařízení	Okamžitě vysílající zařízení v okruhu 150 km	Okamžitě vysílající zařízení s překrývající se frekvencí FS v okruhu 150 km
688 447 000	1 559 353	56 981	4 635

Obrázek 90 ukazuje umístění FS 4 (zelená tečka) na mapě východně od Londýna. Ukazuje také hustotu okamžitě vysílajících zařízení, která se frekvenčně překrývají s FS 4.

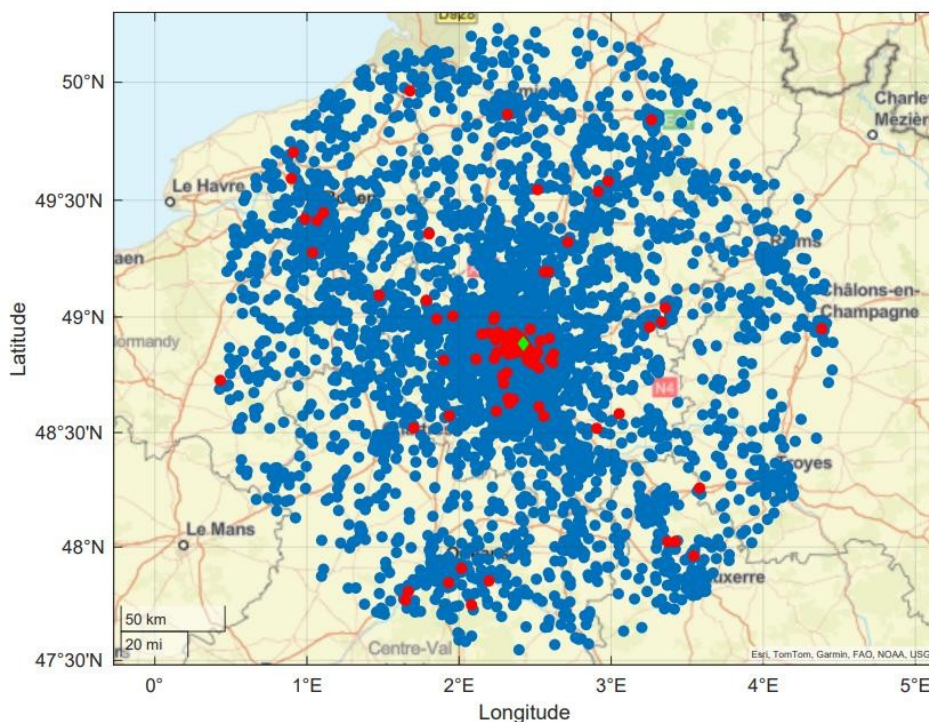
V okruhu 150 km od FS 4 se očekává, že v každém časovém okamžiku bude aktivních 56 981 zařízení WAS/RLAN; 4635 z nich se překrývá s šířkou pásma FS 30 MHz. Největší hustota modrých bodů je v centru města. Každá modrá tečka představuje aktivní zařízení WAS/RLAN spadající do pásma FS. Modré a červené tečky představují vnitřní a venkovní zařízení WAS/RLAN na obrázku 90. Zelená tečka představuje FS 4.



Obrázek 90: Hustota 4 635 současně vysílajících WAS/RLAN s kmitočtovým překryvem v okruhu 150 km od přijímače UK FS 4 (z jedné iterace simulace)

Obrázek 91 ukazuje polohu FS 1 (zelená tečka) na mapě severovýchodně od Paříže. Ukazuje také hustotu okamžitě vysílajících zařízení, která se frekvenčně překrývají s FS 1.

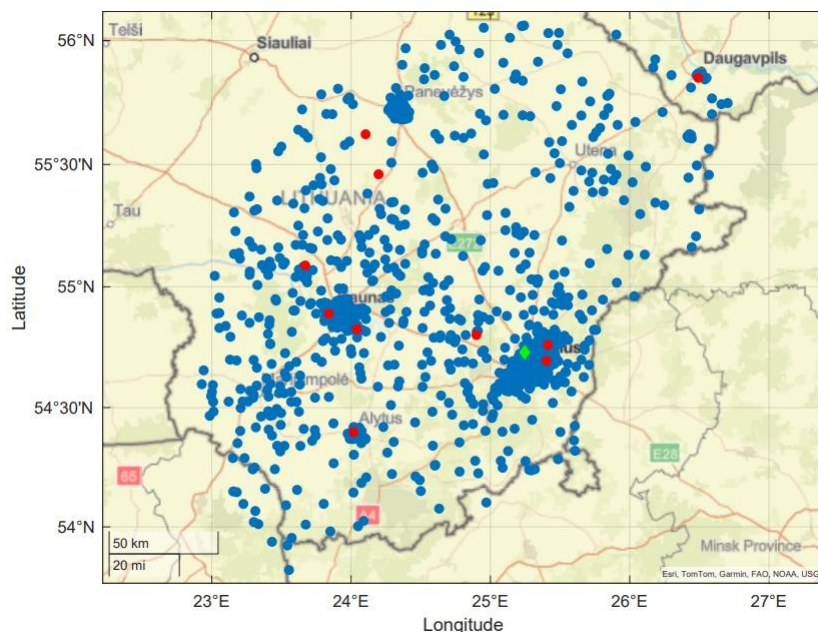
V okruhu 150 km od FS 1 se očekává, že v každém časovém okamžiku bude aktivních 39 717 zařízení WAS/RLAN; 9425 z nich se překrývá s šířkou pásma FS 40 MHz. Největší hustota modrých bodů je v centru města. Každá modrá tečka představuje aktivní zařízení WAS/RLAN spadající do pásma FS. Modré a červené tečky představují vnitřní a venkovní zařízení WAS/RLAN na obrázku 90. Zelená tečka představuje FS 1.



Obrázek 91: Příklad současného vysílání WAS/RLAN s kmitočtovým překryvem v okruhu 150 km od přijímače France FS 1 (z jedné iterace simulace)

Obrázek 92 ukazuje polohu FS 6 (zelená tečka) na mapě severně od Vilnius. Ukazuje také hustotu okamžitě vysílajících zařízení, která se frekvenčně překrývají s FS 6.

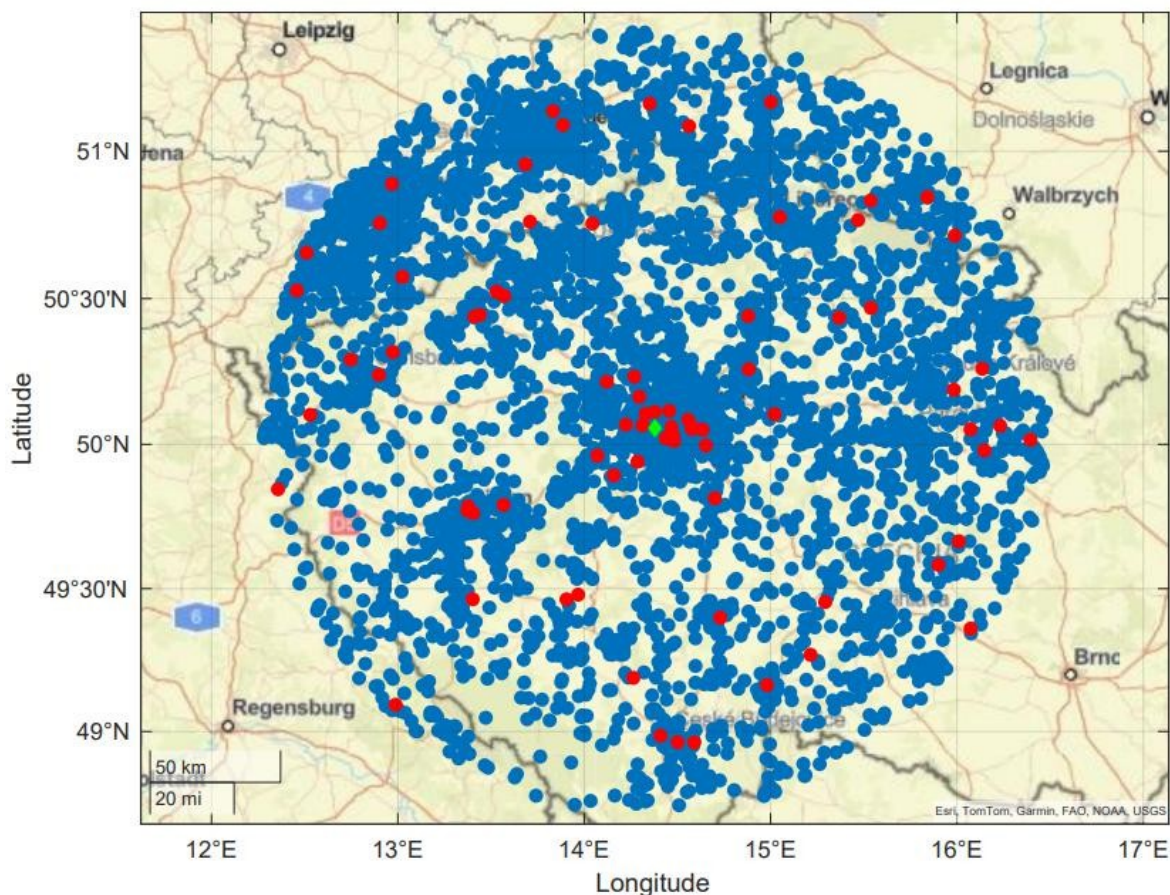
V okruhu 150 km od FS 6 se očekává, že v každém časovém okamžiku bude aktivních 4 231 zařízení WAS/RLAN; 1 196 z nich se překrývá s šířkou pásma FS 56 MHz. Největší hustota modrých bodů je v centru města. Každá modrá tečka představuje aktivní zařízení WAS/RLAN spadající do pásma FS. Modré a červené tečky představují vnitřní a venkovní zařízení WAS/RLAN na obrázku 90. Zelená tečka představuje FS 6.



Obrázek 92: Příklad souběžného vysílání WAS/RLAN s kmitočtovým překryvem v okruhu 150 km od přijímače FS 6 v Litvě (z jedné iterace simulace).

Obrázek 93 ukazuje polohu FS 6 (zelená tečka) na mapě západně od Prahy. Ukazuje také hustotu okamžitě vysílajících zařízení, která se frekvenčně překrývají s FS 6.

V okruhu 150 km od FS 6 se očekává, že v každém časovém okamžiku bude aktivních 21 083 zařízení WAS/RLAN; 5914 z nich se překrývá s šířkou pásma FS 80 MHz. Největší hustota modrých bodů je v centru města. Každá modrá tečka představuje aktivní zařízení WAS/RLAN spadající do pásma FS. Modré a červené tečky představují vnitřní a venkovní zařízení WAS/RLAN na obrázku 90. Zelená tečka představuje FS 6. Je třeba poznamenat, že v sousední zemi mimo CEPT nejsou nasazeny žádné sítě RLAN.

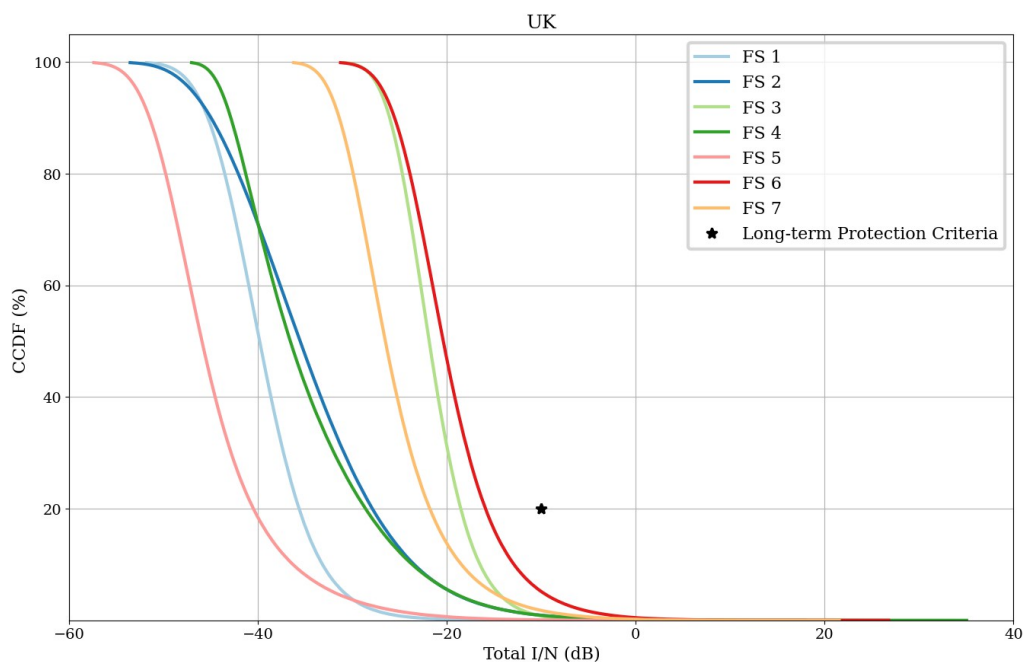


Obrázek 93: Příklad současného vysílání WAS/RLAN s kmitočtovým překryvem v okruhu 150 km od přijímače FS 6 v ČR (z jedné iterace simulace).

A7.4.2 Kritérium dlouhodobé ochrany

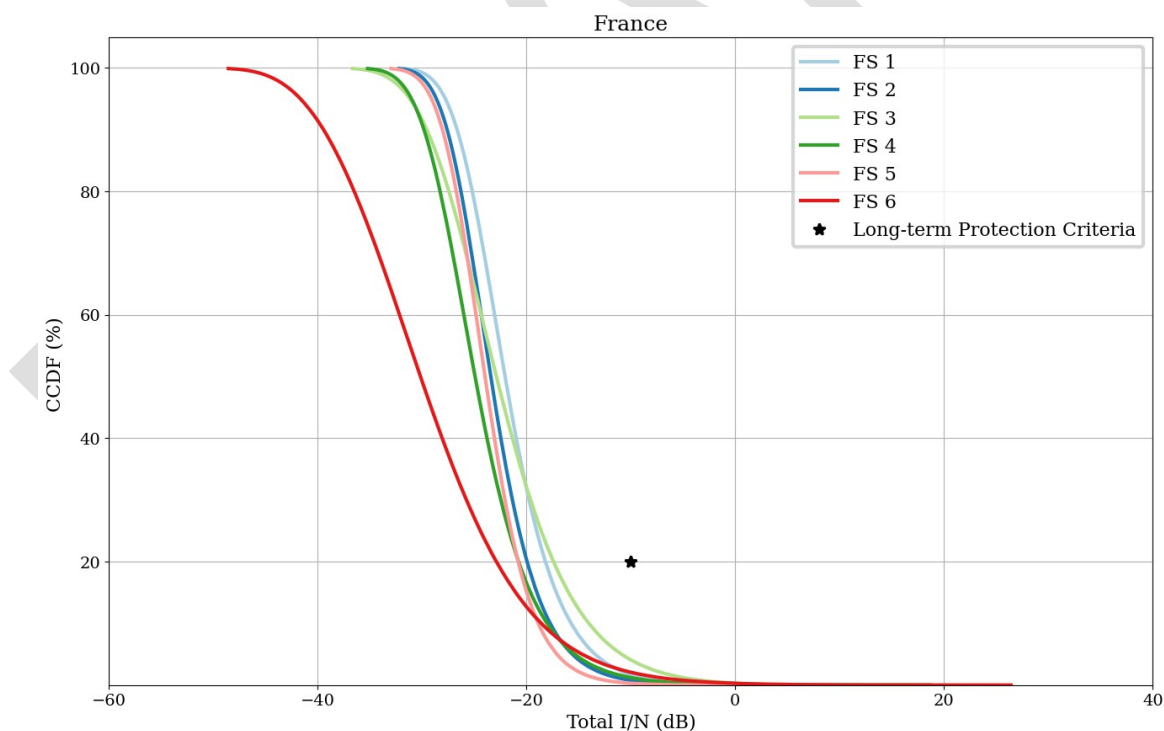
Pro každé podání bylo provedeno pět milionů (5 000 000) iterací simulace Monte Carlo, aby se určila celková hodnota I/N v každém z míst příjmu FS. Pro každou iteraci byly aktivní sítě WAS/RLAN rozmístěny náhodně v souladu s oddílem A7.2. Byly provedeny dva samostatné běhy: jeden s použitím "vysokých" parametrů z tabulky 105, založený na populaci regionu CEPT "všech věkových kategorií" 688 447 000, a druhý s použitím "vysokých" parametrů z tabulky 106, založený na populaci regionu CEPT "ve věku 10 až 90 let" 609 503 000 osob. Tyto iterace pro každý běh dohromady představují 35 000 000 různých morfologií interference WAS/RLAN-to-FS ve Spojeném království a Litvě a 30 000 000 různých morfologií v České republice a Francii. Každá iterace simulace modeluje soubor současně vysílajících zařízení v síti WAS/RLAN.

Obrázek 94 ukazuje procento 5 000 000 iterací pro každý ze 7 přijímačů FS umístěných ve Spojeném království, kde I/N ze všech sítí WAS/RLAN (vnitřní + venkovní) přesáhl úroveň I/N na ose x pro "všechny věkové kategorie". Výsledky ukazují, že všechny FS splnily kritérium dlouhodobé ochrany.



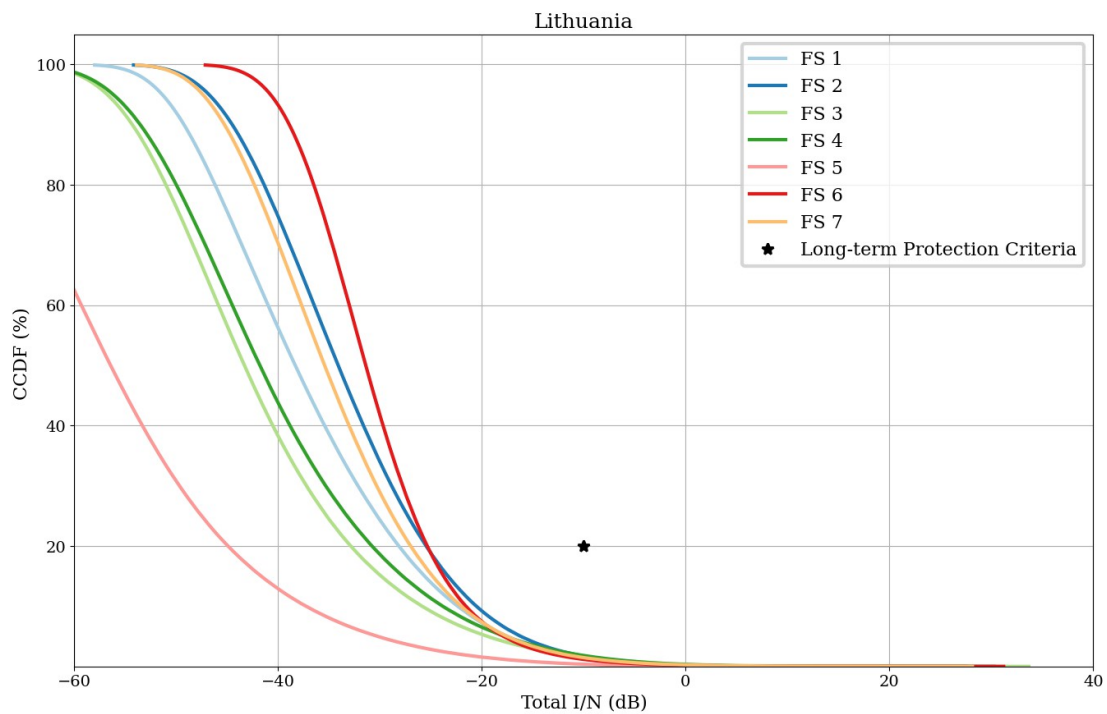
Obrázek 94: Doplnkový CDF celkové I/N pro "všechny věkové kategorie", vazby na Spojené království

Obrázek 95 ukazuje procento 5 000 000 iterací pro každý ze 6 přijímačů FS umístěných ve Francii, kde I/N ze všech sítí WAS/RLAN (vnitřní + venkovní) přesáhl úroveň I/N na ose x pro "všechny věkové kategorie". Výsledky ukazují, že všechny FS splnily kritérium dlouhodobé ochrany.



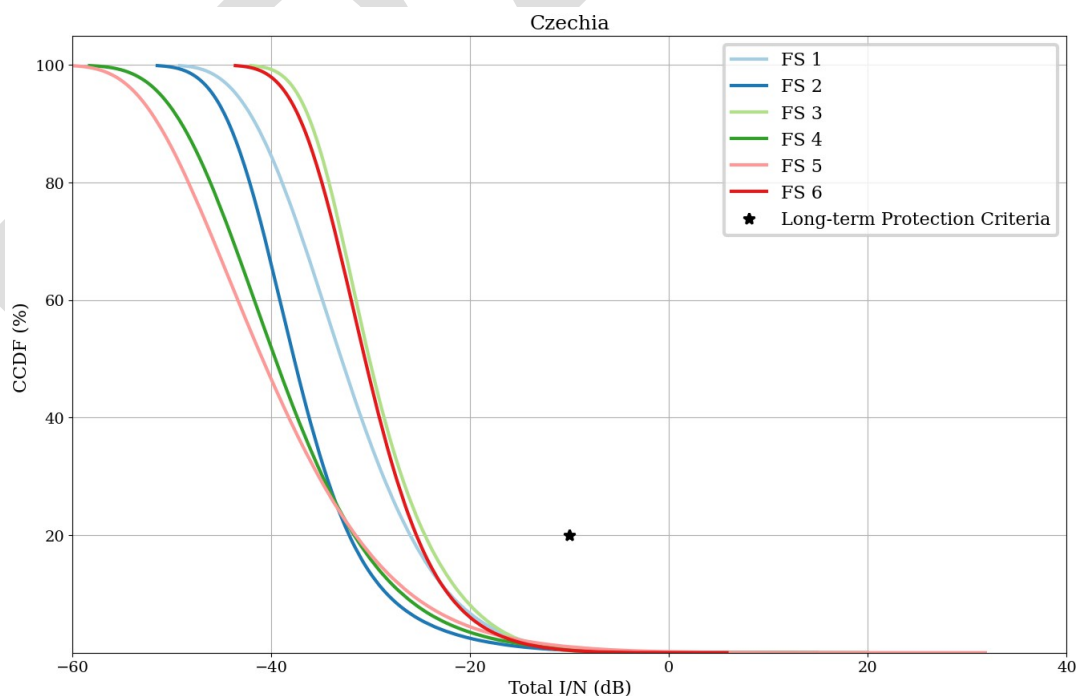
Obrázek 95: Doplnkový CDF celkové I/N pro "všechny věkové kategorie", odkazy Francie

Obrázek 96 ukazuje procento 5 000 000 iterací pro každý ze 7 přijímačů FS umístěných v Litvě, kde I/N ze všech sítí WAS/RLAN (vnitřní + venkovní) přesáhl úroveň I/N na ose x pro všechny věkové kategorie". Výsledky ukazují, že všechny FS splnily kritérium dlouhodobé ochrany.



Obrázek 96: Doplnkový CDF celkové I/N pro vazby "všechny věkové kategorie" Litva

Obrázek 97 ukazuje procento 5 000 000 iterací pro každý ze 6 přijímačů FS umístěných v České republice, kde I/N ze všech sítí WAS/RLAN (vnitřní + venkovní) přesáhl úroveň I/N na ose x pro "všechny věkové kategorie". Z výsledků vyplývá, že všechny FS splnily kritérium dlouhodobé ochrany.



Obrázek 97: Doplnkový CDF celkové I/N pro scénář "všechny věkové kategorie", Česká republika odkazy

A7.4.3 Kritérium ochrany FDP

V tabulce 113 jsou uvedeny hodnoty FDP pro každý z FS zkoumaných ve Spojeném království s použitím rozdělení I/N z 5 milionů iterací (jak je znázorněno na obrázku 94), skutečných mezí slábnutí spojů (z databáze Spojeného království) a rozdělení slábnutí z doporučení ITU-R P.530 pro scénář "všechny věkové kategorie". V tabulkách jsou uvedeny celkové hodnoty FDP, kde,

$$FDP_{celkem} = FDP_{dlouhodobý} + FDP_{krátkodobý}$$

Jak je uvedeno, u "všech věkových kategorií" se FDP pohybuje od 0,02 % (FS ID 1) do 6,66 % (FS ID 4).

Jak je patrné, všechny zkoumané spoje splňují kritérium 10 % FDP, a proto nelze očekávat žádný dopad na provoz FS.

Tabulka 113: FDP z 5 milionů iterací, pro spoje ve Spojeném království

ID FS	Skutečné rozpětí pro útlum (dB)	FDPcelkem (všechny věkové kategorie)
1	15	0.02%
2	15	1.09%
3	15	1.70%
4	15	6.66%
5	24.25	0.03%
6	28.90	4.43%
7	29.27	1.30%

V tabulce 114 jsou uvedeny hodnoty FDP pro každý z FS zkoumaných ve Francii s použitím rozdělení I/N z 5 milionů iterací (jak je uvedeno na obrázku 95), meze slábnutí spojů (vypočtené podle doporučení ITU-R P.530 s použitím údajů o spojích z francouzské databáze a za předpokladu 99,99 %), meze slábnutí spojů (vypočtené podle doporučení ITU-R P.530 s použitím údajů o spojích z francouzské databáze a za předpokladu 99,99²² dostupnost) a rozdělení odeznění podle P.530 pro "všechny věkové kategorie". V tabulkách jsou uvedeny celkové hodnoty FDP.

Jak bylo uvedeno, pro "všechny věkové kategorie" se celková FDP pohybuje od 0,66 % (FS ID 5) do 2,82 % (FS ID 3).

Jak je patrné, všechny zkoumané spoje splňují kritérium 10 % FDP, a proto nelze očekávat žádný dopad na provoz FS.

²² Dostupnost 99,99 % byla zvolena proto, aby se marže slábnutí spojů vešly do francouzských minimálních a maximálních marží slábnutí s tímto pásmem.

Tabulka 114: FDP z 5 milionů iterací pro francouzské spoje

ID FS	Rozpětí zeslabení (dB)	FDP (všechny věkové kategorie)
1	24.13	1.68%
2	23.98	1.08%
3	39.53	2.82%
4	25.44	0.72%
5	26.27	0.66%
6	36.09	2.44%

V tabulce 115 jsou uvedeny hodnoty FDP pro každý z FS zkoumaných v Litvě s použitím rozdělení I/N z 5 milionů iterací (jak je znázorněno na obrázku 96), mezi slábnutí spojů (vypočtené podle doporučení ITU-R P.530 s použitím údajů o spojích z litevské databáze a za předpokladu 99,999% dostupnosti) a rozdělení slábnutí podle P.530 pro "všechny věkové kategorie". V tabulkách jsou uvedeny celkové hodnoty FDP.

Jak bylo uvedeno, pro "všechny věkové kategorie" se celková FDP pohybuje od 0,23 % (FS ID 5) do 4,52 % (FS ID 7).

Jak je patrné, všechny zkoumané spoje splňují kritérium 10 % FDP, a proto nelze očekávat žádný dopad na provoz FS.

Tabulka 115: FDP z 5 milionů iterací pro spoje do Litvy

ID FS	Skutečné rozpětí pro útlum (dB)	FDP (všechny věkové kategorie)
1	34.1	1.10%
2	38.8	1.63%
3	34.8	4.07%
4	32.7	1.93%
5	38.3	0.23%
6	39.7	1.55%
7	29.4	4.52%

V tabulce 116 jsou uvedeny hodnoty FDP pro každý ze zkoumaných FS v České republice s použitím rozdělení I/N z 5 milionů iterací (jak je uvedeno na obrázku 97), mezi slábnutí spojů (vypočtené podle doporučení ITU-R P.530 s použitím údajů o spojích z databáze České republiky a za předpokladu 99,999% dostupnosti) a rozdělení slábnutí podle P.530, pro "všechny věkové kategorie". Vysoké hodnoty Fade margins u některých spojů jsou způsobeny tím, že tyto spoje FS jsou velmi dlouhé (např. 40 až 58 km). V tabulkách jsou uvedeny celkové hodnoty FDP.

Jak je uvedeno, pro "všechny věkové kategorie" se celková FDP pohybuje od 0,24 % (FS ID 2) do 1,39 % (FS ID 5).

Jak je patrné, všechny zkoumané spoje splňují kritérium 10 % FDP, a proto nelze očekávat žádný dopad na provoz FS.

Tabulka 116: Výsledky FDP, pro Českou republiku odkazy

ID FS	Skutečné rozpětí pro útlum (dB)	FDP (všechny věkové kategorie)
1	41.84	0.39%
2	40.24	0.24%
3	39.88	0.32%
4	25.89	0.34%
5	44.01	1.39%
6	36.61	0.28%

A7.4.4 Analýza citlivosti

Analýza citlivosti byla posouzena tak, že se vzala v úvahu pouze část populace ve věku 10-90 let, ale neprokázala významný dopad na výsledky.

A7.4.5 Shrnutí studie sdílení mezi WAS/RLAN a FS

V této analýze byla zohledněna studie zaměřená na konkrétní lokalitu, která zahrnovala několik skutečných spojení vybraných ve Spojeném království, Francii, Litvě a České republice. Spoje byly vybrány v hustě osídlených okolních oblastech. Tato studie ukázala, že v průběhu 5 milionů simulací Monte-Carlo všechna spojení splnila kritérium dlouhodobé ochrany -10 dB I/N, které nebylo překročeno ve více než 20 % případů. Kromě toho se při analýze výkonnosti frakční degradace rovněž ukázalo, že všechna spojení vykazovala FDP pod 10% hraničním kritériem. Souhrnně lze říci, že všechny spoje splnily jak dlouhodobá kritéria, tak kritéria FDP.

ANNEX 8: SDÍLENÍ S PEVNOU DRUŽICOVOU SLUŽBOU (EARTH-TO-SPACE).

A8.1 POZADÍ

Tato analýza představuje studie sdílení sítě RLAN s uplinky pevné družicové služby (FSS) v "horním pásmu 6 GHz" (tj. 6425-7125 MHz). Tato analýza rozšiřuje studie sdílení a kompatibility provedené ve zprávě ECC 302 mezi systémy WAS/RLAN a stávajícími zavedenými systémy v pásmu 5925-6425 MHz na horní pásmo 6 GHz.

Studie se snaží kvantifikovat a kvalifikovat riziko překročení kritérií ochrany I/N. Je třeba poznamenat, že studie ve zprávě ECC 302 již ukázaly, že WAS/RLAN v dolním pásmu 6 GHz splňují kritérium ochrany FSS UL s velkou rezervou.

A8.2 TECHNICKÉ VLASTNOSTI WAS/RLAN V HORNÍM KMITOČTOVÉM PÁSMU 6 GHZ

Bezdrátové přístupové systémy včetně rádiových místních sítí (WAS/RLAN) byly modelovány takto.

A8.2.1 Vyzářený výkon vysílače

Toto rozdělení e.i.r.p. bylo odvozeno pomocí dohodnutého normovaného rozdělení zisku antény a smícháno podle tabulky 36. Výsledné celkové rozdělení je shrnuto v tabulce 41 pro vnitřní a venkovní síť WAS/RLAN.

A8.2.2 Výšky antén WAS/RLAN

V této studii je použito rozložení vnitřní výšky WAS/RLANs z tabulky 3.

A8.2.3 Provozní frekvence

Při simulaci byla použita sada kanálů WAS/RLAN z normy IEEE 802.11be D5.0 uvedená v tabulce 5, začínající na frekvenci 6425 MHz.

A8.2.4 Šířka pásma

Rozložení šířky pásma je uvedeno v tabulce 4.

A8.2.5 Počet okamžitě vysílajících zařízení

Tabulka 117 a tabulka 118 shrnují model nasazení WAS/RLAN a uvádějí celkový počet okamžitě vysílajících zařízení v rámci zemí CEPT během rušné hodiny pro scénář A. Podle tabulky 117 a tabulky 118 se uvažuje předpokládaný počet obyvatel zemí CEPT podle OSN v roce 2030, včetně "všech věkových kategorií" a "ve věku 10 až 90 let". Každá tabulka obsahuje parametrické vstupy (nízký, střední a vysoký) pro faktor rušné hodiny a faktor přijetí na trhu. Proto jsou pro každý scénář uvedeny nízké, střední a vysoké hodnoty okamžitě vysílajících zařízení.

Provedou se dvě sady simulací, jedna za předpokladu, že populace je "všech věkových kategorií", a druhá za předpokladu, že populace je "ve věku 10 až 90 let".

V každé iteraci simulace jsou okamžitě vysílající zařízení vyřazena úměrně hustotě obyvatelstva na základě databáze 30 arcsecond Gridded Population of the World [26].

Tabulka 117: Souhrn modelu nasazení WAS/RLAN (všechny věkové kategorie) - scénář A

	Nízká	Mid	Vysoká
Celkový počet obyvatel CEPT 2030 podle projekcí OSN (všechny věkové kategorie)	688 447 000		
Bezdrátová zařízení pracující ve spektru osvobozeném od licence (zbytek pracuje v licencovaném spektru)	90%		
Faktor pracovní doby	50%	62.70%	62.70%
Faktor horní 6 GHz (horní 6GHz / (horní 6GHz + 5GHz + 2,4GHz)) (%)	40.75%		
Faktor přijetí na trhu (zařízení s frekvencí 6 GHz)	25%	32%	50%
Faktor aktivity RF na osobu	1.97%		
Okamžitě vysílající zařízení	621 752	997 986	1 559 353

Tabulka 118: Shrnutí modelu nasazení WAS/RLAN (věk 10 až 90 let) - scénář A

	Nízká	Mid	Vysoká
Celkový počet obyvatel CEPT 2030 podle projekcí OSN (ve věku 10 až 90 let)	609 503 000		
Bezdrátová zařízení pracující ve spektru osvobozeném od licence (zbytek pracuje v licencovaném spektru)	90%		
Faktor pracovní doby	50%	62.70%	62.70%
Faktor horní 6 GHz (horní 6GHz / (horní 6GHz + 5GHz + 2,4GHz)) (%)	40.75%		
Faktor přijetí na trhu (zařízení s frekvencí 6 GHz)	25%	32%	50%
Faktor aktivity RF na osobu	1.97%		
Okamžitě vysílající zařízení	550 455	883 547	1 380 542

Pro simulace FSS byly při generování rozmístění WAS/RLAN použity následující projekce celkového počtu obyvatel v roce 2030 pro "všechny věkové kategorie" a "věk 10 až 90 let" pro každý region:

- 1 Evropa (včetně států CEPT), Celkový počet obyvatel: 736 574 21523 (všechny věkové kategorie), 662 870 567 (10-90 let).
- 2 Afrika, Celkový počet obyvatel: 1 710 666 359 (všechny věkové kategorie), 1 264 013 906 (10-90 let)
- 3 Amerika a Karibik, Celkový počet obyvatel: 1 090 881 324 (všechny věkové kategorie), 950 453 476 (10-90 let).
- 4 Asie, Celkový počet obyvatel: 4 958 807 420 (všechny věkové kategorie), 4 299 116 829 (10-90 let)
- 5 Oceánie, Celkový počet obyvatel: 49 212 010 (všechny věkové kategorie), 41 989 007 (10-90 let)

Při použití výše uvedeného celkového počtu obyvatel a stejných předpokladů jako v tabulkách 117 a 118 pro scénář A (vysoký) je v tabulkách 119 a 120 uveden počet okamžitě vysílajících zařízení WAS/RLAN, který je simulován v každém regionu v rámci satelitní stopy při použití populace "všech věkových kategorií" a "ve věku 10 až 90 let". Kromě toho je počet aktivních zařízení WAS/RLAN v Africe, Asii a Oceánii rozdělen na následující části

²³ Tento údaj zahrnuje počet obyvatel dalších zemí v Evropě, které nejsou členy CEPT, což vede k vyššímu počtu obyvatel než v případě samotné CEPT v tabulce 117.

o čtyřnásobek, aby se zohlednilo zpoždění v zavádění sítí WAS/RLAN na frekvenci 6 GHz. Konečně pro Asii, Ameriku a Oceánii počet aktivních zařízení WAS/RLAN odráží hodnoty pro Ameriku do 62,5° západní délky a pro Asii/Oceánii do 146° východní délky, aby se vyloučily oblasti mimo zorné pole družic.

Tabulka 119: Shrnutí modelu nasazení WAS/RLAN pro studii FSS (při použití populace všech věkových kategorií)

Kontinent	2030 populace	Počet okamžitě vysílajících zařízení WAS/RLAN
		Scénář A (vysoký)
Evropa	736 574 215	1 668 362
Afrika	1 710 666 359	968 678
Asia	4 958 807 420	2 807 663
Amerika a Karibik	1 090 881 324	601 078
Oceánie	49 212 010	14 016

Tabulka 120: Shrnutí modelu nasazení WAS/RLAN pro studii FSS (s použitím populace ve věku 10 až 90 let)

Kontinent	2030 populace	Počet okamžitě vysílajících zařízení WAS/RLAN
		Scénář A (vysoký)
Evropa	662 870 567	1 501 421
Afrika	1 264 013 906	715 757
Asia	4 299 116 829	2 434 148
Amerika a Karibik	950 453 476	523 702
Oceánie	41 989 007	11 959

A8.2.6 Zařazení obyvatelstva do městského, příměstského a venkovského prostředí

Stejně jako ve zprávě ECC 302, celkový počet obyvatel každého z následujících regionů: a Oceánie, byly přiřazeny k městskému, příměstskému a venkovskému prostředí takto: CEPT, Afrika, Asie, Amerika a Karibské ostrovy a Oceánie:

- Urban: 50%;
- Předměstí: 27%;
- Venkov 23%.

A8.2.7 Vnitřní a venkovní prostředí

Předpokládá se, že síť WAS/RLAN jsou:

- 98,79 % Vnitřní
- 1,21 % Venkovní prostředí

Stejně jako ve zprávě ECC 302 se pro vnitřní použití WAS/RLAN použije doporučení ITU-R P.2109 o ztrátách při průniku budovou za předpokladu, že 70 % tvoří tradiční budovy a 30 % tepelně účinné budovy. Při simulaci se rovnoměrně vzorkuje rozdělení podle P.2109 v rozmezí 1 % až 99 %, protože jde o rozsah pravděpodobnosti, v němž byl model ověřen na základě empirických údajů.

A8.3 METODIKA SDÍLENÍ FSS UL

V této zprávě je použita metodika ze studie A zprávy ECC 302, kde je souhrnná I/N do několika svazků družicového vzestupného signálu vypočtena pomocí rozmístění WAS/RLAN popsaného v části A8.2 a několika reprezentativních kontur G/T družic uvedených v části A8.3.1.

A8.3.1 Parametry satelitního přijímače FSS UL

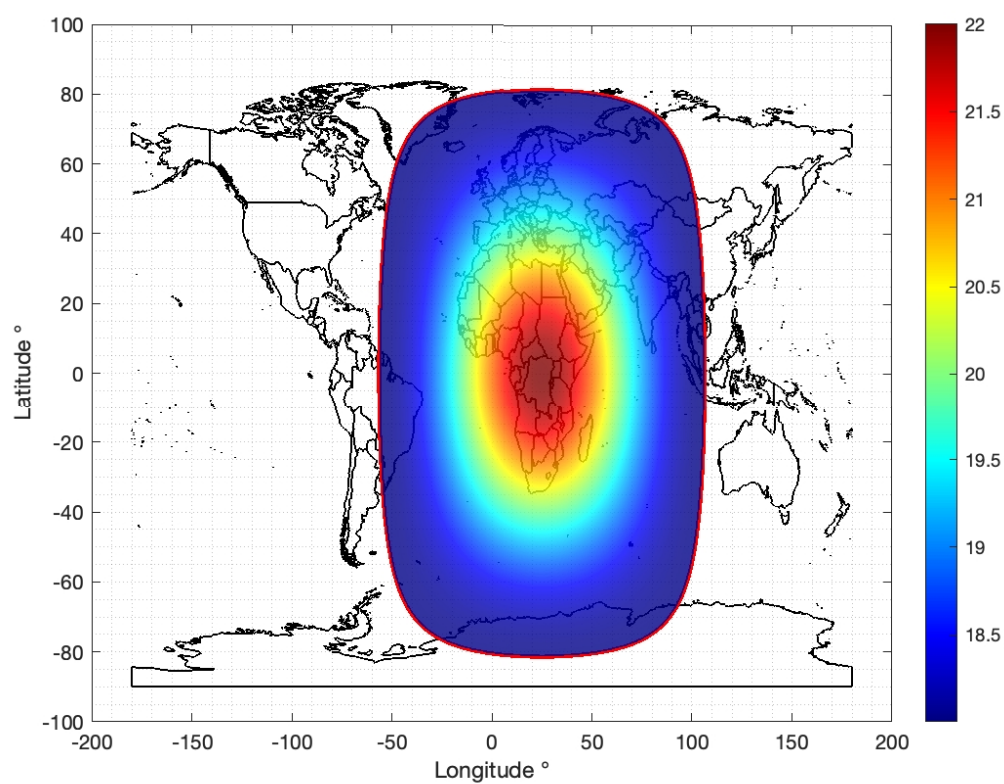
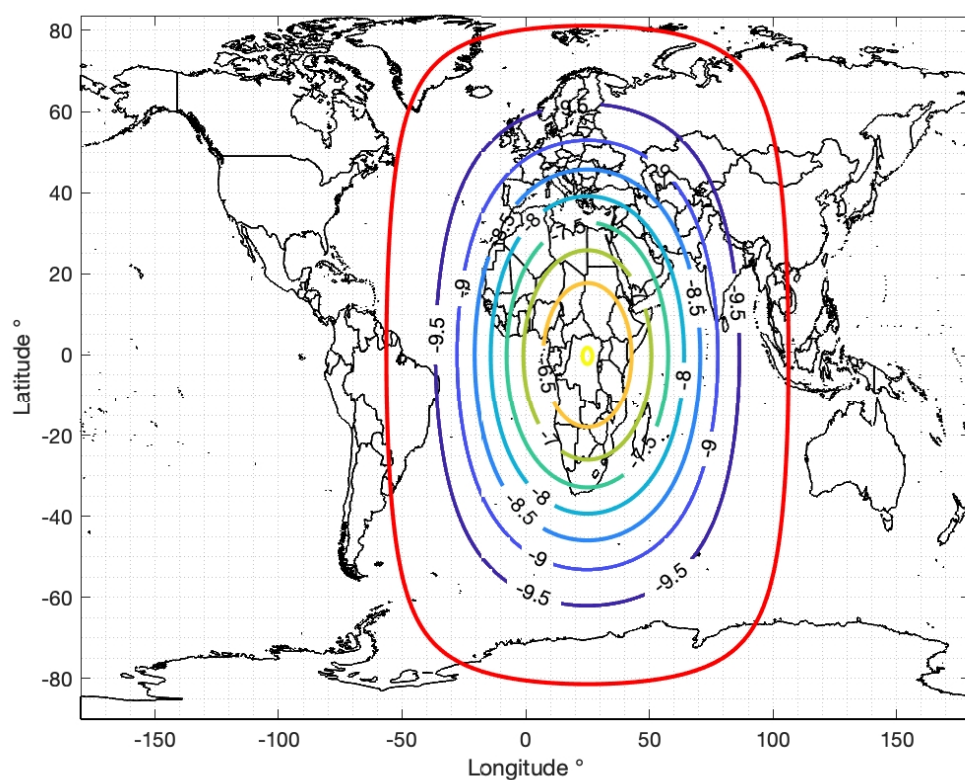
V tabulce 121 jsou uvedeny reprezentativní paprsky FSS, které byly zkoumány a které zahrnují globální paprsek, regionální paprsek a dva bodové paprsky a zónový paprsek.

Parametry satelitního přijímače jsou uváděny na 1 MHz, proto byla analýza aplikována na jeden MHz satelitního kanálu uprostřed horního pásma 6 GHz, od 6774 MHz do 6775 MHz. Výsledky budou stejné pro jakýkoli jiný 1MHz satelitní kanál v horním pásmu 6 GHz.

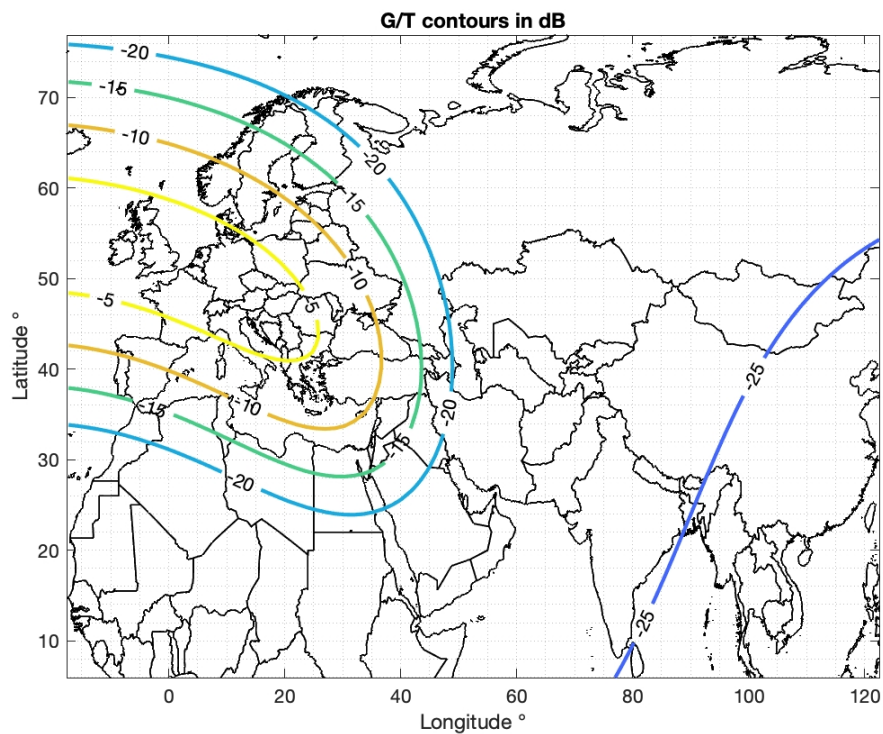
Tabulka 121: Reprezentativní paprsky FSS

Satelitní paprsek	Satelitní zeměpisná délka	Směr nasměrování satelitu	Obrysový model G/T	Špičkový G/T (dB/K)
Globální paprsek	25° E	Nadir	Doporučení ITU-R S.672-4 <i>doporučuje</i> 1 Šířka paprsku ($2 \times \psi_0$) = 15° Maximální zisk ($G_{\max}$) = 22 dBi	-5.99 (T = 630 K)
Regionální paprsek	64° E	52.622286° N 2.150199° W	Doporučení ITU-R S.672-4 PŘÍLOHA 1, oddíl 2.4.1-b Šířka paprsku ($2 \times \psi_0$) = 6° Ekvivalentní špičkový zisk (G_{ep}) = 28 dBi	-1.12 (T = 400 K)
Bodový paprsek	64° E	52.622286° N 2.150199° W	S.672-4 <i>doporučuje</i> 1 (kruhový nosník) Šířka paprsku ($2 \times \psi_b$) = 0,8° $L_N = -25$ Špičkový zisk (G_m) = 38 dBi	11.98 (T = 400 K)
Bodový paprsek 2	64° E	52.622286° N 2.150199° W	S.672-4 PŘÍLOHA 1, oddíl 1.1 Šířka paprsku ($2 \times \psi_0$) = 2,6° $L_S = -25$ Špičkový zisk (G_m) = 36,4 dBi	10.38 (T = 400 K)
Zónový paprsek	64° E	53.273313° N 6.229937° W	S.672-4 <i>doporučuje</i> 1 (kruhový nosník) Šířka paprsku ($2 \times \psi_b$) = 4,6° $L_N = -25$ Špičkový zisk (G_m) = 32 dBi	5.98 (T = 400 K)

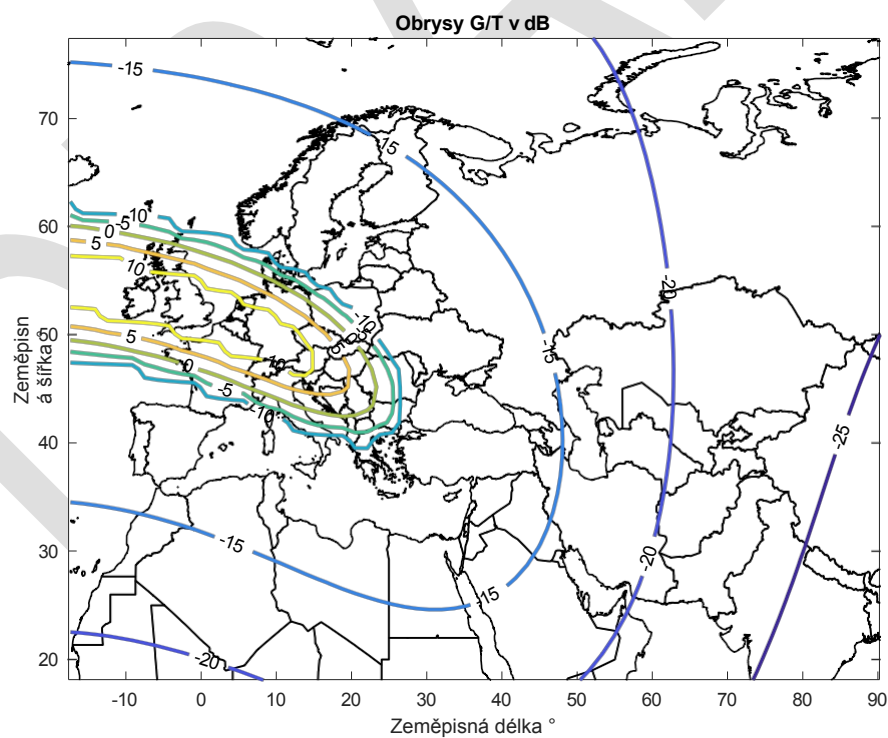
Na obrázcích 98 až 102 jsou znázorněny obrysy G/T globálního paprsku, regionálního paprsku, bodových paprsků 1 a 2 a zónového paprsku vytvořené podle údajů v tabulce 121.



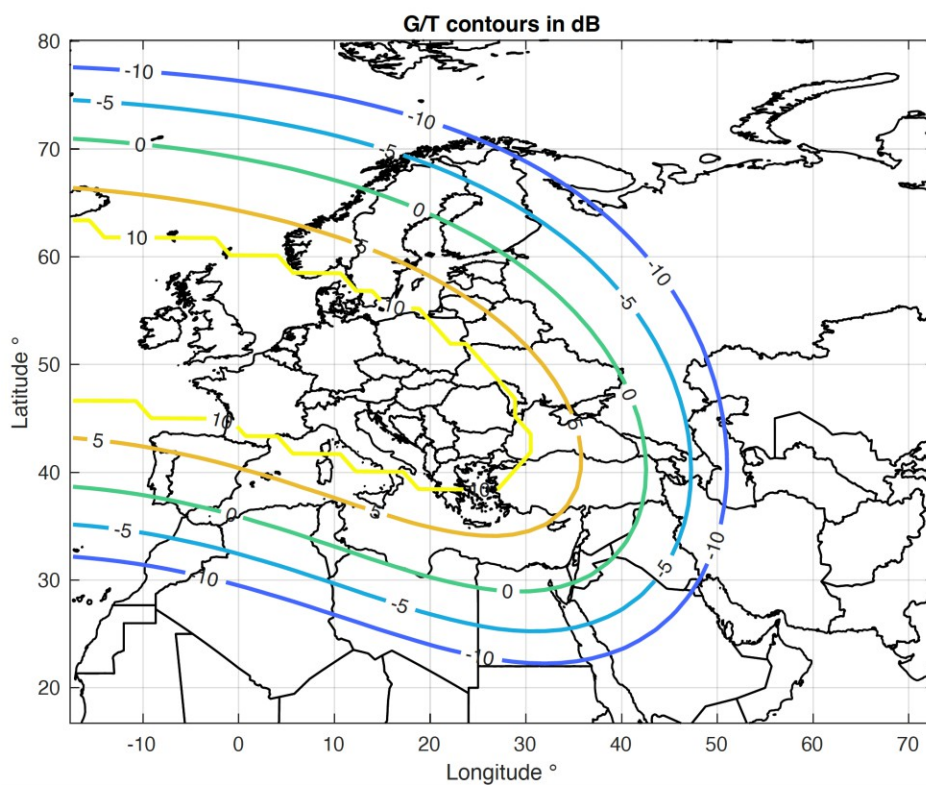
Obrázek 98: Globální paprsek (při 25° v. d.) G/T (nahore) a obrys příjmového zisku antény (dole). Červená křivka představuje hranici viditelnosti v nulové výšce.



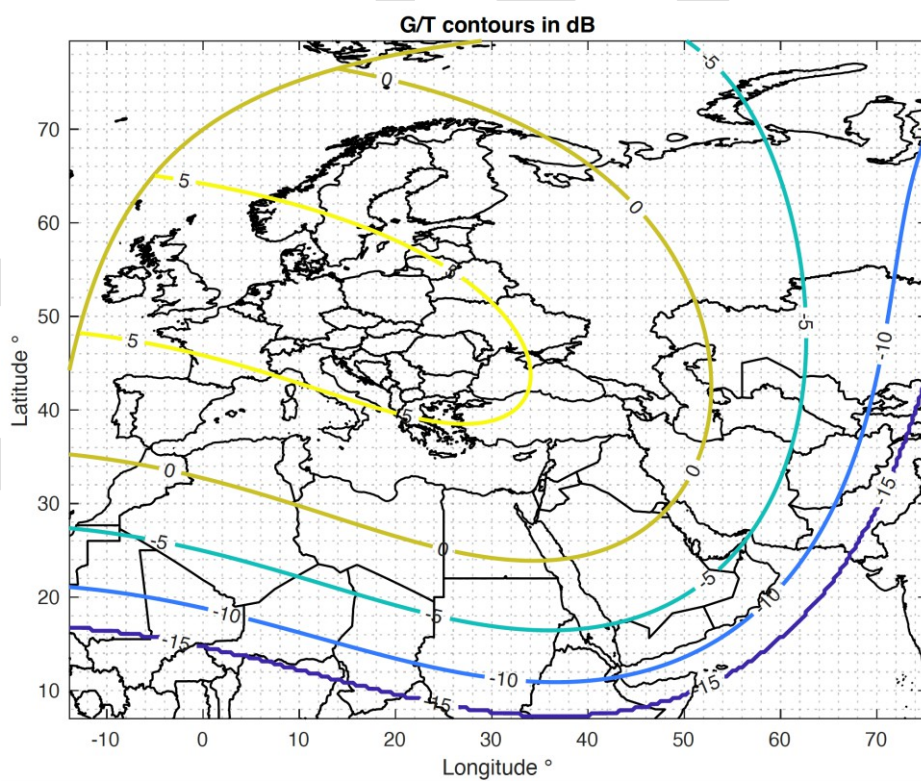
Obrázek 99: Regionální paprsek (na 64° v. d.) G/T obrys



Obrázek 100: Bodový paprsek (při 64° v. d.) G/T obrys



Obrázek 101: Bodový paprsek 2 (na 64° v. d.) G/T obrys



Obrázek 102: Zóna Paprsek (na 64° v.d.) G/T obrys

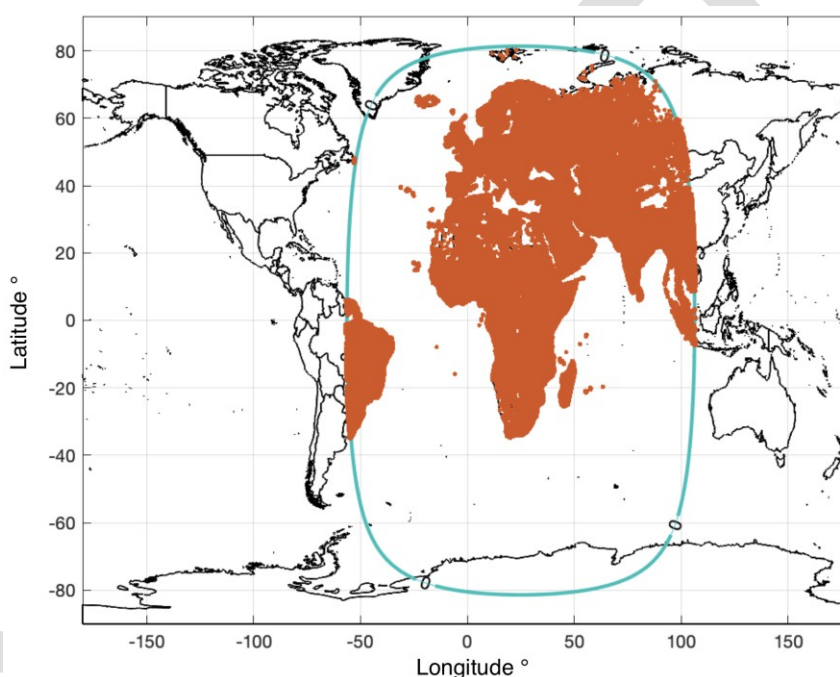
A8.3.2 Kritérium ochrany FSS Uplink

Kritérium ochrany FSS, které je založeno na metodice I/N, je stejné jako kritérium použité ve zprávě ECC 302, oddíl 4.2.2, nastavené na $I/N = -10,5$ dB.

A8.3.3 Modely šíření

Jsou použity stejné modely šíření jako ve zprávě ECC 302, oddíl 5.2.2 (opakováno níže).

Při výpočtu souhrnného rušení se berou v úvahu všechny sítě WAS/RLAN, které mají v dohledu družici s elevačním úhlem vyšším než 0° . Obrázek 103 ukazuje síť WAS/RLAN, které jsou v zorném poli družice s globálním svazkem a které byly vzaty v úvahu při výpočtu rušení. U sítí WAS/RLAN, které nejsou ve výhledu družice, se má za to, že nepřispívají k žádnému rušení. Ztráta přenosu se vypočítá pomocí ztráty přenosu ve volném prostoru podle doporučení ITU-R P.619-3 z polohy WAS/RLAN do orbitálního slotu družice. Atmosférické ztráty, které jsou malé, byly při tomto výpočtu zanedbány.



Obrázek 103: Síť WAS/RLAN uvažované v příkladu globálního paprsku

Dále se pro příměstské a městské oblasti šíření přidá místní rušení koncového bodu pomocí doporučení ITU-R P.2108-0, oddíl 5.3 (pro cesty ze Země do vesmíru) v celém procentuálním rozsahu míst modelu od 0 % do 100 %.

Z důvodu ochrany se u venkovských sítí WAS/RLAN nepředpokládá žádné rušení, přestože u sítí WAS/RLAN v nízkém úhlu nadmořské výšky vůči družici by pravděpodobně docházelo ke ztrátám rušením způsobeným stromy a/nebo budovami.

A konečně, pro vnitřní použití WAS/RLAN se pro výpočet ztrát při šíření rušení mezi vnitřními a venkovními prostory používá doporučení ITU-R P.2109 pro ztráty při vstupu do budovy v rozsahu pravděpodobnosti od 1 % do 99 %.

A8.3.4 Metodika

Studie se řídí metodikou ze zprávy ECC 302, studie A v oddíle 7.1.1.

Rušení z nasazení WAS/RLAN do satelitního přijímače FSS je simulováno pomocí simulace Monte Carlo nasazení WAS/RLAN generované z různých pravděpodobnostních rozdělení uvedených v části A7.2.

Simulace se provádí podle následujících kroků:

1. Nastavení dat:
 - a. Definujte simulační oblast a vytvořte databázi hustoty obyvatelstva v bodech uvnitř simulační oblasti;
 - b. Transformujte údaje o populaci v simulační oblasti na rozdělení pravděpodobnosti populace aktivních zařízení WAS/RLAN v simulační oblasti;
 - c. Zadejte orbitální slot satelitního přijímače FSS a hodnoty G/T v simulační oblasti;
 - d. Zadejte satelitní kanál FSS, který se má simulovat.
2. Iterace Monte Carlo
 - a. Vygenerujte náhodné rozložení sítí WAS/RLAN pomocí rozdělení pravděpodobnosti populace zařízení;
 - b. Vytvořte hodnoty ztrát v rušení, ztrát při vstupu do budovy a přenosových ztrát mezi každým přijímačem WAS/RLAN a satelitním přijímačem FSS v souladu s modelováním šíření uvedeným v oddíle A8.3.2;
 - c. Výpočet souhrnného rušení ze všech souběžných kanálů WAS/RLAN do satelitního přijímače FSS pro simulovaný kanál FSS.
3. Iterace
 - a. Zaznamenávejte hodnoty I/N pro kanál FSS při každé iteraci a výsledky zapisujte do souboru.
4. Vykreslete CDF zaznamenaných hodnot I/N.

Výše uvedené kroky 1 a 2 jsou podrobněji popsány níže.

Krok 1: Nastavení dat

Používají se data GPW (Gridded population of the world), která obsahují hodnoty hustoty obyvatelstva v souřadnicích zeměpisné délky a šířky na 30 obloukových vteřinách. Uvažují se také polygony vymezující regiony Evropy, Afriky, Asie, Ameriky (a Karibiku) a Oceánie. Jejich spojení definuje simulační oblast.

Každý gridový bod z datového souboru GPW, který se nachází v jednom z polygonů regionu, je klasifikován jako URBAN, SUBURBAN nebo RURAL v závislosti na hodnotě hustoty obyvatelstva pro gridový bod a prahových hodnotách, které jsou vstupem pro simulaci. Všimněte si, že každý polygon regionu má svou vlastní sadu prahových hodnot počtu obyvatel.

Datový soubor GPW se používá k vytvoření rozdělení pravděpodobnosti populace aktivních zařízení WAS/RLAN v simulační oblasti. Prvním krokem je převod hodnot hustoty populace na hodnoty populace pro každý bod mřížky vynásobením hustoty populace plochou oblasti 30 úhlových vteřin x 30 úhlových vteřin se středem v bodě mřížky. Tyto hodnoty populace se poté sečtou pro každou z oblastí: Evropa, Afrika, Amerika, Asie a Oceánie.

Nechť PEU , PAF , PAM , PAS a POC jsou populace Evropy, Afriky, Ameriky, Asie a Oceánie. Nechť NEU , NAF , NAM , NAS a NOC jsou počty aktivních zařízení WAS/RLAN v Evropě, Africe, Americe, Asii a Oceánii. Tyto hodnoty jsou vstupy pro simulaci. Pro každý bod sítě se hodnota populace převede na průměrný počet zařízení WAS/RLAN vynásobením (NEU/PEU) , (NAF/PAF) , (NAM/PAM) , (NAS/PAS) nebo (NOC/POC) podle toho, zda se bod sítě nachází v Evropě, Africe, Americe, Asii nebo Oceánii. To se pak převede na velkou diskretní distribuční funkci pravděpodobnosti, kde se každému bodu sítě přiřadí pravděpodobnost rovnající se průměrnému počtu zařízení WAS/RLAN v tomto bodě sítě dělenému celkovým počtem zařízení WAS/RLAN.

Náhodná poloha WAS/RLAN se vytvoří vygenerováním náhodného bodu mřížky pomocí tohoto diskretního rozdělení pravděpodobnosti a následným výběrem polohy rovnoměrně rozložené v oblasti 30 x 30 úhlových vteřin se středem v bodě mřížky. Hodnoty G/T v simulační oblasti jsou uvedeny v matici vytvořené podle doporučení ITU-R S.672-4. Každý řádek/řádek matice udává LON/LAT a hodnotu G/T v příslušné poloze LON/LAT. K výpočtu G/T pro body LON/LAT mezi body mřížky uvedenými v matici se použije bi-lineární interpolace.

Krok 2: Iterace Monte Carlo

Pro každou iteraci se vygeneruje náhodné rozložení aktivních zařízení WAS/RLAN. Každému zařízení WAS/RLAN je přiřazena náhodná poloha na zeměpisné délce/šířce pomocí výše popsaného rozdělení pravděpodobnosti populace zařízení. Každému zařízení WAS/RLAN je také přiřazena náhodná výška, e.i.r.p. a typ budovy pomocí diskretního rozdělení.

rozdělení pravděpodobnosti podle tabulky 3 a tabulky 1 (vnitřní)/tabulky 2 (venkovní). Typy budov jsou venkovní (což znamená bez útlumu budovy), vnitřní-tradiční nebo vnitřní tepelně účinné (respektující rozložení 30 % tepelně účinných/ 70 % tradičních).

Každé síti WAS/RLAN je přiřazena náhodná šířka pásma pomocí diskrétního rozdělení pravděpodobnosti podle tabulky 104 a náhodná střední frekvence podle obrázku 89. Střední frekvence se generuje s ohledem na všechny možné středové frekvence pro zvolenou šířku pásma a s použitím rovnoměrného rozdělení.

Pro každý WAS/RLAN se používá model Země 4/3²⁴, který určuje, zda je družice v dohledu nebo za horizontem. U sítí WAS/RLAN, které nejsou ve výhledu, se má za to, že nepřispívají k rušení družice, a proto se při výpočtu rušení ignorují.

Pro kanál FSS o šířce 1 MHz se v simulaci vypočítá a agreguje rušení ze všech sítí WAS/RLAN, pro které je družice v dohledu. Šířka pásma a střední frekvence sítě WAS/RLAN spolu se šířkou pásma a střední frekvencí kanálu FSS se použijí k výpočtu části šířky pásma sítě WAS/RLAN, která se překrývá s kanálem FSS. Pokud se pásmo WAS/RLAN nepřekrývá, kanál WAS/RLAN nepřispívá k rušení kanálu FSS.

Kromě toho se pomocí doporučení ITU-R P.2109-0 vypočítá náhodná vstupní ztráta budovy s použitím typu budovy a elevačního úhlu od WAS/RLAN k orbitálnímu slotu přijímače družice FSS. Všimněte si, že pro venkovní WAS/RLAN je vstupní ztráta budovy 0 dB.

Hodnoty náhodného rušení trasy jsou generovány podle doporučení ITU-R P.2108-0 pro městské a příměstské sítě WAS/RLAN (jak je popsáno v části A8.3.2). Pro venkovské sítě WAS/RLAN se nepředpokládá žádný rušivý vliv.

Ztráty při přenosu se počítají pomocí modelu ztrát při přenosu ve volném prostoru (FSPL) podle doporučení ITU-R P.619-3 z pozice WAS/RLAN do orbitálního slotu družice FSS. Všimněte si, že dodatečné útlumy signálu způsobené atmosférickým plynem (ITU-R P.676) a rozptylem paprsku (ITU-R P.619) nejsou zahrnuty.

Přičte se polarizační ztráta 3 dB.

Obrázek hodnoty družice FSS (G/T) se vypočítá na pozici WAS/RLAN, jak je popsáno výše. Příspěvek I/N pro jeden WAS/RLAN do kanálu FSS se vypočítá takto:

$$\frac{T}{N} = EIRP - L_{BEL} - PL - L_p - L_c - L_s + \frac{G}{T} - 10 \log_{10}(kB).$$

Kde:

- $EIRP$ = WAS/RLAN e.i.r.p. (dBW);
- L_{BEL} = ztráta na vstupu do budovy (dB);
- PL = útlum dráhy ve volném prostoru (dB);
- L_p = polarizační ztráta = 3 (dB);
- L_c = Ztráta rušení (dB);
- L_s = spektrální ztráta překrytím (dB);
- $\frac{G}{T}$ = Kladné číslo satelitního přijímače (dB/K);
- k = Boltzmannova konstanta = $1,3806488 \times 10^{-23}$ (J/K);
- B = šířka pásma kanálu FSS = 1 000 000 (Hz).

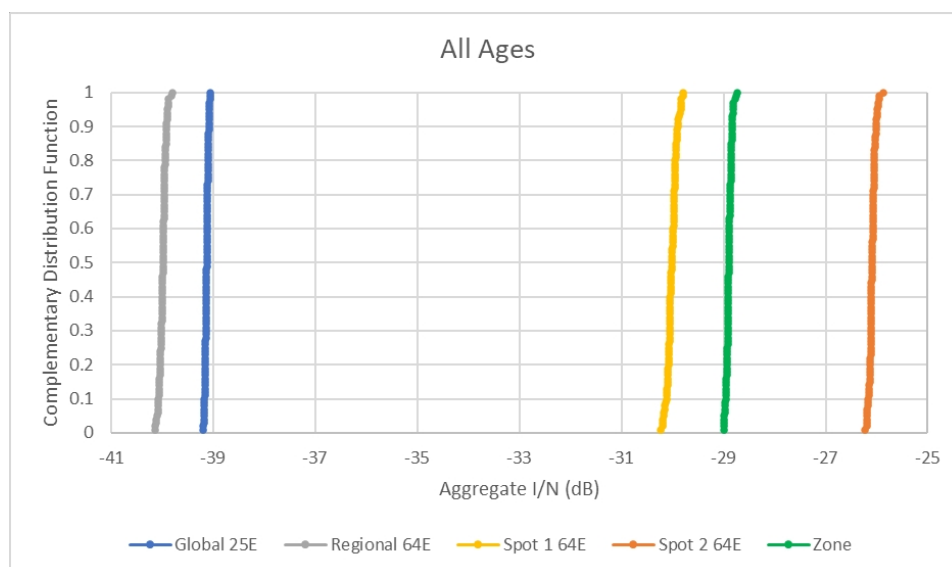
I/N je v simulaci agregována pro všechny sítě WAS/RLAN pro kanál FSS o šířce 1 MHz.

²⁴ Model země 4/3 se aproximuje pomocí zdánlivého výškového úhlu z doporučení ITU-R P.619-3, příloha B, rovnice (25), (26) a (26a).

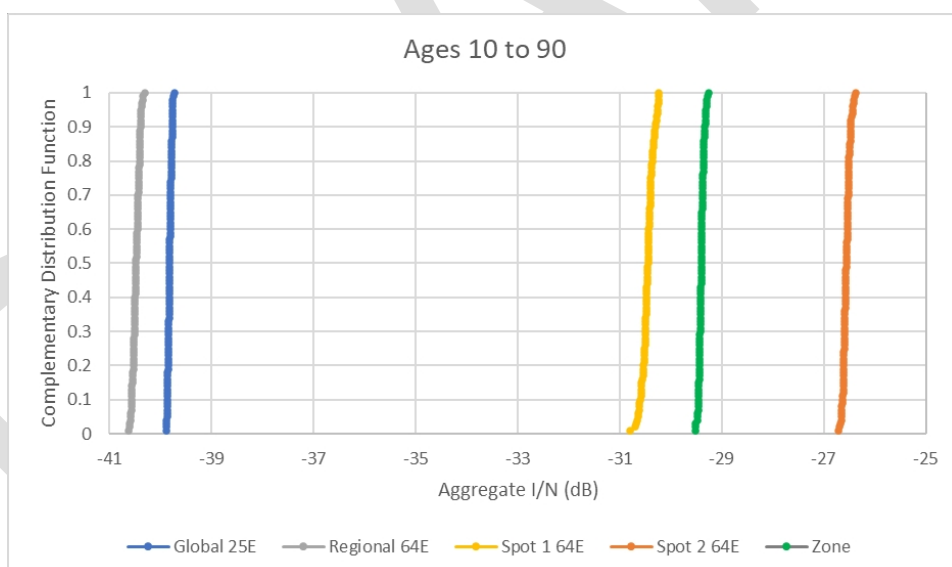
což je elevační úhel zohledňující atmosférickou refrakci. Tento zdánlivý elevační úhel se používá při výpočtu ztrát při průniku budovou v doporučení ITU-R P.2109.

A8.3.5 Výsledky simulace FSS (Země-kosmos)

Na základě 100 iterací simulace Monte Carlo je pro každý z pěti paprsků FSS vygenerován CDF souhrnné I/N pro všechny vnitřní a venkovní sítě WAS/RLAN v dosahu družice na kanál FSS o frekvenci 1 MHz. Obrázek 104 a obrázek 105 ukazují CDF pro pět svazků pro dva simulované scénáře, populaci "všech věkových kategorií" a "ve věku 10 až 90 let". Svislý tvar křivek CDF naznačuje, že v průběhu 100 iterací existuje minimální variabilita, což znamená, že není třeba provádět více iterací.



Obrázek 104: CDF souhrnné I/N pro pět nosníků FSS (všechny věkové kategorie)



Obrázek 105: CDF souhrnné I/N pro pět paprsků FSS (všechny ve věku 10 až 90 let)

Tabulka 122 a tabulka 123 ukazují výsledky simulací FSS Monte-Carlo ve 100 iteracích pro pět paprsků FSS s ohledem na populaci "všech věkových kategorií" a "věkových kategorií 10 až 90 let". Minimální a maximální úrovně I/N odpovídají úrovním I/N, které agregují rušení ze všech vnitřních a venkovních soukanálových sítí RLAN ve výhledu družice. Simulace Monte-Carlo ukazují hodnoty I/N, které jsou hluboko pod kritérii ochrany FSS uplink. Nejvyšší simulovaná hodnota I/N -25,86 dB (bodový paprsek 2 v tabulce 122) znamená rezervu 15,36 dB oproti kritériu ochrany -10,5 dB.

Jak je uvedeno, delta mezi minimální a maximální hodnotou souhrnné I/N je maximálně 0,56 dB - což ukazuje na stabilitu výsledků ze 100 simulačních iterací. Maximální souhrnné hodnoty I/N pro "všechny věkové kategorie" jsou navíc o 0,44 až 0,67 dB vyšší než maximální souhrnné hodnoty I/N pro "věkové kategorie 10 až 90 let".

Tabulka 122: Výsledky simulace FSS (všechny věkové kategorie)

Satelitní paprsek	Satelitní zeměpisná délka	Špičkový G/T (dB/K)	Min I/N (přes 100 iterací) (dB)	Maximální I/N (přes 100 iterací) (dB)	Maximální I/N - minimální I/N (dB) (přes 100 iterací)
Globální paprsek	25° E	-5.99 (T = 630 K)	-39.19	-39.06	0.13
Regionální paprsek	64° E	1.98 (T = 400 K)	-40.14	-39.81	0.33
Bodový paprsek 1	64° E	11.98 (T = 400 K)	-30.23	-29.79	0.44
Bodový paprsek 2	64° E	10.38 (T = 400 K)	-26.24	-25.86	0.37
Zónový paprsek	64° E	5.98 (T = 400 K)	-29.00	-28.73	0.27

Tabulka 123: Výsledky simulace FSS (věk 10 až 90 let)

Satelitní paprsek	Satelitní zeměpisná délka	Špičkový G/T (dB/K)	Min I/N (přes 100 iterací) (dB)	Maximální I/N (více než 100 iterací) (dB)	Max I/N - Min I/N (dB) (více než 100 iterací)
Globální paprsek	25° E	-5.99 (T = 630 K)	-39.88	-39.72	0.16
Regionální paprsek	64° E	1.98 (T = 400 K)	-40.62	-40.30	0.32
Bodový paprsek 1	64° E	11.98 (T = 400 K)	-30.80	-30.23	0.56
Bodový paprsek 2	64° E	10.38 (T = 400 K)	-26.72	-26.38	0.34
Zónový paprsek	64° E	5.98 (T = 400 K)	-29.51	-29.25	0.26

A8.3.6 Shrnutí studie sdílení mezi WAS/RLAN a FSS (Země-kosmos)

Simulace ukazují, že ve všech studovaných případech podle předpokladů WAS/RLAN pro scénář A (High) v horním pásmu 6 GHz je I/N pro všechny družice více než 15,36 dB pod prahovou hodnotou -10,5 dB. Z toho lze vyvodit závěr, že nasazení sítě WAS/RLAN neovlivní provoz uplinků FSS v pásmu 6425-7125 MHz. To potvrzuje výsledky již získané v dolním pásmu 6 GHz.

ANNEX 9: SDÍLENÍ S PEVNOU DRUŽICOVOU SLUŽBOU (VESMÍR-ZEMĚ).

A9.1 ÚVOD

Kmitočtové pásmo 6700-7075 MHz je globálně přiděleno FSS (vesmír-země) pro napájecí spoje pro negeostacionární družicové systémy družicové pohyblivé služby (MSS). Na využívání tohoto pásma napájecími spoji pro negeostacionární družicové systémy družicové pohyblivé služby se nevztahuje č. 22.2 podle poznámky pod čarou RR č. **5.458B**.

V pásmech 6725-7025 MHz, 7025- 7075 MHz je v současné době k dispozici omezený počet pozemních stanic (vesmír-země), které pracují s družicemi LEO a MEO.

Pásmo 6700-7075 MHz je zvažováno pro družicový systém MEO s pokrytím nad Evropou, který bude mít až 20 pozemních stanic, a je rovněž zvažováno pro projekt ESSCS (European Secure Space Connectivity System), který je plánován jako iniciativa Evropské unie (EU) směřující ke třetímu vesmírnému pilíři EU po programech Galileo a Copernicus. Příděl 6700-7075 MHz FSS (vesmír-země), který je ovládán číslem 5.458B, je obzvláště vhodným kandidátem ve spojení s přidělem 5091-5250 MHz FSS (Země-vesmír), přičemž je třeba poznamenat, že další podobný přiděl pro přívodní spoje v pásmu 19,3-19,7 GHz/29,1-29,5 GHz bude brzy přetížen nasazením "megakonstelací" vedle stávajících systémů.

Vzhledem k výše popsanému předpokládanému využívání družic se celkový počet přijímacích pozemských stanic využívajících přidělení přívodního spoje 6700-7075 MHz zvýší, ale v Evropě zůstane omezený.

V této části uvádíme simulaci Monte Carlo pro konkrétní lokalitu s použitím skutečných poloh pozemních stanic, matice populačních dat s rozlišením 1 km² a terénních dat SRTM s rozlišením 90 m [14]. Tam, kde jsou k dispozici, jsou uvažovány reálné polohy a výška budov.

A9.2 CHARAKTERISTIKY SYSTÉMŮ A PRVKY METODIKY

A9.2.1 Charakteristiky FSS DL

Studovanou konstelací je konstelace Hibleo-X společnosti Globalstar. Je definována následujícími parametry Walker Delta 52: 48/8/7,5, jak je znázorněno na obrázku 106.

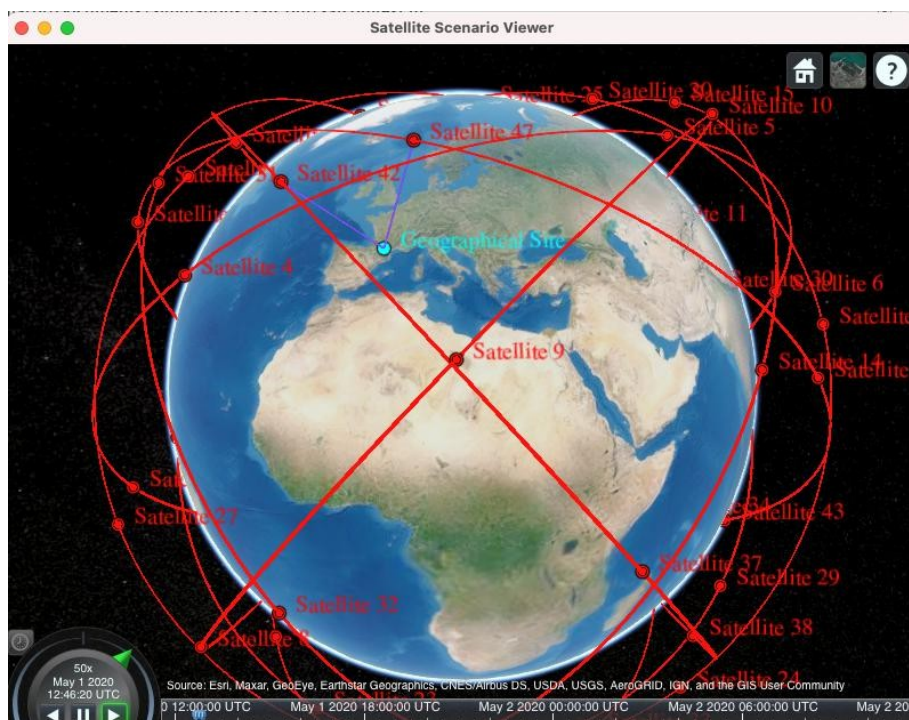
Tato studie se zabývala pouze režimem komunikace s výškovým sledováním vyšším než 10°, režim akvizice s výškovým sledováním do 5° nebyl dosud uvažován a může být zahrnut do budoucích studií.

V analýze sdílení mezi WAS/RLAN a pevnou družicovou službou v této zprávě je použito kritérium ochrany FSS I/N = -10,5 dB, které nesmí být překročeno po více než 20 % času.

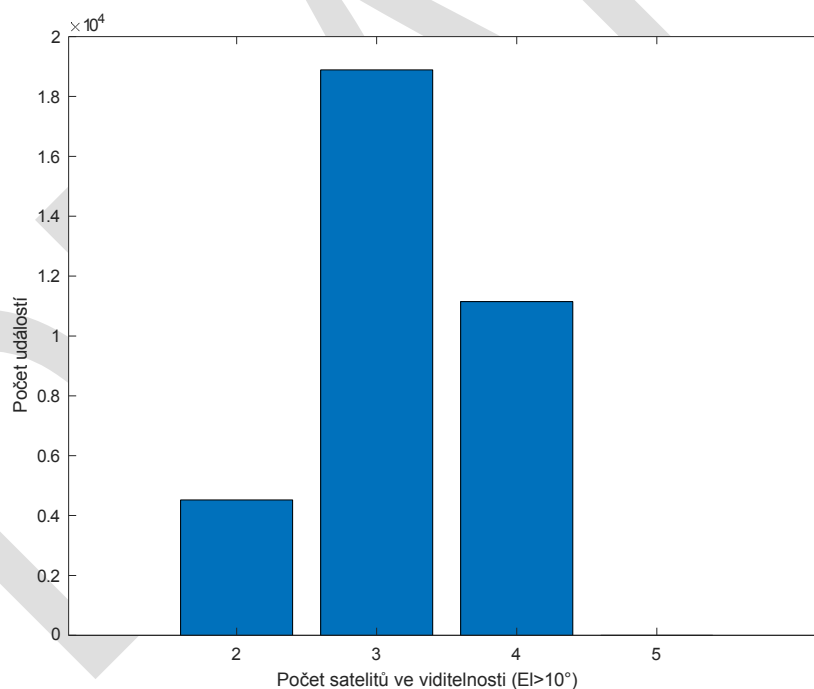
V době psaní této zprávy se v ITU-R diskutuje o dalších kritériích ochrany pro FSS.

Konstelace HIBLEO-X byla simulována po dobu minimálně 4 dnů s krokem 10 sekund. Toto období se považuje za dostatečné pro modelování skutečného provozu systému. Časový krok 10 sekund odpovídá přibližně 0,6 stupňům, což odpovídá charakteristikám antény Gateway.

Pro příklad je na obrázku 107 znázorněn počet viditelných družic (s elevačním úhlem větším než 10°) během simulačního období. Lze pozorovat, že po většinu času bude pozemní stanice komunikovat se 4 družicemi současně. S ohledem na to, že z důvodů diverzity zahrnuje umístění pozemní stanice po většinu času tři až čtyři antény, jsou v každém časovém kroku zaznamenány všechny elevace představující spojení s různými družicemi, které jsou uvažovány pro simulace.

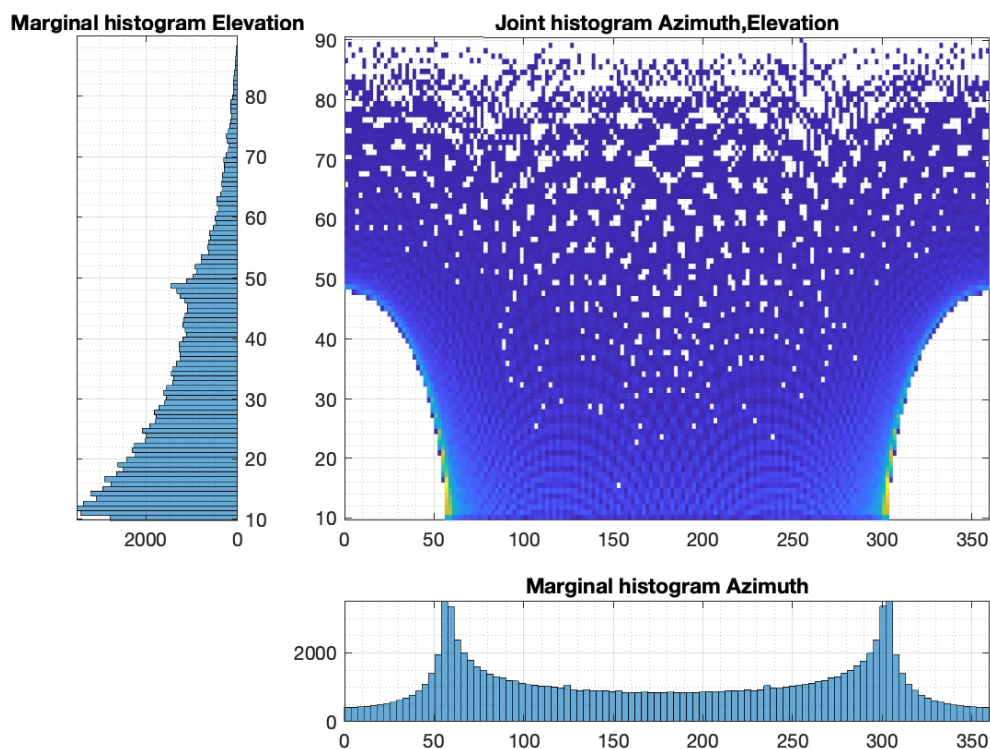


Obrázek 106: Studovaná konstelace HIBLEO-X

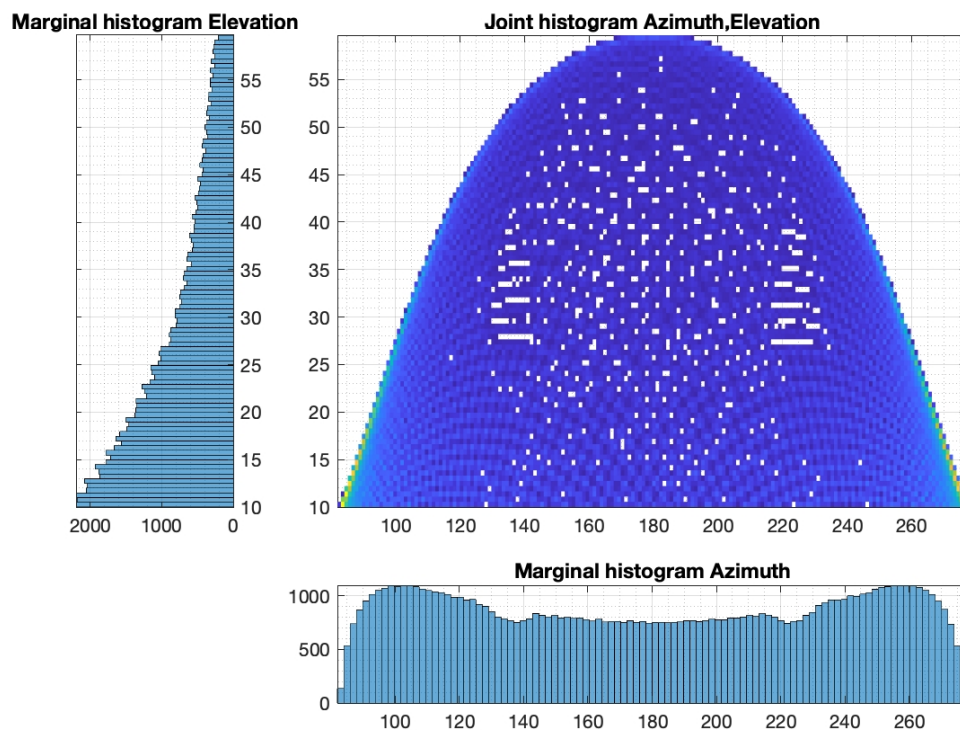


Obrázek 107: Počet současně viditelných družic s elevací > 10° z pozemní stanice umístěné v Aussaguel, Francie.

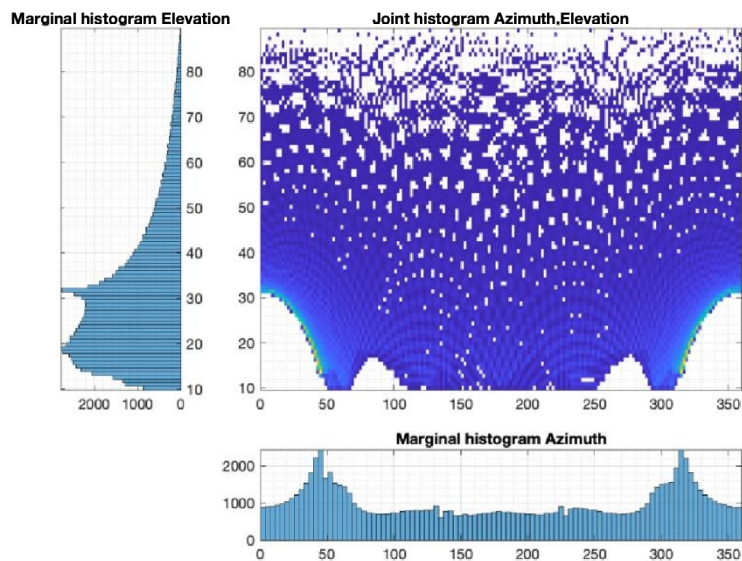
Pokud vezmeme v úvahu viditelné družice s výškou nad 10°, jsou uloženy výšky těchto družic zobrazeny v dvourozměrném histogramu na obrázku 108. Lze pozorovat, že pro azimuty mezi -50° a 50° jsou družice viditelné ve velkých výškách, což bude mít významný dopad na výsledky simulace, protože tyto azimuty představují směr k nejbližší městské oblasti, kterou je Toulouse. Proto bude například oblast Toulouse viditelná pro pozemní stanici pouze v bočních lalocích.



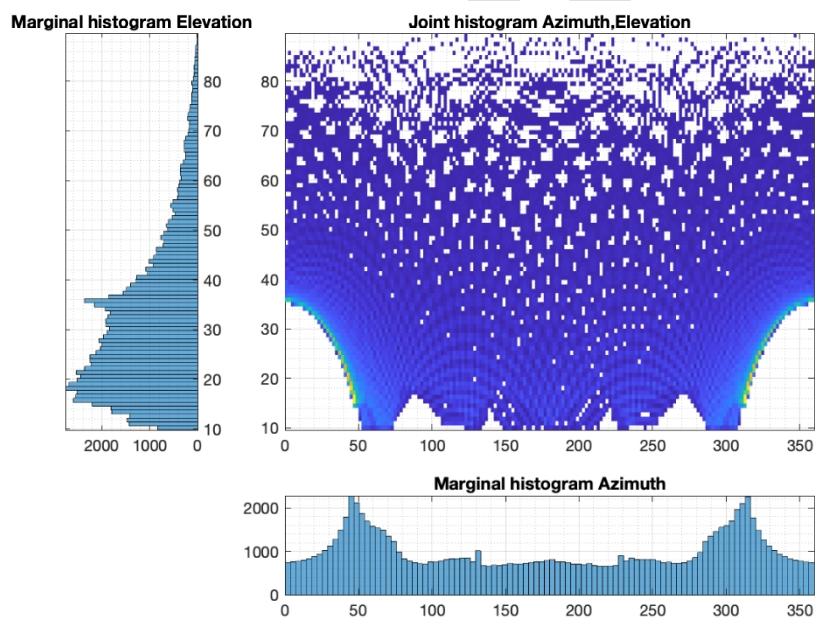
Obrázek 108: Okrajové a společné histogramy nadmořské výšky a azimutu, všechny družice ve viditelnosti nad 10° nadmořské výšky, ze stanice Aussaguel.



Obrázek 109: Okrajové a společné histogramy nadmořské výšky a azimutu, všechny družice ve viditelnosti nad 10° nadmořské výšky, ze stanice Estonsko.



Obrázek 110: Okrajové a společné histogramy nadmořské výšky a azimutu, všechny družice ve viditelnosti nad 10° nadmořské výšky, ze stanice Řecko.



Obrázek 111: Okrajové a společné histogramy nadmořské výšky a azimutu, všechny družice ve viditelnosti nad 10° nadmořské výšky, ze španělské stanice

A9.2.2 Charakteristiky WAS/RLAN

Rozložení WAS/RLAN e.i.r.p. je znázorněno v tabulce 41 smíšené podle třídy vnitřního/venkovního/zařízení v tabulce 40.

Rozložení výšek WAS/RLAN je podle tabulky 3. Rozložení

šířky pásma WAS/RLAN je podle tabulky 4.

Metodika použitá v PŘÍLOZE 2:, je použita k odvození podílu sítí RLAN spadajících do kanálu 1,23 MHz, což vede k faktoru překrytí 23,08 %.

Výsledkem je níže uvedená tabulka hustoty WAS/RLAN podle scénáře A:

Tabulka 124: WAS/RLAN aktivní zařízení spadající do jednoho kanálu FSS DL o šířce 1,23 MHz podle scénáře A

	Nízká	Mid	Vysoká
Bezdrátová zařízení pracující ve spektru osvobozeném od licence (zbytek pracuje v licencovaném spektru)	90%		
Faktor pracovní doby	50%	62.70%	62.70%
Faktor horní hranice 6 GHz (horní hranice 6 GHz / (horní hranice 6 GHz + 5 GHz + 2,4 GHz)) (%)	40.75%		
Faktor přijetí na trhu (zařízení s frekvencí 6 GHz)	25%	32%	50%
Faktor aktivity RF na osobu	1.97%		
Faktor překrývání BW (1,23 MHz)	23.08%		
RLAN aktivní na osobu	0.000208	0.0003346	0.000523

Zkoumán byl pouze nejvyšší možný scénář.

A9.2.3 Simulační oblast, hustota obyvatelstva a klasifikace město/předměstí/venkov

Pro tuto studii byly vybrány čtyři pozemní stanice v Evropě:

- Francie;
- Řecko;
- Španělsko;
- Estonsko.

Každá pozemní stanice má svá specifika, pokud jde o okolní terénní reliéf, ale také hustotu osídlení. Uvažovaná simulační oblast zajišťovala obdélník zeměpisné šířky a délky pokrývající kruh o poloměru 40 km (viz obrázek 112).

Při pohledu na zeměpisnou polohu pozemních stanic jsme použili několik vyloučených zón, ve kterých nebude aktivní žádná vnitřní síť RLAN v souladu se zastavěnou oblastí v okolí stanice. Tato vyloučená zóna se u jednotlivých pozemních stanic liší takto

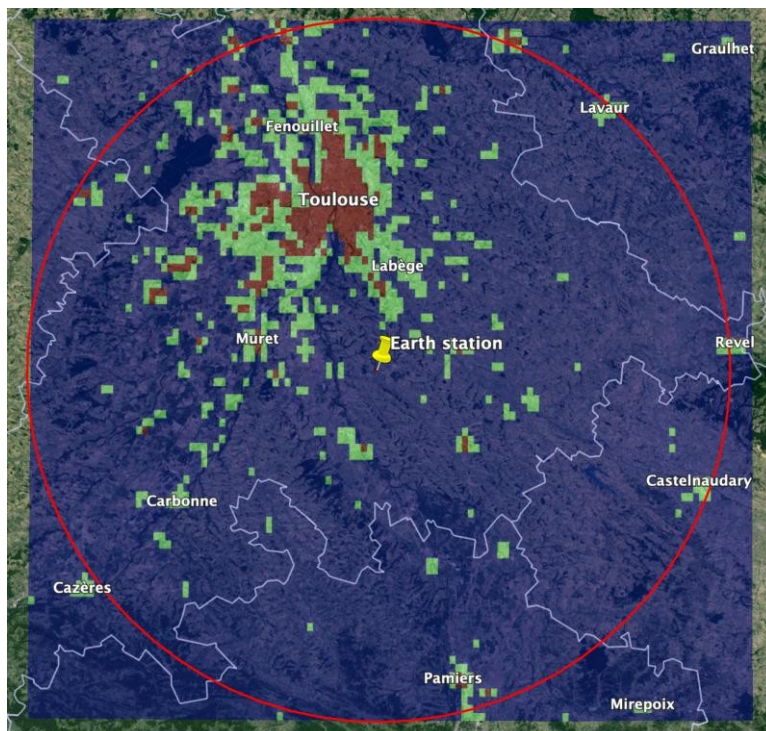
- Řecko: 500 m;
- Španělsko: 320 m;
- Estonsko: 350 m;
- Francie: rozmístění podle skutečných poloh budov (viz A9.2.6).

Simulace byly založeny na hustotě populace s rozlišením 30 obloukových vteřin (1 km na rovníku) extrapolované do roku 2030, která byla stažena z [15].

Pixely byly rozděleny na městské, příměstské a venkovské na základě hustoty obyvatelstva a podle následujícího rozdělení:

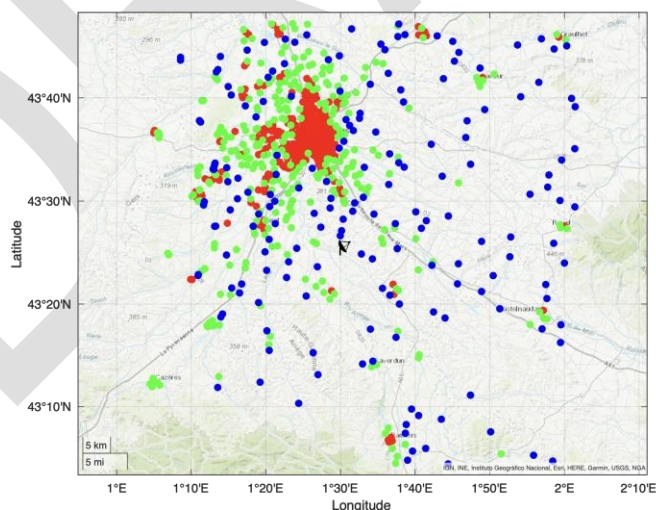
- Urban: 50%;
- Předměstí: 27%;
- Venkov: 23%.

Příklad výsledného rozdělení je uveden na obrázku 112 pro pozemní stanici umístěnou ve Francii, z něhož je patrné, že výsledky odpovídají charakteru okolí.



Obrázek 112: Rozdělení pixelů hustoty obyvatelstva na městské (červená), příměstské (zelená) a venkovské (modrá), které vyplývá z rozdělení 50 %, 27 % a 23 %. Červený kruh představuje vzdálenost 40 km.

Příklad rozptýlu sítě RLAN při použití tabulky 124 je vynesena níže. Modré body představují venkovské RLAN, zelené předměstské RLAN a červené městské RLAN.



Obrázek 113: Příklad náhodného rozptýlu městských (červená), příměstských (zelená) a venkovských (modrá) sítě RLAN na základě hustoty osídlení a počtu obyvatel z tabulky 124.

A9.2.4 Scénář šíření

Při simulacích byl použit následující scénář šíření:

Tabulka 125: Model šíření použitý při simulaci

Horizontální vzdálenost	Model šíření	Pouze pro vnitřní prostory	Nepořádek
$0 \text{ m} \leq d < 40 \text{ m}$	Volný prostor	ITU-R P.2109 (70 % tradičních, 30% moderní, rovnoměrné rozložení pravděpodobnosti od 1 do 99 %)	nepoužije se
$40 \text{ m} \leq d < 1000 \text{ m}$	Model WINNER II	ITU-R P.2109 (70 % tradičních, 30 % moderní, rovnoměrné rozložení pravděpodobnost od 1 do 99 %)	Stanovení pravděpodobnosti poměru LOS a NLOS je vlastní modelu WINNER II.
$d \geq 1000 \text{ m}$	Doporučení ITU-R P.2001-4 (časové procento: rovnoměrné rozdělení 0 % až 100 %) Použití dat SRTM s rozlišením 90 m Nebo Doporučení ITU-R P.452-17 (časové procento: rovnoměrné rozdělení 0 % až 100 % zkrácené) při max. 50 %) Použití dat SRTM s rozlišením 90 m	ITU-R P.2109 (70 % tradičních, 30 % moderní, rovnoměrné rozložení pravděpodobnost od 1 % do 99 %)	Pro městské a vedlejší městské oblasti: ITU-R P.2108-1 (Procento umístění: rovnoměrné rozdělení) Pro venkov: P.452-17 (pole s vysokým podílem plodin, řídke domy na obou koncích).

A9.2.5 Algoritmus simulace Monte-Carlo

- KROK 1: stanovení polohy pozemní stanice a parametrů satelitní konstelace;
- KROK 2: simulujte konstelaci a uložte azimut a elevaci viditelných satelitů nad danou elevací ($>10^\circ$) na dostatečně dlouhou dobu.
- KROK 3: určete simulační oblast kolem pozemní stanice (v tomto případě 40 km).
- KROK 4: Spustěte smyčku nad uloženými polohami družic a pro každou polohu pomocí azimutu pozemní stanice (elevace, azimut) proveďte následující vnitřní kroky.
 - KROK 4.1: Odhadněte počet aktivních RLAN podle hustoty obyvatelstva v pixelu a počtu aktivních RLAN na osobu (viz tabulka 124). Tento počet aktivních RLAN se generuje podle binomického rozdělení s parametry N =počet obyvatel pixelu (zaokrouhлено na nejbližší celé číslo) a pravděpodobnost úspěchu p =počet aktivních RLAN na osobu. Po dokončení rozptýlte tyto aktivní RLAN uvnitř pixelu a uložte, zda je RLAN městská, příměstská nebo venkovská,
 - KROK 4.2: pomocí různých distribucí přiřadte každé síti RLAN e.i.r.p., výšku a vnitřní/venkovní provoz.
 - KROK 4.3: pomocí azimutu pozemní stanice a polohy RLAN (zeměpisná šířka, délka, výška) vypočítá zisk pozemní stanice vůči každé RLAN.
 - KROK 4.4: vypočítejte souhrnnou hodnotu I/N na pozemní stanici podle následující rovnice, kde G_r představuje zisk pozemní stanice vůči $RLAN(i)$, L_b útlum cesty podle doporučení ITU-R P.2001-4 nebo doporučení ITU-R P.452-17, L_c útlum rušení, L_{be} útlum vstupu do budovy, pokud se použije (vnitřní zařízení), pol je polarizační nesoulad stanovený na 3 dB a

BW_factor je korekční faktor šířky pásma.

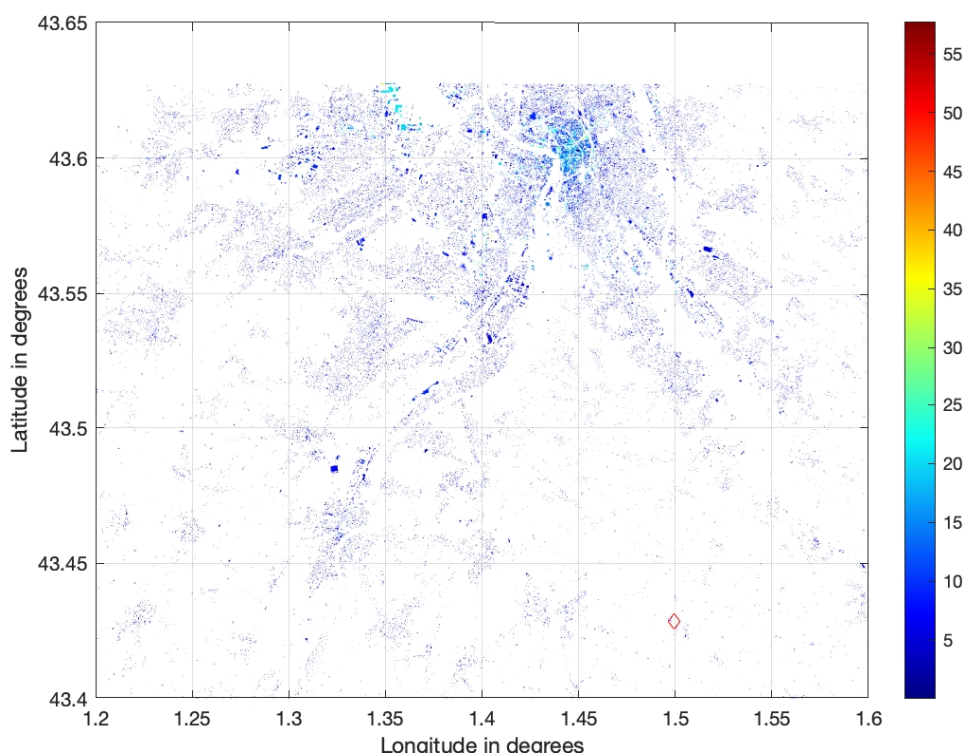
$$I/N \text{ (dB)} = 10 * \log_{10} \left(\sum_{RLAN=1}^N 10^{EIRP(i)+G_r(i)-Lb(i)-Lc(i)-Lbel(i)-pol-BW_factor)} \right) - N$$

- KROK 4.5: uložte hodnoty I/N a opakujte všechny dílčí kroky 4 pro zvolený časový úsek.

KROK 5: vygenerujte CCDF (doplňkovou kumulativní distribuční funkci) pomocí uložených hodnot I/N.

A9.2.6 Specifický případ pozemní stanice ve Francii

Pro francouzskou pozemní stanici jsou sítě RLAN uvnitř prvních 8 km kolem pozemní stanice vybírány pouze v místech, kde se nachází budova. K tomu byla použita francouzská databáze budov [BD TOPO](#) [31]. To také umožňuje vysazovat RLAN s reálnou výškou, protože databáze obsahuje i výšku budov. Všimněte si, že z důvodu jednoduchosti jsou RLAN vysazovány pouze ve středu každé budovy, nikoliv v náhodných polohách v areálu. Vzhledem k náhodné povaze ztrát při vstupu do budovy a ztrátám v rušení to nebude mít žádný vliv na výsledky simulace.



Obrázek 114: Poloha a výška budov v okolí pozemní stanice, červený kosočtverec je poloha pozemní stanice.

A9.3 VÝSLEDKY SIMULACE

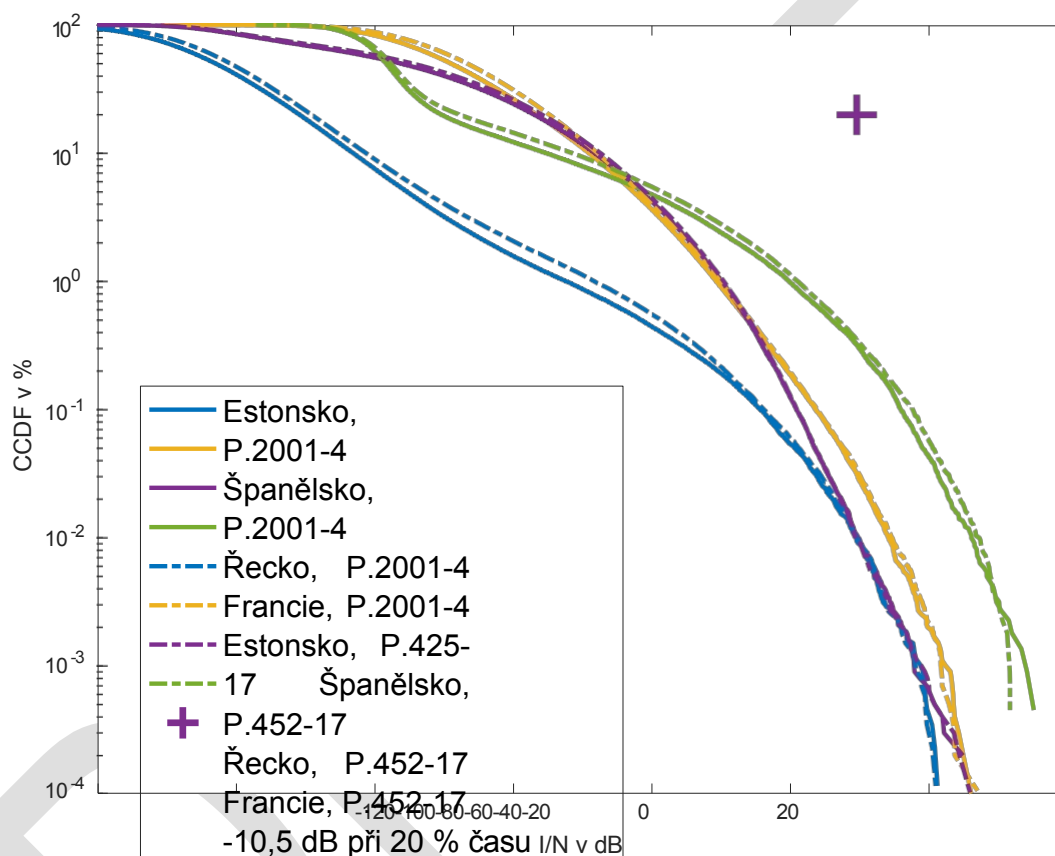
Jak již bylo uvedeno, byly zkoumány čtyři skutečné pozemní stanice v Evropě. Je třeba poznamenat, že všechny studované pozemní stanice se nacházejí ve venkovských oblastech s velmi nízkou hustotou obyvatelstva v okolí.

Získané CCDF pozorování I/N za 20 dní simulací pro Řecko, Španělsko a Estonsko a 8 dní pro Francii jsou uvedeny na obrázku 115. Lze pozorovat, že ochranné kritérium není u všech stanic nikdy překročeno s velkou rezervou. Výsledky rovněž ukazují, že není rozdíl mezi použitím doporučení ITU-R P.2001-4 s procentem času rovnoměrně v rozmezí 0 až 100 % nebo použitím doporučení ITU-R P.2001-4 s procentem času rovnoměrně v rozmezí 0 až 100 %.

Doporučení ITU-R P.452-17 s procentem času rovnoměrně se pohybujícím mezi 0 a 100 %, ale zkráceným na 50 %.

A9.4 ZÁVĚR

Studie sdílení Monte Carlo provedené mezi pozemními stanicemi WAS/RLAN a FSS DL na čtyřech pozemních stanicích v Evropě podle scénáře A (High). Studie pro pozemní stanice ve Španělsku, Řecku a Estonsku byly provedeny za předpokladu vyloučených zón nastavených na 325 m, 500 m a 350 m, jak je patrné z map. Studie stanice ve Francii byla provedena s údaji o skutečných budovách. Studie ukázaly, že všechny stanice dodržely ochranné kritérium $I/N = -10,5$ dB, které nesmí být překročeno po více než 20 % času.



Obrázek 115: Získaný CCDF pozorovaných agregovaných I/N za dobu simulace

ANNEX 10: SDÍLENÍ S RADIOASTRONOMIÍ

A10.1 POUŽÍVÁNÍ PÁSMO PODLE RAS A REGULAČNÍHO STATUSU

Pozorování maseru metanolu (CH_3OH)²⁵ v pásmu RR 5.149 6 650,0-6 675,2 MHz jsou pro radioastronomy na celém světě nesmírně důležitá. V Evropě existuje řada radioteleskopů, které jsou vybaveny nejmodernějšími přijímači pro měření této spektrální čáry a je do nich investováno značné procento celkového pozorovacího času. Podle poznámky pod čarou RR 5.149 Radiokomunikačního řádu jsou správní orgány vyzývány, aby přijaly veškerá proveditelná opatření k ochraně RAS před škodlivým rušením v pásmu 6 650,0-6 675,2 MHz.

V RR č. 5.149 ITU-R uznala význam pozorování metanolu v pásmu 6,6 GHz. Od té doby se metanolová čára stala mimořádně důležitou pro pozorování vzniku hvězd v jeho nejranějších fázích. Ve skutečnosti je její detekce a studium ve vnitřních částech oblastí formování hvězd pro astronomy hlavním způsobem, jak zkoumat genezi hvězd. Od jeho relativně nedávného objevu v oblastech tvorby hvězd a ve spojení s pozorováním spektrální čáry vznikající z molekuly vody na frekvenci ~22 GHz jsou pozorování metanolu hlavním prostředkem astronomů k detekci a následnému sledování tohoto procesu tvorby hvězd, protože tyto oblasti jsou neprůhledné pro jiné (např. optické) spektrální čáry. Metanol je také jedním z mála druhů, které produkují silné masery, což nám umožňuje detekovat jej na kosmické vzdálenosti, např. v jádru aktivních galaxií obíhajících kolem supermasivních černých děr, a tím poskytnout vhled do fyziky černých děr a vysokoenergetických procesů v jejich okolí. K tomu jsou nezbytné sítě VLBI (Very Long Baseline Interferometry), které se skládají z velkého počtu stanic CEPT RAS. Pozorování VLBI metanolových maserů jsou rovněž zásadní pro vysoce přesné astrometrické studie, které např. umožňují určit spirální strukturu Mléčné dráhy s nebývalou přesností a poskytují nezávislou sondu do hodnoty slavné Hubbleovy konstanty.

A10.2 NÁSTIN STUDIE

Vzhledem k tomu, že cílový frekvenční rozsah zařízení WAS/RLAN v horním 6GHz pásmu (6 425-7 125 MHz) je mnohem větší než frekvenční interval používaný systémem RAS (6 650,0-6 675,2 MHz), byly zvažovány scénáře sdílení i kompatibility. Jak však ukazují výsledky studie v tomto oddíle, i ve scénáři sdílení jsou požadované odstupové vzdálenosti relativně malé, takže výpočty kompatibility nejsou pro praktické účely nezbytně nutné.

WAS/RLAN budou nasazeny ve velkém počtu, takže výpočty pro jeden vstup se nezdají být vhodné pro posouzení podmínek koexistence s ohledem na RAS. Proto se studie, která je uvedena v následujícím textu, zaměří na scénář agregace, kdy je v blízkosti stanice RAS rozmístěn určitý počet zařízení. Pro dosažení realistických výsledků je třeba vzít v úvahu skutečnou hustotu osídlení a typy půdního pokryvu (které jsou důležité nejen pro ztráty rušením, ale také pro počet rozmístění a typické výšky vysílačů). Takové soubory dat jsou k dispozici ve vysoké kvalitě a s dostatečným prostorovým rozlišením pro všechny evropské stanice RAS. Proto jsou v této zprávě studovány pouze scénáře specifické pro danou lokalitu s ohledem na RAS.

Při simulacích agregace se do simulované oblasti kolem určitého místa RAS náhodně vybere určitý počet zařízení WAS/RLAN podle skutečné hustoty obyvatelstva a s různou výškou vysílače nad zemí, což odráží pravděpodobnost výskytu zařízení v různých patrech budov. Určitá část zařízení bude umístěna venku, ale předpokládá se, že většina bude provozována uvnitř budov. Konkrétní distribuční funkce pro všechny tyto parametry byly představeny v oddíle 3 této zprávy. V dalším kroku se vypočtou ztráty šíření jednotlivých cest mezi vysílači a přijímačem RAS. Všechny přijaté výkony se agregují (sečtou) a porovnají s povolenými prahovými úrovněmi (za předpokladu typické doby pozorování 2000 s; srovnej doporučení ITU-R RA.769-2). Pro posouzení typické statistické nejistoty simulace se simulace opakuje 2000krát, což umožňuje studovat posteriorní rozdělení (výsledky souboru) a je také důležité pro měření očekávaného procenta ztráty dat pro pozorování RAS.

²⁵ Mikrovlnné zesílení stimulovanou emisí záření: Maser je založen na principu stimulované emise. Když jsou atomy nebo molekuly vybuzeny do excitovaného energetického stavu, mohou zesílovat záření na frekvenci specifické pro atomy nebo molekuly použité jako maser (podobně jako v laseru). V radioastronomii jsou kosmické masery hojně pozorovány u OH, H₂O, SiO, CH₃OH a dalších.

Výpočty v této studii byly provedeny pomocí bezplatného open-source softwarového balíčku pro studie kompatibility správy spektra pro Python, pycraf²⁶, který vyvinul Výbor pro radioastronomické frekvence Evropské vědecké nadace (ESF-CRAF) ve spolupráci se správcí spektra z observatoře Square Kilometre Array (SKAO).

A10.3 TECHNICKÉ PARAMETRY, SCÉNÁŘE NAsAZENÍ A ŠÍŘENÍ

A10.3.1 Parametry přijímače RAS

Kritéria ochrany pro RAS jsou definována v doporučení ITU-R RA.769-2 [12] a jsou uvedena v tabulce 126. V pásmu 6,65 GHz provádí RAS především tzv. spektroskopická a VLBI pozorování. Související prahové úrovně jsou uvedeny v tabulkách 2 a 3 normy RA.769-2. Vzhledem k tomu, že pásmo je primárně využíváno pro spektroskopická pozorování, jsou použity spektroskopické limity z RA.769-2. Pro usnadnění jsou tyto meze uvedeny také v tabulce 126 spolu s dalšími relevantními parametry. Seznam příslušných stanic CEPT RAS je uveden v tabulce 127. Vzhledem k tomu, že většina evropských zařízení RAS se řídí zásadou "otevřeného nebe", mají k observatořím nebo k poskytnutým vědeckým datům přístup i vědci v jiných zemích uvnitř i vně CEPT. Kromě toho ve výše uvedeném pásmu funguje také vědecký projekt "Square Kilometre Array Observatory" v Jihoafrické republice, který je financován částečně několika evropskými zeměmi, a to za miliardu eur.

Tabulka 126: Technické parametry radioastronomie.

Systémový parametr	Hodnota	Poznámky
Doba integrace	2000 s	
Zisk bočního laloku, G_r	0 dBi	Podle doporučení ITU-R RA.769-2 je třeba brát v úvahu pouze boční laloky.
Prahová úroveň rušení Spektrální výkon, $Plim_v$ Spektrální pfd, Slm_v	-176 dB (mW/MHz) -228 dB (W/m /Hz) ²	Pro spektroskopická pozorování: interpolováno z doporučení ITU-R RA.769-2, [12] Tabulka 2
Výška antény, h_a	Výška ohniska	Průměrná výška přijímacího kanálu nad zemí konkrétního dalekohledu, který má být použit.

Tabulka 127: Seznam zemí CEPT se stanicemi RAS pracujícími v kmitočtovém pásmu 6650-6675 MHz.

Stanice RAS	Země	Zeměpisná délka	Zeměpisná šířka
Effelsberg	Německo	06° 53' 01.0"	50° 31' 29.4"
Wetzell		12° 52' 38"	49° 08' 42"
Medicina	Itálie	11° 38' 49"	44° 31' 15"
Noto		14° 59' 20"	36° 52' 33"
Sardinie		09° 14' 42"	39° 29' 34"
Irbene	Lotyšsko	21° 51' 18"	57° 33' 13"
Westerbork	Nizozemsko	06° 36' 15"	52° 55' 01"
Yebes	Španělsko	-03° 05' 13"	40° 31' 28.8"

²⁶ <https://pypi.org/project/pycraf/>

Stanice RAS	Země	Zeměpisná délka	Zeměpisná šířka
Onsala	Švédsko	11° 55' 04"	57° 23' 35"
Bleien	Švýcarsko	08° 06' 43.3"	47° 20' 23.7"
Jodrell Bank	UK	-02° 18' 26"	53° 14' 10"
Pickmere		-02° 26' 42"	53° 17' 20"
Darnhall		-02° 32' 09"	53° 09' 24"
Knockin		-02° 59' 49"	52° 47' 26"
Defford		-02° 08' 39"	52° 06' 03"
Cambridge		00° 02' 14"	52° 10' 01"
Goonhilly*		-05° 11' 00"	50° 03' 02"
Chilbolton*		-01° 26' 19"	51° 08' 42"
Poznámka *: Plánované operace			

A10.3.2 Parametry vysílače WAS/RLAN

Úrovně vysílaného výkonu zařízení WAS/RLAN v této zprávě se značně liší, a proto se pro scénář agregace předpokládá rozložení výstupních výkonů podle tabulky 2 (v části 3). Ta uvádí několik typů nasazení (např. vnitřní a venkovní s různými úrovněmi výkonu a různými funkcemi rozložení zisku antény). Kromě toho mohou zařízení využívat různé šířky pásma kanálu podle tabulky 4. V oddíle A10.4.2 bude uvedeno více podrobností o tom, jak se s těmito parametry pracuje při výpočtech.

A10.3.3 Model šíření, rušení a ztráta vstupu do budovy

Pro agregované scénáře rušení studované v následujícím textu je použit model šíření specifikovaný v doporučení ITU-R P.452-18 [6]. V tomto modelu šíření existuje časově-procentuální parametr, který musí být rozdělen náhodně. Protože model P.452 je definován pro časová procenta do 50 %, jsou všechny vzorkované hodnoty vyšší než 50 % nastaveny na 50 %. To ovlivní posteriorní rozdělení přijímaných výkonů, ale pro studie kompatibility RAS to nepředstavuje problém, protože nás zajímají pouze nejvyšší 2 % rozdělení (2 % jsou maximální ztráty dat, které musí RAS akceptovat podle doporučení ITU-R RA.1513-2 [13]) a vyšší parametry časových procent jsou spojeny s vyššími ztrátami šíření.

Kromě čistých vlivů šíření je třeba vzít v úvahu také rušení a ztráty na vstupu do budovy (BEL). V mnoha nedávných studiích zařízení IMT se bere v úvahu doporučení ITU-R P.2108-1 [8], které poskytuje statistický model rušení. Jednou z důležitých podmínek normy P.2108 je, že vysílače jsou instalovány pod typickou výškou rušení (tj. pod střechami domů). To by jistě platilo pro všechna vnitřní zařízení RLAN a také pro většinu venkovních zařízení. P.2108 se bohužel vztahuje pouze na městské a příměstské oblasti. Stanice RAS jsou však obvykle umístěny v odlehlých oblastech, aby se co nejvíce vyhnuly umělým rádiovým signálům. Nejnovější verze (18) normy P.452 navíc navrhuje jiný přístup, v němž se zohledňuje rušení podél celé dráhy šíření, a nikoli pouze pro koncové body dráhy. V následujícím textu je tedy rušení zpracováno podle P.452-18. Funguje to tak, že se použijí údaje o výšce holého terénu (tzv. digitální modely terénu, DTM) a ke každému bodu na trase, s výjimkou polohy vysílače a přijímače, se přičte efektivní výška rušení. To bude dále vysvětleno.

Většina zařízení RLAN v simulacích agregace je umístěna uvnitř budov, a proto podléhá ztrátám při vstupu do budovy (BEL). Ta se určuje podle doporučení ITU-R P.2109-1 [11]. V P.2109 se používá parametr pravděpodobnosti, který představuje pravděpodobnost, že výsledný BEL nebude překročen. Na rozdíl od časově-procentního parametru v P.452 má smysl tuto pravděpodobnost náhodně měnit pro všechna zařízení a časové kroky v každém běhu simulace.

A10.4 SIMULACE AGREGACE

V následujícím textu jsou podrobně popsány simulace agregace. Výpočty byly provedeny pro čtyři různé stanice RAS, které jsou dobrým zástupcem řady podmínek prostředí:

- *Stometrový dalekohled Effelsberg* se nachází v údolí v německém pohoří Eifel, v řídce osídlené oblasti. Ve vzdálenosti asi 30 a 40 kilometrů se však nacházejí velká města Bonn a Kolín nad Rýnem;
- *Observatoř Jodrell Bank (JBO)* se nachází v poměrně hustě osídlené oblasti nedaleko Manchesteru (Spojené království) na poměrně rovinatém terénu;
- *Sardinský radioteleskop (SRT)* se nachází na vyvýšeném místě na jihu Sardynie, nedaleko hlavního města Cagliari v hornaté oblasti. Ve srovnání s ostatními zkoumanými lokalitami má nejnižší počet obyvatel v simulované oblasti;
- *Syntetický radioteleskop Westerbork (WSRT)* se nachází na velmi rovinatém území v Nizozemsku, obklopen mnoha vesnicemi v relativně otevřeném terénu a několika většími městskými centry a městy v určité vzdálenosti.

A10.4.1 Soubory dat GIS

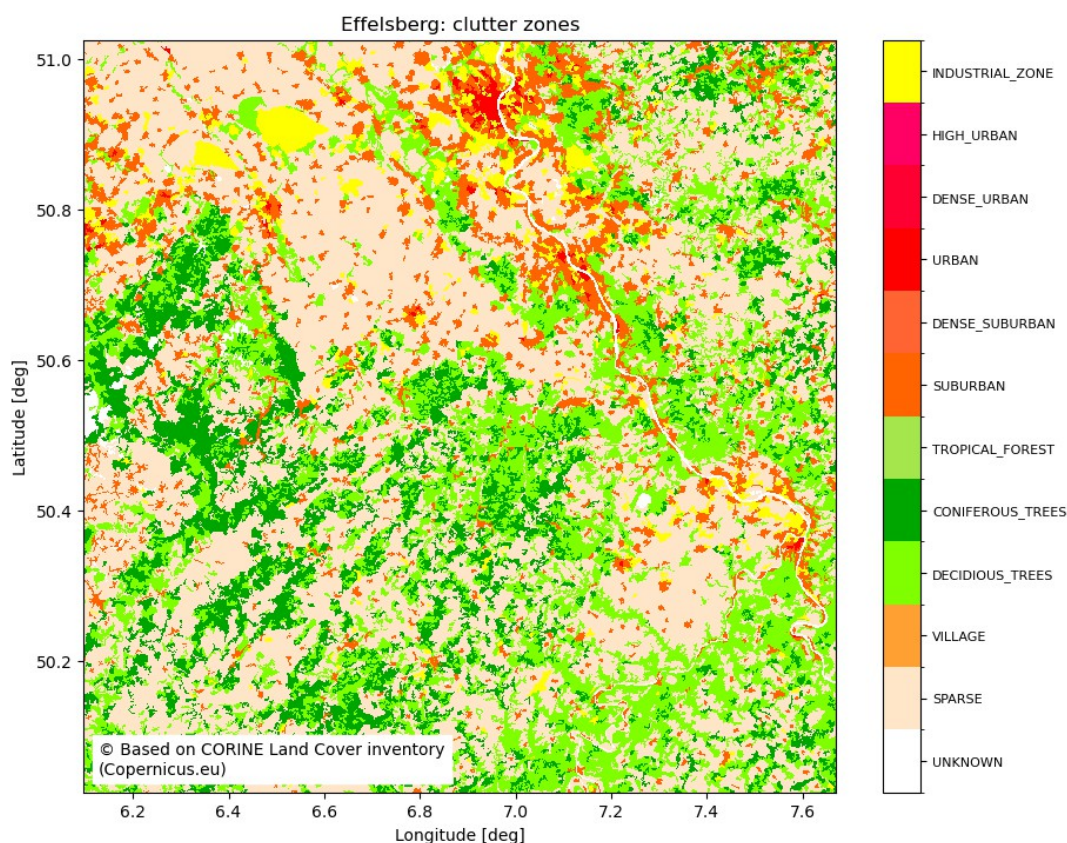
Pro evropské stanice RAS jsou k dispozici vysoce kvalitní soubory dat GIS, které umožňují doplnit příslušné modely ITU-R o aktuální údaje založené na prostředí v okolí stanic. V následujícím textu jsou stručně popsány datové soubory použité pro simulaci agregace.

Údaje o zemském pokryvu pro určení zón rušení a vertikálního rozmístění zařízení

Data Corine Land Cover (CLC)²⁷ byly dotazovány za účelem získání typů zón zakrytí pro každou pozici v simulované mapě. Definice "tříd" zakrytí v CLC má jemnější granularitu než zóny zakrytí v modelu P.452, proto byl proveden převod²⁸. Na základě zón zahlcení dotazovaných z CLC lze určit efektivní výšku zahlcení, která je pro model P.452-18 vyžadována podél každého kroku výškového profilu pro výpočty ztrát šíření (viz doporučení ITU-R P.452-18, tabulka 3). Mapa zón rušení je zobrazena na obrázku 116. Typy zón rušení se dále používají také k přiřazení každého umístění vysílače na mapě k jedné z venkovských, příměstských a městských tříd, což je důležité pro rozložení výšky vysílače. Pro tuto záležitost jsou třídy rušení P.452 "Řídké", "Listnaté stromy" a "Jehličnaté stromy" přiřazeny k venkovským zónám, třídy rušení "Příměstské" a "Průmyslová zóna" jsou přiřazeny k příměstským a "Městské" k městským.

²⁷ © Corine Land Cover (CLC), <https://www.copernicus.eu/>

²⁸ Viz příručka pycraf: <https://bwinkel.github.io/pycraf/latest/pathprof/index.html#conversion-between-landcover-classes-and-p-452-clutter-types>



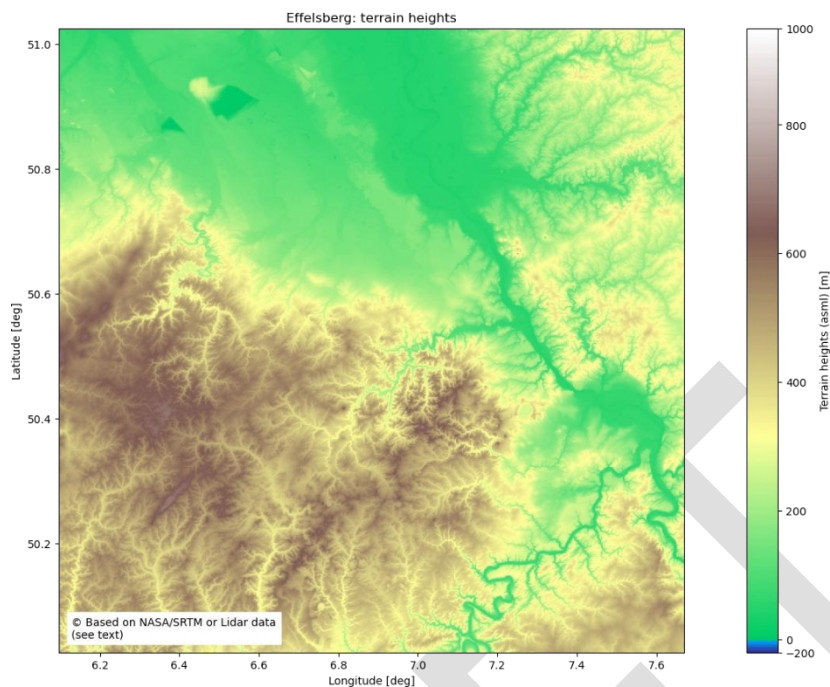
Obrázek 116: Typy zón clutteru na základě dat Corine Land Cover.

Výšky terénu pro výpočty šíření

Pro použití modelu ztrát šíření specifikovaného v doporučení ITU-R P.452-18 je zapotřebí informace o výšce terénu. V minulosti se často využívala data NASA/SRTM [14], která však ve skutečnosti poskytují digitální model povrchu (DSM), nikoliv požadovaný DTM. Pro většinu evropských lokalit jsou k dispozici novější a přesnější výškové mapy terénu založené na lidarech (často jako DTM i DSM). Jejich zdroje se v jednotlivých regionech liší²⁹. Na obrázku 117 je jako příklad zobrazena výšková mapa terénu pro observatoř Effelsberg. Simulovaná oblast má v tomto případě velikost 1 deg² (přibližně 110 km × 110 km). Ukáže se, že pro ostatní stanoviště RAS jsou požadované separační vzdálenosti větší než pro stanoviště Effelsberg, což vyžaduje větší velikosti simulačních polí (srovnej tabulku 128).

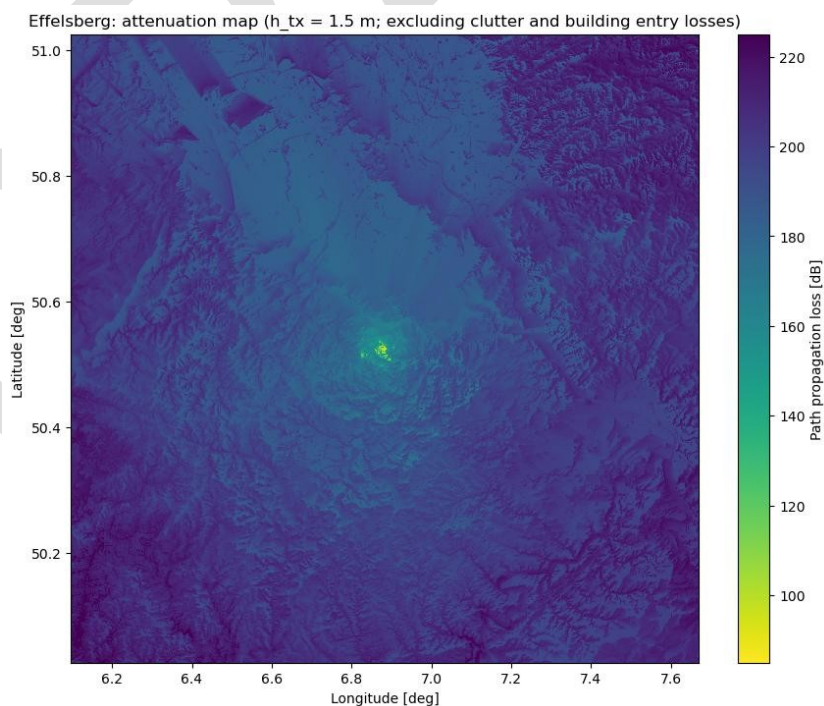
²⁹ Zdroje pro různé stanice RAS použité v této zprávě, založené na kompilaci poskytnuté Sonnym (<https://sonny.4lima.de/>) pod CC BY 4.0:

- Effelsberg, DEU: (2017), [DTM 1 Meter](#) & Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland- Palatinate: [DTM 25 Meter \(DGM25\)](#) ; Licence: [Datenlizenz Deutschland Namensnennung 2.0](#)
- WSRT, NL: NL: Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN2): [DTM 5 Meter](#)
- SRT, IT: Regione Autonoma della Sardegna, Sardegna Geoportale: [DTM 1 m a DTM 10 m](#)
- JBO, Velká Británie, Agentura pro životní prostředí: LiDAR Composite DTM 10 m, [Open Government Licence](#).



Obrázek 117: Výšková mapa terénu na základě lidarových dat pro observatoř Effelsberg.

Na základě výškové mapy terénu a za předpokladu určité výšky vysílače WAS/RLAN (nad zemí) lze vypočítat ztráty při přenosu do stanice RAS pomocí modelu šíření podle doporučení ITU-R P.452-18; viz obrázek 118. Pro účely vizualizace byl na obrázku 118 zvolen parametr časového procenta 2 %, ale jak je vysvětleno výše, simulace používají náhodné hodnoty. V simulacích mohou být vysílače umístěny v různých (diskrétních) výškách podle podlaží budovy, kde jsou instalovány (srovnej tabulku 128). Pro každou z těchto výšek je určena příslušná mapa útlumu, která je uložena v paměti a umožňuje rychlé vyhledávání v simulaci.



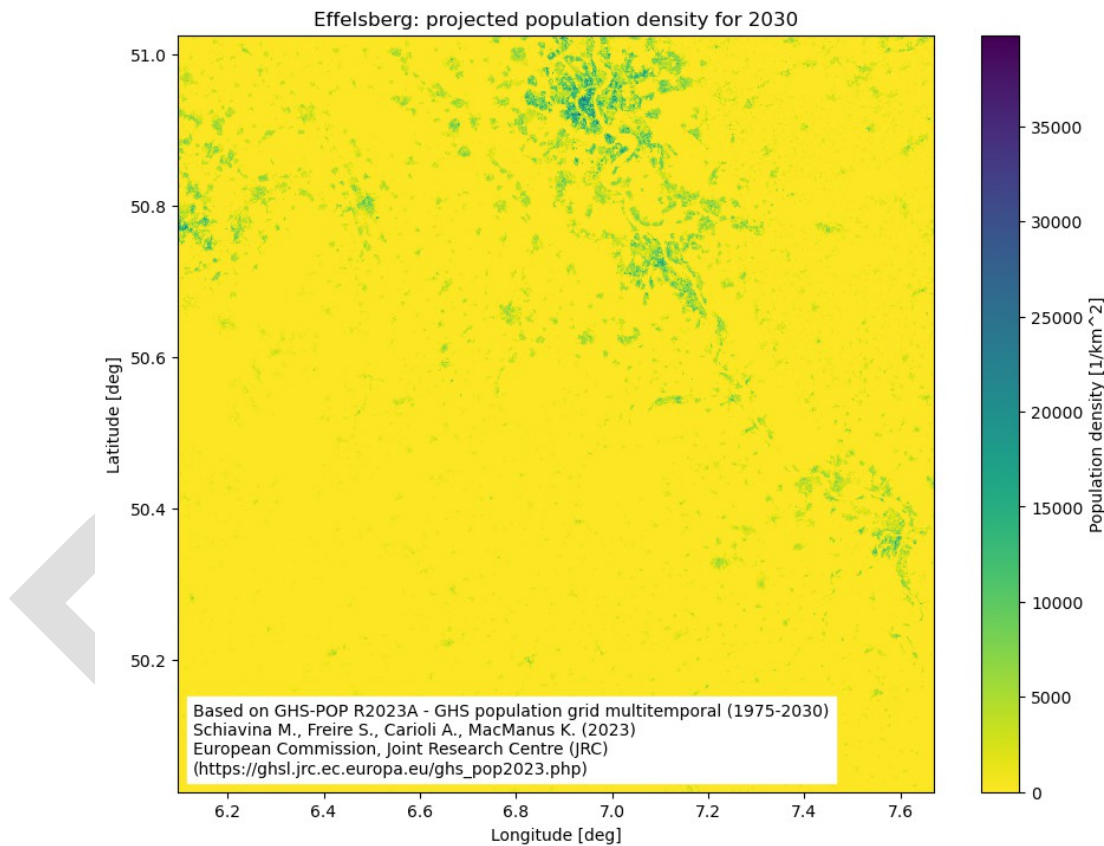
Obrázek 118: Ztráty šíření na trase pro oblast kolem observatoře Effelsberg za předpokladu výšky vysílače 1,5 m (nad zemí).

Hustota obyvatelstva pro prostorové rozmístění zařízení

Mapy hustoty obyvatelstva lze použít k řízení prostorového rozmístění zařízení v simulaci. Předpokládá se, že hustota obyvatelstva je dobrým ukazatelem typického počtu zařízení WAS/RLAN v dané buňce sítě (alespoň v průměru): lidé používají tyto sítě, když jsou v práci nebo doma, ale také v nákupních centrech a restauracích. Zatímco údaje o hustotě obyvatelstva jsou obvykle vázány na adresy bydliště lidí, zde se předpokládá, že prostorové rozložení ostatních činností se podobá prvnímu z nich.

Celosvětovou mapu hustoty zalidnění poskytuje Společné výzkumné středisko Evropské komise (JRC) v podobě datové sady "Global Human Settlement population grid" (GHS) [15], která je k dispozici pro několik let, včetně prognóz pro rok 2030 (zde použitých). Vizualizace je uvedena na obrázku 119 pro příklad stanice RAS Effelsberg.

Na základě mapy hustoty populace lze odvodit mapu populace (která je vhodnější pro náhodný odběr vzorků zařízení) vynásobením hustoty s plochou každé buňky sítě. Jedná se téměř o zmenšenou verzi mapy hustoty, ale vzhledem k tomu, že plocha buňky mřížky je poněkud nehomogenní - kvůli zakřivení Země - je zde mírný rozdíl. Pomocí metody, která se nazývá "technika inverzního vzorkování" (viz A10.6), lze nyní generovat náhodné vzorky dvojic zeměpisných délek a šířek, které dodržují populační distribuční funkci. K tomu je třeba uvést celkový počet požadovaných (aktivních) zařízení v cílové oblasti. To bude vysvětleno dále.



Obrázek 119: Hustota obyvatelstva v okolí observatoře Effelsberg.

A10.4.2 Nasazení zařízení

Jak je uvedeno v části A10.2, mapa populace (hustoty) se používá pro prostorové rozmístění v simulaci, tj. pro výběr vzorků umístění zařízení. K tomu je třeba vědět, kolik aktivních vysílačů bude v simulovaném poli. Na základě různých předpokladů lze odvodit *faktor rozmístění*; viz oddíl

3.2. Závisí na odhadovaném faktoru přijetí na trhu, podílu zařízení v pásmu 6 GHz (ve srovnání se všemi pásmy), vytíženosti atd. Vynásobením všech procent získáme efektivní faktor. Po jeho vynásobení počtem obyvatel v simulované oblasti získáme celkový počet aktivních zařízení. Ne všechny

aktivní zařízení používají kanál RLAN, který se překrývá s pásmem RAS, takže se příslušný počet zařízení dále snižuje (to je dále vysvětleno). V tabulce 7 jsou uvedeny různé scénáře použití (scénáře "A" a "B", každý s "nízkým", "středním" a "vysokým" provozem). V tabulce 128 je sestaven výsledný počet aktivních zařízení v oblasti simulačního pole.

Tabulka 128: Celkový počet obyvatel (2030) a okamžitě vysílající sítě WAS/RLAN v simulované oblasti.

RAS Stanice	Velikost simulačního boxu	Celkový počet obyvatel	Okamžitý přenos WAS/RLAN (kanál RLAN překrývá kanál RAS)					
			Scénář A			Scénář B		
			Nízká	Mid	Vysoká	Nízká	Mid	Vysoká
Effelsberg	1°×1°	4,78 milionu	766	1233	1964	1337	2248	3616
Jodrell Bank	3°×3°	29,96 milionu	4788	7605	11752	8466	13758	22923
SRT	2°×2°	1,00 milionu	159	258	423	292	479	784
WSRT	3°×3°	29,03 milionu	4608	7693	11479	8345	13247	21886

Po náhodném výběru umístění zařízení je třeba je přiřadit k jednomu ze čtyř různých "typů" vysílačů (tj. maximální e.i.r.p.) pro venkovní i vnitřní prostředí (viz tabulka 2). To, zda je zařízení in- nebo out-door, je uloženo v masce, protože to ovlivní přiřazení BEL. Stejně tak se maximální e.i.r.p. a rozdělení zisku antény používají k výběru náhodného skutečného e.i.r.p. pro každé zařízení. Podle tabulky 4 existují různé pravděpodobnosti pro určité šířky pásma kanálu. Vysílací výkon na kanál je však nezávislý na šířce pásma kanálu, tj. spektrální výkon (W na Hz) je nižší pro větší šířky pásma. Pro usnadnění jsou hodnoty e.i.r.p. převedeny na spektrální e.i.r.p. vydělením čísel (náhodně vybranými) šířkami pásma kanálu pro každé zařízení.

Poté je třeba určit pravděpodobnost, že se aktivní kanál RLAN překrývá s některým ze spektrálních kanálů v pásmu RAS. Za předpokladu stejného odstupu různých šířek pásma kanálů od nejnižší frekvence 6 425 MHz lze odvodit, že dva kanály 20, 40 a 80 MHz překrývají pásmo RAS (6 650- 6 675,2 MHz), ale pouze po jednom kanálu pro 160 a 320 MHz³⁰. Protože se však spektroskopické limity v doporučení ITU-R RA.769-2 (jejich tabulka 2) týkají úzkopásmových spektrálních kanálů ve frekvenčním pásmu RAS. Spektrální kanál RAS může překrývat vždy pouze jeden kanál RLAN dané šířky. Z toho vyplývají následující pravděpodobnosti: 20 MHz: $1/36=0,0278$, 40 MHz: $1/18=0,0556$, 80 MHz: $1/9=0,1111$, 160 MHz: $1/5=0,2$, 320 MHz: $1/3=0,3333$. Spolu s rozložením šířky pásma (tabulka 4) je tedy celková pravděpodobnost, že se některý kanál RLAN bude překrývat s některým spektrálním kanálem v pásmu RAS, 17,55 % (počty aktivních zařízení v tabulce 128 to již zohledňují). Vzhledem k tomu, že vysílané výkony byly již dříve převedeny na spektrální výkony, není nutná žádná další korekce na šířku pásma. V důsledku toho se spektrální výkonové limity RAS použijí později pro posouzení porušení prahových hodnot.

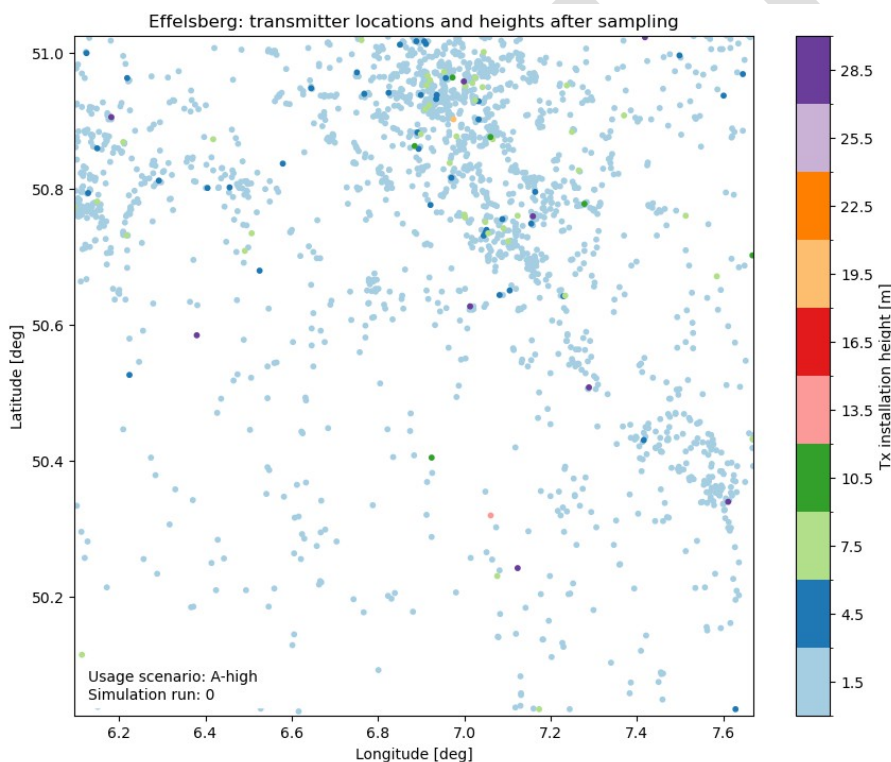
Aby bylo možné určit související přijaté spektrální výkony ve stanici RAS, je třeba pro každé aktivní zařízení určit ztrátu šířením po trase a ztrátu vstupem do budovy. Ztráty šíření po trase závisí na výšce instalace antén, umístění vysílačů a časovém procentuálním parametru P.452. Ten byl náhodně zvolen, ale každému zařízení v mapě byla v každém běhu simulace přiřazena stejná hodnota. To se považuje za realističtější, protože se neočekává, že by se podmínky rádiového šíření na relativně malém území po určitou dobu příliš měnily (samozřejmě v různých časech pozorování k odchylkám dojde). Byly provedeny testy, kdy byla každému zařízení přiřazena náhodná hodnota i v rámci jednoho simulačního běhu, ale výsledek se ani výrazně nelišil od prvního přístupu. Rozložení výšek antén je uvedeno v tabulce 3. Efektivní ztráty rušením samozřejmě závisí na typech zón rušení podél cesty šíření (srovnej obr.

³⁰ 20 MHz: 6 645-6 665 MHz, 6 665-6 685 MHz; 40 MHz: 6 625-6 665 MHz, 6 665-6 705 MHz; 80 MHz: 6 585-6 665 MHz, 6 665- 705 MHz, 6 745 MHz; 160 MHz: 6 585-6 745 MHz; 320 MHz: 6 425-6745 MHz

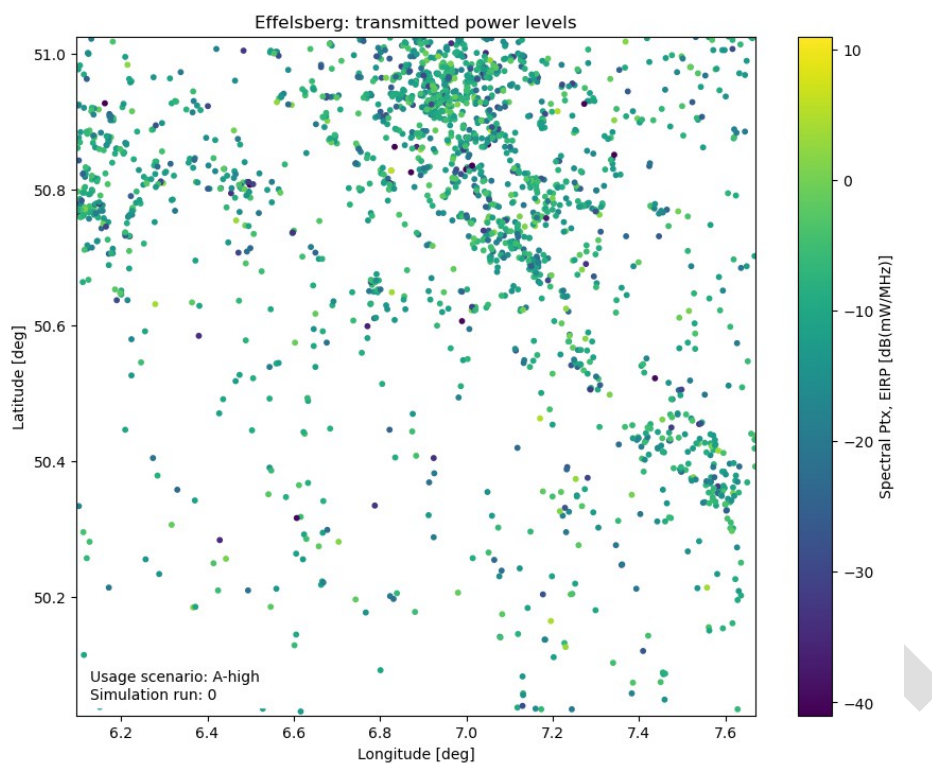
116). Většina radioteleskopů je buď mnohem výše než okolní zákryty, nebo se nachází v otevřeném terénu. Výjimkou je observatoř ve Westerborku (s relativně malými rozměry antén), která je obklopena jehličnatými stromy.

Ztráty na vstupu do budovy podle doporučení ITU-R P.2109-1 závisí na výškovém úhlu (šíření) trasy. Proto se pro výpočet tohoto úhlu používají postupy podle P.452. Kromě toho je každému zařízení přiřazena náhodná pravděpodobnost, kterou vyžaduje algoritmus P.2109. P.2109 také rozlišuje mezi tepelně účinnými budovami (vyšší BEL) a tradičními budovami. Na základě zprávy ECC 302 (oddíl 5.4) se předpokládá, že 30 % budov je tepelně účinných a 70 % tradičních.

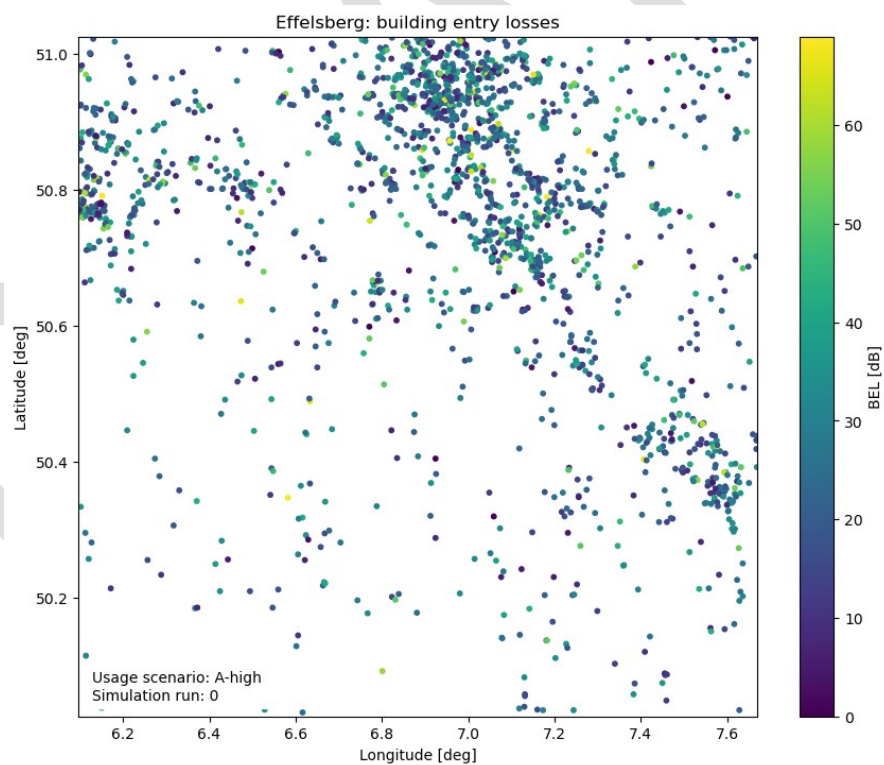
V následujícím textu je uvedeno několik příkladů, které vizualizují některé z výše uvedených veličin pro jeden ze simulačních běhů (dalekohled Effelsberg, všechny scénáře A (High)). Na všech obrázcích jsou zobrazena pouze aktivní zařízení s RF kanálem, který překrývá pásmo RAS. Na obrázku 120 jsou uvedeny vzorkované výšky instalace antén (tj. výšky podlah budov). Jak je vidět, většina vysílačů je umístěna v přízemí nebo v prvním patře (výška 1,5, resp. 4,5 m). Prostorové rozložení kopíruje mapu hustoty osídlení. Na obrázku 121 jsou obsaženy efektivní spektrální úrovně e.i.r.p. (tj. již včetně rozložení zisku antén). Na obrázku 122 jsou zobrazeny přiřazené vstupní ztráty budov. BEL dosahují maxima přibližně 15-20 dB; viz obrázek 123. (Venkovní zařízení mají samozřejmě BEL 0 dB.)



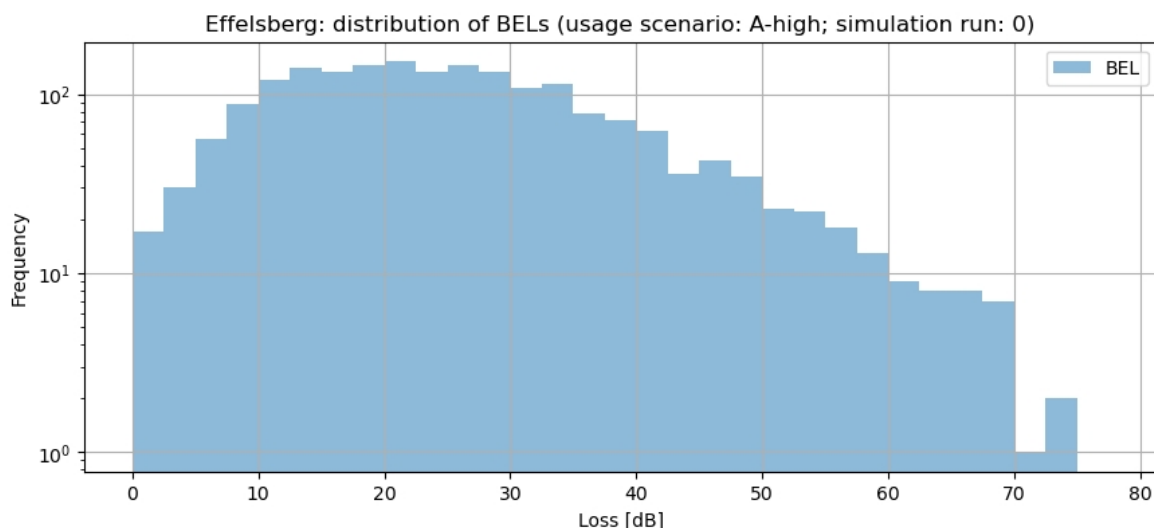
Obrázek 120: Příklad výsledku vzorkování polohy a výšky v simulacích



Obrázek 121: Přiřazené efektivní spektrální hodnoty e.i.r.p. pro zařízení na obrázku 120



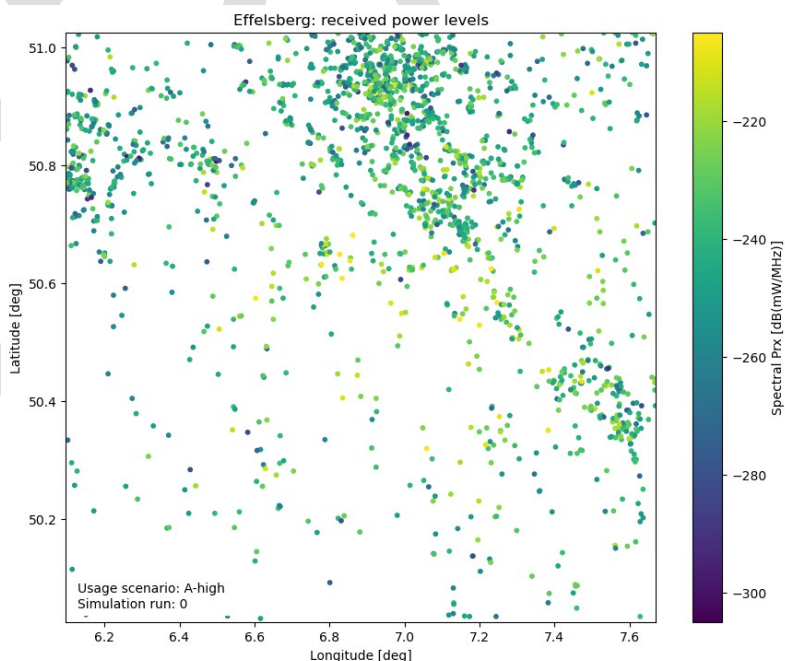
Obrázek 122: Přiřazené ztráty v budově pro zařízení na obrázku 120



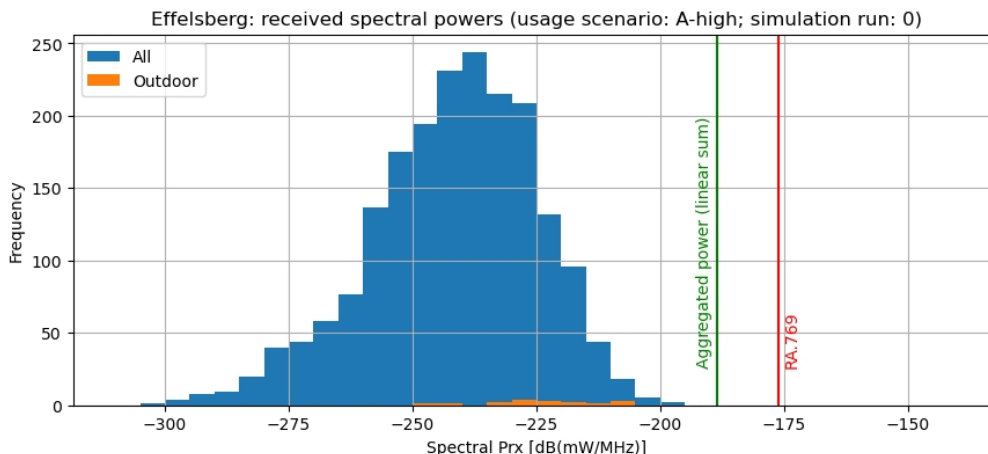
Obrázek 123: Histogram hodnot BEL (znázorněných na obrázku 122)

A10.4.3 Celkový přijímaný spektrální výkon na stanici RAS

Odečtením ztrát šířením po trase, rušením a vstupem do budovy od vysílaného spektrálního výkonu (v logaritmických jednotkách) získáme přijatý spektrální výkon z každého zařízení, který vstoupí do přijímacího systému RAS. Jednotlivé příspěvky jsou zobrazeny na obrázku 124 (místa) a obrázku 125 (histogram). Svislá zelená čára na obrázku 125 označuje agregovaný přijatý spektrální výkon (tj. lineární součet všech jednotlivých příspěvků), svislá červená čára označuje prahovou úroveň RAS stanovenou doporučením ITU-R RA.769-2. V příkladu simulace, který je zde uveden, by agregovaný výkon byl výrazně pod prahovou hodnotou. Mohou však existovat i simulační běhy, kde agregovaný výkon překročí prahovou hodnotu. K tomu může dojít, pokud se v blízkosti stanice RAS nachází jedno nebo více vysílacích zařízení (zejména ve venkovním prostředí). Pro zachycení této situace se simulace opakuje 1000krát, což umožňuje analyzovat typický statistický rozptyl výsledků.



Obrázek 124: Přijatý spektrální výkon z aktivních zařízení na obrázku 120

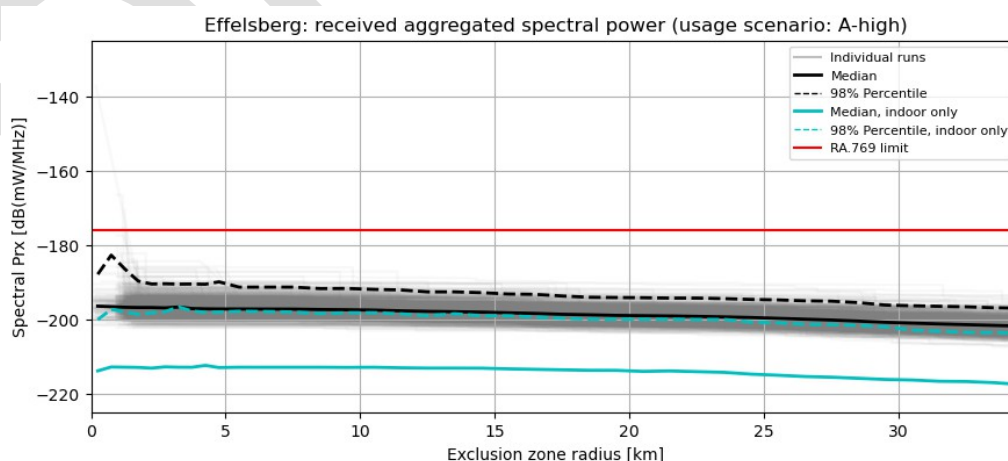


Obrázek 125: Rozložení přijatých spektrálních výkonů (znázorněno na obrázku 124)

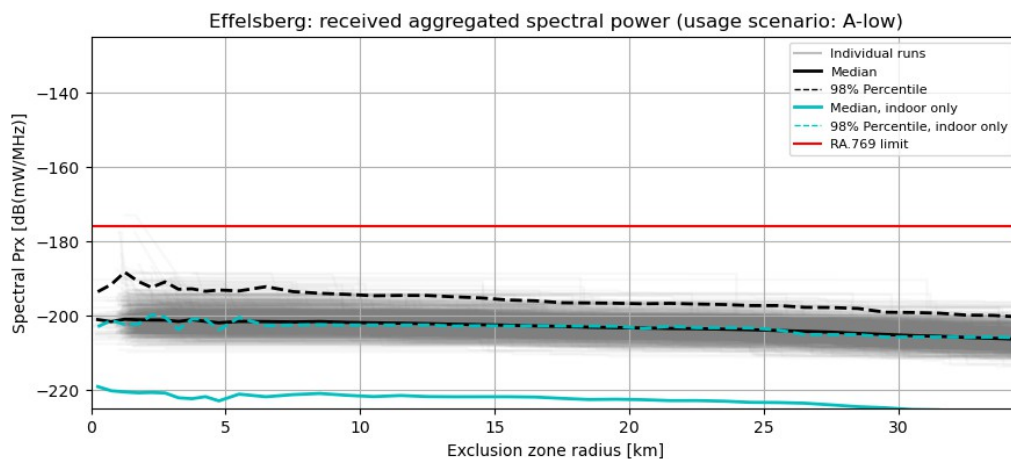
A10.4.4 Požadované velikosti vyloučené zóny

Vzhledem k tomu, že část simulací může poskytnout agregované spektrální výkony, které překračují limity RAS, je třeba provést analýzu, jaká minimální oddělovací vzdálenost by byla nutná pro koexistenci v pásmu 6650,0-6675,2 MHz. Za tímto účelem se použije hypotetická vyloučená zóna s rostoucím poloměrem, tj. při výpočtu agregovaného výkonu se neuvažují všechna zařízení v poloměru vyloučené zóny; viz obrázek 126. Šedé křivky ukazují výsledný agregovaný výkon pro každý jednotlivý průběh simulace v závislosti na rostoucím poloměru vyloučení. Černá plná čára představuje medián jednotlivých výsledků. Medián zde však není požadovanou veličinou. Podle doporučení ITU-R RA.1513-2 [13] musí RAS akceptovat maximální ztrátu dat ve výši 2 %. Proto průsečík křivky 98% percentilu (černá čárkovaná čára) s prahovou hodnotou podle RA.769 (vodorovná červená plná čára) udává minimální požadovaný poloměr vylučovací zóny. Obrázek obsahuje také výsledky pro případ, že jsou uvažována pouze zařízení umístěná pouze uvnitř budov, které mohou být užitečné pro srovnání (modře podbarvené křivky). Z toho je patrné, že v celkovém agregovaném spektrálním výkonu převažují venkovní zařízení. Pro srovnání je na obrázku 127 uveden výsledek simulací pro scénář "nízkého" využití. Rozdíl ve vylučovacích poloměrech mezi scénáři "nízkého" a "vysokého" provozu není příliš velký.

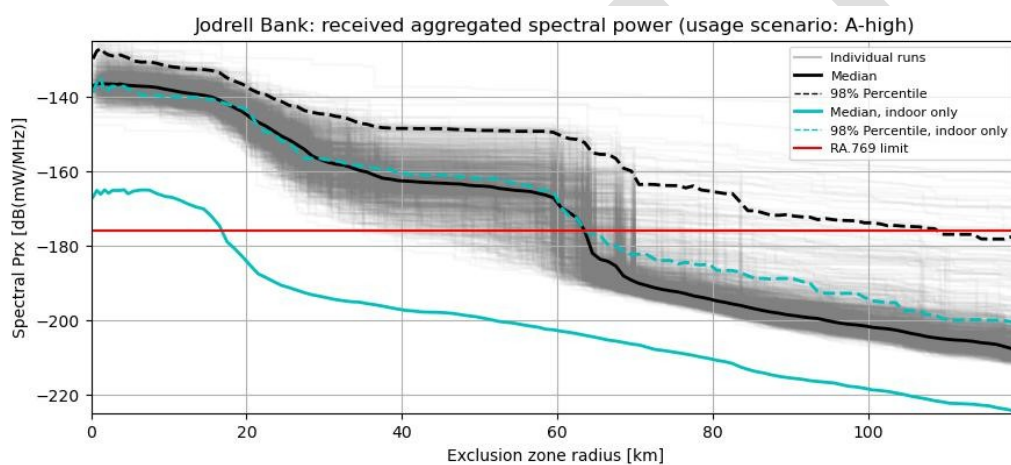
Pro úplnost jsou na obrázcích 128 až 130 uvedeny také výsledky pro observatoř Jodrell Bank, SRT a WSRT ve scénáři "A-high".



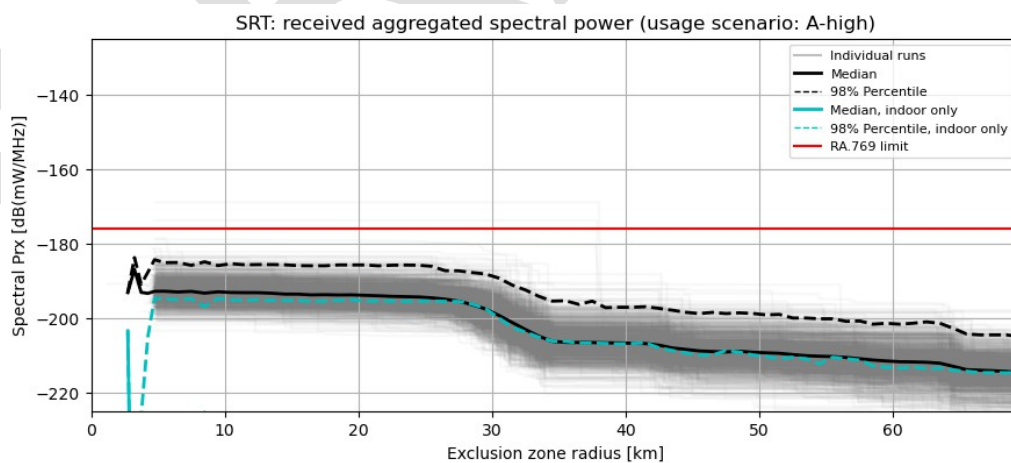
Obrázek 126: Obrázek 126: Agregované přijaté spektrální výkony ze všech simulací v závislosti na velikosti vyloučené zóny (vysvětlení viz text). Výsledek je zobrazen pro scénář "vysokého" využití.



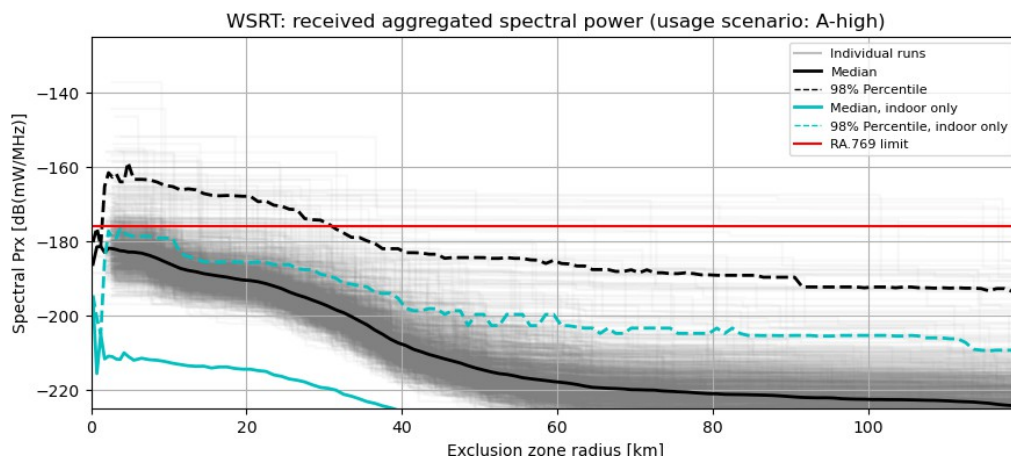
Obrázek 127: Stejně jako obrázek 126, ale pro scénář "nízkého" využití



Obrázek 128: Stejně jako obrázek 126, ale pro observatoř Jodrell Bank (Spojené království)



Obrázek 129: Stejně jako obrázek 126, ale pro radioteleskop na Sardinii (Itálie)



Obrázek 130: Stejně jako obrázek 126, ale pro WSRT (NL)

A10.5 SHRNUTÍ

Výsledky pro Effelsberg zobrazené na obrázcích 126 a 127 ukazují, že i velmi malá koordinací zóna by stačila k plné ochraně provozu RAS v pásmu 6650,0-6675,2 MHz. Pro Jodrell Bank a WSRT jsou požadované poloměry poměrně velké.

Všechny výsledky jsou shrnuty v tabulkách 129 a 130.

Tabulka 129: Požadované poloměry vyloučené zóny v kilometrech pro všechny stanice RAS a scénáře nasazení

Stanice RAS	Scénář A			Scénář B		
	Nízká	Mid	Vysoká	Nízká	Mid	Vysoká
Effelsberg 100 m	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Observatoř Jodrell Bank	84.5	84.5	108.5	97.5	110.5	118.5
Sardinský radioteleskop	<1	<1	<1	<1	<1	2.8
Westerbork	26.5	24.5	30.5	25.5	33.5	36.5

Tabulka 130: Stejně jako tabulka 129, ale s omezením na vnitřní zařízení

Stanice RAS	Scénář A			Scénář B		
	Nízká	Mid	Vysoká	Nízká	Mid	Vysoká
Effelsberg 100 m	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Observatoř Jodrell Bank	60.5	60.5	63.5	60.5	63.5	69.5
Sardinský radioteleskop	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Westerbork	2.2	<1	<1	4.2	8.5	10.5

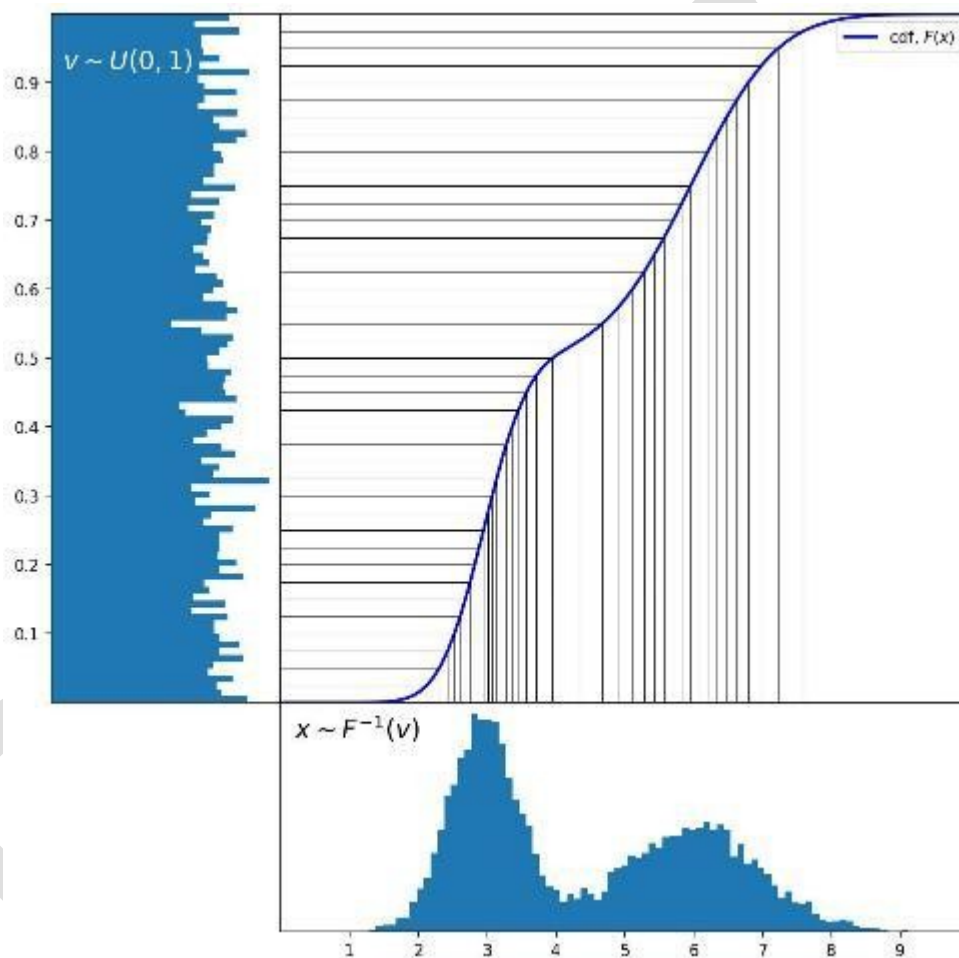
A10.6 TECHNIKA INVERZNÍHO VÝBĚRU VZORKŮ

Pokud potřebujeme vybrat náhodná čísla odpovídající danému rozdělení pravděpodobnosti, lze použít techniku "inverzního výběru". Zde je vysvětlena diskrétní verze, která pracuje s libovolným diskrétním rozdělením pravděpodobnosti, $\rho(x)$, a lze ji použít i pro aproximaci spojitých případů. Základní myšlenka je nastíněna na obrázku

131. Matematicky se určí inverzní CDF, F^{-1} , do kterého se vloží náhodná čísla z rovnoměrného rozdělení:

$$x_n \sim F^{-1}(y_n), \text{ s } y_n \sim U(0,1) \text{ a } F(x) = \int_0^x \rho(x') dx'.$$

Pro diskrétní rozdělení nebo numerické aproximace se integrál nahrazuje součtem, v tomto případě $F(x)$ se stane kumulativním součtem $\rho(x)$. Užití inverze je pak operací hledání v křivce CDF, tj. nalezení části křivky mající požadovanou y_n -hodnotu, čímž získáme související x_n .



Obrázek 131: Techniku inverzního vzorkování lze použít ke generování náhodných čísel odpovídajících danému cílovému rozdělení pravděpodobnosti pomocí inverzního CDF (nebo jeho aproximace) a zadáním rovnoměrně rozdělených náhodných vzorků.

ANNEX 11: DERIVACE FDP ZA PŘEDPOKLADU SPOJENÍ FS BEZ ATPC

1 Jak je popsáno v doporučení ITU-R F.1108, FDP je dáno vztahem

$$FDP = \frac{P_{O,i} - P_{O,0}}{P_{O,0}} = \frac{P_{O,i}}{P_{O,0}} - 1 \quad (1)$$

kde:

- $P_{O,0}$ je pravděpodobnost výpadku pouze v důsledku fadingu.
- Pravděpodobnost $(f \geq FM) = \int_{FM}^{\infty} pdf(f) df$
- f je útlum v dB
- $pdf_f(f)$ je funkce hustoty pravděpodobnosti slábnutí založená např. na doporučení ITU-R P.530 a její podpora je od $+\infty$ do $-\infty$.
- FM je Fading Margin v dB odhadnutá na základě doporučení ITU-R P.530 podle parametrů Performance Objectives (EPO).
- $P_{O,i}$ je pravděpodobnost výpadku v důsledku fadingu a interference a je dána společnou pravděpodobností v rovnici (2). Je zapsán ve formátu, který byl odvozen z doporučení ITU-R F.1108.

$$P_{O,i} = \int_0^{+\infty} pdf_z(z) \cdot Prob(f \geq FM - 10 \log_{10} (1 + z)) dz \quad (2)$$

kde:

- $z = \sum_{n=1}^i a^n$ je číselný poměr rušení a šumu v lineárním měřítku.
- $pdf_z(z)$ je funkce hustoty pravděpodobnosti rozdělení poměru rušení a šumu a její podpora je od 0 do $+\infty$.

2 Rovnici FDP lze rozdělit na dvě složky, krátkodobou a dlouhodobou:

$$FDP = FDP_{ST} + FDP_{LT} = \frac{P_{O,iST} - P_{O,0}}{P_{O,0}} + \frac{P_{O,iLT} - P_{O,0}}{P_{O,0}} \quad (3)$$

kde:

FDP_{ST} je krátkodobé frakční snížení výkonu. Dochází k němu, když degradace rušení překročí FM. Označuje se jako krátkodobá degradace, protože vysoké úrovně rušení se vyskytují s malou pravděpodobností.

$$FDP_{ST} = \frac{P_{O,iST} - P_{O,0}}{P_{O,0}} - 1 = \frac{P_{O,iST} - P_{O,0}}{P_{O,0}} \quad (4)$$

FDP_{LT} je dlouhodobá frakční degradace výkonu. K ní dochází, když se rušení degradace je menší než u FM, ale kombinace fadingu a rušení převyšuje FM. Označuje se jako dlouhodobé, protože nízké úrovně rušení se vyskytují s vyšší pravděpodobností.

$$FDP_{LT} = \frac{P_{O,iLT} - P_{O,0}}{P_{O,0}} - 1 = \frac{P_{O,iLT} - P_{O,0}}{P_{O,0}} \quad (5)$$

$P_{O,iST}$ je společná pravděpodobnost výpadku v důsledku fadingu a interference při degradaci interference. je větší nebo rovna FM (nebo $z \geq \left(\frac{i}{n}\right)_{ST} - a \left(\frac{i}{n}\right)_{ST} = 10^{10 \frac{FM}{10}} - 1$) a je dána vztahem:

$$P_{O,iST} = P[(i/n)_{ST}] = \int_0^{+\infty} pdf_z(z) \cdot Prob(f \geq FM - 10 \cdot \log_{10} (1 + z)) dz + (1 - \gamma) \cdot \quad (6)$$

Kde $(i/n)_{ST} = FM$ (Fade Margin)

Společná pravděpodobnost fadingu a interference se uvažuje i pro případy upfadingu, kdy je k výpadku potřeba větší degradace interference, než je fade margin.

Kde $\gamma = Prob(z \geq (i/n)_{ST})$ je normalizační člen a přidává se proto, aby rovnice FDP mohla zachovat formát definovaný v doporučení ITU-R F.1108.

$P_{O,iLT}$ je společná pravděpodobnost výpadku v důsledku fadingu a interference při degradaci interference. je menší než FM (nebo $z < \left(\frac{i}{n}\right)_{ST}$) a je dán vztahem:

$$PO_{iLT} = \int_0^{(i/n)_{ST}} \text{pdf}_z(z) \cdot \text{Prob}(f \geq \text{FM} - 10 \cdot \log_{10}(1+z)) dz + \gamma \cdot P_{0,0} \quad (7)$$

Kde $(i/n)_{ST} = \text{FM}$ (Fade Margin)

Všimněte si, že obě rovnice (6) a (7) zohledňují jak upfading, tak downfading, a to tím, že v rozdělení fade f uvažují jak pozitivní, tak negativní fading.

- 3 % FDP by nemělo překročit 10 % (souběžná služba) nebo 1 % (nesouběžná služba).

ANNEX 12: ODVOZENÍ FDP ZA PŘEDPOKLADU PROPOJENÍ FS S ATPC

- 1 Pokud spoj FS používá řízení výkonu, je třeba pravděpodobnost výpadku $P_{O,i/ATPC}$ z fadingu a výpočtu rušení rozdělit na dvě části: když je fading pod rozsahem ATPC a když je nad ním.

Když je útlum f pod rozsahem ATPC, je rezerva udržována na konstantní úrovni NFM, proto dochází k výpadku, když je degradace způsobená rušením větší než NFM. Tato pravděpodobnost se stává $\text{Prob}(f \leq \text{ATPC Range}) \cdot \text{Prob}(10 \cdot \log_{10}(1+z) \geq \text{NFM})$.

Pokud je fade f nad rozsahem ATPC, dochází k výpadku, když je degradace způsobená rušením větší než FM. Tato pravděpodobnost se stává $\int_{\text{ATPC range}}^{+\infty} \text{pdf}_f(f) \cdot \text{Prob}(10 \cdot \log_{10}(1+z) > \text{FM} - f) df$.

Pravděpodobnost výpadku s ATPC je

$$P_{O,i} = \int_{-\infty}^{+\infty} \text{pdf}_f(f) \cdot \text{Prob}(10 \cdot \log_{10}(1+z) > \text{NFM} + \text{ATPC}(f) - f) df \quad (\text{A})$$

A

$$\text{ATPC}(f) = \begin{cases} f & \text{if } f \leq \text{ATPC Range} \\ \text{Range} & \text{jinak} \end{cases} \quad (\text{B})$$

Kombinací bodů (A) a (B) lze tedy bod (A) přepsat takto

$$\begin{aligned} P_{O,i} &= \int_{-\infty}^{\text{Rozsah ATPC}} \text{pdf}_f(f) \cdot \text{Prob}(10 \cdot \log_{10}(1+z) > \text{NFM} + f - f) df \\ &\quad + \int_{\text{Rozsah ATPC}}^{+\infty} \text{pdf}_f(f) \cdot \text{Prob}(10 \cdot \log_{10}(1+z) > \text{NFM} + \text{ATPC Range} - f) df \\ &= \int_{-\infty}^{\text{Rozsah ATPC}} \text{pdf}_f(f) \cdot \text{Prob}(10 \cdot \log_{10}(1+z) > \text{NFM}) df \\ &\quad + \int_{\text{Rozsah ATPC}}^{+\infty} \text{pdf}_f(f) \cdot \text{Prob}(10 \cdot \log_{10}(1+z) > \text{FM} - f) df \\ &= \int_{-\infty}^{\text{Rozsah ATPC}} \text{pdf}_f(f) \cdot \text{Prob}(10 \cdot \log_{10}(1+z) > \text{NFM}) df \\ &\quad + \int_{\text{Rozsah ATPC}}^{+\infty} \text{pdf}_f(f) \cdot \text{Prob}(10 \cdot \log_{10}(1+z) > \text{FM} - f) df \end{aligned}$$

Kombinací obou výše uvedených částí se pravděpodobnost výpadku stává

$$\begin{aligned} P_{O,i/ATPC} &= \text{Prob}(f \leq \text{ATPC Range}) \cdot \text{Prob}(10 \cdot \log_{10}(1+z) \geq \text{NFM}) \\ &\quad + \int_{\text{Rozsah ATPC}}^{+\infty} \text{pdf}_f(f) \cdot \text{Prob}(10 \cdot \log_{10}(1+z) > \text{FM} - f) df \end{aligned} \quad (8)$$

Rovnice (8) bere v úvahu jak upfading, tak downfading události tím, že uvažuje jak pozitivní, tak negativní fading v rozdělení fade f .

Dvojitý integrál ve druhém členu rovnice (8) lze přepsat prohozením integrálů takto

$$\int_{\text{ATPC rozsah}}^{+\infty} \text{pdf}_f(f) \cdot \text{Prob}(10 \cdot \log_{10}(1+z) > \text{FM} - f) df =$$

$$\int_0^{+\infty} \text{pdf}_z(z) \cdot \text{Prob}(f > \max(\text{ATPC range}, \text{FM} - 10 \cdot \log_{10}(1+z))) dz \quad (9)$$

2 Aby bylo možné oddělit krátkodobé a dlouhodobé rušení, lze integrál v z ve vzorci (9) rozdělit jako

$$\begin{aligned} & \int_0^{+\infty} \text{pdf}_z(z) \cdot \text{Prob}(f > \max(\text{ATPC range}, \text{FM} - 10 \cdot \log_{10}(1+z))) dz = \\ & \int_0^{(i/n)_{ST}} \text{pdf}_z(z) \cdot \text{Prob}(f > \max(\text{ATPC range}, \text{FM} - 10 \cdot \log_{10}(1+z))) dz \\ & + \int_{(i/n)_{ST}}^{+\infty} \text{pdf}_z(z) \cdot \text{Prob}(f > \max(\text{ATPC range}, \text{FM} - 10 \cdot \log_{10}(1+z))) dz \end{aligned} \quad (10)$$

kde $(i/n)_{ST} = 10^{\frac{\text{NFM}}{10}-1}$ je prahová hodnota, kdy je zhoršení v důsledku rušení větší nebo rovno NFM.

Rovnici (10) lze dále zjednodušit takto

$$\begin{aligned} & \int_0^{(i/n)_{ST}} \text{pdf}_z(z) \cdot \text{Prob}(f > \max(\text{ATPC range}, \text{FM} - 10 \cdot \log_{10}(1+z))) dz \\ & + \int_{(i/n)_{ST}}^{+\infty} \text{pdf}_z(z) \cdot \text{Prob}(f > \max(\text{ATPC range}, \text{FM} - 10 \cdot \log_{10}(1+z))) dz = \\ & \int_0^{(i/n)_{ST}} \text{pdf}_z(z) \cdot \text{Prob}(f > \text{FM} - 10 \cdot \log_{10}(1+z)) dz + \int_{(i/n)_{ST}}^{+\infty} \text{pdf}_z(z) \cdot \text{Prob}(f > \text{rozsah ATPC}) dz = \end{aligned} \quad (11)$$

$$\int_0^{(i/n)_{ST}} \text{pdf}_z(z) \cdot \text{Prob}(f > \text{FM} - 10 \cdot \log_{10}(1+z)) dz + \text{Prob}(10 \cdot \log_{10}(1+z) > \text{NFM}) \cdot \text{Prob}(f > \text{rozsah ATPC}) \quad (12)$$

kde v rovnici (12) platí identita $\text{ATPC range} - 10 \cdot \log_{10}(1 + (i/n)_{ST})$ byl použit ve vzorci (11) a $\int_{(i/n)_{ST}}^{+\infty} \text{pdf}_z(z) dz = \text{FM} - 10 \cdot \log_{10}(1 + (i/n)_{ST}) > \text{NFM}$.

A konečně, pravděpodobnost výpadku v důsledku dlouhodobého rušení je prvním členem rovnice (12).

$$P_{O,i \text{ ATPC}_{LT}} = \int_0^{(i/n)_{ST}} \text{pdf}_z(z) \cdot \text{Prob}(f > \text{FM} - 10 \cdot \log_{10}(1+z)) dz + \gamma \cdot \quad (13)$$

která je stejná jako pravděpodobnost výpadku v důsledku dlouhodobého rušení bez ATPC definovaná v rovnici (7). Pravděpodobnost výpadku v důsledku krátkodobého rušení je součtem prvního členu ve vzorci (8) a druhého členu ve vzorci (12).

Kde $(i/n)_{ST} = \text{FM}$ (Fade Margin)

$$\begin{aligned} & P_{O,i \text{ ATPC}_{ST}} = \text{Prob}(f \leq \text{ATPC Range}) \cdot \text{Prob}(10 \cdot \log_{10}(1+z) \geq \text{NFM}) \\ & + \text{Prob}(10 \cdot \log_{10}(1+z) > \text{NFM}) \cdot \text{Prob}(f > \text{rozsah ATPC}) + (1 - \gamma) \cdot P_{O,0} \\ & = \text{Prob}(10 \cdot \log_{10}(1+z) \geq \text{NFM}) + (1 - \gamma) \cdot P_{O,0} \end{aligned} \quad (14)$$

Kde $\gamma = \text{Prob}(z \geq (i/n)_{ST})$ je normalizační člen a přidává se proto, aby rovnice FDP mohly zachovat formát definovaný v doporučení ITU-R F.1108.

Kde $(i/n)_{ST} = \text{FM}$ (Fade Margin)

3 Rovnice FDP je pak definována jako:

$$\text{FDP} = \text{FDP}_{LT} + \text{FDP}_{ST} = \frac{P_{O,i \text{ LT}} - P_{O,0}}{P_{O,0}} + \frac{P_{O,i \text{ ST}} - P_{O,0}}{P_{O,0}} \quad (15)$$

Kde,

FDP_{ST} je krátkodobé frakční snížení výkonu. Nastává, když zhoršení způsobené rušením překročí NFM. Označuje se jako krátkodobá degradace, protože vysoké úrovně rušení se vyskytují s malou pravděpodobností.

$$FDP_{ST} = \frac{PO_{iST}}{PO_0} - 1 = \frac{PO_{iST} - PO_0}{PO_0} \quad (16)$$

FDP_{LT} je dlouhodobá frakční degradace výkonu. Nastává, když je zhoršení způsobené rušením menší než NFM. Označuje se jako dlouhodobá, protože nízké úrovně rušení se vyskytují s vyšší pravděpodobností.

$$FDP_{LT} = \frac{PO_{iLT}}{PO_0} - 1 = \frac{PO_{iLT} - PO_0}{PO_0} \quad (17)$$

PO_{iLT} a PO_{iST} jsou pravděpodobnosti výpadku z důvodu dlouhodobého a krátkodobého zhoršení rušení definované ve vzorcích (13), resp. (14).

- 4 % FDP by nemělo přesáhnout 10 % (souběžná služba) nebo 1 % (jiná než souběžná služba).

ANNEX 13: ZKOUMÁNÍ FAKTORU RF AKTIVITY JAKO PODPORA SCÉNÁŘE B: VIDEO SIMULAČNÍ KAMPAŇ

A13.1 ÚVOD

Tato příloha popisuje simulaci streamování videa v rozlišení až 4K pomocí metod přizpůsobení rychlosti za různých kanálových podmínek v síti dvou IEEE.³¹ 802.11ax (jeden klient a jeden přístupový bod).

Tato simulace je kombinována s rozdělením RSSI mezi -81 a -62 dBm, přičemž mediánová hodnota je na úrovni -81 dBm. -75 dBm, aby bylo možné získat statistické rozdělení RF³² AF.³³

A13.2 NASTAVENÍ SIMULACE

K simulaci se používá simulátor diskretních událostí (ns-3, viz <https://www.nsnam.org>):

- síť IEEE 802.11ax,
- pomocí dvou prostorových toků (MIMO),
- a skládá se z jednoho STA³⁴ a jednoho AP.³⁵

Je nastaven tak, aby běžel v reálném čase a šířil skutečný síťový provoz do simulátoru i mimo něj.

A13.2.1 streamovací platforma

Streamovací platforma se skládá z HTTP³⁶ serveru MPEG-DASH³⁷ segmentů.

Uvažovaný videoproud je renderování filmu "Big Buck Bunny" v rozlišení 4K s 30 snímků za sekundu, komprimované pomocí formátů h.264 a h.265. Rozlišení od 3840 × 2160 pixelů až po 320 × 180 pixelů je obsluhováno serverem HTTP v závislosti na podmínkách kanálu.

V případě h.264 pro nejvyšší rozlišení (4K) činí velikost součtu segmentů MPEG-DASH (audio a video) 7513,6 Mbits při délce videa 634 s, tj. průměrný datový tok 11,9 Mbits/s.

V případě standardu h.265 pro nejvyšší rozlišení (4K) činí velikost součtu segmentů MPEG-DASH (audio a video) 2295,2 Mbits při délce videa 634 s, tj. průměrný datový tok 3,6 Mbits/s.

A13.3 REPRODUKCE VÝSLEDKŮ ECC 302

A13.3.1 Nastavení simulace

Aby simulace modelovala stejnou sestavu měření, jaká je použita ve zprávě ECC 302, příloha 7, byla jako vstup do simulátoru použita následující nastavení, která se vztahují pouze na tento oddíl:

- síť IEEE 802.11ac,
- pracuje na kanálu 42 (nosná frekvence: 5210 MHz),

³¹ IEEE: Institut elektrotechnických a elektronických inženýrů

³² RF: rádiová frekvence.

³³ AF: Faktor aktivity.

³⁴ STA: klient RLAN (stanice).

³⁵ AP: přístupový bod RLAN.

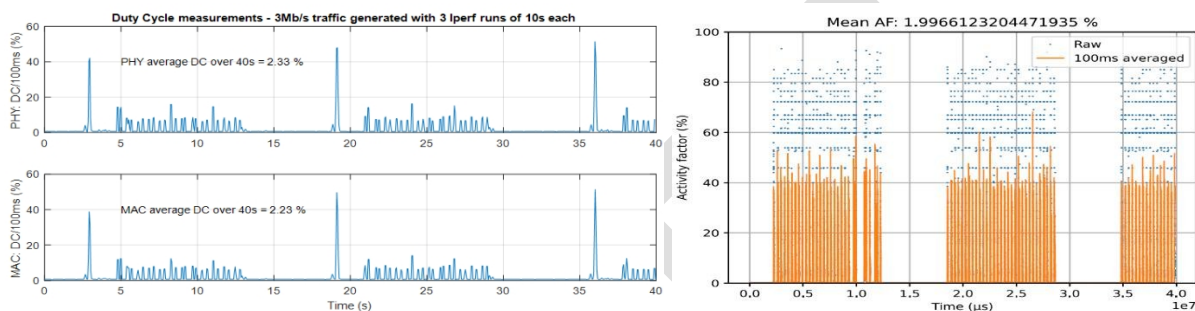
³⁶ HTTP: HyperText Transfer Protocol.

³⁷ MPEG-DASH: Moving Picture Experts Group - Dynamické adaptivní streamování přes HTTP

- s obsazenou šířkou pásma 80 MHz,
- pomocí jednoho prostorového toku (SISO),
- a skládá se z jednoho STA a jednoho AP.

A13.3.2 Výsledky

V technických pracích vedoucích k hodnotě RF AF ve zprávě ECC 302 (viz zejména příloha 7) byly uvedeny výsledky zkušebního postupu zahrnujícího třikrát přenášet tok TCP o rychlosti 10 s 3 Mb/s v intervalech po 2 sekundách za použití podmínek šíření, které umožňují zvolit vyšší MCS (MCS 9), a jsou uvedeny na obrázku 132 (vlevo). Výsledky simulací s použitím stejného postupu jsou znázorněny na obrázku 132 (vpravo). Při porovnání těchto výsledků vidíme podobný průběh okamžitého AF. Výsledkem simulací je navíc AF 2 %, který je třeba porovnat s naměřenými hodnotami 2,33 % a 2,23 %. Tento rozdíl je srovnatelný s odchylkami AF mezi různými zařízeními RLAN, které byly naměřeny při psaní zprávy ECC 302 (mezi 1,21 % a 2,32 %).



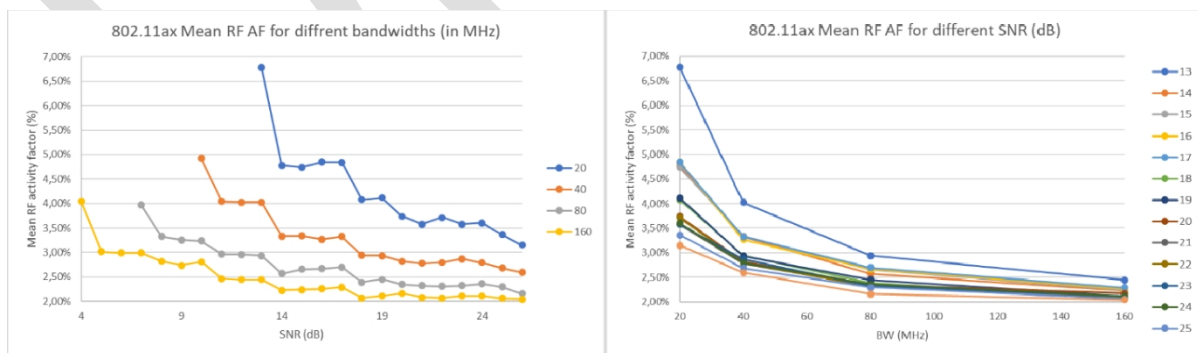
Obrázek 132: Vlevo: okamžitý RF AF z měření použitých pro ECC Report 302. Vpravo: Okamžitá simulovaná VF AF

A13.3.3 Srovnání s RF AF 802.11ax

Při přenosu k jednomu klientovi měl 802.11ax o něco horší RF AF než 802.11ac. Bylo to způsobeno především tím, že preamble PHY 802.11ax je delší než u 802.11ac, což napomáhá koordinaci s více klienty.

A13.4 VÝVOJ RF AF V ZÁVISLOSTI NA ŠÍŘCE PÁSM A SNR

Simulace a vykreslení RF AF na obrázku 133 pro různou šířku pásma nebo SNR ukazuje, že neškáluje lineárně s oběma veličinami a že pro zde použitý tok (tj. přenos TCP o rychlosti 3 Mb/s) dochází k poklesu výnosů s rostoucím SNR nebo šířkou pásma.

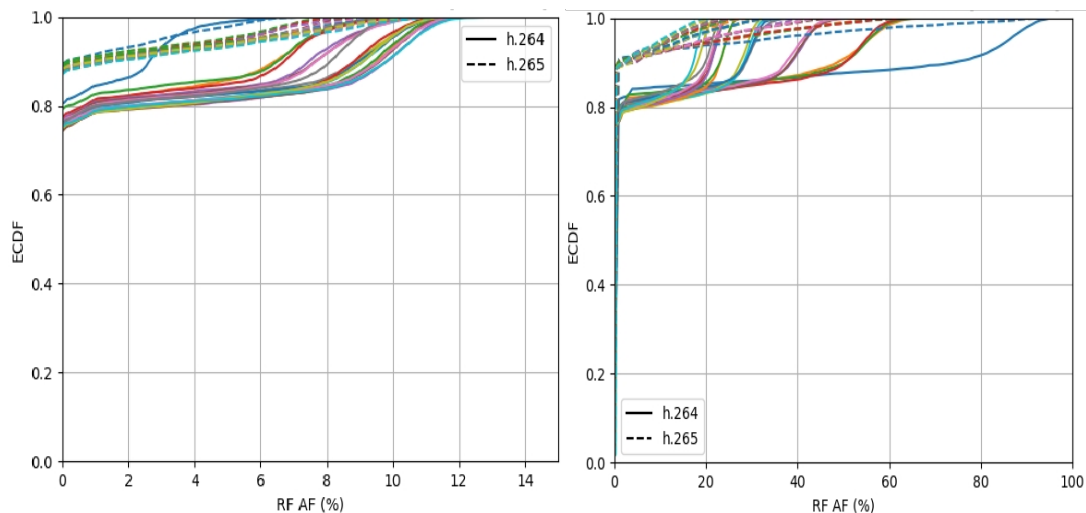


Obrázek 133: RF AF 802.11ax jako funkce SNR a šířky pásma, za předpokladu kanálu AWGN, 2 prostorových proudů a toku TCP 3 Mb/s.

A13.5 ODVOZENÍ RF AF PRO VIDEOPROUD 4K

A13.5.1 Rozdělení RF AF parametrizované na kodeku a přijímaném výkonu

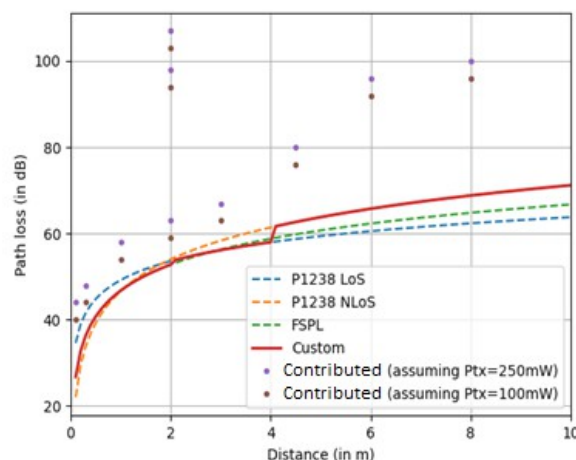
Byly vygenerovány pouze výsledky s šířkou pásma RLAN 80 MHz. Na obrázku 134 jsou uvedena rozložení RF AF se vzorkováním 100 ms, která vytváří přístupový bod (LPI, vysílající videostream) a klient (VLP, přijímající videostream) pro přijímaný výkon mezi -81 a -62 dBm.



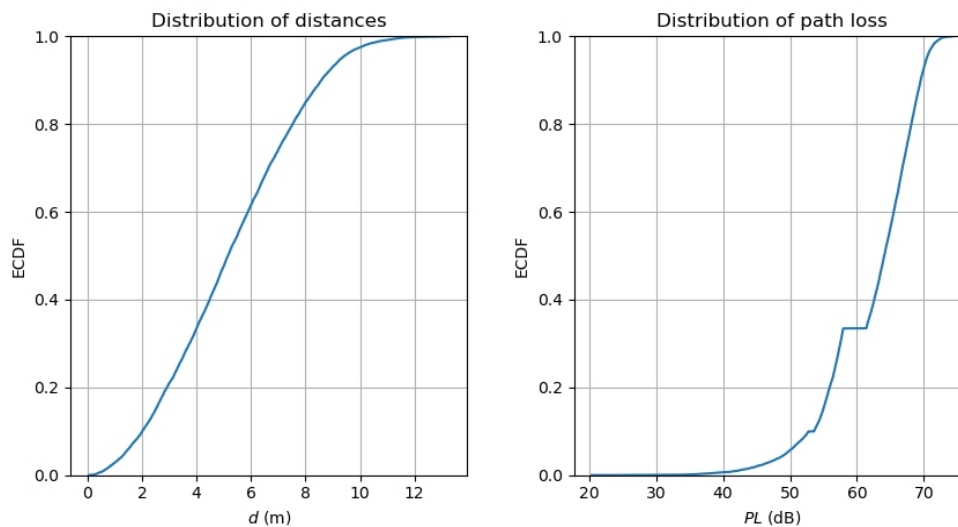
Obrázek 134: Rozložení RF AF pro VLP (vlevo) a LPI (vpravo) pro šířku pásma 80 MHz a $P_{rx} \in [-81; -62]$ dBm

A13.5.2 Rozložení přijímané úrovně na základě vnitřního šíření

Rozložení přijímaných úrovní použité dále v tomto dokumentu je založeno na modelu obecných kanceláří podle doporučení ITU-R P.1238-11, rozložení e.i.r.p. LPI a společných měření anténního vzoru/tělesných ztrát na zařízeních VLP, která byla provedena během studijního cyklu této zprávy (který později skončil v rozložení e.i.r.p. v PŘÍLOZE 1:). Byl zvolen kancelářský model doporučení ITU-R P.1238-11, protože v tomto doporučení není pro toto kmitočtové pásmo k dispozici žádný model pro obytné budovy. Obrázek 135 znázorňuje složený model šíření a obrázek 136 ukazuje, jak se chová, když jsou rozložené vzdálenosti rozloženy na čtverec o rozloze 100 m² (který by byl reprezentativní pro typickou plochu domu v Evropě, jak navrhuje dokumenty přispívající během studijního cyklu spojeného s touto zprávou).



Obrázek 135: Střední model přenosových ztrát použitý v této studii jako kombinace modelu FSPS a modelu obecných kanceláří podle doporučení ITU-R P.1238-11.



Obrázek 136: Monte-Carlo generovaný ECDF vzdálenosti $d(\omega)$ a související ECDF přenosové ztráty $PL(\omega)$

A13.5.2.1 Popis modelu přijaté úrovně

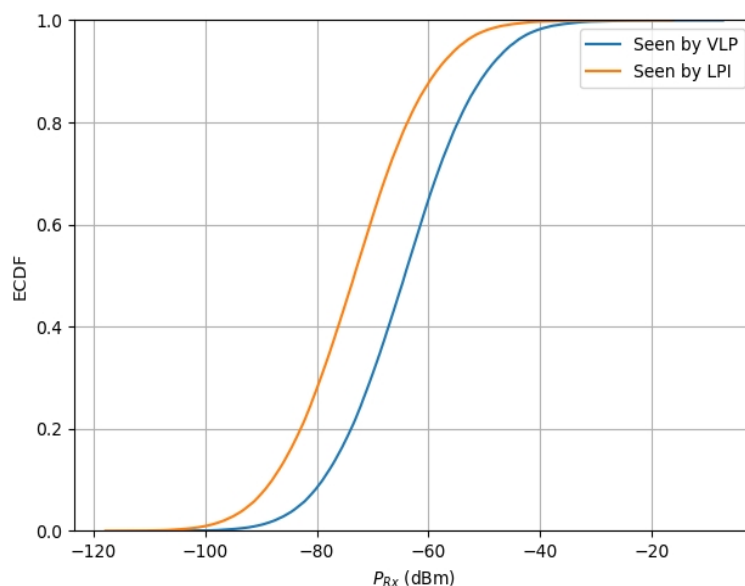
Přijaté úrovně pro VLP a LPI se vypočítají jako:

$$P_{Rx,VLP} = EIRP_{LPI} + (G_{VLP} + BL) - PL.$$

$$P_{Rx,LPI} = (EIRP + BL)_{VLP} + G_{LPI} - PL.$$

Rozložení e.i.r.p. pro LPI, e.i.r.p. plus tělesné ztráty pro VLP, jakož i rozložení zisků antény pro LPI a zisků antény plus tělesné ztráty pro VLP lze nalézt v PŘÍLOZE 1: CDF pro $P_{Rx,VLP}$ a

$P_{Rx,LPI}$ jsou uvedeny na obrázku 137.



Obrázek 137: CDF přijímaných úrovní, jak je vidí zařízení VLP a LPI.

A13.5.3 Monte-Carlo vzorkování vstupních parametrů

Rozdělení RF AF získaná simulací jsou parametrizována na třech náhodných veličinách:

- Přijatý výkon, označený $P_{rx}(\omega)$
- Kodek (h.264 nebo h.265), označuje se $\text{codec}(\omega)$.
- Typ zařízení: LPI nebo VLP
- Šířka pásma, označovaná $BW(*)$

(*)Šířka pásma může být rozdělena, byla použita pevná hodnota 80 MHz.

U kodeku h.264 jsme stanovili pravděpodobnost použití kodeku h.265 jako dvojnásobek pravděpodobnosti použití kodeku h.264. Ačkoli

h.264 (a další kodeky této generace) nakonec z trhu zmizí ve prospěch novějších kodeků, jako je h.265, a v té době se video průmysl přesune i na náročnější obsah (60 FPS)³⁸, HDR³⁹, které jsou již nyní nasazovány na populárních platformách a Rec. ITU-T H.266 zmiňuje obraz 7620×4320.

rozlišení a bitovou hloubku 10 bitů v úvodu). Jinými slovy, máme $\mathbb{P}\{\text{kódek}(\omega) \text{ je h. 264}\} = 2/3$ a $\mathbb{P}\{\text{kód}(\omega) \text{ je h. 265}\} = 1/3$, což znamená, že očekávaná hodnota videa je $2^2 \times 11,9 + \frac{1}{3} \times 3,6 = 9,1 \text{ Mb/s}$.

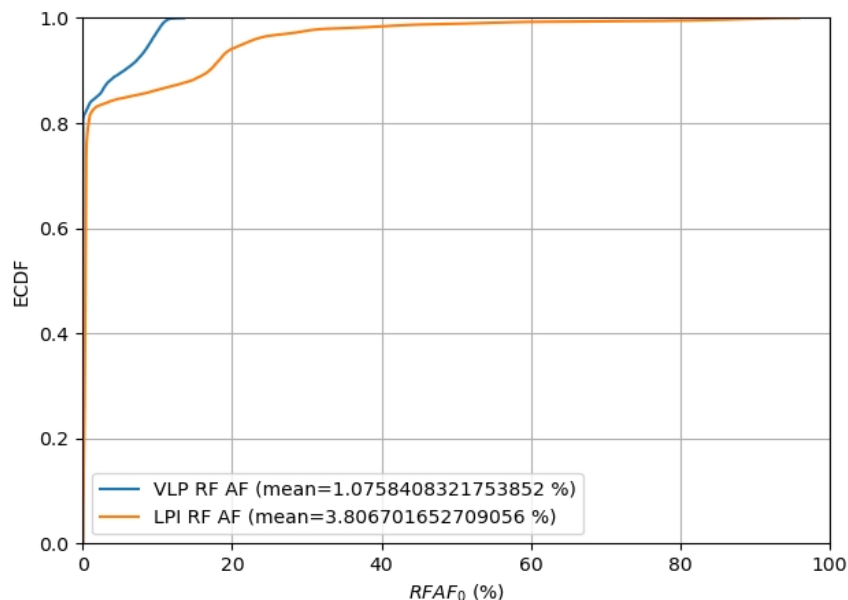
Distribuci RF AF pak lze odhadnout pomocí Monte-Carlo vzorkování:

$${}_{\text{VLP}} RFAF(\omega) = RFAF_{\text{VLP}}(Pr_{X,\text{LPI}}(\omega), \text{codec}(\omega), BW)$$

$${}_{\text{LPI}} RFAF(\omega) = RFAF_{\text{LPI}}(Pr_{X,\text{VLP}}(\omega), \text{codec}(\omega), BW)$$

Všimněte si, že RF AF vysílaný VLP závisí na kvalitě signálu přijímaného LPI a naopak.

Bohužel kvůli chybě v konfiguraci simulační kampaně byly vygenerovány pouze RF AF s šířkou pásma RLAN 80 MHz, jak ukazuje obrázek 138.



Obrázek 138: Celkové rozložení RF AF pro zařízení VLP a LPI.

³⁸ FPS: počet snímků za sekundu

³⁹ HDR: vysoký dynamický rozsah.

A13.6 VÝSLEDKY

V poslední části byla simulována síť složená ze dvou zařízení RLAN podle standardu IEEE 802.11ax, která využívá 2 prostorové toky MIMO a šířku pásma 80 MHz:

- klient (STA), jehož přenosový výkon je omezen na úroveň VLP (dále jen "VLP") a který funguje jako video klient,
- přístupový bod, jehož přenosový výkon je omezen na úroveň LPI (označovaný jako "LPI") a který funguje jako adaptivní server pro streamování videa.

Za zmínku stojí, že:

- Ruční kontrola simulací odhalila, že téměř ve všech případech bylo simulované šíření dostatečně dobré pro přenos plného rozlišení 4K (v h.264 i h.265). To znamená, že klient téměř nikdy nepožadoval nižší rozlišení.
- Ačkoli pro kampaň RF AF nebylo možné včas simulovat několik šířek pásma, počáteční šetření ukázala, že pro zde uvažovaný datový tok dochází ke snižování návratnosti při přechodu z 80 MHz na 160 MHz, pokud jde o RF AF, v důsledku nestlačitelných hlaviček RLAN a další signalizace.

Je třeba poznamenat, že (i) použitý model šíření má tendenci podhodnocovat ztráty při šíření a (ii) že ns-3 používá pravděpodobnost ztráty paketů založenou na AWGN.⁴⁰ kanálu, zatímco skutečný vnitřní kanál je notoricky frekvenčně selektivní, což vede k mnohem horší chybovosti paketů než v případě AWGN (přestože OFDM⁴¹, jak se používá v 802.11, zjednodušuje vyrovnávání kanálů). Skutečné síť RLAN navíc obvykle fungují v hvězdicovém uspořádání, kdy je k jednomu přístupovému bodu připojeno několik klientů. I když tito klienti nejsou aktivní, generují určitý provoz, který zvyšuje počet kolizí na kanálu, což zvyšuje počet retransmisí (a s větším počtem retransmisí přichází ještě větší pravděpodobnost kolizí).

Výpočet výběrového průměru RF AF dává 3,8 % pro LPI a 1,1 % pro VLP pro přenos audio a video toku s očekávanou hodnotou datového toku 9,1 Mb/s na kanálu 80 MHz. Pro RF AF scénáře B byl zachován průměr těchto dvou veličin (2,45 %).

⁴⁰ AWGN: aditivní bílý gaussovský šum

⁴¹ OFDM: ortogonální multiplexování s frekvenčním dělením

ANNEX 14: SEZNAM REFERENCÍ

- [1] [Zpráva ECC 302](#) : "Studie sdílení a kompatibility týkající se bezdrátových přístupových systémů včetně rádiových místních sítí (WAS/RLAN) v kmitočtovém pásmu 5925-6425 MHz", schváleno v květnu 2019
- [2] [Zpráva ECC 316](#): "Sdílení studií hodnotících krátkodobé rušení z bezdrátových přístupových systémů včetně rádiových místních sítí (WAS/RLAN) do pevné služby ve frekvenčním pásmu 5925-6425 MHz", květen 2020
- [3] [Zpráva ERC 025](#): "Evropská tabulka kmitočtových přidělů a aplikací v kmitočtovém rozsahu 8,3 kHz až 3000 GHz", schváleno 1994, poslední redakční aktualizace březen 2024
- [4] Doporučení ITU-R F.758: "Systémové parametry a úvahy při vytváření kritérií pro sdílení nebo kompatibilitu mezi digitálními pevnými bezdrátovými systémy v pevné službě a systémy v jiných službách a jinými zdroji rušení".
- [5] Doporučení ITU-R F.1245-2: "Matematický model průměrných a souvisejících vyzařovacích diagramů pro antény pevných bezdrátových systémů typu bod-bod pro použití při posuzování rušení ve frekvenčním rozsahu od 1 GHz do 86 GHz".
- [6] Doporučení ITU-R P.452: "Postup předpovědi pro vyhodnocení rušení mezi stanicemi na povrchu Země na frekvencích nad přibližně 0,1 GHz".
- [7] Doporučení ITU-R SF.1650-1: "Minimální vzdálenost od základní linie, za kterou by pozemské stanice v pohybu umístěné na palubách plavidel nezpůsobovaly nepřijatelné rušení pozemské služby v pásmech 5 925-6 425 MHz a 14-14,5 GHz".
- [8] Doporučení ITU-R P.2108: "Predikce ztráty rušení".
- [9] P. Kyösti, J. Meinilä, L. Hentilä, X. Zhao, T. Jämsä, C. Schneider, M. Narandzić, M. Milojević, A. Hong, J. Ylitalo, V.-M. Holappa, M. Alatossava, R. Bultitude, Y. d. Jong a T. Rautiainen, "IST-4-027756 WINNER II D1.1.2 V1.2, WINNER II Channel Models, Part I: Channel Models," 2008. K dispozici [zde](#)
- [10] Doporučení ITU-R P.525: "Výpočet útlumu ve volném prostoru"
- [11] Doporučení ITU-R P.2109: "Předpověď ztrát při vstupu do budovy"
- [12] Doporučení ITU-R RA.769: "Kritéria ochrany používaná pro radioastronomická měření".
- [13] Doporučení ITU-R RA.1513: "Úrovně ztráty dat při radioastronomických pozorováních a procentní časová kritéria vyplývající z degradace rušením pro kmitočtová pásma přidělená radioastronomické službě na primární bázi"
- [14] T. G. Farr, P. A. Rosen, E. Caro, R. Crippen, R. Duren, S. Hensley, M. Kobrick, M. Paller, E. Rodriguez, L. Roth, D. Seal, S. Shaffer, J. Shimada, J. Umland, M. Werner, M. Oskin, D. Burbank a D. Alsdorf, "The Shuttle Radar Topography Mission:". Reviews of Geophysics, Vol. 45, 2007.
- [15] M. Schiavina, S. Freire, A. Carioli, K. MacManus: GHS-POP R2023A - GHS population grid multitemporal (1975-2030); Evropská komise, Společné výzkumné středisko (JRC), 2023. K dispozici [zde](#)
- [16] Kalkulačka rádiového horizontu. K dispozici [zde](#)
- [17] <http://www.citypopulation.de/en/spain/cities/madrid/>
- [18] OfW 446, Technical Frequency Assignment Criteria for Fixed Point-to-Point Radio Services with Digital Modulation, Ofcom, červenec 2018, verze 12.
- [19] Doporučení ITU-R P.2001-4: "Obecný model pozemního šíření širokého dosahu v kmitočtovém rozsahu 30 MHz až 50 GHz"
- [20] <https://www.citypopulation.de/>
- [21] "FCC otevírá pásmo 6 GHz pro Wi-Fi a další nelicencované využití", Federální komunikační komise, 24. dubna 2020. K dispozici [zde](#)
- [22] "FCC povoluje provoz zařízení s velmi nízkým výkonem v pásmu 6 GHz", Federální komunikační komise, 1. listopadu 2023. K dispozici [zde](#)
- [23] [Zpráva ECC 173](#): "Pevná služba v Evropě Současné využití a budoucí trendy po roce 2022", schválena v červnu 2023.
- [24] Organizace spojených národů, Oddělení pro hospodářské a sociální záležitosti, Populační oddělení (2024). World Population Prospects 2024: Poznámky k vydání. Dostupné [zde](#)
- [25] Centrum pro mezinárodní vědeckou informační síť o Zemi - CIESIN - Columbia University. 2005. Gridded Population of the World, Version 3 (GPWv3): Střední body administrativních jednotek s odhady obyvatelstva. Palisades, NY: NASA Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC). Dostupné [zde](#)

- [26] Centrum pro mezinárodní vědeckou informační síť o Zemi - CIESIN - Columbia University. 2016. Gridded Population of the World, Version 4 (GPWv4): Administrative Unit Center Points with Population Estimates. Palisades, NY: SEDAC (Socioeconomic Data and Applications Center): Centrum socioekonomických dat a aplikací NASA. K dispozici [zde](#)
- [27] Evropská agentura pro životní prostředí (EEA), CORINE Land Cover 2018 (vektor/rastr 100 m), Evropa, 6 let. K dispozici [zde](#)
- [28] Dynamic Spectrum Alliance, "Jak se Evropané připojují k internetu", 2022. K dispozici [zde](#)
- [29] Společné výzkumné středisko Evropské komise, "Busy Hour Factor Considerations", srpen 2015. K dispozici [zde](#)
- [30] ABI research, Segmentace technologií bezdrátového připojení a oslovitelné trhy, 2021
- [31] BD TOPO: "La modélisation 2D et 3D du territoire et de ses infrastructures sur l'ensemble du territoire français". K dispozici [zde](#)
- [32] <https://www.infas360.de/>