

# Nelicencované použití v pásmu 6 GHz: Columbus, Georgia Výsledky terénního interferenčního testu

Technický přehled - Program informačních a komunikačních technologií (ICT), odvětví dodávek a využití energie

## Výzkumná otázka

Zpráva a nařízení 20-51 Federální komise pro komunikace (FCC) povoluje provoz nelicencovaných zařízení v horních a dolních licencovaných mikrovlnných rádiových pásmech pevné služby (FS) 6 GHz. V rámci tohoto výzkumu bylo provedeno testování v terénu za účelem měření dopadů na stávající systém FS ze strany blízkých nelicencovaných zařízení s nízkým výkonem uvnitř budov (LPI). Zařízení LPI použita při testování byla hotové komerční výrobky, které získaly certifikaci od Wi-Fi Alliance (WFA) a bylo jim uděleno povolení FCC pro zařízení.

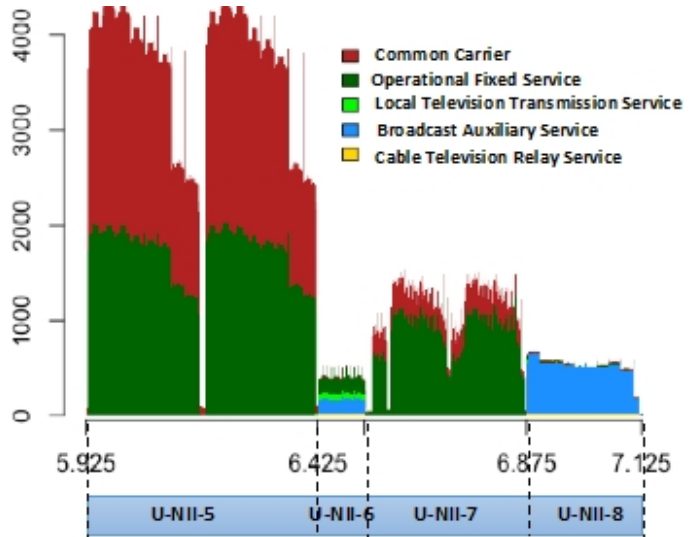
## Klíčové poznatky

Hlavním závěrem na vysoké úrovni je, že **vnitřní místa podél osy FS ve vzdálenostech do 9 km (5,6 mil) s volnou viditelností a nízkou ztrátou při vstupu do budovy poskytují příležitosti být zdrojem škodlivého rušení od zařízení RLAN**. Podrobná zjištění jsou následující:

- Bylo zjištěno, že zařízení LPI způsobují větší dopady, než je stanovené kritérium ochrany proti rušení (IPC) -6 dB I/N, když pracují společně s přijímací stanicí FS na třech různých vnitřních testovacích místech podél boresightu ve vzdálenostech od 902 stop (275 m) do 3 mil (4,8 km).
- Rušení větší než IPC se vyskytlo u zařízení LPI pracujících při nízkých rychlostech přenosu dat (10-100 Mb/s) a vysokých rychlostech (>750 Mb/s). Na dvou nejbližších místech byly naměřeny dopady větší než IPC bez datového provozu, tj. pouze s majáky Wi-Fi.
- Na vzdálenostech 8,9 km (5,5 míle) a 9,4 km (5,8 míle), tedy na dvou nejvzdálenějších vnitřních testovacích místech, bylo naměřeno detekovatelné rušení pod hodnotou IPC. V těchto místech se nacházely výškové budovy s energeticky účinnou konstrukcí.
- Agregátní interferenční efekt byl prokázán a ukázalo se, že je aditivní. Toho bylo dosaženo tím, že zařízení LPI byla provozována odděleně a současně u dvou vzdálených výškových budov. Naměřený vliv byl však malý a zaslouží si další zkoumání.

## Úvod

Dne 23. dubna 2020 bylo přijato nařízení FCC R&O s názvem "Unlicensed Use of the 6 GHz Band", které zavádí změny pravidel umožňující provoz nelicencovaných zařízení rádiových místních sítí (RLAN) v pásmech U-NII-5 a U-NII-7 [1]. Tato nová nelicencovaná pásma (U-NII-5 a U-NII-7) se shodují s licencovanými pásmy dolních 6 GHz (L6) a horních 6 GHz (U6), kde jsou v současnosti provozovány stávající mikrovlnné rádiové systémy pevné služby (FS). Situaci znázorňuje obrázek 1, kde na svislé ose jsou počty stávajících držitelů licencí (barevně odlišené podle typu služby) a na vodorovné ose označení pásem s jejich okrajovými kmitočty [2].



Obrázek 1. Překrývající se pásma U-NII a FS 6 GHz [2].

Tabulka 1. Maximální vysílací výkon sítě R&O RLAN [3]

Device Class	Operating Bands	Maximum EIRP	Maximum EIRP Power Spectral Density
Standard-Power Access Point (AFC Controlled)	U-NII-5 (5.925-6.425 GHz)	36 dBm	23 dBm/MHz
Client Connected to Standard-Power Access Point	U-NII-7 (6.525-6.875 GHz)	30 dBm	17 dBm/MHz
Low-Power Access Point (indoor only)	U-NII-5 (5.925-6.425 GHz) U-NII-6 (6.425-6.525 GHz)	30 dBm	5 dBm/MHz
Client Connected to Low-Power Access Point	U-NII-7 (6.525-6.875 GHz) U-NII-8 (6.875-7.125 GHz)	24 dBm	-1 dBm/MHz

Tabulka 1 vymezuje limity FCC pro maximální vysílací výkon pro místní rádiovou síť (RLAN) pracující v nových pásmech U-NII-5 až U-NII-8, jak je stanoveno v R&O.

## Obecný přístup

Stávajícím systémem použitým pro tento provozní test byl spoj L6 využívající zařízení Nokia, který vlastní a provozuje společnost Southern Company Services v Columbusu ve státě Georgia. Použité zdroje rušivého signálu RLAN byly komerční volně prodejné produkty, které získaly certifikaci od Wi-Fi Alliance (WFA) a povolení FCC pro zařízení. Zařízení LPI byla dočasně rozmístěna na různých vnitřních místech podél osy trasy FS, bez terénních nebo stavebních překážek.

## Pevná servisní marže

Spoj FS měl při použití kvadraturní amplitudové modulace s vysokou přenosovou rychlostí (1024-QAM) konstrukční rezervu 35 dB. Na začátku každé zkušební jízdy byla rezerva pro odeznění spojení stanovena snížením vysílacího výkonu vzdáleného mikrovlnného terminálu pomocí stupňovitěho a nivelačního atenuátoru, dokud se bitová chybovost (BER) nezvýšila na prahovou hodnotu  $10^{-6}$ .

### Úvahy o AFC

Pravidla R&O vyžadují, aby přístupové body RLAN se standardním výkonem byly pod kontrolou systému automatické koordinace kmitočtů (AFC). AFC má chránit stávající přijímače FS před škodlivým rušením ze strany přístupových bodů RLAN standardního výkonu (AP). Výpočty se musí provádět na základě umístění přístupového bodu RLAN a informací z databáze FCC Universal Licensing System (ULS) o blízkých systémech zavedených FS. Pro výpočet jsou stanoveny tři různé modely útlumu cesty v závislosti na vzdálenosti mezi sítí RLAN a stávajícím FS. Výsledky těchto výpočtů je třeba vyhodnotit na základě.

na základě kritéria ochrany proti rušení (IPC) -6 dB rušení vůči šumu (I/N) [4].

Konečným výsledkem je, že AFC poskytuje AP seznam dostupných frekvencí. Pro každý frekvenční rozsah je maximální přípustný výkon na zeměpisných souřadnicích AP specifikován v krocích po 3 dB, počínaje 36 dBm a konče (alespoň) minimální úrovní 21 dBm.

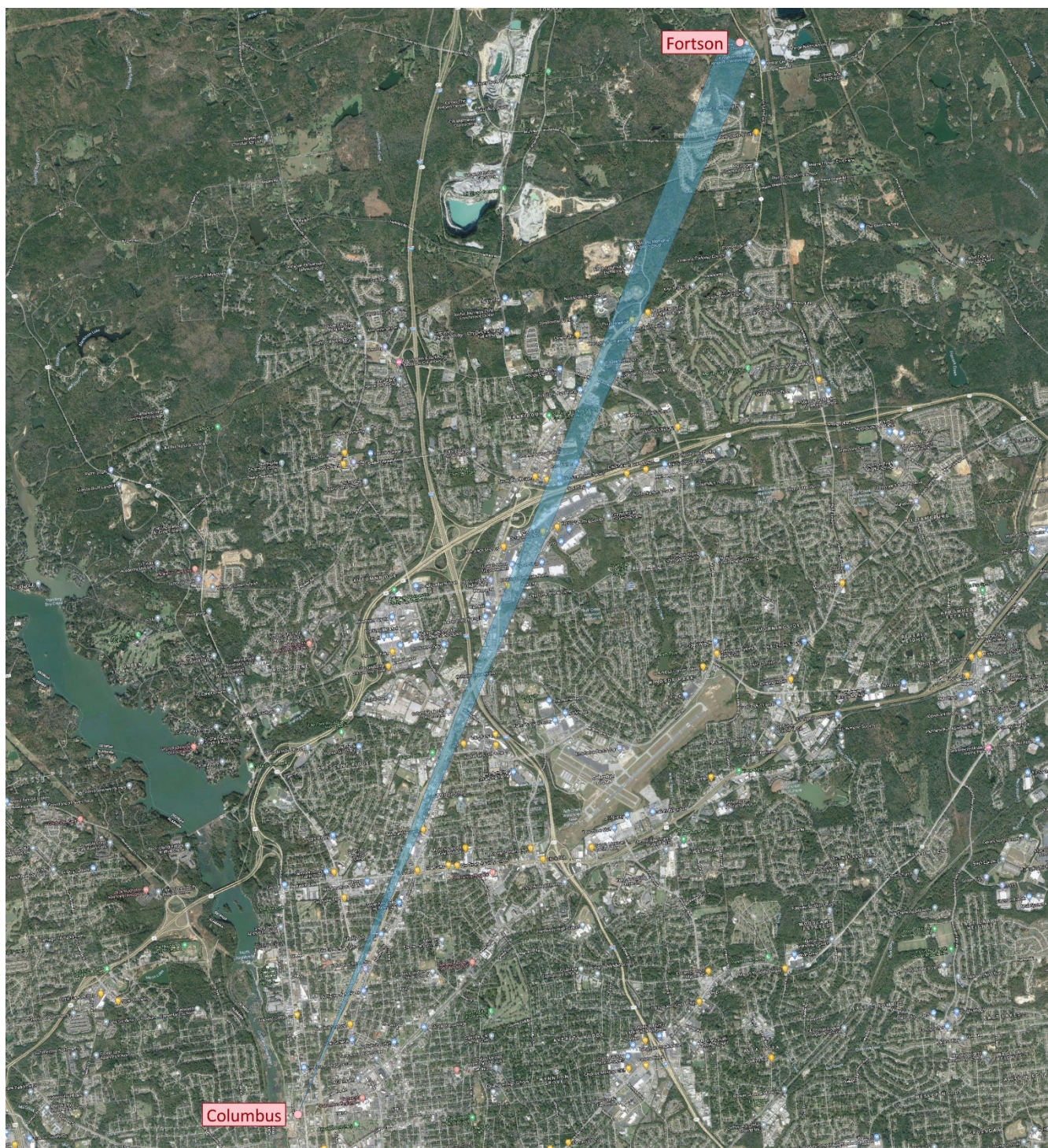
Standardní výkonové AP budou muset "před vysláním přistupovat k systému AFC, aby zjistily dostupné frekvence a maximální přípustný výkon v každém frekvenčním rozsahu na svých zeměpisných souřadnicích." [5]

Ačkoli tento provozní test využíval pouze zařízení s nízkým výkonem bez řízení AFC, výsledky jsou relevantní i pro zařízení s řízením AFC se standardním výkonem, která mohou být umístěna v interiéru. Vývoj systému AFC probíhá a vstupní parametry pro výpočty se projednávají v rámci organizací pro vývoj norem (Wi-Fi Alliance a Winnforum) a skupiny více zúčastněných stran (MSG) pro pásmo 6 GHz. Naměřené výsledky z této provozní zkoušky by mohly být použity jako zkušební vektory pro ověření konečných návrhů systému AFC.

### Úvahy o LPI

Zařízení RLAN s nízkým výkonem ve vnitřním prostředí (LPI), ať už jde o přístupový bod nebo klienta, jsou z kontroly AFC v R&O vyňata. Jak je podrobně uvedeno v tabulce 1, zařízení LPI pracují s nižším výkonem než zařízení se standardním výkonem. Tento nižší výkon v kombinaci s útlumem vstupu do budovy (BEL) je hlavním prostředkem ochrany proti rušení popsaným v R&O. Hodnota BEL 20,5 dB byla FCC určena jako střední hodnota, která podpořila závěr o vynechání zařízení LPI z kontroly AFC [6].

Plán testů zahrnoval provozování přístupových bodů LPI v různých vnitřních polohách v každé geografické lokalitě, aby bylo možné experimentovat s rozdíly ve ztrátách na vstupu do budovy.

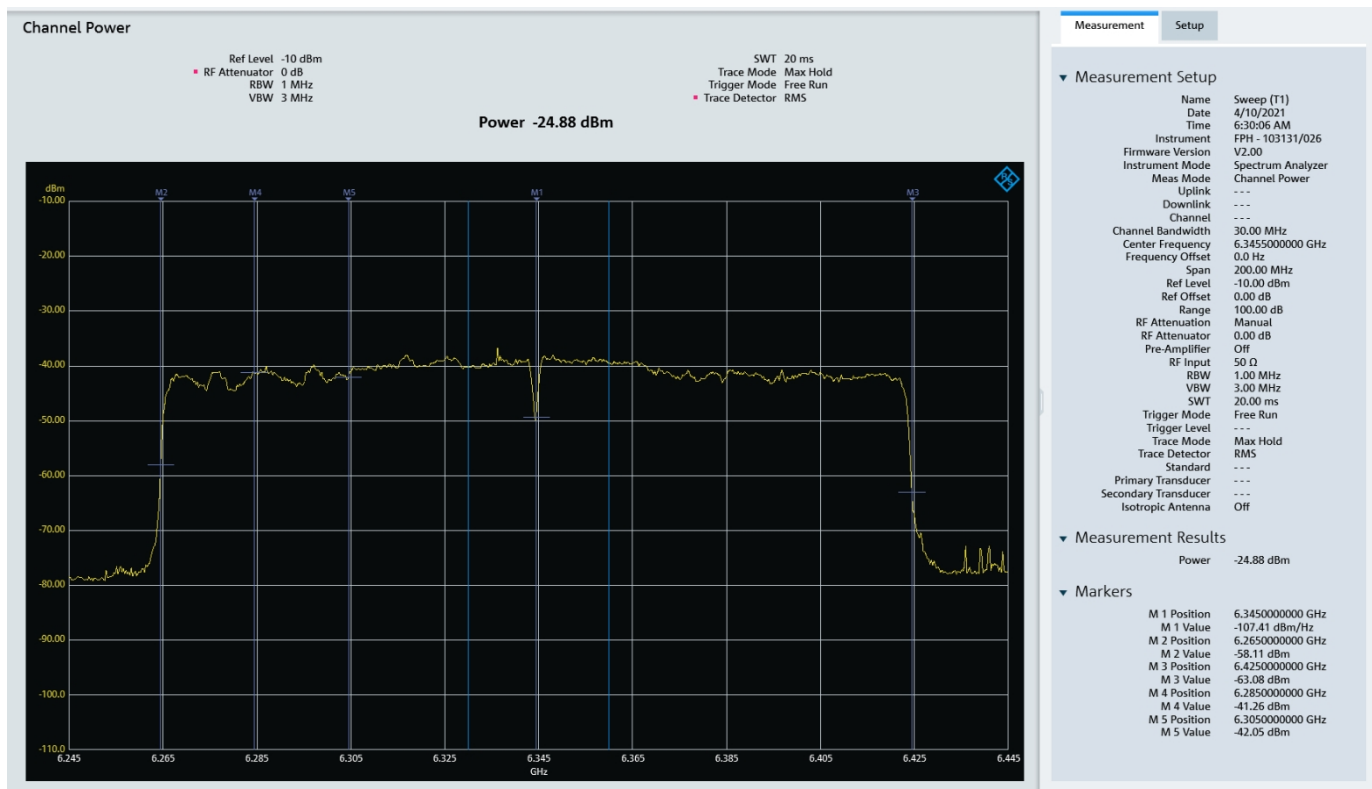


Obrázek 2. Testovací spojení stávajícího FS

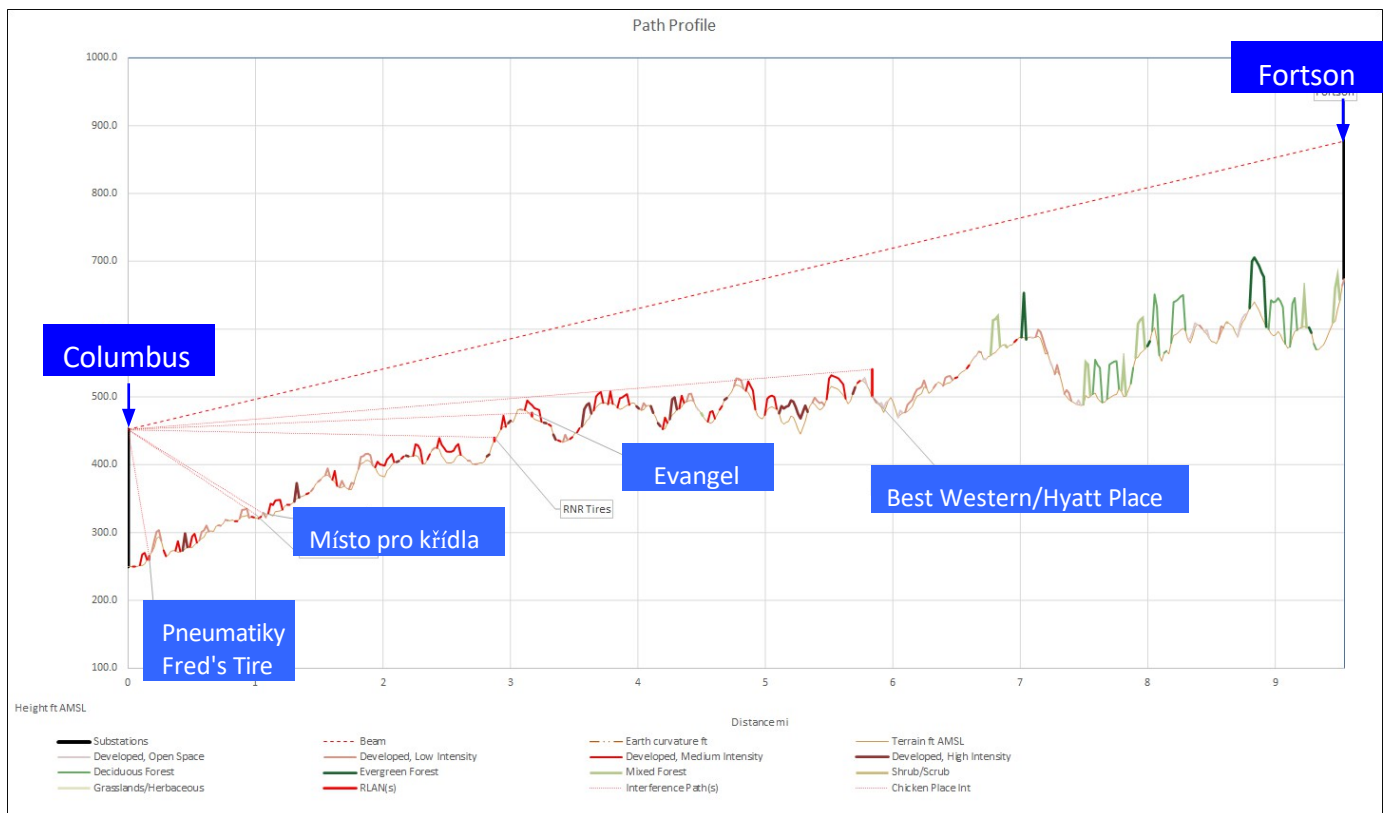
### Přítomný uživatel Odkaz

Stávající systém FS, který byl použit v testu, byl spoj mezi Columbem a Fortsonem v Georgii o délce 15,3 km, který využívá kanál 30 MHz. Každá z antén FS pro tento spoj má šířku svazku 3 dB, což je 1,5 % šířky svazku.

stupňů na šířku. Vzorek 3 dB pro terminál Columbus je znázorněn na obrázku 2.



Obrázek 3. Plně překrytý 160MHz kanál Wi-Fi 6E v souběhu s kanálem



Obrázek 4. Mapa umístění testovacích bodů

## Potenciál rušení

Standard IEEE 802.11ax má čtyři různé šířky kanálů: 20, 40, 80 a 160 MHz. Vzhledem k možným šířkám kanálů mezi sítí RLAN a stávajícími kanály existují čtyři potenciální typy rušení. V pořadí podle klesajícího rizika rušení jsou to:

- Souběžný kanál, plně se překrývající
- Souběžný kanál, částečně se překrývající
- Sousední kanál, bez ochranného pásma
- Přilehlý kanál s ochranným pásmem

Testovací plán byl navržen tak, aby prověřil nejhorší případ, kdy síť RLAN plně překrývá společný kanál se systémem FS, a to z míst podél šířky svazku bez překážek v podobě budov nebo terénu.

Na obrázku 3 je zachycení spektrálního analyzátoru routeru Asus nastaveného na společný kanál s přijímačem Columbus. Kanál Wi-Fi 6E číslo 77 má šířku 160 MHz a střed na frekvenci 6345 MHz. Svislé modré značky poblíž středu označují kanál Columbus 30 MHz.

## Testovací místa

Testovací plán byl také navržen tak, aby se prověřil nejhorší případ provozu sítě RLAN z míst podél šířky paprsku bez překážek v podobě budov nebo terénu. Proto bylo vybráno několik zkušebních míst s veřejným přístupem podél osy stávajícího spoje FS do vzdálenosti 10 km s viditelností na stávající přijímací stanici. Na obrázku 4 je znázorněn osový profil spoje FS a vybraná testovací místa LPI.

V tabulce 2 jsou uvedeny podrobné informace o vybraných testovacích místech.

Tabulka 2. Podrobnosti o testovacích místech

Umístění testu	Adresa	Zeměpisná šířka	Zeměpisná délka	Vzdálenost
Pneumatiky Fred's Tire	1900 2nd Ave, Columbus, GA	32-28-48.6 N	84-59-28.3 W	0,17 mil (275 m)
Místo pro křídla	3401 Veterans Pkwy, Columbus, GA	32-29-46 N	84-58-48 W	0,99 míle (1606 m)
Pneumatiky RnR (s překážkami)	5300 Veterans Pkwy, Columbus, GA	32-31-0.3 N	84-58-3.03 W	2,9 mil (4627 m)
Chrám Evangel	5388 Veterans Pkwy, Columbus, GA	32-31-2.6 N	84-57-57.0 W	3 mil (4766 m)
Pokoj 503 hotelu Hyatt	2974 N Lake Pkwy, Columbus GA	32-33-4.2 N	84-56-48.0 W	5,5 mil (8917 m)
Best Western Pokoj 432	4027 Veterans Ct, Columbus, GA	32-33-16.5 N	84-56-36.2 W	5,8 mil (9396 m)



Obrázek 5. Testovací síť 1

## Nastavení testu

Při testování byly použity dva různé přístupové body Wi-Fi 6E:

1. Asus GT-AXE11000 - Republic of Gamers (ROG) Rapture
2. Netgear RAXE500 - Nighthawk®

Kromě toho byly pro připojení a výměnu dat s přístupovými body použity dva různé typy klientů:

1. Modul Intel AX-210 M.2 PCI Express
2. Samsung Galaxy S21 5G Ultra

Toto zařízení bylo nakonfigurováno do dvou různých testovacích sítí. Obrázek 5 ukazuje první testovací síť se směrovačem Asus. Obrázek 6 ukazuje druhou testovací síť se směrovačem Netgear a klienty.

Testovací sestava pro mikrovlnný spoj používala externí testovací sadu bitové chybovosti pro generování provozu s maximální propustností pro zvolený modulační index. Při většině testů se používalo 1024 QAM, což zajišťuje přenosovou kapacitu 230 Mb/s.

## Zkušební postup

Byl stanoven standardní zkušební postup, který se použije na různých místech. Základní kroky byly následující:

1. Základní hodnota opatření FS
  - a. Zaznamenejte počáteční úroveň přijímaného signálu (RSL) a vysílací výkon FS, poté snižujte mikrovlnný vysílací výkon vzdáleného konce v krocích po 1 dB, dokud externí měřicí zařízení neukáže, že BER překračuje prahovou hodnotu  $10^{-6}$ , a zaznamenejte celkový útlum vysílání jako Baseline Fade Margin.
  - b. Vraťte vysílací výkon vzdáleného konce na původní hodnotu.
2. Test pouze majáků

- a. Zapněte přístupový bod RLAN v konfiguraci Beacon a zajistěte, aby klientská zařízení zůstala vypnutá. Pomocí místního spektrálního analyzátoru ověřte, zda jsou vysílány pakety beacon a zda se překrývají s kanálem mikrovlnného přijímače. Zachyťte obraz a veškeré digitální informace potřebné pro pozdější analýzu.
  - b. Sledujte FS BER. Pokud se BER zvýší nad hranici  $10^{-6}$ , zaznamenejte škodlivé rušení.
  - c. Pokud je spojení stále funkční, změřte ovlivněnou rezervu útlumu snížením vysílání na vzdáleném konci o 1 dB, dokud BER nestoupne nad prahovou hodnotu  $10^{-6}$ . Potřebný útlum si zapište jako naměřenou mezeru útlumu (Measured Fade Margin).
  - d. Vraťte vysílací výkon vzdáleného konce na původní hodnotu.
3. Test dat při nízké rychlosti
    - a. Překonfigurujte přístupový bod na konfiguraci Data a zapněte klientské zařízení a navažte spojení s přístupovým bodem. Pomocí skriptů iPerf generujte provoz TCP emulující prohlížení webu mezi klienty a AP.
    - b. Pomocí místního analyzátoru spektra ověřte, zda skript vysílá a překrývá mikrovlnný přijímací kanál podle očekávání. Zachyťte obraz a veškeré digitální informace potřebné pro pozdější analýzu.
    - c. Sledujte FS BER. Pokud se BER zvýší nad hranici  $10^{-6}$ , zaznamenejte škodlivé rušení spoje.
    - d. Pokud je spojení stále funkční, změřte snížení útlumu snížením vysílací vzdálenosti o 1 dB, dokud BER nestoupne nad prahovou hodnotu  $10^{-6}$ . Potřebný útlum si zapište jako naměřenou rezervu útlumu (Measured Fade Margin).
    - e. Vraťte vysílací výkon vzdáleného konce na původní hodnotu.
  4. Vysokorychlostní datový test
    - a. Opakujte test dat, ale se skripty iPerf, které generují provoz TCP s přenosem videa a zálohováním souborů.
- Na některých místech bylo testování opakováno s úpravami, jako je umístění AP na jiných místech v budově nebo ponechání otevřených či zavřených vnějších dveří.

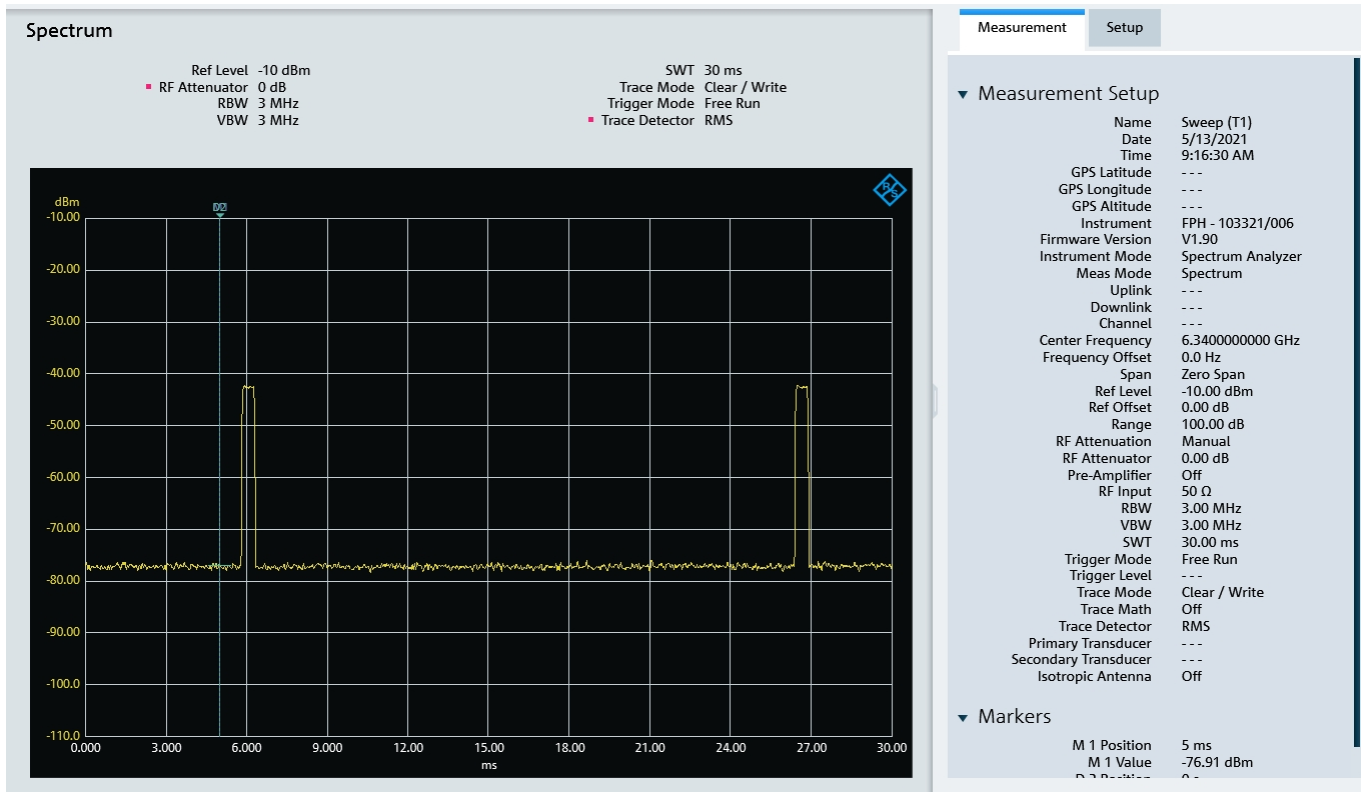


Obrázek 6. Testovací síť 2

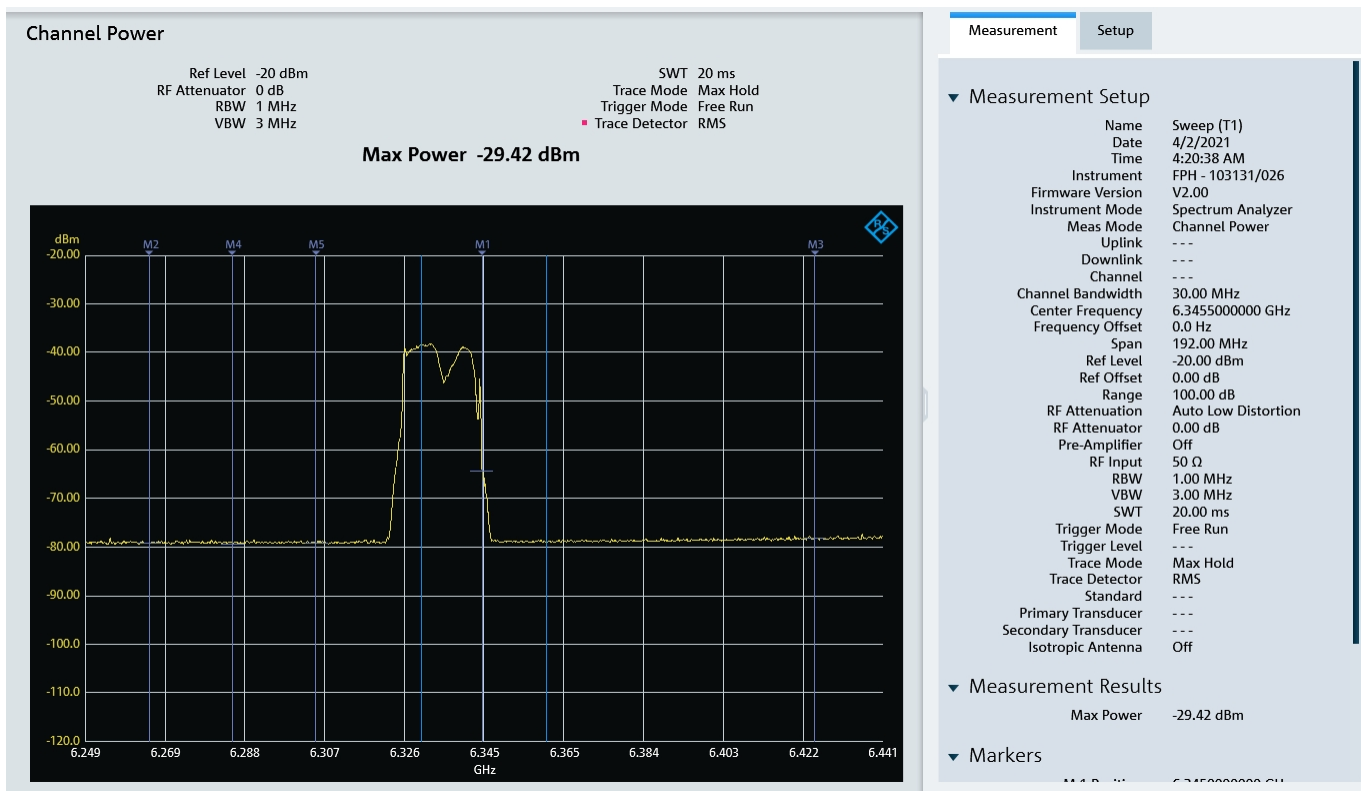
### Test pouze majáků

Na obrázku 7 je graf signálu z routeru Asus bez připojených klientů v časové oblasti. V tomto stavu vysílá směrovač pouze majáky s opakovací frekvencí přibližně 20,5 ms. Je třeba poznamenat, že je to mnohem kratší doba než výchozí hodnota používaná v dřívějších generacích Wi-Fi, která činí 100 časových jednotek (TU). Jedna TU je 1,024 ms, což znamená, že výchozí frekvence opakování beaconů je 102,4 ms.

Na obrázku 8 je zachycení obsazení spektra signálem pouze z majáků směrovače Asus. Směrovač byl nastaven na kanál Asus 77. Modré značky jsou okraje 30MHz kanálu Columbus FS. Všimněte si, že signál pouze pro majáky zabírá polovinu kanálu FS.



Obrázek 7. Graf pouze majáků v časové oblasti



Obrázek 8. Zachycení spektra pouze pomocí majáků



## Souhrnné výsledky testů

Souhrnné výsledky testů jsou uvedeny v tabulce 3. Kompletní výsledky a podrobná analýza jsou k dispozici v úplné zprávě [7].

Snížení rozpětí slábnutí (RFM) je rozdíl mezi rozpětím slábnutí v základní linii stanoveným těsně před každým testem a naměřeným rozpětím slábnutí z každého testu. I/N se vypočítá z RFM, jak je vysvětleno níže. Testy s výsledky vyššími než -6 dB I/N jsou zvýrazněny oranžovým stínováním.

Vztah mezi RFM a I/N je dán vzorcem [8]:  $RFM = \{10 \log_{10} [10^{N/10} +$

$$10^{I/10}] - N$$

kde:

RFM = snížení odstupu (dB) N = šum

přední části přijímače (dBm)

I = vnější rušení (dBm)

Pro I jako výkon vztažený k N lze N nastavit na nulu, a proto je I úroveň výkonu v dB vztaženou k N. Použitím naměřených hodnot RFM z výsledků terénního testu a vyřešením rovnice pro I získáme hodnoty pro sloupce I/N. Pro srovnání, hodnota IPC -6 dB I/N odpovídá snížení odstupu o 1 dB.

Tabulka 3. Souhrnné výsledky testů

Testovací místa (modulace 1024QAM pokud není uvedeno jinak)	Datum	Základní rozpětí blednutí	Pouze majáky			Data s nízkou šířkou pásmo ( 10-100 Mb/s)			Vysokorychlostní přenos dat (>750 Mb/s)			Rychlost přenosu dat testovaná přes MW Link ( Mbps)
			Naměřená mez blednutí	S n í ž e n í rozpětí blednutí	I/N	Naměřená mez blednutí	S n í ž e n í rozpětí blednutí	I/N	Naměřená mez blednutí	S n í ž e n í rozpětí blednutí	I/N	
Pneumatiky Fred's Tire ASUS v okno	4/12/2021	31.6	30.4	1.2	-5.2	28.5	3.1	0.1	27.8	3.8	1.4	230
Pneumatiky Fred's Tire Netgear v okno	4/13/2021	31.6	30.4	1.2	-5.2	28.9	2.7	-0.8				230
Pneumatiky Fred's Tire ASUS na pult	4/13/2021	31.6							25.2	6.4	5.2	230
Pneumatiky Fred's Asus před Pult	4/13/2021	31.6	29.6	2.0	-2.5				17.4	14.2	14.0	230
Pneumatiky Fred's Tire Zadní strana ASUS	4/13/2021	31.6										230
rohová služba		31.6	20.8	10.8		11.0	20.6	25.7				
Pneumatiky Fred's Tire Přední strana ASUS rohu Služba	4/13/2021	31.6			10.4			20.5				230
Společenství Středisko (Obstrukce)	4/14/2021	31.6	31.2	0.4		17.6	14.0					
Místo pro křídla ASUS v okno	4/14/2021	31.6	31.6		-10.8			13.8	15.3	16.3	16.1	230
Místo pro křídla ASUS na stole 6' od okna	4/14/2021	31.6	30.1	1.5					21.4	10.2	9.7	230
Místo pro křídla Strop ASUS 6' z okna	4/14/2021	31.6	31.6		-4.0	28.7	2.9		15.6	16.0	15.8	230
Pneumatiky RnR (Obstrukce)	4/14/2021	31.6	31.5	0.1		27.0	4.6					
Dveře chrámu Evangel jsou zavřené	4/13/2021	31.6	31.6					-0.3				230
Otevření dveří chrámu Evangel					-19.4			2.7	25.8	5.8	4.4	230
Best Western Pokoj 432									31.4	0.2	-13.3	230
Pokoj 503 hotelu Hyatt	4/13/2020	31.6	31.6						31.3	0.3	-11.5	230
Best Western a Hyatt	4/14/2020	31.6	31.6						31.0	0.5	-9.0	230

## Závěry

Z analýzy výsledků testů vyplývá několik konkrétních a pozoruhodných zjištění:

- Bylo zjištěno, že zařízení LPI způsobují nárazy větší než kritérium ochrany proti rušení (IPC) -6 dB I/N podle FCC při provozu společně s přijímací stanicí FS na třech různých vnitřních testovacích místech podél boresightu ve vzdálenostech od 902 stop (275 m) do 3 mil (4,8 km).
- Rušení větší než IPC se vyskytlo u zařízení LPI pracujících při nízkých rychlostech přenosu dat (10-100 Mb/s) a vysokých rychlostech (>750 Mb/s). Na dvou nejbližších místech byly naměřeny dopady větší než IPC bez datového provozu, tj. pouze s majáky Wi-Fi.
- Na vzdálenostech 8,9 km (5,5 míle) a 9,4 km (5,8 míle), tedy na dvou nejvzdálenějších vnitřních testovacích místech, bylo naměřeno detekovatelné rušení pod hodnotou IPC. V těchto místech se nacházely výškové budovy s energeticky účinnou konstrukcí.
- Agregátní interferenční efekt byl prokázán a ukázalo se, že je aditivní. Toho bylo dosaženo tím, že zařízení LPI byla provozována odděleně a současně u dvou vzdálených výškových budov. Naměřený vliv byl však malý a zaslouží si další zkoumání.
- Výškový nesoulad mezi anténou rušiče (3,3 ft/1 m nad zemí, AGL) a FS (202 ft/61,6 m AGL) nechránil spojení FS na malé vzdálenosti (0,6 mil/1 km).

Základní, obecný závěr je, že:

- Vnitřní lokality podél osy FS ve vzdálenosti až 9 km (5,6 mil) s volnou viditelností a nízkou ztrátou při vstupu do budovy poskytují příležitosti pro škodlivé rušení ze zařízení RLAN.

## Doporučení

Z těchto výsledků výzkumu vyplývají následující doporučení pro stávající provozovatele FS. Minimalizovat dopady budoucího nasazení zařízení RLAN podle současného nařízení FCC R&O:

1. Zkontrolujte, ověřte a aktualizujte všechny stávající informace o licenci U6/L6 FS. To je velmi důležité, protože ULS FCC bude zdrojem údajů pro systémy AFC.
2. Dokončit analýzu zranitelnosti stávajících systémů FS pro využití půdy před přijímači U6/L6 a v jejich postranních pásmech.
3. Zvažte modernizaci cest zranitelných vůči U6/L6 přidáním frekvenční nebo prostorové diverzity.
4. U všech zranitelných tras U6/L6 dokončete analýzu, abyste prověřili možné alternativy, například přechod na jiné pásmo nebo výměnu stávajícího zařízení za optické vlákno.
5. Základní údaje o výkonnosti systémů U6/L6 včetně historie fadingu u stávajících systémů.
6. Upravte nastavení rádiového zařízení U6/L6 tak, aby se zvýšila odolnost.

## Další kroky

Projektová skupina EPRI 161G Telecom bude na tomto projektu pracovat až do roku 2021. Probíhající práce zahrnují:

- Laboratorní testování s dodavatelem mikrovlnných zařízení za účelem získání znalostí o detekci, identifikaci a zmírnění necenzurovaného rušení. To by mělo zahrnovat další zkoumání souhrnných účinků simulačního provozu více rušičů na jednom kanálu.
- Společné vedení pracovního proudu 1 skupiny více zúčastněných stran pro pásmo 6 GHz, která je odpovědná za téma detekce, hlášení a řešení škodlivého rušení.
- Účast v pracovních skupinách Wi-Fi Alliance, které vyvíjejí specifikace pro systém AFC.
- Vyhodnocení dat spojení z aktivních systémů 6 GHz.
- přezkoumání konečných systémů AFC, pokud jsou k dispozici, a předložení testovacích vektorů k jejich vyhodnocení.

Energetické společnosti se vyzývají k účasti a podpoře tohoto společného výzkumu a vývoje prostřednictvím sady projektů EPRI Telecom 161G.

## O projektové sadě 161G

Posláním telekomunikačního výzkumu a vývoje EPRI v rámci výzkumného projektu 161G v oblasti informačních a komunikačních technologií je poskytovat nezávislý, nezájatý, vědecky podložený výzkum a vývoj na podporu elektrotechnického průmyslu ve prospěch společnosti.

Cílem tohoto technického přehledu je poskytnout věcné a technické informace o výsledcích regulačních změn, které mají vliv na mnohé elektrické podniky provozující mikrovlnné spoje pevné služby v licencovaném spektru 6 GHz.

## ODKAZY

1. Nelicencované využití pásma 6 GHz: rozšíření flexibilního využití ve středním pásmu mezi 3,7 a 24 GHz. Zpráva a nařízení/další oznámení o navrhovaných předpisech. Federal Communications Commission. ET Docket No. 18-295, GN Docket No. 17-183, vydáno: 24. dubna 2020. <https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-20-51A1.pdf>
2. Nelicencované využití pásma 6 GHz: rozšíření flexibilního využití ve středním pásmu mezi 3,7 a 24 GHz. Oznámení o navrhovaných pravidlech. Federální komise pro komunikace. ET Docket No. 18-295, GN Docket No. 147, vydáno: 24. října 2018. (stránky 4-5) <https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-18-147A1.pdf>
3. Nelicencované využití pásma 6 GHz: rozšíření flexibilního využití ve středním pásmu mezi 3,7 a 24 GHz. Zpráva a nařízení/další oznámení o navrhovaných předpisech. Federal Communications Commission. ET Docket No. 18-295, GN Docket No. 17-183, vydáno: April 24, 2020. (Strana 9). <https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-20-51-A1.pdf>
4. Nelicencované využití pásma 6 GHz: rozšíření flexibilního využití ve středním pásmu mezi 3,7 a 24 GHz. Zpráva a nařízení/další oznámení o navrhovaných předpisech. Federal Communications Commission. ET Docket No. 18-295, GN Docket No. 17-183, vydáno: April 24, 2020. (Strany 27 a 106) <https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-20-51A1.pdf>
5. Nelicencované využití pásma 6 GHz: rozšíření flexibilního využití ve středním pásmu mezi 3,7 a 24 GHz. Zpráva a nařízení/další oznámení o navrhovaných předpisech. Federal Communications Commission. ET Docket No. 18-295, GN Docket No. 17-183, vydáno: April 24, 2020. (Strana 102, oddíl 15.407 písm. k) bod 1) <https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-20-51A1.pdf>
6. Nelicencované využití pásma 6 GHz: rozšíření flexibilního využití ve středním pásmu mezi 3,7 a 24 GHz. Zpráva a nařízení/další oznámení o navrhovaném předpisu. Federal Communications Commission. ET Docket No. 18-295, GN Docket No. 17-183, vydáno: April 24, 2020. (Odstavce 99 a 107 a strana 43 (poznámka pod čarou 297)) <https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-20-51A1.pdf>
7. Rušení v pásmu 6 GHz: Columbus Georgia Zpráva z terénního testu. EPRI, Palo Alto, Kalifornie. Srpen 2021. 3002022243. <https://www.epri.com/research/products/000000003002022243>
8. Kizer, G. Studie týkající se návrhu společnosti RKF na sdílení frekvencí pro místní rádiové sítě v pásmu 6 GHz. 9. března 2018. (Strana 10) Příloha: Odpověď na dokument GN Docket No. 17-183: Expanding Flexible Use in Mid-Band Spectrum Between 3.7 and 24 GHz (Rozšíření flexibilního využití ve středním pásmu mezi 3,7 a 24 GHz). Sdělení ex parte. 13. března 2018. [https://ecfsapi.fcc.gov/file/1031332563829/17-183%202018-03-13%206GHz%20Mid%20Band%20Response%20AS%20FILED%20\(01170454xB3D1E\).PDF](https://ecfsapi.fcc.gov/file/1031332563829/17-183%202018-03-13%206GHz%20Mid%20Band%20Response%20AS%20FILED%20(01170454xB3D1E).PDF)

## ZŘEKnutí SE ZÁRUK A OMEZENÍ ODPOVĚDNOSTI

TENTO DOKUMENT BYL VYPRACOVÁN NÍŽE UVEDENOU ORGANIZACÍ (ORGANIZACEMI) JAKO VÝSLEDEK PRÁCE SPONZOROVANÉ NEBO SPOLUFINANCOVANÉ VÝZKUMNÝM ÚSTAVEM PRO ELEKTRICKOU ENERGII (ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, INC.). EPRI, ŽÁDNÝ ČLEN EPRI, ŽÁDNÝ SPOLUSPONSOR, NÍŽE UVEDENÁ ORGANIZACE (ORGANIZACE) ANI ŽÁDNÁ OSOBA JEDNAJÍCÍ JMÉNEM KTERÉKOLI Z NICH:

(A) NEPOSKYTUJE ŽÁDNOU ZÁRUKU ANI PROHLÁŠENÍ, VÝSLOVNÉ ANI PŘEDPOKLÁDANÉ, (I) S OHLEDEM NA POUŽITÍ JAKÝCHKOLI INFORMACÍ, PŘÍSTROJŮ, METOD, POSTUPŮ NEBO PODOBNÝCH POLOŽEK UVEDENÝCH V TOMTO DOKUMENTU, VČETNĚ PRODEJNOSTI A VHODNOSTI PRO URČITÝ ÚČEL, NEBO (II) ŽE TAKOVÉ POUŽITÍ NEPORUŠUJE NEBO NEZASAHUJE DO SOUKROMÝCH PRÁV, VČETNĚ DUŠEVNÍHO VLASTNICTVÍ JAKÉKOLI STRANY, NEBO (III) ŽE TENTO DOKUMENT JE VHODNÝ PRO KONKRÉTNÍ PODMÍNKY UŽIVATELE; NEBO

(B) PŘEBÍRÁ ODPOVĚDNOST ZA JAKÉKOLI ŠKODY NEBO JINÉ ZÁVAZKY (VČETNĚ NÁSLEDNÝCH ŠKOD, A TO I V PŘÍPADĚ, ŽE SPOLEČNOST EPRI NEBO JEJÍ ZÁSTUPCE BYLI NA MOŽNOST VZNIKU TAKOVÝCH ŠKOD UPOZORNĚNI). VYPLÝVAJÍCÍ Z VÝBĚRU NEBO POUŽITÍ TOHOTO DOKUMENTU NEBO JAKÝCHKOLI INFORMACÍ, PŘÍSTROJŮ, METOD, POSTUPŮ NEBO PODOBNÝCH POLOŽEK UVEDENÝCH V TOMTO DOKUMENTU.

ODKAZ NA KONKRÉTNÍ KOMERČNÍ PRODUKT, POSTUP NEBO SLUŽBU PROSTŘEDNICTVÍM OBCHODNÍHO NÁZVU, OCHRANNÉ ZNÁMKY, VÝROBCE NEBO JINÝM ZPŮSOBEM NEMUSÍ NUTNĚ ZNAMENAT, ŽE JE SPOLEČNOST EPRI PODPORUJE, DOPORUČUJE NEBO UPŘEDNOSTŇUJE.

**TUTO ZPRÁVU PŘEDBĚŽNĚ PŘIPRAVIL VÝZKUMNÝ ÚSTAV PRO ELEKTRICKOU ENERGII (EPRI).**

## POZNÁMKA

Další informace o společnosti EPRI získáte na telefonním čísle 800 313 3774  
Centra pro pomoc zákazníkům EPRI nebo na e-mailové adrese  
askepri@epri.com.

**Electric Power Research Institute, Inc.** (EPRI, [www.epri.com](http://www.epri.com)) provádí výzkum a vývoj týkající se výroby, dodávek a využívání elektrické energie ve prospěch veřejnosti. EPRI je nezávislá nezisková organizace, která sdružuje své vědce a inženýry a odborníky z akademické sféry a průmyslu, aby pomohla řešit problémy v oblasti elektřiny, včetně spolehlivosti, účinnosti, cenové dostupnosti, zdraví, bezpečnosti a životního prostředí. EPRI rovněž poskytuje technologické, politické a ekonomické analýzy, které jsou podkladem pro dlouhodobé plánování výzkumu a vývoje, a podporuje výzkum v oblasti nových technologií. Členové EPRI představují 90 % elektřiny vyráběné a dodávané ve Spojených státech, přičemž mezinárodní účast zahrnuje téměř 40 zemí. Hlavní kanceláře a laboratoře EPRI se nacházejí v kalifornském Palo Altu, Charlotte, N.C., Knoxville, Tenn., Dallasu, Texas, Lenoxu, Massachusetts a Washingtonu, D.C.

Společně... utváříme budoucnost elektřiny

### Kontaktní informace

Pro více informací kontaktujte: Tim Godfrey [tgodfrey@epri.com](mailto:tgodfrey@epri.com).

### Zdroje EPRI

Tato zpráva sdílí klíčová zjištění se zúčastněnými stranami z odvětví, které nemusí být členy EPRI. Jedná se o souhrnnou zprávu a podrobné výsledky jsou k dispozici energetickým společnostem, které se účastní souboru projektů 161G EPRI.

**Program Informační a komunikační technologie (ICT)**

**Výzkumný ústav pro elektrickou energii**

3420 Hillview Avenue, Palo Alto, California 94304-1338 · PO Box 10412, Palo Alto, California 94303-0813 USA 800.313.3774 · 650.855.2121 - askepri@epri.com - www.epri.com

© 2021 Electric Power Research Institute (EPRI), Inc. Všechna práva vyhrazena. Electric Power Research Institute, EPRI a TOGETHER . SHAPING THE FUTURE OF ELECTRICITY jsou registrované značky služeb Electric Power Research Institute, Inc.