

5G FWA I NJEGOVA ULOGA U ŠIROKOPOJASNOM PRISTUPU

Dejan Nemeć¹

Rezime: 5G fiksni bežični pristup (FWA) predstavlja modernu tehnologiju širokopojasnog pristupa internetu koja koristi 5G mobilne mreže za pružanje usluga domaćinstvima i poslovnim korisnicima bez potrebe za tradicionalnom žičnom infrastrukturom u pristupnom delu mreže. Sa širenjem i ovaj aspekt 5G mreža dolazi do izražaja kako u ruralnim, tako i u gradskim sredinama gde može biti veoma koristan u recimo *smart city* rešenjima. Ovaj rad se bavi osnovnim karakteristikama i elementima 5G FWA. Posebno se bavi ulogom 5G FWA u ponudi širokopojasnog pristupa sa akcentom na primenu u domaćinstvima koja nisu homogena u smislu svojih potreba za karakteristikama širokopojasne veze. Rad navodi i analizu postojećeg stanja primene 5G FWA u svetu.

Ključne reči: FWA, 5G, 4G, CPE, širokopojasni pristup, mmWave

5G FWA AND ITS ROLE IN BROADBAND ACCESS

Abstract: 5G fixed wireless access (FWA) is a modern broadband Internet access technology that uses 5G mobile networks to provide services to households and business users without the need for traditional wired infrastructure in the network local loop. With the expansion, this aspect of 5G networks comes to the fore both in rural and urban areas, where it can be very useful in, for example, smart city solutions. This paper deals with the basic features and elements of 5G FWA. In particular, it deals with the role of 5G FWA in the offer of broadband access with an emphasis on the application in households that are not homogeneous in terms of their needs for broadband connection features. The paper also provides an analysis of the current state of 5G FWA implementation in the world.

Key words: FWA, 5G, 4G, CPE, broadband access, mmWave

1. UVOD

Fiksni bežični pristup FWA (*Fixed Wireless Access*) je bežična veza koja pruža širokopojasni pristup određenoj lokaciji kao što je domaćinstvo ili poslovni prostor. Omogućava korisnicima da se povežu na mrežu i pristupe brzom internetu putem radio signala, bez potrebe za fizičkim kablovima. Podržava i 4G LTE (*Long Term Evolution*) i 5G tehnologije, ali brzina i fleksibilnost 5G su ono što ostvaruje punu vrednost FWA-a [1].

U FWA, podaci se prenose između bazne stanice telekom operatora i antene uređaja koja se nalazi kod korisnika (CPE – *Customer Premise Equipment*) postavljenog unutar ili izvan kuće ili poslovnih prostorija. Antena CPE uređaja se bežičnim putem, odnosno radio vezom, povezuje sa fiksnom antenom bazne stanice koja je dalje žičnim putem povezana na jezgro mreže. Bazna stanica povezuje veći broj FWA korisnika unutar područja pokrivanja. CPE ili samo njegova antena uobičajeno se nalazi van objekta koji se povezuje u cilju što bolje primopredaje signala. Montira se na krov zgrade ili telekomunikacioni stub i nema potrebe za iskopavanjem ulica u cilju instalacije kablova između korisnika i pristupnog čvora mreže, te je FWA instalacija jeftinija od instalacije optičkih ili bakarnih kablova. FWA generalno podrazumeva da je korisnički uređaj statičan kako bi se osigurala pouzdana i visoko efikasna veza i usluga. FWA ne podrazumeva povezivanje mobilnih uređaja. CPE može imati integrisanu Wi-Fi pristupnu tačku (AP – *Access Point*) koja će omogućiti mobilnost krajnjih korisničkih uređaja [1], [2].

¹Magistar tehničkih nauka, Stručni saradnik, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, denem@uns.ac.rs

2. KARAKTERISTIKE I ULOGA 5G FWA U PONUDI ŠIROKOPOJASNOG PRISTUPA

FWA igra ključnu ulogu u uvođenju novih širokopojasnih tehnologija za povezivanje korisnika kako u ruralnim područjima tako i u gradovima gde se može upravljati problemima izazvanim interferencijom prilikom povezivanja korisnika koji koriste različite tehnologije, uz podršku kvaliteta usluge i monitoringa saobraćaja od početka do kraja veze. Na primer, širenje tehnologija pametnih gradova (*smart city*) zahtevaće veću upotrebu FWA pristupa, s obzirom da se pretpostavlja veliki broj korisničkih uređaja koji moraju biti povezani [3].

Telekom operatori širenje FWA vide kao unosnu priliku da omoguće bežični širokopojasni servis u prigradskim i ruralnim sredinama. FWA predstavlja prvi skalabilan i prihodno pozitivan slučaj upotrebe 5G za operatore. Kako bi ostvarili uspeh FWA koncepta, provajderi usluga bi trebalo da prate iskustva korisnika i da imaju mogućnost konstantnog detaljnog monitoringa kako bi upravljali mrežom koja će, pretpostavlja se, biti veoma dinamična u pogledu iskorišćavanja resursa. Faktori koji čine FWA skalabilnim istovremeno povećavaju verovatnoću pojavljivanja različitih problema koji se moraju promptno i pre nastanka rešavati.

Prednosti korišćenja bežičnog pristupa su jeftinija implementacija sa nižim troškovima tokom životnog ciklusa, fleksibilnost u projektovanju mreže i brža implementacija. Neki nedostaci FWA odnose se na ograničenja u pogledu dostupnosti spektra, ograničenja propusnog opsega po korisniku i odsustvo dogovorenih međunarodnih standarda [3].

Razvoj 5G FWA tehnologije telekom operatorima omogućava veoma isplativa rešenja za proširenje ponude širokopojasnog pristupa nedovoljno uslužnim zajednicama do kojih je komplikovano i skupo postaviti optičku infrastrukturu. Međutim, iako 5G FWA obećava doseganje nedovoljno uslužnih sredina, ovaj pristup ima i neke nedostatke. Imajući u vidu da 5G može da radi i na visokim frekvencijama, a domet signala opada sa porastom frekvencije, neretko komunikacija može biti izložena degradaciji. Stoga je neophodno da CPE bude bliže baznoj stanici nego u slučajevima kada se za FWA koriste prethodne bežične tehnologije (2G/3G/4G). Dodatno, 5G signali na višim frekvencijama teško ili uopšte ne mogu da prodru kroz zidove i druge prepreke, pa je neophodno da se obezbedi optička vidljivost FWA komponenti. Da bi se to ostvarilo sa većim brojem korisnika, neophodno je postojanje i većeg broja baznih stanica [3], [4].

Optičke mreže se u industriji doživljavaju kao pouzdane i sa velikim kapacitetom, ali primena optičkih mreža u ruralnim zajednicama zahteva razmatranje nekoliko faktora kao što su strategija izlaska na tržište, troškovi, vreme potrebno za ostvarivanje servisa, složenost instalacije, bezbednost i drugo. Zbog svoje konzistentnosti u performansama, FWA može biti pouzdanija, brža i jeftinija varijanta da se povežu novi korisnici. Optika će se svakako koristiti za povezivanje na okosnicu mreže formirajući na taj način hibridnu infrastrukturu.

Sa razvojem 5G mreža, količina saobraćaja koju operatori moraju da prate je zapanjujuća. Mobilne mreže bi potencijalno mogle da premaše kapacitet od preko 50 TB/s u narednih nekoliko godina. Taj saobraćaj uključuje govor, video, podatke, mrežne aplikacije i drugo. Mreže postaju sve složenije, što povećava izazove u pogledu upravljanja. Praćenje i upravljanje saobraćajem na nivou korisnika je ključno za izbegavanje problema u ponudi usluga. Sa prelaskom na 5G dolazi do povećane virtuelizacije resursa i sve veće upotrebe softverski definisanih mreža. Mobilnim operatorima je potrebna podrška alata za analizu performansi mreže i unapređena bezbednost u različitim domenima mreže koja je bazirana i na različitim tehnologijama i generacijama tehnologija [3].

5G FWA je prva bežična tehnologija koja omogućava malo kašnjenje i velike brzine koje su uporedive sa optičkim vlaknima. Stoga nudi konkurentnu i isplativu alternativu za potrošače i u urbanim sredinama gde su DSL (*Digital Subscriber Line*), kablovska ili optička veza ranije imali monopol nad tržištem. Nedostatak kablova takođe čini FWA idealnim za povezivanje udaljenih ili nedovoljno opsluženih lokacija gde bi postavljanje kablova bilo preskupo ili teško, što je čini ključnom tehnologijom za premošćavanje digitalnog jaza [1].

5G fiksni bežični pristup cilja usluge „slične kablovima“ koristeći prednosti novododeljenog spektra srednjih i milimetarskih talasa (*mmWave*), omogućavajući propusni opseg kanala od 100 MHz (u spektru ispod 7 GHz) ili do 400 MHz (u spektru 24-52,4 GHz), posebno za lokacije gde je mobilni bežični spektar nedovoljno iskorišćen. Spoljne antene CPE uređaja pružaju bolju pokrivenost i veću brzinu, međutim one možda nisu ekonomski efikasne zbog potrebe za profesionalnom instalacijom [5]. Sa druge strane upotreba unutrašnjih antena može biti neefikasna u pogledu performansi, te je neophodno pronaći kompromis.

3. ELEMENTI FWA INFRASTRUKTURE

U elemente FWA infrastrukture spadaju [6]:

- Bazna stanica – Kritična komponenta FWA infrastrukture. Sastoji se od antena i radio primopredajnika koji komuniciraju sa CPE na lokaciji korisnika. Povezana je na ostatak mreže i internet, te omogućava vezu korisnika sa istima. Bazna stanica radi na različitim frekventnim opsezima, uključujući licencirane i nelicencirane spektre. Uobičajeni opsezi rada jesu 2,4 GHz, 5 GHz i opsezi milimetarskih talasa kao što su 24 GHz i 60 GHz. Snaga emitovanja bazne stanice određuje njenu oblast pokrivanja i jačinu signala. Većom snagom prenosa može se pokriti veća oblast, ali najčešće je snaga signala podložna regulatornim ograničenjima.
- CPE – Instalira se na lokaciji korisnika. Bežično komunicira sa baznom stanicom. Karakteriše ga antena (npr. jagi ili usmerena) koja se koristi za fokusiranje signala ka baznoj stanici, poboljšavajući jačinu i kvalitet signala. U okviru CPE postoji ruter ili modem koji upravlja lokalnim mrežnim saobraćajem, pružajući povezivanje sa više uređaja unutar objekta.
- Okosnica mreže – Povezuje baznu stanicu ostalom internet infrastrukturom. Posедуje veze velikog kapaciteta, često koristeći optičke kablove, kako bi se osigurao brz i pouzdan prenos podataka. Okosnica mora da podržava visoke brzine prenosa podataka kako bi se nosila sa agregiranim saobraćajem od više korisnika povezanih na baznu stanicu. Implementacija redundantnih veza u okosnici osigurava kontinuiranu dostupnost usluge u slučaju kvara veze.
- SIM (*Subscriber Identity Module*) kartica – ključna komponenta u 4G i 5G FWA sistemima koja omogućava uređaju da se bezbedno autentifikuje i poveže sa mobilnom mrežom, obezbeđujući ovlašćeni pristup uslugama prenosa podataka. Neophodno je da bude kompatibilna sa frekventnim opsezima i tehnologijom mobilne mreže (4G ili 5G). SIM kartica mora biti opremljena odgovarajućim paketom podataka, sposobnim da podrži zahteve propusnog opsega i korišćenja FWA veze.

4. USPOSTAVLJANJE FWA

Kao što je to uobičajeno, pre odluke o primeni nekog servisa i infrastrukture, neophodno je izvršiti razna istraživanja. Istraživanje lokacije obuhvata procenu geografskog područja, identifikovanje potencijalnih prepreka (npr. zgrada, drveća) i određivanje optimalnih lokacija za bazne stanice i CPE uređaje. Ključni koraci jesu [6]:

- Analiza optičke vidljivosti – Obezbeđivanje jasne optičke vidljivosti između bazne stanice i CPE uređaja je ključno za održavanje stabilne veze.
- Modelovanje propagacije signala – U ovoj fazi neophodno je korišćenje softverskih alata za modelovanje propagacije signala koji pomaže u predviđanju područja pokrivenosti i identifikovanju potencijalnih izvora smetnji.
- Instalacija i konfiguracija – Proces instalacije obuhvata podešavanje bazne stanice i CPE uređaja, konfigurisanje mrežnih parametara i sprovođenje testova kako bi se osigurala optimalne performanse. CPE antena se postavlja tako da se omogući optička vidljivost sa baznom stanicom. Vrš se konfigurisanje parametara rutera za efikasno upravljanje lokalnim mrežnim saobraćajem. Instalacija bi trebalo da bude brza i efikasna, a u nekim scenarijima se može postići za samo 24 sata.

5. 5G FWA KAO REŠENJE ZA DOMAĆINSTVA

5G FWA je rešenje koje se sve više koristi za povezivanje domaćinstava na širokopojasnu mrežu i internet. Kompanija Ericsson je sprovedla analizu tržišta u cilju utvrđivanja procenta prihvatanja 5G FWA i tokom te analize bazirala se na grupe zemalja a koje se razlikuju po stepenu prisutnosti 5G mreža [7]. Prva grupa obuhvata zemlje sa minimalnim brojem ili bez 5G FWA (Indija, Nigerija, Indonezija, Brazil, Tajland, Meksiko, Malezija i Turska). Drugu grupu čine zemlje gde se 5G koristi u *best effort* režimu, odnosno kod korisnika se nalaze mobilni 5G uređaji za koje se ne može garantovati visok nivo kvaliteta usluge (Kanada, Nemačka, Japan, Češka Republika, Velika Britanija i Filipini). Treću grupu čine zemlje koje imaju razvijene 5G mreže i 5G koriste na naprednom nivou, pa korisnicima omogućavaju i *indoor* i *outdoor* CPE uređaje za koje garantuju brzinu prenosa (Oman, Norveška, SAD, Kraljevina Saudijska Arabija (SSA) i Australija).

Istraživanje je sprovedeno onlajn, između avgusta i oktobra 2023. godine. Ankete su sprovedene sa 23.700 ispitanika starosti između 15 i 65 godina, koji žive u domaćinstvima gde se intern et koristi svakodnevno. Ispitanici su ili donosioci odluka sa uticajem na povezanost svog domaćinstva ili sa opštim znanjem o korišćenju interneta od strane drugih članova njihovog domaćinstva . Studija je ekvivalentna globalnoj reprezentaciji 370 miliona domaćinstava u kojima živi 1,2 milijarde ljudi [7].

Pet zaključaka izvedeno je iz analize [7]:

- Oni koji probaju 5G FWA, biraju ga glavnu širokopojasnu vezu domaćinstava – Kako su performanse 5G mreže uporedive sa optičkim kablovima, to motiviše domaćinstva koja su isprobala, testirala i dokazala prednosti 5G FWA da se odluče za ovaj pristup kao glavni, pri čemu njih 7 od 10 se dolučuje za 5G FWA kao potpunu zamenu za svoj prethodni način povezivanja.
- Težnja ka zadovoljavajuće velikoj brzini – Ključni pokretač za domaćinstva kada se odlučuju za FWA je potreba za velikom brzinom. Međutim, jedno od tri domaćinstva veruje da je žična veza superiornija od bežične u pogledu brzine , što je prepreka usvajanju FWA i ukazuje na potrebu da se obezbede obećane brzine FWA ponuda
- Praktičnost je glavna prednost FWA-a – Mnoga domaćinstva ukazuju da FWA nadmašuje žična rešenja za povezivanje u smislu fleksibilnosti , prilagođavanja i lakoće instalacije , pri čemu je praktičnost značajna ključna prednost FWA-a.
- Šest različitih segmenata za prihvatanje FWA – Domaćinstva koja izražavaju interesovanje za FWA nisu homogena u smislu svojih potreba. Na karakteristike segmenata, koji su uočeni na svim tržištima , utiču preovlađujući tržišni uslovi i sociodemografske situacije domaćinstava . Postoje urbana i ruralna, sa različitim brojem članova domaćinstva i različitim starosnih grupa, sa različitim svrhama povezanosti sa internetom i drugo. Navodi se širok spektar zahteva pri razmatranju FWA. To se ogleda u šest segmenata zasnovanih na potrebama domaćinstava, a to su: zadovoljavajuća cena za zadovoljavajuću uslugu, želja da se sve telekom usluge dobiju od jednog provajdera, pouzdanost veze, velika brzina, želja za paketom usluga, fleksibilnost i jednostavnost omogućavanja usluge.
- Raznovrsnost ponuda FWA usluga – Predlažu se tri ponude , koristeći prilagodljivost FWA , koje pružaoци usluga treba da razmotre: ponude zasnovane na vrednosti , pogodne za segmente domaćinstava osetljive na cenu , ponude zasnovane na performansama , preporučene za domaćinstva kojima je prioritet nadogradnja trenutnih ponuda povezivanja, ponude zasnovane na prilagođavanju , preporučene za domaćinstva koja više vole da budu u mogućnosti da prilagode svoje ponude.

6. 5G FWA PONUDA U SVETU

5G FWA pristupi mreži omogućeni su na svim kontinentima i predstavljaju najpopularniju 5G uslugu nakon mobilnog širokopojasnog pristupa (MBB – *Mobile BroadBand*), prema kompaniji Ericsson koja je sprovedla i više istraživanja o perspektivama FWA, a poslednje rezultate objavila je u

seriji članaka pod nazivom *Fixed Wireless Access handbook 2025*. Posmatrajući po regionima, uključujući izveštaje operatora i regulatora o upotrebi 5G FWA, postoje neke varijacije u korišćenju 5G FWA [8].

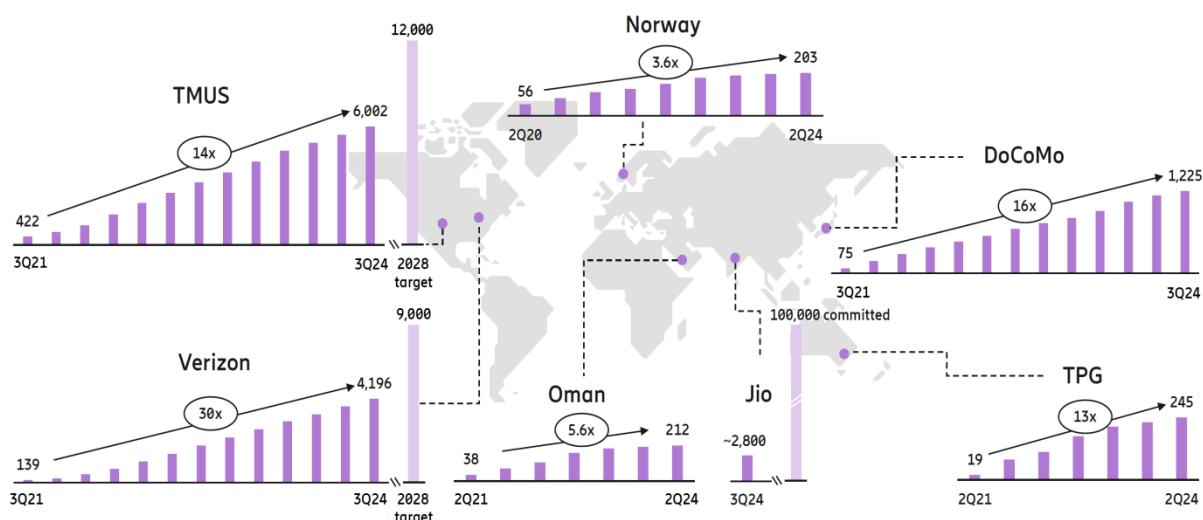
U Severnoj Americi, kompanije Verizon i T-Mobile izveštavaju o velikom porastu broja 5G FWA konekcija, a zajedno implemetiraju oko 800.000 konekcija po godišnjem kvartalu. T-Mobile i Verizon su postavili cilj da do 2025. godine dostignu 7-8 miliona, odnosno 4-5 miliona FWA konekcija, respektivno. Nakon što su dostigli ovaj cilj pre roka, sada su revidirali svoje ciljeve za 2028. godinu na 12 miliona konekcija, odnosno 8-9 miliona konekcija, respektivno (Slika 1).

Iako mnogi provajderi usluga pokreću 5G FWA u Evropi, rast tržišta je koncentrisan u određenim regionima (kao što su nordijske zemlje, Italija i Velika Britanija). Neke grupe operatora, uključujući Telenor Norway, iskoristile su 5G FWA za deaktivaciju svojih bakarnih mreža.

Na Bliskom istoku, takođe se uočava porast broja pretplatnika 5G FWA, posebno u UAE, Omanu (TRA, nacionalni regulator telekomunikacija Omana, izveštava o 5G FWA konekcijama) i Saudijskoj Arabiji. Na nekim od ovih tržišta, provajderi usluga aktivno prodaju kućna internet rešenja zasnovana na optičkim vlaknima ili 5G FWA, kao i opciju migriranja 4G FWA veze na 5G FWA.

5G FWA je prisutan u Japanu, gde DoCoMo izveštava o solidnom rastu 5G FWA veza od pokretanja usluga krajem 2021. godine. U Australiji, snažan rast 5G FWA prijavljuju svi provajderi usluga, uključujući Telstra, Optus, NBN i TPG, pri čemu je ovaj drugi dostigao skoro 250.000 veza tokom 2024. godine.

Bilo je nekoliko lansiranja 5G FWA na tržištima u razvoju – širom Latinske Amerike, Bliskog istoka i Afrike i Azije i Pacifika – gde bi veliki broj nepovezanih i nedovoljno usluženih domaćinstava mogao imati koristi od brzog i pouzdanog širokopolasnog interneta koji pruža FWA. Među tržištima u razvoju sa nedavno pokrenutim 5G FWA, indijska kompanija Reliance Jio ima ambiciju da poveže milion domova svakog meseca sa 5G FWA AirFiber mrežom, a takođe se obavezala da ukupno poveže 100 miliona domova i malih i srednjih preduzeća sa 5G FWA. Ova najnovija objava nije važna samo za Indiju, već i za celokupno 5G FWA tržište.



Slika 1 – Broj postojećih konekcija u projekcija u budućnosti nekih provajdera 5G FWA usluga (u hiljadama) [8]

7. ZAKLJUČAK

5G FWA ima mogućnost da fundamentalno promeni način pristupa širokopolasnim servisima domaćinstvima i poslovnim korisnicima putem naprednih bežičnih mreža umesto tradicionalnih žičnih veza. 5G FWA nudi brzine na nivou gigabita u sekundi, ultranisku latenciju i veliki kapacitet, što

postize korišćenjem milimetarskog talasnog spektra, masivnog MIMO-a i *beamforming*-om. Ove tehnologije omogućavaju FWA -u da parira optičkim vezama, podrži više istovremenih korisnika i pruži pouzdanu uslugu čak i u gusto naseljenim okruženjima. Njegova kontinuirana evolucija obećava dalje smanjenje jaza u povezivanju i omogućavanje novog digitalnog načina života za milione korisnika širom sveta.

Perspektiva 5G FWA je da postane jedan od glavnih stubova širokopojasnog pristupa internetu, posebno u kućnim uslovima, jer kombinuje visoke performanse, brzinu implementacije i ekonomsku efikasnost. Očekuje se da će 5G FWA igrati ključnu ulogu u digitalnoj transformaciji društva, omogućavajući pristup internetu velikom broju korisnika i podržavajući razvoj pametnih gradova, industrije i drugih digitalnih servisa.

8. ZAHVALNICA

Ovaj rad podržan je od strane Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, Departmana za energetiku elektroniku i telekomunikacije, u okviru projekta pod nazivom „Razvoj i primena savremenih alata i metoda istraživanja u energetici, elektronici i telekomunikacijama”.

9. LITERATURA

- [1] “Fixed Wireless Access”, Ericsson, <https://www.ericsson.com/en/fixed-wireless-access>, pristupljeno April 2025.
- [2] B. De Beelde, M. Vantorre, G. D. Castellanos, M. Pickavet, W. Joseph, “Network Modeling and Planning for Fixed Wireless Access Applications”, Posted: 22 Oct 2022, https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4255493, pristupljeno April 2025.
- [3] A. Mends Crentsil, “What is Fixed Wireless Access (FWA)?”, Netscout, February 2, 2024, <https://www.netscout.com/what-is/fixed-wireless-access-fwa>, pristupljeno April 2025.
- [4] B. Wallace, “Fixed Wireless Access: An Enterprise Broadband Alternative”, Network Computing, June 29, 2023, <https://www.networkcomputing.com/wireless-networking/fixed-wireless-access-an-enterprise-broadband-alternative>, pristupljeno April 2025.
- [5] D. Viorel, R. Sun, W. Keusgen, “Fixed Wireless Access Propagation Challenges”, SCTE TechExpo24, https://www.nctatechnicalpapers.com/Paper/2024/WLESS01_Viorel_6501_paper, pristupljeno April 2025.
- [6] “The Technical Specifications of Fixed Wireless Access”, Expero, October 10, 2024, <https://www.expereo.com/blog/fixed-wireless-access-technical-specifications>, pristupljeno April 2025.
- [7] Report, “Capturing the 5G FWA opportunity: A household view”, Ericsson, 2024, <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/consumerlab/reports/fixed-wireless-access-for-household>, pristupljeno April 2025.
- [8] Fixed Wireless Access handbook 2025, “FWA momentum: Unlocking economies of scale”, Insight 1 of 8, Ericsson, 2025.