

Analiza isplativosti uvođenja FTTH mreže u ruralnom području

Prtenjača, Marko

Master's thesis / Diplomski rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:434482>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -
Institutional Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Marko Prtenjača

**ANALIZA ISPLATIVOSTI UVOĐENJA FTTH
MREŽE U RURALNOM PODRUČJU**

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2015.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

DIPLOMSKI RAD

**ANALIZA ISPLATIVOSTI UVOĐENJA FTTH
MREŽE U RURALNOM PODRUČJU**

**ANALYSIS OF FTTH TECHNOLOGY
IMPLEMENTATION IN RURAL AREA**

Mentor: Zvonko Kavran, mag. ing. traff.

Student: Marko Prtenjača, 0135209354

ZAGREB, rujan 2015.

ANALIZA ISPLATIVOSTI UVOĐENJA FTTH MREŽE U RURALNOM PODRUČJU

SAŽETAK

Svrha istraživanja bila je istražiti isplativost uvođenja FTTH mreže u ruralnom području, odnosno u mjestu Sveti Petar na Moru. Cilj obrade navedene teme bio je istražiti moguće scenarije implementacije širokopojasnog pristupa primjenom FTTH usluge. Analizirani su različiti scenariji, poput povećanja cijene usluge, mogući broj korisnika itd. Za potrebe istraživanja proveda se anketa u mjestu Sveti Petar na Moru te se dobivenim podacima utvrdila zainteresiranost korisnika za uvođenje FTTH. Rezultati pokazuju da uvođenje FTTH mreže u mjestu Sveti Petar na Moru nije isplativo. Pokazalo se da ne postoje ekonomski održivi FTTH poslovni modeli, zbog prevelikih troškova FTTH pristupne mreže koji se ne mogu pokriti iz očekivanih prihoda po korisniku. U skladu s tim, može se zaključiti da implementacija FTTH mreže nije isplativa investicija općenito u svim ruralnim područjima.

KLJUČNE RIJEČI: FTTH, analiza, isplativost, ruralno područje

ANALYSIS OF FTTH TECHNOLOGY IMPLEMENTATION IN RURAL AREA

SUMMARY

The purpose of this study was to investigate the profitability of FTTH network implementation in a rural area, i.e. the village Sveti Petar na Moru. The goal of this paper was to explore potential scenarios of broadband access implementation by using FTTH service. Various scenarios were analysed, such as service price increase, possible number of users etc. For the purpose of this research, a survey was conducted in the village Sveti Petar na Moru, and the resulting data determined the interest of users for FTTH implementation. According to the results, the introduction of FTTH network in the village Sveti Petar na Moru is not profitable. It was shown that there are no economically viable FTTH business models due to the excessive cost of FTTH access network which cannot be covered from the expected profit per user. Accordingly, it can be concluded that FTTH implementation in rural areas in general is not a profitable investment.

KEYWORDS: FTTH, analysis, profitability, rural area

SADRŽAJ:

| | |
|--|----|
| 1. Uvod..... | 1 |
| 2. Vrste širokopojasnih pristupnih mreža..... | 3 |
| 2.1. Pristupna mreža izvedena bakrenom paricom..... | 7 |
| 2.1.1. HDSL | 10 |
| 2.1.2. SDSL..... | 10 |
| 2.1.3. ADSL | 11 |
| 2.1.4. VDSL | 12 |
| 2.2. Širokopojasni pristup putem koaksijalnog kabela..... | 14 |
| 2.3. Širokopojasni pristup putem satelita | 17 |
| 2.4. Mobilni širokopojasni pristup (LTE) | 19 |
| 3. Podjela FTTx mreže..... | 21 |
| 3.1. Osnovna podjela FTTH mreže | 21 |
| 3.2. FTTx mrežne arhitekture..... | 24 |
| 3.2.1. Optičko vlakno do kućanstva/stana Fiber To The Home(FTTH) | 25 |
| 3.2.2. Optičko vlakno do zgrade Fiber To The Building (FTTB)..... | 25 |
| 3.2.3. Optičko vlakno do pločnika Fiber to the Curb (FTTC)..... | 26 |
| 3.2.4. Optičko vlakno do ormarića/distribucijskog čvora Fiber to the Cabinet/Node..... | 27 |
| 3.3. FTTH topologija i tehnologija..... | 29 |
| 3.3.1. Point-to-multipoint | 29 |
| 3.3.2. Point-to-point | 30 |
| 3.4. Slojevi mreže..... | 33 |
| 4. Troškovi implementacije i poslovni modeli FTTH mreže | 35 |
| 4.1. Podjela Hrvatske u geotipove..... | 35 |
| 4.2. Troškovni model FTTH u ruralnom geotipu..... | 37 |
| 4.3. Poslovni modeli FTTH mreže | 39 |
| 4.3.1. FTTH pristupna mreža | 39 |
| 4.3.2. Geodemografska kategorije naselja..... | 40 |
| 4.3.3. Potražnja za uslugom | 40 |
| 4.3.4. Ekonomski pokazatelji | 40 |
| 5. Case study: Analiza isplativosti uvođenja FTTH..... | 42 |

| | |
|--|----|
| 5.1. Analiza zainteresiranosti korisnika za prihvat FTTH tehnologije | 42 |
| 6. Zaključak | 53 |
| Literatura | 54 |
| Popis kratica | 56 |
| Popis slika, tablica i grafikona | 60 |
| Popis slika | 60 |
| Popis grafikona..... | 60 |
| Popis tablica | 61 |
| Prilog - Anketni upitnik..... | 62 |
| Analiza zainteresiranosti za uvođenje FTTH mrežne usluge | 62 |

1. Uvod

S obzirom na rastuće potrebe korisnika za podatkovnim prijenosom veće brzine, FTTH tehnologija povoljnije je rješenje u odnosu na bakrenu paricu. Potreba korisnika za širokopojasnim internetom sve je veća, što je rezultat sve veće količine podataka na internetu, te time i sami korisnici žele veće brzine prijenosa podataka.

U predloženom diplomskom radu će se na temelju kriterija stupnja urbaniziranosti naselja, gustoće naseljenosti, prevladavajućem obliku stanovanja, površini mjesta u ruralnom području (Sveti Petar na Moru) provesti analiza isplativosti uvođenja FTTH mreže. Dosadašnja istraživanja pokazuju da je uvođenje FTTH mreže u urbanim područjima profitabilno u relativno kratkom roku (8 godina), dok je u ruralnim područjima njezino uvođenje teško isplativo zbog relativno male gustoće naseljenosti i manje potražnje za uslugama ovog tipa. Svrha istraživanja jest istražiti isplativost uvođenja FTTH mreže u ruralnom području. Cilj obrade navedene teme je istražiti moguće scenarije implementacije širokopojasnog pristupa primjenom FTTH usluge.

Obuhvatit će se različiti mogući scenariji, poput povećanja cijene usluge, mogućeg broja korisnika itd. Za potrebe istraživanja provest će se anketa u ruralnom području (mjesto Sveti Petar na Moru) te će se dobivenim podacima utvrditi zainteresiranost korisnika za pojedinom širokopojasnom tehnologijom kao jedan od kriterija.

Tema diplomskog rada je **Analiza isplativosti uvođenja FTTH mreže u ruralnom području**. Materija je izložena u 6 poglavlja.

1. Uvod
2. Vrste širokopojasnih pristupnih mreža
3. Podjela FTTx mreže
4. Troškovi implementacije i poslovni modeli FTTH mreže
5. Case study: Analiza isplativosti uvođenja FTTH
6. Zaključak

U drugom poglavlju će se opisati vrste širokopojasnih mreža, te na koji se način može ostvariti pristup širokopojasnih mreža.

U trećem poglavlju će se napraviti podjela FTTx mreže. Bit će podijeljena ovisno o fizičkom okruženju, načinu dovođenja optičkog vlakna do krajnjeg korisnika (FTTCab, FTTC, FTTB, FTTH). Također će biti opisana FTTH tehnologija i topologija te slojevi FTTH mreže.

U četvrtom poglavlju bit će opisani troškovi implementacije i poslovni modeli FTTH mreže.

U petom poglavlju će se ispitati isplativost uvođenja FTTH koja je temeljena na anketi provedenoj u Svetom Petru na Moru te će se uz pomoć dobivenih rezultata napraviti analiza troškova izgradnje FTTH mreže i analiza prihoda operatera po korisniku.

2. Vrste širokopojasnih pristupnih mreža

Brzim razvojem telekomunikacija odnosno prijenosa podataka također su se razvijale i različite tehnike da se taj prijenos ostvari. Sve češća potreba korisnika za većom količinom podataka dovodi stručnjake u poziciju da pomno i pažljivo izračunaju i odluče koja će se tehnika širokopojasnog pristupa najviše isplatiti u određenom području uzimajući u obzir okruženje u kojem se nalazi (broj korisnika po kvadratnom kilometru, tip građevina, itd.). Brzina prijenosa kod širokopojasnog pristupa od 1. siječnja 2015 iznosi minimalno 1Mbit/s, a vjerojatno će se i ta minimalna granica pomaknuti tijekom godina kako se budu povećavale brzine prijenosa.

Pristupna mreža krajnjim korisnicima omogućava povezivanje s jezgrenom mrežom preko koje pristupaju raznim uslugama. Lokalne petlje povezuju lokacije krajnjih korisnika usluge s lokalnim centralama. Tradicionalna pristupna mreža uglavnom se sastoji od kabela s neoklopljenim upletenim paricama (engl. *Unshielded Twisted Pair*, UTP). Proračun iz 2000. godine, koji je izradila tvrtka Paradyne, pokazuje da diljem svijeta približno 700 milijuna paričnih pretplatničkih linija povezuje rezidencijalne i poslovne korisnike s javnom komutiranom telefonskom mrežom PSTN (engl. *Public Switched Telephone Network*). Više od 95 % takvih lokalnih petlji sastoji se od jedne upletene parice koja podržava tradicionalnu fiksnu analognu govornu telefonsku uslugu POTS (engl. *Plain Old Telephone Service*) [8]. Pristupne mreže mogu biti izvedene na više načina, i to:

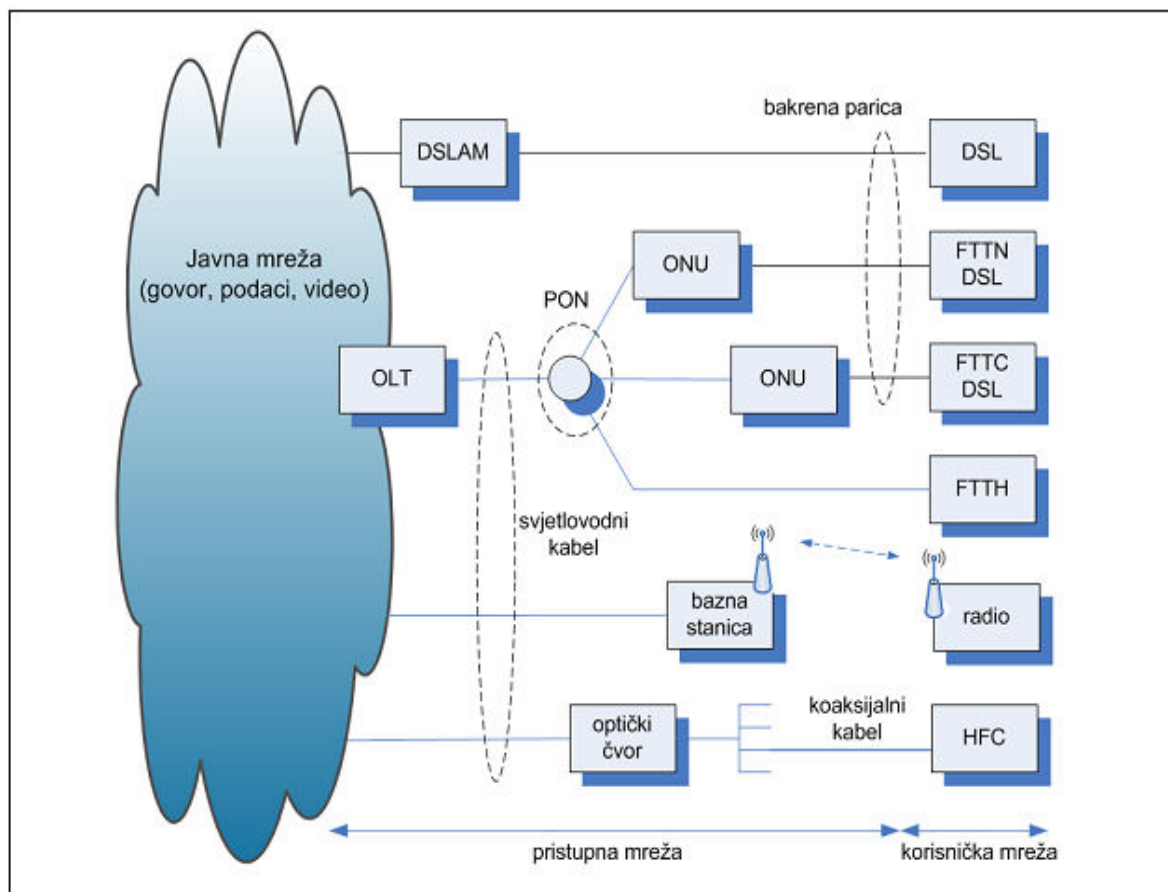
- pristupne tehnologije po bakrenim paricama DSL
- optičke pristupne tehnologije FITL (engl. *Fiber In The Loop*)
- pristupne tehnologije preko koaksijalnog kabela ili tehnologije po optičkoj parici i koaksijalnom kabelu HFC (engl. *Hybrid Fiber Coax*)
- bežične pristupne tehnologije WLL (engl. *Wireless Local Loop*)

Granica između pristupne i javne mreže nikad nije točno definirana zato što obje mreže često koriste slične ili iste tehnologije. IP usmjerivači i ATM komutatori najčešće pripadaju javnoj mreži, dok prijenosne tehnologije koje povezuju krajnje korisnike s javnom mrežom tvore pristupnu mrežu. U budućnosti se planira niz novih usluga vezanih za prijenos multimedijских informacija preko interneta. Kako se radi o velikom broju različitih aplikacija, postoji velika opasnost postojanja zatvorenih razvojnih platformi i nestandardnih rješenja.

Stoga je orijentacija svih proizvođača usmjerena prema definiranju zajedničkih polazišta i standarda. Iako se pristupne tehnologije razlikuju po fizičkim i topološkim osobinama, nekoliko svjetskih normativnih organizacija razvilo je referentne modele za pristupnu mrežu DAVIC (engl. *Digital Audio-Visual Council*) i ITU (engl. *International Telecommunication Union*), ATM Forum i drugi [9].

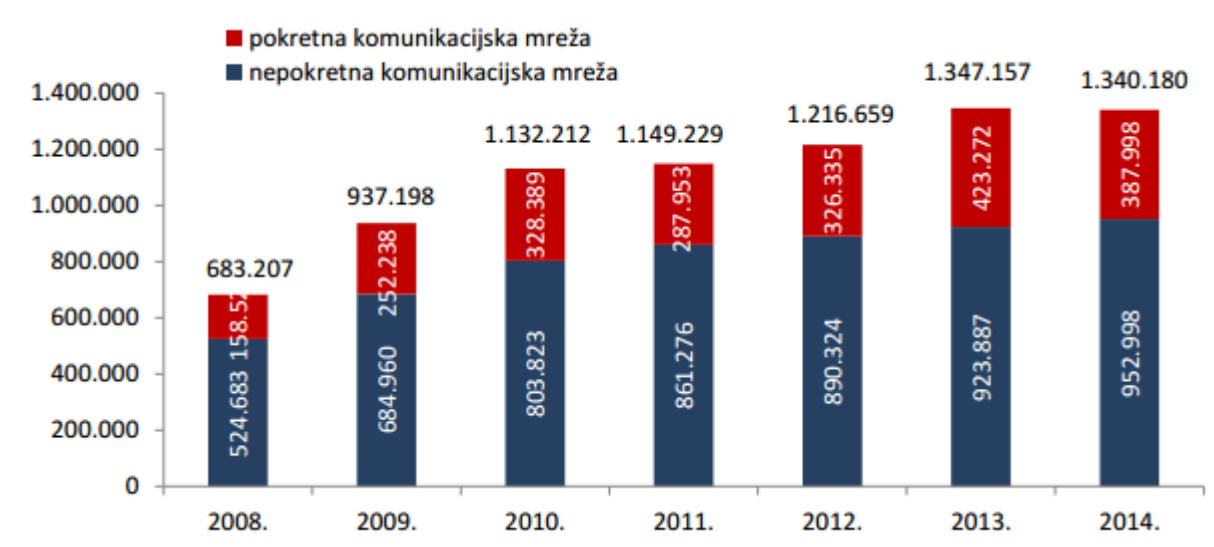
Svaki model je podijeljen u nekoliko cjelina, kao što je prikazano na slici 1.

- korisnička mreža (mreža korisničkih uređaja – nekoliko računala povezanih u lokalnu mrežu)
- pristupna mreža (infrastruktura koja povezuje korisničku mrežu s mrežom telekomunikacijskog operatera)
- prijenosna mreža (javna mreža)
- standardizirana sučelja između pojedinih nabrojanih cjelina



Slika 1. Tehnologije u širokopolasnoj pristupnoj mreži [8]

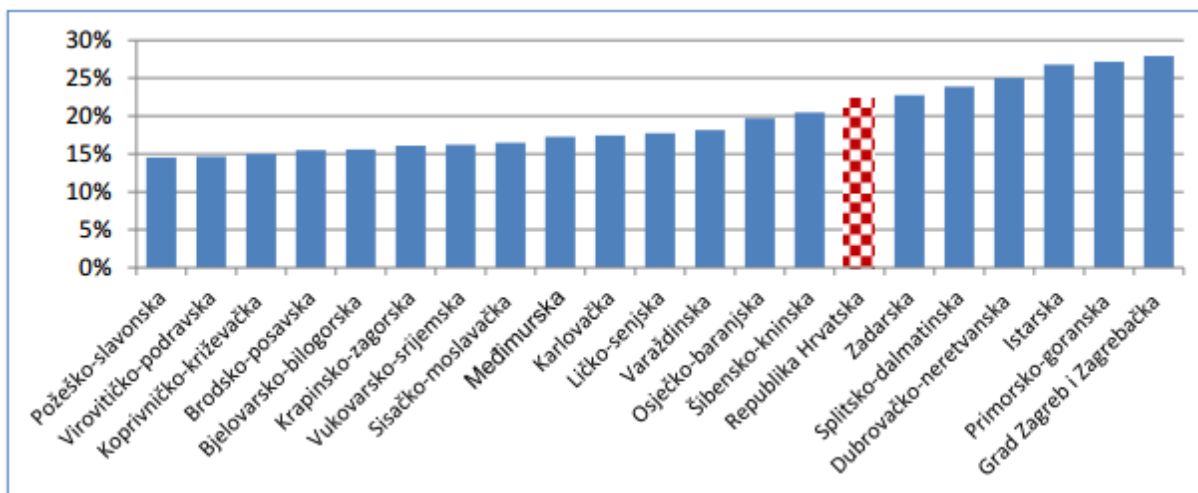
Prema podacima koje HAKOM¹ redovito prikuplja na tromjesečnoj razini broj priključaka širokopojasnog pristupa internetu putem nepokretne mreže na kraju 2014. iznosio je 952.182 što daje prosječnu gustoću širokopojasnih priključaka od 22,22 %. Ukoliko navedenoj brojci pribrojimo priključke širokopojasnog pristupa internetu putem pokretnih komunikacijskih mreža čija gustoća iznosi 9,06 %, te ako u obzir uzmemo pristup putem podatkovnih kartica i M2M (engl. *Machine-to-Machine*) korisnike, ukupna gustoća širokopojasnih priključaka u pokretnim i nepokretnim mrežama dosegla je na kraju 2014. 31,28 % kao što je prikazano na grafikonu 1.



Grafikon 1. Broj širokopojasnih priključaka u Republici Hrvatskoj [10]

U Republici Hrvatskoj je prisutna značajna regionalna neravnomjernost u broju i gustoći priključaka širokopojasnog pristupa internetu u nepokretnoj komunikacijskoj mreži. Najveća gustoća širokopojasnih priključaka zabilježena je u Gradu Zagrebu i Zagrebačkoj županiji, dok je najmanja gustoća zabilježena u Požeško-slavonskoj županiji (Grafikon 2.)

¹Hrvatska regulatorna agencija za mrežne djelatnosti



Grafikon 2. Raspodjela širokopojasnih priključaka po županijama [10]

Prema podacima prikupljenim upitnicima, krajnji korisnici u Republici Hrvatskoj uslugu širokopojasnog pristupa internetu² koriste na sljedeće načine:

- xDSL pristup putem bakrene parice³
- pristup putem pokretnih mreža (EDGE, UMTS, HSPA, LTE),
- pristup putem kabljskih mreža (KTV),
- nepokretni bežični pristup (Homebox usluga, WiMAX, Wi-Fi Hot-Spots),
- pristup putem iznajmljenih vodova (različito od xDSL pristupa putem bakrene parice,
- nepokretni bežični pristup te pristup putem svjetlovodnih kabela, pristup putem svjetlovodnih niti (FTTH), te
- pristup putem satelitskih veza.

²Za potrebe ove analize pod širokopojasnim pristupnim brzinama smatraju se dolazne brzine veće od 144 kbit/s. Do 1. siječnja 2015. univerzalnom uslugom širokopojasnog pristupa internetu u Republici Hrvatskoj smatrala se brzina prijenosa podataka od najmanje 144 kbit/s, dok u skladu s Pravilnikom o univerzalnim uslugama u elektroničkim komunikacijama od 1. siječnja 2015. univerzalnu uslugu predstavlja brzina prijenosa podataka od najmanje 1 Mbit/s.

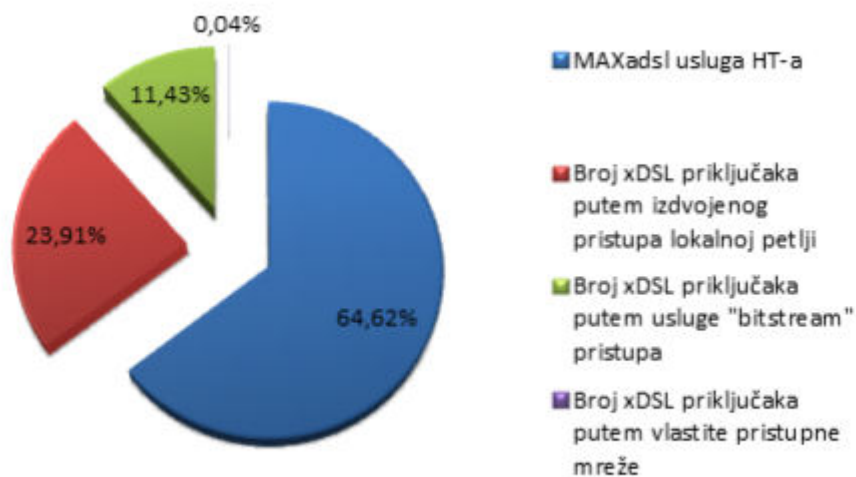
³ADSL, ADSL2, ADSL2+, VDSL, VDSL2

2.1. Pristupna mreža izvedena bakrenom paricom

xDSL pristup putem bakrene parice omogućava prijenos podataka većom brzinom u smjeru prema korisniku (*downstream*) i manjom prema ponuditelju usluge (*upstream*) te je primjeren za prijenos podataka velikim brzinama i pristup povezanim sadržajima, pri čemu prijenosna brzina ovisi o dužini i tipu parice. xDSL tehnologija na maloprodajnoj razini je primjerena za uporabu interneta i multimedijских usluga koje zahtijevaju veću širinu prema korisniku i manju u suprotnom smjeru. HAKOM nije posebno razmatrao ADSL pristup s obzirom da se VDSL može promatrati kao nadogradnja ADSL tehnologije u smislu većih prijenosnih brzina, jer VDSL tehnologija, a posebice VDSL2 tehnologija, na kraćim udaljenostima omogućuje veće brzine prijenosa podataka u odnosu na prijenos podataka putem ADSL tehnologije. Stoga se VDSL koristi u slučajevima kad su lokalne petlje već dovoljno kratke (do 1000m) ili se izvodi rekonstrukcija pristupne mreže na način da se bakrena parica skraćuje i zamjenjuje svjetlovodnim kabelom od glavnog razdjelnika do uličnog kabineta ili druge sabirne točke u nepokretnoj elektroničkoj komunikacijskoj mreži uz postavljanje DSLAM-a unutar uličnog kabineta ili neke druge sabirne točke. VDSL2 je prije svega specificiran kako bi podržao prijenos višekanalnog HDTV-a (engl. *High Definition Television*), videa na zahtjev VoD (engl. *Video on Demand*) i videokonferencija te prijenos govora putem internetskog protokola (VoIP). Dakle, VDSL2 predstavlja dobro rješenje za tzv. triple play usluge. Stoga, s porastom ponude sadržaja za koji je potreban širokopojasni pristup internetu te uz sve veću potražnju za uslugom IP televizije, raste potražnja korisnika za većim kapacitetima, odnosno prijenosnim brzinama širokopojasnog pristupa internetu pa bi se ADSL pristup mogao pokazati nedovoljno učinkovitim u situacijama u kojima je potreban istovremeni prijenos govorne telefonije, interaktivnog videa i brzih podatkovnih usluga između krajnjih korisnika i lokalne centrale. HT⁴ je krajem ožujka 2013. počeo pružati korisnicima usluge širokopojasnog pristupa internetu putem VDSL tehnologije na maloprodajnoj razini na način da je počeo nuditi iste dolazne i odlazne pristupne brzine kao i putem ADSL tehnologije, i to po istim cijenama kao i putem ADSL tehnologije. HT nije automatski migrirao korisnike na VDSL tehnologiju, već svakog novog korisnika za kojeg se traže samostalne usluge ili kombinacija usluga, a čije su dolazne brzine veće od 5 Mbit/s, HT realizira putem VDSL tehnologije ukoliko postoje uvjeti za realizaciju VDSL usluge.

⁴Hrvatski Telekom

Također, usluge putem VDSL tehnologije HT realizira postojećim širokopojasnim korisnicima za koje se traži promjena paketa tako da zbroj dolaznih brzina zatražene širokopojasne usluge iznosi najmanje 15 Mbit/s i zadovoljeni su uvjeti za VDSL realizaciju usluge. Nadalje, krajem 2014. HT je počeo nuditi VDSL brzine (pristupne brzine 20 Mbit/s i 30 Mbit/s) kao dodatne opcije na osnovnu brzinu u paketu ukoliko postoje tehničke mogućnosti za pružanje VDSL usluge navedenom korisniku, pri čemu korisnik ne plaća dodatnu naknadu u odnosu na ADSL brzinu. Dakle, HT je primjenu VDSL tehnologije u mreži primarno započeo bez ulaganja u pristupni dio mreže, odnosno bez skraćivanja bakrene parice, odnosno počeo je primjenjivati tamo gdje su mu bakrene parice dovoljno kratke. Tako HT-ov krajnji korisnik dolazne brzine od 20 Mbit/s, odnosno 30 Mbit/s može dobiti po istoj cijeni kao i ADSL pristup dolazne brzine od 4 Mbit/s, odnosno 10 Mbit/s. Stoga, ako promatramo samo ponudu HT-a, krajnjem korisniku je trenutno s cjenovne strane nevažno hoće li koristiti ADSL ili VDSL tehnologiju, s obzirom da navedeno ovisi o postojanju tehničkih mogućnosti. Također, i ostali operateri su počeli nuditi pakete čije se brzine temelje na VDSL tehnologiji. U Republici Hrvatskoj najveći broj bakrenih parica je u vlasništvu HT-a. Broj xDSL priključaka putem vlastite pristupne mreže ostalih operatera je zanemariv. Ostali operateri uslugu širokopojasnog pristupa internetu putem xDSL pristupa krajnjim korisnicima nude većinom putem HT-ovih veleprodajnih usluga: usluga izdvojenog pristupa lokalnoj petlji (LLU) s jedne strane i usluga bitstream pristupa (uključujući i naked bitstream; (n)BSA) s druge strane. Najveći broj krajnjih korisnika koji ostvaruju širokopojasni pristup internetu putem xDSL pristupa putem bakrene parice, i to njih 64,62 %, su korisnici MAXadsl usluge HT-a prikazano na grafikonu 3. Na tablici 1. prikazane su brzine pojedinih tehnologija [10].



Grafikon 3. Krajnji korisnici širokopojasnog pristupa internetu putem ADSL pristupa putem bakrene parice prema načinu pristupa [10]

Tablica 1. Brzine pojedinih tehnologija [19]

| Ime | Značenje | Protok | Način rada | Aplikacije |
|------|---|-------------------------|---------------------|---|
| DSL | Digital Subscriber Line | 160 kb/s | Duplex | ISDN, prenos govora i podataka |
| HDSL | High data rate Digital Subscriber Line | 2.048 Mb/s (1.544 Mpbs) | Duplex | T1/E1 servisi, WAN i LAN pristup |
| SDSL | Single line Digital Subscriber Line | 2.048 Mb/s (1.544 Mpbs) | Duplex | Isto kao HDSL uz opremu za simetričan pristup |
| ADSL | Asymmetric Digital Subscriber Line | 1.5 - 9 Mb/s (Down) | 16 - 640 kb/s (Up) | Pristup Internetu, udaljenom LAN-u, VoD |
| VDSL | Very high data rate Digital Subscriber Line | 13 - 52 Mb/s (Down) | 1.5 - 2.3 Mb/s (Up) | Isto kao ADSL uz prenos HDTV signala |

2.1.1. HDSL

HDSL (engl. *High-bit-rate Digital Subscriber Line*) tehnologija je razvijena u Sjevernoj Americi s ciljem da zamjeni postojeće T1 linije čiji je maksimalni domet od 1.5 km bez regeneratora predstavljao problem za instalaciju i održavanje. Nova tehnologija je omogućila prijenos na razdaljine do 5 km za paricu presjeka 0.5 mm uz to omogućujući veću otpornost na šum i bolje iskorištenje kanala. Prijenos se vrši preko dvije bakarne parice od kojih svaka prenosi pun duplex od dvanaest 64 kb/s kanala što s kontrolnim bitima čini protok od 784 kb/s. Slična ideja je realizirana u Europi za E1 standard korištenjem tri para provodnika za prijenos 2.32 Mb/s [19].

Nedugo zatim pojavio se tzv. two-pair HDSL s linijskim protokom od 1168 kb/s po svakom paru i neznatno manjim dometom. Donošenjem standarda od strane organizacija kao ETSI (ETSI ETR 152 i ETSI TS 101 135 za linijski interface), zatim ANSI u Sjevernoj Americi i ITU⁵ omogućen je daljnji razvoj ovih tehnologija. HDSL T1/E1 sustavi kao linijski kod koriste 2B1Q (two binary - one quaternary) čija shema (u literaturi poznata i kao 4-PAM odnosno 4-level Pulse Amplitude Modulation) omogućuje prijenos podataka dva puta većom brzinom od linijske [19].

2.1.2. SDSL

SDSL (engl. *Single-pair ili Symmetric High-bit-rate Digital Subscriber Line*) za prijenos koristi samo jednu paricu i to je osnovna razlika (i prednost) u odnosu na spomenute HDSL sustave. Ova tehnologija je orijentirana ka pojedinačnim pretplatnicima koji često na raspolaganju imaju samo jednu liniju. Imajući u vidu da SDSL podržava i istovremeni rad sa POTS-om na istoj liniji ovakvo rješenje je vrlo privlačno za ovu vrstu korisnika. SDSL je baziran na osnovnoj HDSL tehnologiji i koristi prijenos od 128 kb/s do 2.32 Mb/s. Kao logičan slijed razvija se Multirate SDSL koji omogućuje prijenos s protokom u zavisnosti od kvaliteta kanala (dužina linije, presjek vodiča, nivo šuma itd.) i automatski se prilagođava novim radnim uvjetima.

Razvoj ADSL tehnologije koja na razdaljinama do 3 km (na kojima se koriste i SDSL/HDSL) omogućuje prijenos podataka protokom od 6 Mb/s učinio ih je neophodnim za

⁵ITU (International Telecommunication Union) – Međunarodna telekomunikacijska unija

pristup Internetu i drugim sličnim servisima. Međutim, iako ADSL omogućuje širok propusni opseg njegova asimetrična priroda ga čini neophodnim za poslovne i SOHO (engl. *small office, home office*) potrebe kao i za buduće korisničke usluge (rad od kuće, učenje na daljinu i slično). Poučene iskustvom Interneta koji je za nekoliko godina postao “omiljeni” medij za pristup tržištu i kupcima snabdijevajući ih svim potrebnim informacijama, velike organizacije i firme se odlučuju za Intranet kao rješenje problema unutrašnje komunikacije. Kao mogućnosti se javljaju rad od kuće, jednostavna interna komunikacija, pristup lokalnim bazama podataka, pristup javnim i privatnim (zatvorenim) mrežama, zatim video konferencije i mnoge druge usluge koje zahtijevaju simetričan prijenos (odnosno istu upstream i downstream brzinu) [19].

Isto tako ADSL ne podržava megabitske prijenose i POTS istovremeno, bez upotrebe tzv. splitera, a i tada je moguće prenijeti samo jedan glasovni kanal, dok s druge strane SDSL/HDSL omogućuje potpunu spektralnu kompatibilnost sa postojećim sustavima (POTS, ISDN, DDS) [13].

2.1.3. ADSL

ADSL konvertira postojeće parične telefonske linije u putove pristupa za multimedijalne i komunikacije s vrlo brzim protokom podataka. ADSL sustav povezuje ADSL modem na svakom kraju parice telefonske linije formirajući tri informacijska kanala – downstream kanal velike brzine, duplex kanal srednje brzine i POTS ili ISDN kanal. POTS kanal je odvojen filtrima od digitalnog modema, što garantira neprekidan POTS/ISDN servis, čak i ako ADSL ne uspije. Velike brzine kanala su u opsegu od 1.5 do 6.1 Mb/s, dok su duplex brzine u opsegu od 16 do 64 kb/s. Svaki kanal može biti podmultipleksiran do forme više kanala manje brzine, zavisno od sustava. ADSL modemi omogućuju brzine podataka u skladu sa sjevernoameričkom i europskom digitalnom hijerarhijom i mogu se kupiti sa različitim opsezima brzina i raznim mogućnostima. Minimum konfiguracije omogućuje 1.5 ili 2 Mb/s downstream i 16 kb/s duplex kanal; ostali omogućuju protoke od 6.1 Mb/s downstream i 64 kb/s u full-duplex-u. Danas su dostupni proizvodi sa downstream protokom do 8 Mb/s i duplex protocima do 640 kb/s. Downstream protoci podataka zavise od brojnih faktora, uključujući dužinu bakarne parice, debljinu njene žice, prisutnost tzv. “bridged tap”-ova i međusobnu interferenciju [14],[15].

Frekvencijski opseg koji se koristi za puni ADSL podijeljen je u tri dijela: opseg od 0 do 4 kHz je rezerviran za govornu telefoniju, dio između 25 kHz i 138 kHz za upstream podatke do Interneta, a ostatak opsega do 1.1 MHz za downstream podatke od ISP-a do korisnika. Razdvajanje podataka u različitim smjerovima se ostvaruje na dva načina: pomoću FDM i poništavanja eha (“*echo cancellation*”). FDM dodjeljuje jedan opseg za upstream, a drugi za downstream podatke. Downstream je zatim podijeljen vremenskim multipleksom na jedan ili više kanala velike brzine i na jedan ili više kanala male brzine.

Sada se kombiniraju dva tipa ADSL modema – CAP i DMT, koji se razlikuju po tome kako koriste linijsko kodiranje, odnosno kako moduliraju digitalni podatak po analognom nosiocu. ADSL modem je povezan na korisnički kraj samo jednom tehnologijom. Telefonski par žica je povezan na uređaj mrežnog sučelja NID (engl. *Network Interface Device*), gdje frekvencijski splitter, također poznat i kao POTS splitter, razdvaja niskofrekventne govorne signale od visokofrekventnih signala podataka. Telefonski izlazni port sučelja je povezan na postojeće telefonske žice. Izlazni port za podatke je povezan na ADSL modem, koji je zatim spregnut sa Ethernet mrežnom karticom sučelja instaliranom unutar PC-a. Frekvencijski splitter može biti van ili u okviru uređaja sučelja. Korišteni filtri mogu biti aktivni i pasivni. Ako su u pitanju pasivni filtri, niskopropusni filtri teže tome da budu nezgodni jer koriste velike komponente. Aktivni filtri zauzimaju manje prostora, ali ako dođe do prekida rada, mogu ugroziti intenzitet life-line telefonskog servisa [19].

2.1.4. VDSL

Sustavi koji su prethodno navedeni su namijenjeni pojedinačnim korisnicima ili grupi korisnika koja nema potrebe za velikim protokom. Za slučaj povezivanja udaljene LAN mreže, prijenosa višestrukih video kanala ili HDTV kanala bitski protoci nisu dovoljni. VDSL je namijenjen za tu kategoriju korisnika. Brzine koje su predložene za upotrebu u VDSL-u za downstream su izvedene iz brzine na kojima rade SONET i SDH mreže, 155.52 Mb/s, i to 51.84 Mb/s, 25.92 Mb/s i 12.96 Mb/s. Svaka od tih brzina ima određeni domet prikazan na tablici 2.

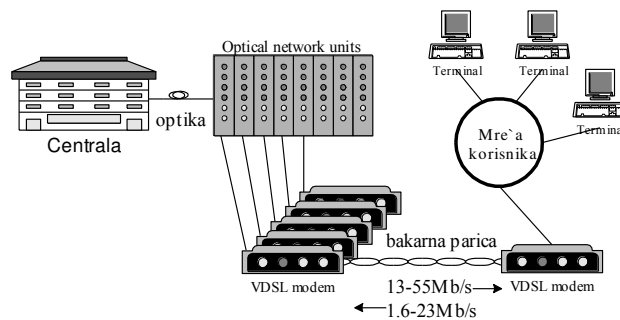
Tablica 2. Domet kod pojedinih brzina [19]

| <i>Bitska brzina</i> <i>[Mb/s]</i> | <i>Domet</i> <i>[m]</i> |
|---------------------------------------|----------------------------|
| 12.96 - 13.8 | 1500 |
| 25.92 - 27.6 | 1000 |
| 51.84 - 55.2 | 300 |

Za upstream brzinu predložene su sljedeće brzine:

- 1.6 - 2.3 Mb/s
- 19.2 Mb/s
- Jednaka downstream brzini

Na slici 2. prikazan je jedan primjer primjene VDSL modema. Ovakav pristup se naziva „optika do susjedstva“ (*Fiber To The Neighborhood, FTTN*). Optički kabel iz centrale dolazi do određene točke, tzv. „optičke mrežne jedinice“ (engl. *Optical Network Unit*) koja predstavlja multipleksor/demultipleksor i koja raspodjeljuje protok na linije na kojima su zakačeni VDSL modemi. Zatim se signal vodi preko bakrene parice do drugog modema i zatim na mrežu korisnika [19].



Slika 2. Primjer primjene VDSL modema [19]

2.2. Širokopojasni pristup putem koaksijalnog kabela

Pristup putem kabelskih mreža je širokopojasni pristup Internetu koji korisniku omogućava povezivanje upotrebljavajući koaksijalni kabel (ili putem hibridne svjetlovodno-koaksijalne mreže) kojim se ujedno razašilja i signal kabelske televizije. Iako je prvotna namjena kabelske mreže bila pružanje televizijskog sadržaja, danas sve više kabelskih operatera, pomoću određenih tehničkih preinaka na mreži, može svojim krajnjim korisnicima pružati javno dostupnu telefonsku uslugu i prijenos podataka. Širokopojasni pristup Internetu putem kabelskih mreža može se, osim samostalno, pružati i u kombinaciji s javno dostupnom telefonskom uslugom i/ili IPTV-om unutar posebno složenih paketa usluga koji su, prema prikupljenim podacima, sve popularniji među krajnjim korisnicima⁶. HAKOM je u ovom slučaju zauzeo isti stav kao i kod ADSL pristupa putem bakrene parice. Naime, neovisno što je naknada za pakete usluga veća od naknade za samostalni pristup, HAKOM smatra kako su samostalni pristup putem kabelskih mreža i pristup putem kabelskih mreža unutar paketa usluga sastavni dio istog mjerodavnog tržišta. Kao što je prethodno spomenuto, HAKOM smatra da će krajnji korisnici navedene pakete smatrati zamjenskim uslugama samostalnom pristupu iz razloga što znaju da se razlika u cijeni očituje u ostalim uslugama koje se nude unutar paketa usluga (javno dostupna telefonska usluga, IPTV), a ne u samoj usluzi širokopojasnog pristupa Internetu putem kabelskih mreža. Širokopojasni pristup Internetu putem kabelskih mreža osigurava prijenos podataka s približno jednakim brzinama kao i ADSL pristup putem bakrene parice. Tako je primjerice usluga maloprodaje širokopojasnog pristupa putem kabelskih operatera korisnicima u Republici Hrvatskoj dostupna po brzinama od 3 Mbit/s do 20 Mbit/s, uz mogućnost povećanja brzine do 32 Mbit/s⁷, dok je usluga maloprodaje širokopojasnog pristupa putem ADSL-a dostupan po brzinama od 4 Mbit/s do 20 Mbit/s⁸ [10].

Pristup Internetu putem kabelskih mreža funkcionira na principu dijeljene širine pojasa (engl. *bandwidth*). Naime, kabelski modemi su koaksijalnim kabelima povezani sa završnim sustavom CMTS (engl. *Cable Modem Termination System*) koji predstavlja sastavni dio

⁶Prema podacima iz upitnika oko 90 % priključaka putem kabelskih mreža nalazi se u nekom od paketa usluga, dok je samostalni širokopojasni pristup Internetu putem kabelskih mreža zastupljen s oko 10 %

⁷Podaci s Internet stranice B.net-a kao operatera s najvećim brojem priključaka putem kabelske mreže

⁸Podaci s Internet stranice HT-a kao operatera s najvećim brojem priključaka putem ADSL tehnologije

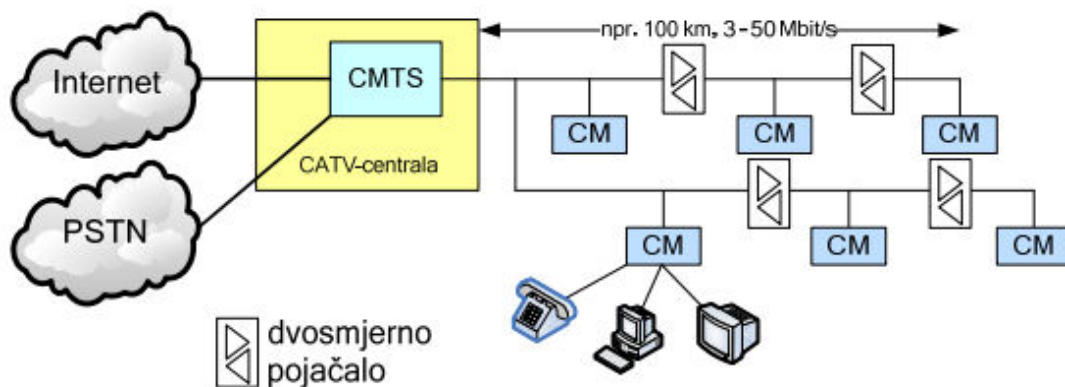
CATV-centrale operatera kabelske mreže. Iako je pomoću takve arhitekture moguće razašiljati signal kabelske televizije velikoj skupini krajnjih korisnika uz relativno mali broj kabela, prilikom korištenja kabelskih modema za pristup Internetu, svi korisnici koji su povezani s CMTS-om pomoću zajedničkog koaksijalnog kabela dijele ukupnu prijenosnu brzinu. Drugim riječima, svi korisnici iz iste ili nekoliko susjednih zgrada dijele isti kabel kojim su spojeni na centralni čvor, te tako dijele i isti frekvencijski segment (linijsku širinu) kojeg za komunikaciju koristi kabelski modem. Iz toga proizlazi činjenica da se može dogoditi da pojedini korisnik u određenom trenutku ne uspije postići maksimalnu brzinu ili da u trenutku veće opterećenosti kabelske mreže dolazi do pada prijenosnih brzina. U Republici Hrvatskoj, udjel krajnjih korisnika koji koriste uslugu širokopojasnog pristupa Internetu putem kabelskih mreža iznosio je krajem 2010. godine 5,35 %. Najveći kabelski operater B.net unutar tarifnog paketa kojim pruža zajedno javno dostupnu telefonsku uslugu i uslugu pristupa Internetu s dolaznom brzinom do 8 Mbit/s⁹, za cijenu od 160,30 kn daje korisnicima mogućnost neograničenog Internet prometa i neograničene pozive prema svim nacionalnim nepokretnim mrežama [10].

HAKOM smatra da operater koji nudi širokopojasni pristup Internetu putem ADSL pristupa putem bakrene parice ne može profitirati povećanjem cijena svojih usluga za 5 do 10 % iz razloga što će korisnik širokopojasni pristup Internetu početi ostvarivati putem kabelskih mreža, ukoliko mu je isti dostupan. Nadalje, HAKOM se slaže sa smjernicom Europske komisije koja naglašava da je korisnik indiferentan prema tehnologiji koja se koristi, u slučaju kada je dostupna alternativa (zamjena) pristupa i kada su usporedive cijene i funkcionalnost usluge pristupa putem kabelske mreže i ADSL tehnologije. HAKOM smatra kako se karakteristike i cijene usluga, kao i namjena korištenja pristupa putem ADSL tehnologije i putem kabelske mreže, mogu smatrati gotovo istovjetnima. Ovo ukazuje na činjenicu da će ih korisnici smatrati zamjenskim uslugama na strani potražnje zavisno o dostupnosti i troškovima prelaska s jedne tehnologije na drugu. Slijedom navedenog, pristup putem kabelskih mreža, s obzirom na cjenovne i funkcionalne karakteristike, na maloprodajnom tržištu širokopojasnog pristupa Internetu predstavlja zamjensku uslugu ADSL pristupu putem bakrene parice [10].

Širokopojasni pristup Internetu koaksijalnim kabelima realizira se s pomoću kabelskih modema CM (engl. *Cable Modem*). Kabelski modemi su koaksijalnim kabelima povezani sa

⁹Najniža oglašavana brzina kod B.net-a u 2D paketu

završnim sustavom CMTS koji predstavlja sastavni dio CATV centrale (head- end) operatera kabela mreže (Slika 15). Domet sustava može biti vrlo velik zahvaljujući uporabi pojačala. Iako je na taj način moguće razašiljati signal kabela televizije (CATV) velikoj skupini krajnjih korisnika uz relativno mali broj kabela (jedan CMTS može posluživati i do 2000 korisnika po jednom TV kanalu), prigodom korištenja kabela modema za pristup Internetu svi korisnici koji su povezani sa CMTS-om s pomoću zajedničkog koaksijalnog kabela dijele ukupnu prijenosnu brzinu. Osim toga, u kabela mreži s dijeljenim pristupom intenziviran je problem sigurnosti, odnosno privatnosti komunikacije što je i prikazano na slici 3 [3].

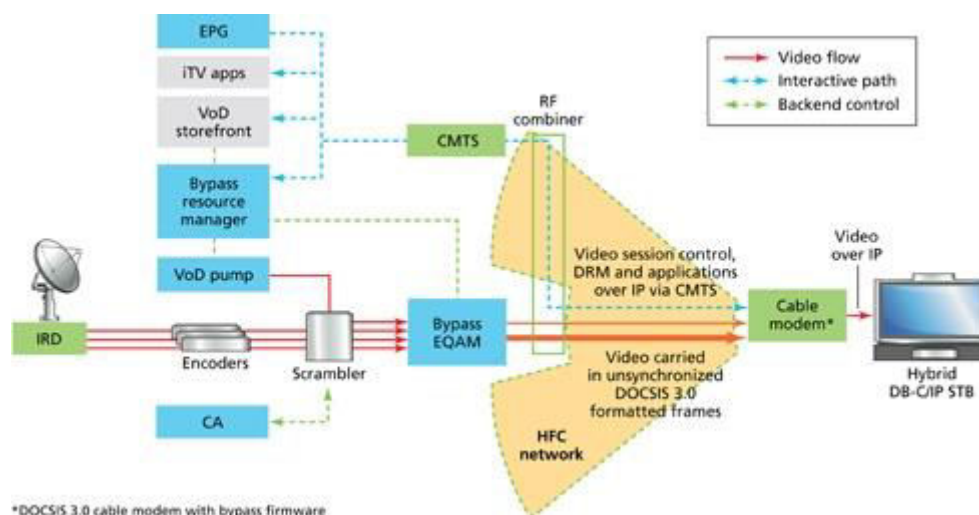


Slika 3. Osnovna arhitektura pristupa Internetu kabela modemima [3]

Kabela modemski sustav (CMTS) je komponenta koja zamjenjuje digitalni signal s kabela modemom u kabela mrežama. Kabela modem je sustav koji se nalazi u središtu za kabela televiziju.

Kabela televizija način je distribucije televizijskog programa putem kabela, tipično putem bakrenog koaksijalnog kabela (od 1936. godine u Velikoj Britaniji) ili optičkim kabela - svjetlovodima.

Podatkovna usluga isporučena pretplatniku kroz kanale u koaksijalnom kabela ili optičkom kabela na kabela modem instaliran izvana ili iznutra na pretplatnikovo računalo ili televizor. Jedan televizijski kanal koristi se za odašiljanje signala iz kabela u modem na CMTS-u , a drugi kanal koristi se za primanje signala iz CMTS-a na kabela modema. Kada CMTS prima signale iz kabela modema, pretvara ove signale u Internet Protokol (IP) pakete , koji se zatim šalju na IP usmjerivač za prijenos preko Interneta. Kada CMTS šalje signale na kabela modem, modulira odlazne signale za transmisiju preko kabela u kabela modem. Svi kabela modemi mogu primiti i slati signale na CMTS, ali ne i na ostale kabela modeme na liniji, kao što je prikazano na slici 4. [16].



Slika 4. IP video putem CMTS-a [16]

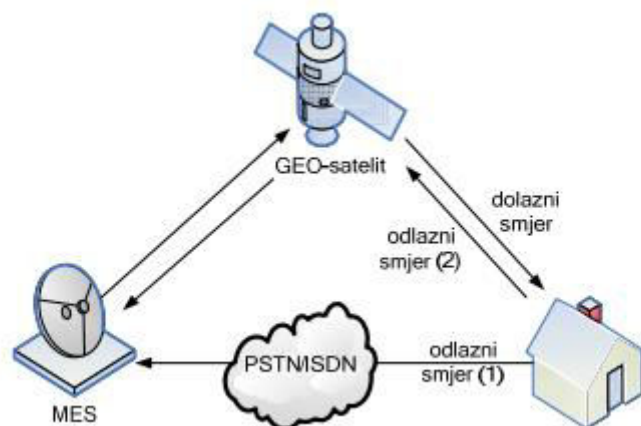
2.3. Širokopojasni pristup putem satelita

Usluga širokopojasnog pristupa Internetu putem satelitskih veza nije primjenjiva za povezivanje gdje god postoji alternativno rješenje. Naime, satelitske veze su iskoristive u slučajevima kada je potrebno realizirati vezu tamo gdje ne postoji zemaljska infrastruktura. Međutim, zbog velike udaljenosti koju mora preći signal, kod starijih satelitskih tehnologija dolazilo je do očitih kašnjenja u komunikaciji. Iako su protekom vremena i razvojem tehnologije inicijalna kašnjenja smanjena u velikoj mjeri, ista i dalje nisu u potpunosti uklonjena. U skladu s navedenim, za lokacije gdje je širokopojasni pristup Internetu putem satelitskih veza jedino rješenje, korisnici na raspolaganju mogu imati jedino ograničen skup Tržište maloprodaje širokopojasnog pristupa Internetu Test tri mjerila rujan 2011. 26 usluga malih zahtjeva za propusnošću i koje se ne odvijaju u stvarnom vremenu, dok su aplikacije poput videokonferencija neprimjenjive. Osim prethodno navedenog, širokopojasni pristup Internetu putem satelitskih veza u odnosu na ADSL pristup putem bakrene parice ima još nekoliko ograničenja koja onemogućavaju njihovu usporedivost. Naime, za razliku od tarifnih paketa putem ADSL pristupa putem bakrene parice, korisnik širokopojasnog pristupa Internetu putem satelitskih veza nema mogućnost odabira paketa s neograničenim prometom. S obzirom da većina korisnika danas koristi pakete s neograničenim prometom [10].

HAKOM smatra da usluga širokopojasnog pristupa Internetu putem satelitskih veza nije zamjenska usluga ADSL pristupu putem bakrene parice. Slijedom svega navedenog, HAKOM ne smatra navedenu tehnologiju zamjenskom uslugom ADSL pristupu putem bakrene parice. Međutim, HAKOM će promatrati daljnji utjecaj navedene usluge na tržište širokopojasnog pristupa Internetu [10].

Postoje razna rješenja za realizaciju širokopojasnog pristupa Internetu uporabom satelitskog prijenosa. Velik dio utemeljen je na tehnologijama kao što su: DVB-RCS (engl. *Digital Video Broadcast with Return Channel via Satellite*) i DVB-RCT (engl. *Digital Video Broadcast with Return Channel Terrestrial*). Kao što im i naziv govori, DVB sustavi su primarno namijenjeni razaslanju videa, ali se satelitski kanali mogu iskoristiti i za povezivanje s Internetom. U vrijeme dok su se satelitske komunikacije rabile isključivo za slanje TV signala prema korisnicima, "povratni" put nije niti bio aktualan. Međutim, uvođenjem pristupa Internetu javlja se problem realizacije prijenosa signala u smjeru od krajnjih korisnika prema mreži. U konceptu DVB-RCS povratni je put realiziran također satelitski. Za takav se sustav često govori da rabi dvosmjernu satelitsku vezu (engl. *two-way satellite*). Nasuprot tome, u konceptu DVB-RCT povratni je put realiziran zemaljskom vezom, tj. preko biranih linija, NISDN-om ili nekom drugom opcijom [3].

Pored DVB-a, za realizaciju širokopojasnog pristupa Internetu rabe se i VSAT sustavi (engl. *Very Small Aperture Terminal*). VSAT sustavi se sastoje od tri komponente: VSAT stanice krajnjeg korisnika, glavne zemaljske VSAT stanice (engl. *Master Earth Station, MES*) i geostacionarnog (GEO) satelita. Većina satelitskih sustava krajnjim korisnicima nudi brzine u rasponu od 64 kbit/s do 2 Mbit/s. Satelitski se prijenos smatra najkvalitetnijim rješenjem za udaljene korisničke lokacije (ruralna područja), iako je cijena satelitskih veza visoka i stoga ovaj način prijenosa nije konkurentan drugim pristupnim tehnologijama (slika 5.) [3].



Slika 5. Satelitski pristup s povratnim kanalom (1) kroz PSTN/N-ISDN ili (2) realiziranim satelitskom poveznicom [3]

2.4. Mobilni širokopolasni pristup (LTE)

LTE (engl. *Long Term Evolution*) je na početku zamišljena kao nadogradnja 3G tehnologije. Usavršavanjem tehnologije razvijena je naprednija verzija LTE standarda, pod nazivom LTE Advanced te je ona prihvaćena kao mreža 4. generacije. Brzine prijenosa LTE mreže kreću se od 173 Mb/s (download) i 58 Mb/s (upload), što je znatno brže od postojećih mreža. Međutim, ove brojke predstavljaju situaciju u idealnim uvjetima, dok su u praksi brojke drukčije [21].

Prednosti tehnologije LTE u odnosu na ranije mobilne tehnologije prijenosa podataka su: efikasnije iskorištavanje spektra, povećavanje kapaciteta sustava, znatno manje kašnjenje (ispod 5 ms, što je odlično za stvarnovremenske usluge i usluge *streaminga*), manji troškovi, osiguravanje najmanje 200 istovremenih razgovora u spektralnom opsegu od 5 MHz. Veličina kanala može se skalabilno podešavati od 1,25 MHz do 20 MHz ovisno o potrebama korisnika za propusnim opsegom i količinom podataka. Efikasno korištenje spektra je postignuto korištenjem naprednih MIMO antena (engl. *Multiple Input/ Multiple Output*). LTE je prilagođen za korisnike u pokretu, ima odlične performanse kod srednjih brzina (do 120 km/s) a veza se čak može održavati i kod brzina od 300 km/s. LTE se može održati sa već postojećim standardima GSM i 3G, koristi isti ili novi spektar, čak može koristiti i iste GSM bazne stanice i nije potrebna nova oprema [22].

LTE mreže u Hrvatskoj rade na spektru od 1800 i 2600 MHz. Domet tih frekvencija je puno lošiji od valova na nižim frekvencijama. To znači da se pokrivenost uglavnom svodi na najveće gradove unutar Hrvatske.

HAKOM je 2012. godine objavio da je dodijelio frekvencijsko područje od 791-821 i 832-862 MHz (“digitalnu dividendu” – spektar od 700 i 800 MHz) tele-operaterima na korištenje do 2024. god. Ovaj spektar, koji se oslobodio ukidanjem analognog TV signala, pogodan je za uvođenje LTE mreže u ruralna i slabije naseljena područja, što će omogućiti mnogostruko veće brzine veze i na ovim područjima [21].

3. Podjela FTTx mreže

FTTH mreža predstavlja pristupnu mrežu baziranu na optičkom vlaknu, povezivanje velikog broja krajnjih korisnika u centralnu (središnju) točku poznatu kao pristupni čvor ili POP (engl. *Point Of Presence*). Svaki pristupni čvor sadrži nužnu elektroničku prijenosnu (aktivnu) opremu za pružanje zahtjeva i usluga do krajnjeg pretplatnika, koristeći optičko vlakno. Svaki pristupni čvor u velikom mjestu ili regiji povezan je s još većom gradskom ili urbanom optičkom mrežom [1].

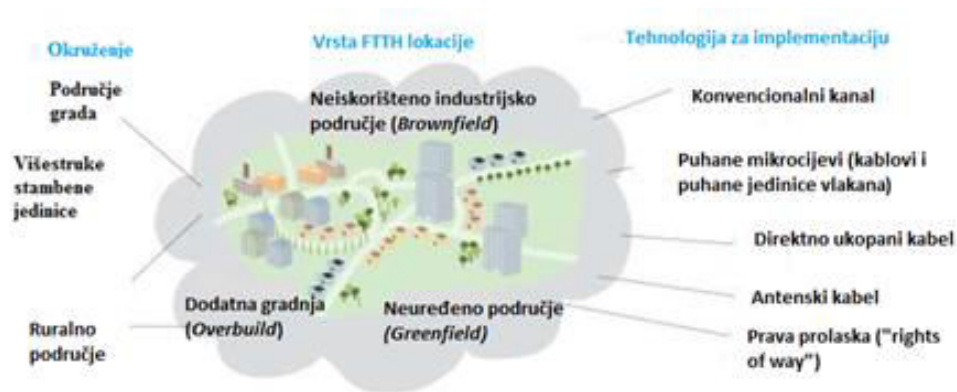
3.1. Osnovna podjela FTTH mreže

Pristupne mreže se mogu povezati na sljedeće načine:

- Fiksim bežičnim mrežnim antenama - bežična LAN (engl. *Local Area Network*) mreža ili WiMAX (engl. *Worldwide interoperability for Microwave Access*)
- Pokretne mrežne bazne stanice
- Pretplatnici u SFU (engl. *single family units*) ili MDU (engl. *multi-dwelling units*)
- Veće građevine kao što su škole, bolnice i poduzeća [1]

Okruženje FTTH mreže

Dostavljanje optičkog vlakna bliže krajnjem korisniku može zahtijevati da se infrastruktura optičkog vlakna nalazi na javnim i/ili privatnim zemljištima i unutar javnih i/ili privatnih zemljišta, kao što prikazuje slika 6.



Slika 6. Tip lokacije uvođenja FTTH [1]

Fizičko okruženje se može se podijeliti na:

- područje grada
- otvoreni stambeni prostori
- ruralno područje
- tip građevine i gustoća

Ne samo da svako fizičko okruženje predstavlja različite gustoću stanovanja pretplatnika (po kvadratnom kilometru), već se u obzir trebaju uzeti i uvjeti određenog područja [1].

Priroda mjesta je ključni čimbenik u odlučivanju dizajniranja najprikladnije mreže i arhitekture. Vrste su sljedeće:

- „Greenfield“- novoizgrađeni objekti (zgrade, neboderi) gdje će mreža biti istovremeno instalirana u skladu nastanka objekta
- „Brownfield“- postojeći objekt je izgrađen, ali infrastruktura unutar objekta nije zadovoljavajuća
- „Overbuild“- dodavanje (izgradnja) na postojeću infrastrukturu

Glavni utjecaji na način implementacije infrastrukture su:

- vrsta FTTH mreže
- veličina FTTH mreže

- početni troškovi implementacije infrastrukture CAPEX ¹⁰(engl. *Capital Expenditure*)
 - troškovi rada za funkcioniranje mreže i održavanje OPEX (engl. *Operating Expenditure*)
 - mrežna arhitektura, primjerice PON (engl. *Passive Optical Network*) ili Active Ethernet
 - lokalni uvjeti, primjerice, lokalni troškovi rada, lokalna ograničenja vlasti (kontrola prometa)

Izbor metode i tehnologije implementacije vlakana će odrediti CAPEX i OPEX, kao i pouzdanost mreže. Ovi troškovi mogu biti optimizirani odabirom najprikladnije aktivnog rješenja u kombinaciji s najprikladnijom metodologijom implementacije infrastrukture. Te metode uključuju konvencionalne podzemne kanale i kablove, izravno ukopani kabel, zračni kabel i rješenje „prava prolaska“ (engl. *other rights of way*).

Ključni funkcionalni zahtjevi za FTTH mrežu uključuju:

- Pružanje visoke propusnosti usluga i sadržaja za svakoga pretplatnika
- Fleksibilno dizajniranu mrežnu arhitekturu sa zadovoljavajućim kapacitetom za potrebe u budućnosti
- Izravnu veza vlakna od svakog pretplatnika izravno do aktivne opreme, osiguravajući maksimalni dostupni kapacitet za buduće zahtjeve usluga
- Podršku za nadogradnju i proširenje mreže u budućnosti
- Minimalno ometanje tijekom mrežne implementacije, promidžbu optičkih mreža od strane operatera i osiguravanje prednosti za FTTH pretplatnike [1]

¹⁰Početni troškovi implementacije infrastrukture

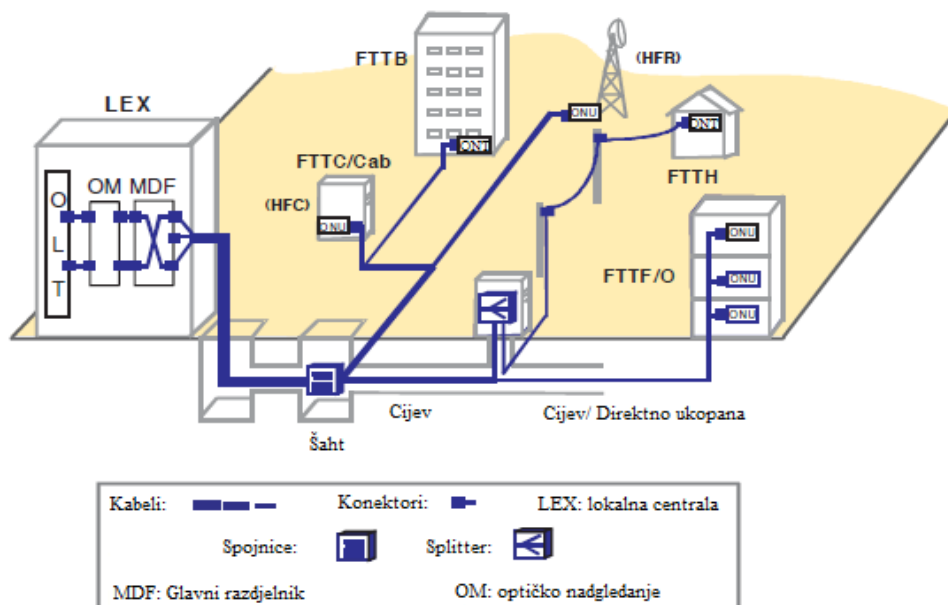
3.2. FTTx mrežne arhitekture

Zbog sposobnosti postizanja velikih brzina i dometa prijenosa, optička vlakna pokazala su se kao najbolja opcija za širokopojasni pristup. Visoka cijena i regulatorni zahtjevi prepreka su za uvođenje FTTx tehnologije. Oni zahtijevaju iscrpne i skupe intervencije u kabelsku infrastrukturu, što rezultira povećanjem troškova realizacije pristupne mreže, a time i povećanjem cijene usluga [2].

Varijacije od prije spomenutih mrežnih arhitektura ovise o broju vlakana, položaja razdjelnika (točaka grananja) i lokalne centrale. Odabir prave mrežne arhitekture često dovodi do rasprava jer često ne postoji jasan pobjednik u današnjem tržištu različitih arhitektura, uzimajući u obzir različite zahtjeve operatera, način poslovanja i tehničke prioritete (slika 7.) [1].

Postoje različiti načini postavljanja optičkih kabela u pristupnu mrežu, te razne tehnologije koje kombiniraju optičko vlakno i bakrenu paricu, kao što su:

- Fiber to the Home (FTTH)
- Fiber to the Building (FTTB)
- Fiber to the Curb (FTTC)
- Fiber to the Cabinet (FTTCab)

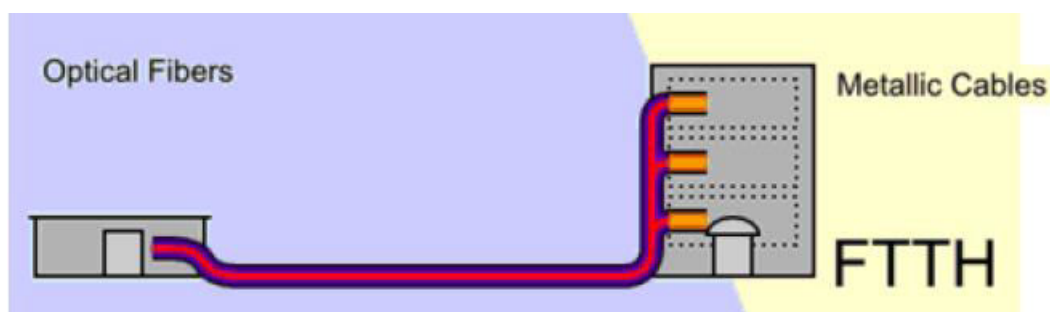


Slika 7. Mrežna arhitektura [18]

3.2.1. Optičko vlakno do kućanstva/stana Fiber To The Home(FTTH)

Fiber to the home (FTTH)-svaki pretplatnik povezan je s predviđenim mu vlaknom na priključak opreme u POP ili na pasivni optički razdjelnik, uporabom zajedničkog pritoka vlakna POP i 100BASE-BX10 ili 1000BASE-BX10 prijenosa za Ethernet tehnologije ili GPON (engl. *Gigabit Passive Optical Network*) ili EPON (engl. *Ethernet Passive Optical Network*) tehnologija u slučaju topologije točka-više točaka (engl. *point-to-multipoint*) [1].

FTTH sustavi koriste PON vrstu mreža, prenoseći na taj način signal od centrale do višestrukih korisnika uz pomoć 1:32 optičkog *splittera* (razdjelnika) koji se nalazi u 'pasivnom' kabinetu, koji nakon toga ide sve do mrežnog sučelja koje se nalazi izvan kuće. Analogni i digitalni signali prenose se na različitim valnim duljinama svjetlosti. Tako je downstream analognog signala prenošen na valnoj duljini od 1550nm, a digitalni na 1490nm. Upstream signali se prenose po istom vlaknu kao downstream signali, ali na valnoj duljini od 1310nm, te su spregnuti u vlakno preko sprežnih filtera na svakom kraju mreže. Upstream podatkovni signali su multipleksirani zajedno uz pomoć TDMA (engl. *Time Division Multiple Access*) metode gdje je svakom korisniku dodijeljen jedan ili više vremenskih odsječaka, kao što je prikazano na slici 8 [3].

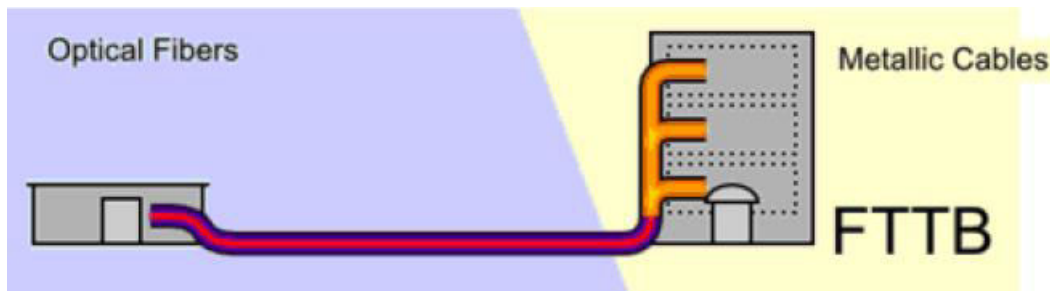


Slika 8. Prikaz optičkog vlakna do kućanstva (FTTH)[3]

3.2.2. Optičko vlakno do zgrade Fiber To The Building (FTTB)

Fiber to the Building (FTTB)- u svakoj zgradi nalazi se optička razvodna kutija (najčešće se nalazi u podrumu) koja je povezana s pripadajućim mu vlaknom u opremi iz POP ili optičkog razdjelnika koji koristi zajedničko vlakno sve do POP. Veza između pretplatnika i prekidača unutar zgrade nije veza optičkog vlakna, već je povezana bakrenom paricom i

uključuje neki oblik Ethernet prometa prilagođenog mediju dostupnom u vertikalnom kabliranju. U nekim slučajevima prekidači unutar zgrade nisu pojedinačno spojeni na POP, ali su međusobno povezani u lanac ili prstenastu strukturu kako bi se iskoristila postojeća vlakna raspoređena u određenim topologijama, prikazano na slici 9. To štedi vlakna i portove u POP. Koncept usmjeravanja vlakna izravno u kućanstva iz POP ili kroz korištenje optičkih razdjelnika dovodi nas natrag na scenarij FTTH [1].



Slika 9. Prikaz optičkog vlakna do zgrade (FTTB) [3]

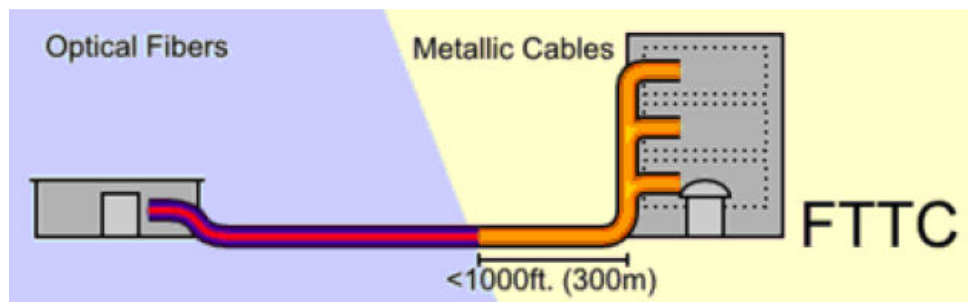
3.2.3. Optičko vlakno do pločnika Fiber to the Curb (FTTC)

Fiber to the Curb (FTTC) je telekomunikacijski sustav, petlja bazirana na optičkim kabelima koja služi za posluživanje nekoliko korisnika. Svaki od tih korisnika ima konekciju na FTTC optičku petlju preko koaksijalnog kabla ili upletene parice. Ako petlja poslužuje korisnike koji su udaljeni od *hotspota* barem 300 m, tada se takva optička arhitektura naziva Fiber to the Curb (FTTC).

Fiber to the Curb (pločnika) omogućava dostavu širokopojsnih usluga kao što je internet velikih brzina (engl. *High speed internet*). Komunikacijski protokoli velikih brzina kao što su širokopojsni kabelski pristup DOCSIS (engl. *Data Over Cable Service Interface Specification*) ili neke vrste DSL (engl. *Digital Subscriber Line*) tehnologija koriste se između kabineta (pločnika) i krajnjeg korisnika. Tako je kod FTTC-a tvrtke BellSouth (sada AT&T Southeast) vidljiva situacija da se nakon optičkog vlakna, 300 m do korisnika koristi bakrena linija uz korištenje VDSL2 tehnologije koja omogućava propusnost od 100Mbit/s do korisnika. Isto tako, brzina prijenosa podataka varira ovisno o trenutnom protokolu koji se koristi, te o tome koliko je korisnik udaljen od kabineta (pločnika) [3].

FTTC se znatno razlikuje od FTTN ili FTTP (sve su to verzije optičke petlje). Bitna razlika između optičkih petlji je mjesto postavljanja kabineta. Tako će FTTC kabinet biti

postavljen blizu 'pločnika' gdje će se optičko vlakno prostirati do vanjskog kabineta na udaljenosti od 300 do 600 m od korisnika, te kao *last mile* tehnologiju koristit će VDSL kao pristup korisniku, što se razlikuje od FTTH kabineta koji će biti postavljen znatno dalje od korisnika, i na kraju FTTH kabinet koji će biti postavljen na samoj lokaciji posluživanja usluge. Za razliku od konkurentne FTTH tehnologije, FTTC koristi postojeću koaksijalnu ili paričnu infrastrukturu koja omogućava tzv. *last mile* uslugu. Iz toga razloga realizacija Fiber to the Curb (FTTC) stoji manje. Međutim, isto tako ima manji potencijal propusnosti (*bandwidth potential*) od FTTH tehnologije (slika 10.).



Slika 10. Prikaz optičkog vlakna do pločnika (FTTC) [3]

3.2.4. Optičko vlakno do ormarića/distribucijskog čvora Fiber to the Cabinet/Node

Fiber to the Node (čvora) (FTTN), često zvan optičko vlakno do susjedstva (engl. *neighborhood*) ili optičko vlakno do ormara – kabineta (FTTCab), je telekomunikacijska arhitektura koja se temelji na optičkim kabelima koja je osmišljena za opskrbljivanje korisnika, odnosno susjedstva informacijama od TK ormara do kojeg se taj prijenos informacija obavlja preko optičkog vlakna. Korisnici se priključuju na taj ormar ili kabinet posredstvom standardnog koaksijalnog kabela ili upletene parice (engl. *twisted pair*). Radijus područja koje se obično poslužuje ovom vrstom optičke petlje manji je od 1500 m. Broj korisnika koji ova optička petlja može posluživati u danom području obično iznosi do nekoliko stotina korisnika.

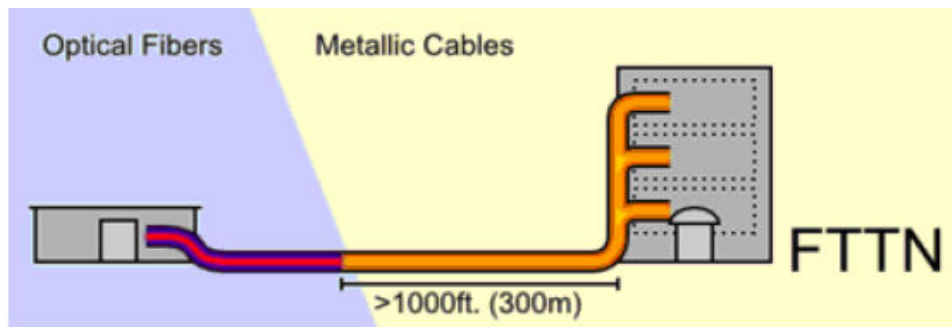
Fiber to the Node (čvora) omogućuje dostavu širokopojasnih (*broadband*) usluga kao što je internet velikih brzina protočnosti informacija (engl. *high speed internet*). Komunikacijski protokoli velikih brzina kao što su širokopojasni kabelski pristupi (DOCSIS) neke vrste DSL tehnologija se koriste između ormara – kabineta i krajnjeg korisnika.

Protočnost podataka, odnosno brzina, varira ovisno o komunikacijskom protokolu koji se koristi ili pak o tome koliko je korisnik udaljen od ormara (kabineta). Ako se za posljednju dionicu do korisnika koristi bakrena linija, što je obično i slučaj kod FTTN arhitekture, tada udaljeni DSLAM (engl. *Digital Subscriber Line Access Multiplexer*) tvori distribucijsku točku. On vrši prespajanja sa uličnim kabinetima, koji inače poslužuju grupu domova ili zgrada sa bakrenom vezom. U tzv. hibridnoj optičko-bakrenoj FTTN arhitekturi, za vezu ostvarenu upletenom paricom između korisnika i udaljenog DSLAM-a se obično koristi VDSL (engl. *Voice-over Digital Subscriber Line*) tehnologija.

ONU (engl. *Optical Network Unit*) mrežna jedinica koja se nalazi neposredno do DSLAM jedinice 'hrani' centralu povratnim signalima od korisnika preko optičkog linka koji je postavljen sve do centrale. Pored toga, u FTTN arhitekturi moguće je korištenje BPON+VDSL tehnologija ili GPON+VDSL2 tehnologija što je jedan od ciljeva tvrtke Verizon za realizaciju u FTTN arhitekturama. Ili, ako se koristi bežična komunikacija za posljednju dionicu do korisnika, antena tada tvori distribucijsku točku. Kod ove vrste konekcije WiMax stoji kao najveći obećavajući kandidat za FTTN realizaciju u hibridnom obliku optičko - bežične arhitekture. FTTN mreže uključuju one mreže koje omogućavaju DSL preko bakrene linije ili pak optičke mreže koje koriste Ethernet switcheve, sa brzinom od 100 Mb/s do korisnika. Kako se danas većina pristupne opreme temelji na Ethernetu, glavna razlika između aplikacija je u posljednjoj dionici do korisnika, koja se sastoji od bakrene linije i DSL modema u slučaju FTTN arhitekture bazirane na bakru ili pak od optičkog vlakna i medijskog pretvarača u slučaju Etherneta što se odnosi na FTTN arhitekturu baziranu na optici.

Za razliku od konkurentne Fiber to the Premises (posjeda) (FTTP) tehnologije, FTTN (slika 11.) može koristiti postojeću koaksijalnu ili paričnu infrastrukturu da omogući tzv. *'last mile'* odnosno posljednju milju prijenosa podataka do korisnika.

Baš iz tog razloga realizacija tehnologije Fiber to the Node (čvora) košta manje, te također ima manji potencijal frekvencijskog pojasa (engl. *bandwidth potential*) od FTTP-a (optičko vlakno do posjeda) [1].



Slika 11. Optičko vlakno do ormarića/distribucijskog čvora Fiber to the Cabinet/Node[3]

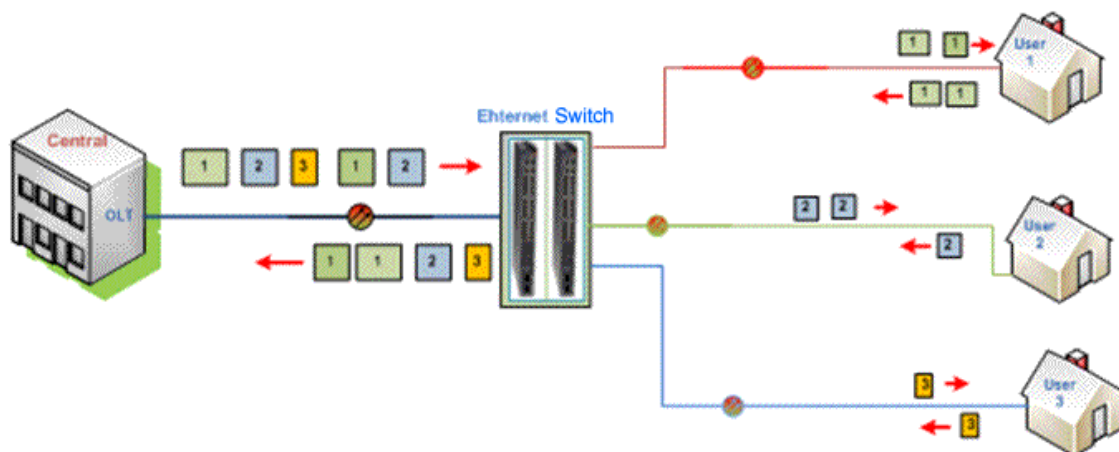
3.3. FTTH topologija i tehnologija

Arhitektura mreže odnosi se na projektiranje komunikacijske mreže i pruža okvir za specifikaciju mreže od fizičkih elemenata do usluga. Pristupna mreža je dio komunikacijske mreže koja je izravno povezana s krajnjim korisnikom. Da bi se odredilo međusobno djelovanje aktivne i pasivne infrastrukture, važno je napraviti jasnu razliku između topologije korištene za implementaciju vlakna (pasivna infrastruktura) i tehnologije za prijenos podataka preko vlakna (aktivna oprema). Dvije najčešće korištene topologije su point-to-multipoint, koja je često korištena u kombinaciji s tehnologijom pasivne optičke mreže, te point-to-point koja obično koristi Ethernet tehnologije prijenosa [1].

3.3.1. Point-to-multipoint

P2MP (engl. Point-to-multipoint) pruža jedini prtok vlakna od POP (engl. *Point Of Presence*) do točke grananja, te od točke grananja po jedno samostalno predviđeno vlakno dovodi do pretplatnika (slika 12.). Tehnologija pasivne optičke mreže kao što je GPON koristi pasivne optičke splitere na točkama grananja te su podaci šifrirani tako da korisnici dobivaju samo podatke namijenjene njima.

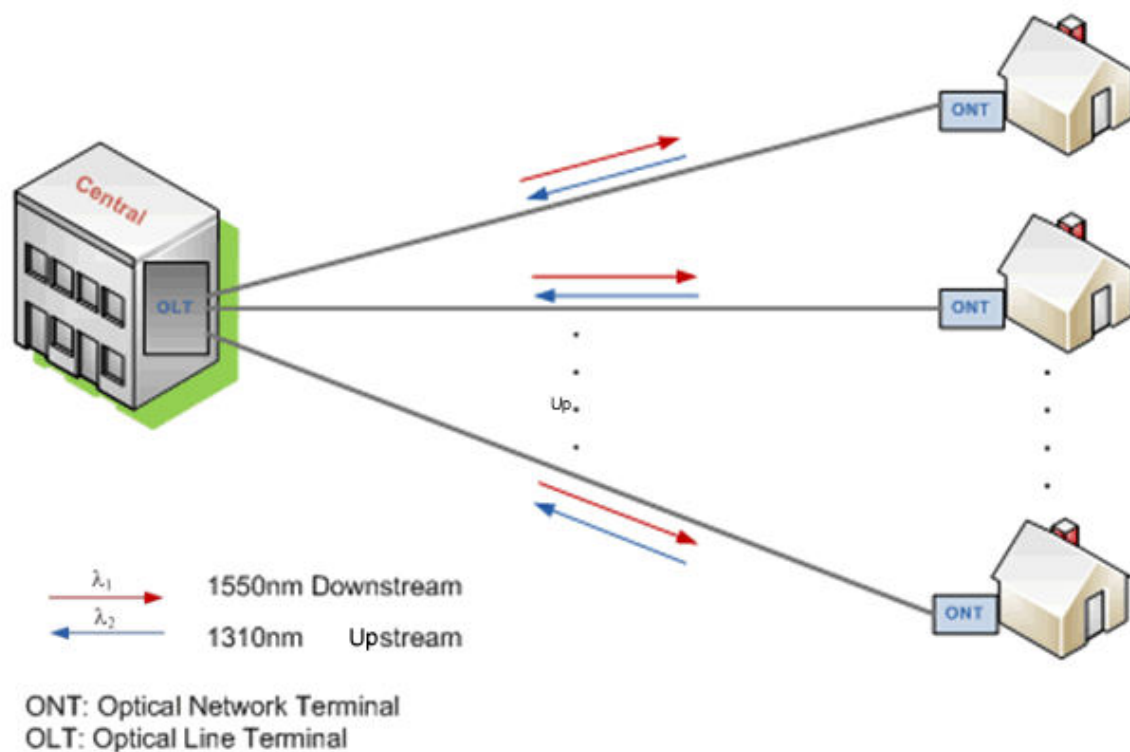
Aktivna Ethernet tehnologija također se može koristiti za kontrolu pristupa pretplatnika u P2MP topologiji koja zahtijeva stavljanje Ethernet usmjeritelja u određeno područje. Svaki potrošač ima logičnu point-to-point vezu i krajnji korisnik šalje i prima podatke koji su namijenjeni samo njemu [1].



Slika 12. Prikaz mreže P2MP [17]

3.3.2. Point-to-point

P2P (engl. *Point-to-point*) tehnologije (slika 13.) osiguravaju predviđena vlakna između pristupnog čvora i pretplatnika. Svaki pretplatnik ima izravnu vezu s predviđenim vlaknom. Put od središnje lokalne centrale (Central Office) do pretplatnika vjerojatno će se sastojati od nekoliko dijelova vlakna koji se spajaju upletanjem ili preko konektora, ali pruža kontinuirani optički put od pristupnog čvora do kućanstva. Većina postojećih point-to-point FTTH implementacija koriste Ethernet, koji je može „miješati“ sa drugim prijenosnim shemama za poslovne aplikacije. Ova topologija također može uključiti PON tehnologije stavljanjem pasivnih optičkih razdjelnika u pristupni čvor [1].



Slika 13. Prikaz P2P mreže [17]

Varijacije osnovne mrežne arhitekture su moguće ovisno o broju vlakana, poziciji splitera i lokalne centrale. Primjerice, neke mreže koriste dva vlakna iz lokalne centrale do pretplatnika. Prvo vlakno dovodi širokopolasni telefon i video na zahtjev, dok se drugo vlakno koristi za emitiranje TV programa pomoću PON opreme smještene u lokalnoj centrali. Odabir prave mrežne arhitekture ovisi o zahtjevima operatera kao i poslovnih i tehničkih prioriteta operatera.

Bez obzira na odabranu mrežnu arhitekturu, važno je uzeti u obzir dizajn kabela koji je postavljen jer može utjecati na razvoj mreže u budućnosti. FTTH mreža je dugoročna investicija. Predviđeni životni vijek kabela u zemlji je najmanje 25 godina (ovaj životni vijek je zajamčen od strane proizvođača) ali pretpostavlja se da će trajati i duže. Sa aktivnom opremom vjerojatno će biti nadograđivana nekoliko puta u ovom vremenskom okviru, te bi trebalo biti moguće da se infrastruktura ponovno upotrijebi. Dakle, odluka donesena na početku FTTH projekta imat će dugoročne posljedice [1].

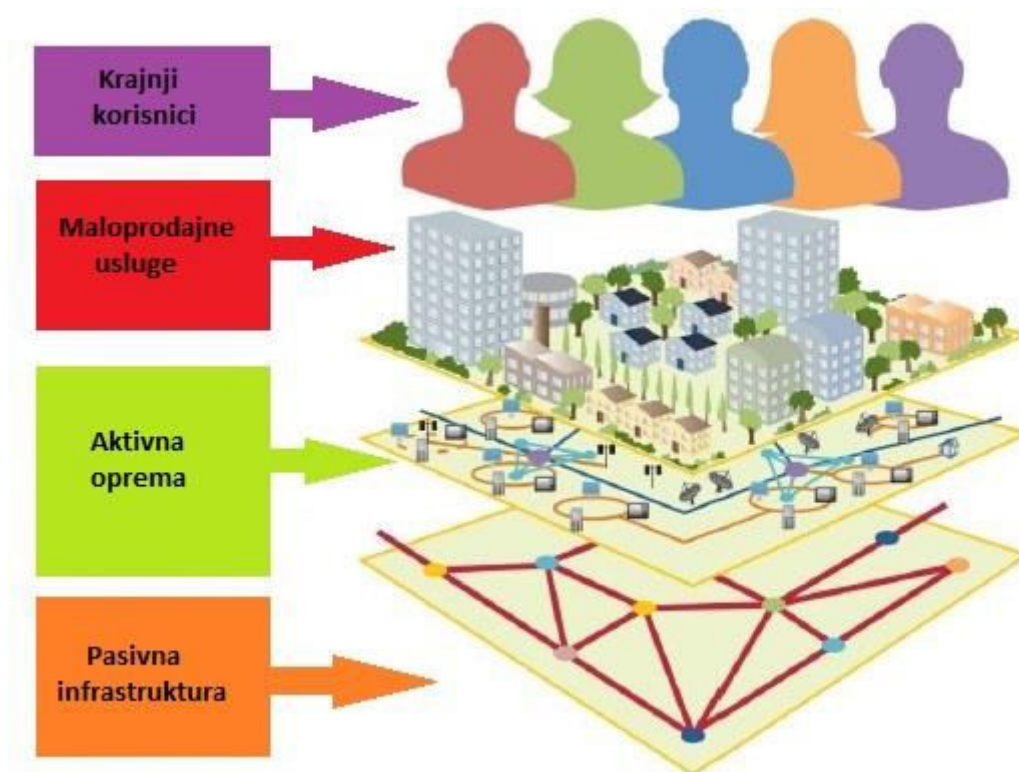
Uobičajena greška u dizajniranju mreže štednja je na početnim troškovima ugradnje vlakana koja odgovaraju trenutnim zahtjevima. Povijesno gledano, potražnja za vlaknom narasla je tijekom godina i vrlo je vjerojatno da će se nastaviti. Instaliranje minimalnog broja vlakana često dovodi do potrebe za korištenjem puno naprednije i skuplje komunikacijske opreme. Rješenje izvedeno samo na jednom vlaknu moglo bi stvoriti tehnička ili komercijalna uska grla u budućnosti [1].

Lokalna centrala obično je mala građevina ili soba gdje svi priključci vlakna prestaju i povezuju se s prijenosnom elektroničkom opremom. To je FTTH ekvivalent telefonske centrale. Unutar nje se obično nalaze optički distribucijski okviri (ODF) uz prespojne ploče (engl. *patch panels*) za upravljanje povezanošću vlakana te oprema za ispitivanje vlakana kao i prijenosna oprema.

Cijena opreme u POP-u ovisi o odabranoj tehnologiji i prodavatelju. Nije jednostavno odgovoriti na pitanje o tome koja je tehnologija najbolja. Najbolje rješenje ovisi o velikom broju čimbenika, poput pristupa prostoru kanala, lokalnim radnim troškovima, kompetenciji organizacije itd. Mrežni operater mora pažljivo procijeniti određene mrežne okolnosti [1].

3.4. Slojevi mreže

FTTH mreža se može sastojati od nekoliko različitih slojeva. Pasivna infrastruktura uključuje kanale, vlakna, kućišta i druga vanjska postrojenja. Aktivna mreža upotrebljava elektroničku opremu, dok maloprodajne usluge pružaju povezanost s internetom i upravljanje uslugama, kao što su IPTV (engl. *Internet Protocol Television*). Može se dodati i još jedan sloj, npr. sadržajni sloj, koji je smješten iznad sloja maloprodajnih usluga i krajnjih korisnika. Taj sloj mogu komercijalno iskorištavati takozvani OTT (engl. *over the top*) davatelji sadržaja [4].



Slika 14. FTTH mrežni slojevi [1]

Navedene tehnološke strukture utječu na način na koji su FTTH mreže (slika 14.) organizirane i rukovođene.

- Pasivna infrastruktura uključuje fizičke elemente koji su potrebni za izgradnju optičke mreže. To uključuje optičko vlakno, rovove, kanale i stupove na kojima su smještena kućišta optičkog vlakna, optička prijenosna vlakna, prespojne ploče i ostala oprema.

- Aktivna oprema se odnosi na opremu elektroničke mreže koja se brine da pasivna infrastrukturu bude funkcionalna, kao i na sustave operativne podrške koji su potrebni za komercijalizaciju optičkog povezivanja.
- Maloprodajne usluge se uključuju nakon što pasivni i aktivni sloj zauzmu svoja mjesta. U ovom sloju se osnovna internetska povezivost i ostale upravljane usluge, kao što je IPTV, pakiraju i predstavljaju potrošačima i poduzećima. Osim što pruža tehničku podršku, tvrtka koja je odgovorna za ovaj sloj također je zadužena privlačenje novih potrošača, marketinške strategije i službu za korisnike.

Svaki mrežni sloj ima odgovarajuću funkciju. Vlasnik mreže je zadužen za prvi sloj. Mrežni operater posjeduje aktivnu opremu, dok maloprodajne usluge nudi davatelj internetskih usluga [4].

4. Troškovi implementacije i poslovni modeli FTTH mreže

U ovom dijelu rada analizirat će se troškovi, odnosno koliko je potrebno ulaganja u FTTH mrežu i koliko treba ulagati u održavanje sustava. Nadalje, predstaviti će se glavni troškovi prilikom izgradnje te moguće strategije mrežnog razvoja i njegov utjecaj na poslovni slučaj.

Troškovi se mogu podijeliti u 3 glavne kategorije:

- Kapitalni trošak (CAPEX) - glavni troškovi plaćeni na početku projekta, tijekom nadogradnje i proširenja
- Operativni troškovi (OPEX) - troškovi za održavanje i funkcioniranje mreže
- Troškovi prodane robe (COGS) - troškovi nastali prodajom

4.1. Podjela Hrvatske u geotipove

Statistički podaci o naseljima u Hrvatskoj većinom su preuzeti iz rezultata popisa stanovništva 2001. godine (Državni zavod za statistiku – DZS [1]). U dijelu podataka o ukupnom broju stanovništva i naselja u Republici Hrvatskoj, podaci iz 2001. korigirani su preliminarnim podacima iz popisa stanovništva 2011. godine. Ti su podaci bili dostupni u vrijeme izrade studije, što je prikazano u tablici 3.

Za podjelu naselja u geotipove osnovni kriterij je veličina naselja s obzirom na broj stanovnika. Također se uzimalo u obzir da naselja unutar istog geotipa imaju podjednake značajke u svezi s prevladavajućim oblikom stanovanja (samostalne obiteljske kuće ili višestambene zgrade) u svezi s gustoćom naseljenosti. Jedan od kriterija također je bila i raspodjela ukupnog stanovništva Hrvatske po pojedinim geotipovima.

Prevladavajući oblik stanovanja i gustoća naseljenosti također utječu i na urbanost geotipova. Pojam urbanosti ne treba direktno povezivati i kvantitativno korelirati s demografskim i statističkim definicijama urbanosti i ruralnosti na isti način na koje se one koriste u EU. Te definicije urbanosti određenog područja (npr. prag naseljenosti od najmanje 150 stanovnika po km² kao kriterij urbanosti) izravno se mogu primijeniti npr. kod analiza područja pokrivanja bežičnih pokretnih mreža koje nisu, kao nepokretne mreže, koncentrirane na uža područja stalne naseljenosti potencijalnih korisnika [5].

Tablica 3. Podjela Hrvatske na geotipove[5]

| Oznaka geotipa | Raspon broja stanovnika u naseljima | Prosij. gustoća naseljenosti (stan/km ²) | Broj naselja u geotipu | Udio u uk. stanovništvu Hrvatske | Naselja (neka od naselja) u geotipu |
|----------------|-------------------------------------|--|------------------------|----------------------------------|--|
| U1 | više od 250.000 | 8.536 | 1 | 16,8% | Zagreb |
| U2 | 75.000 – 250.000 | 8.528 | 3 | 9,9% | Split, Rijeka, Osijek |
| U3 | 50.000 – 75.000 | 7.783 | 3 | 4,5% | Zadar, Slavonski Brod, Pula |
| U4 | 35.000 – 50.000 | 6.266 | 5 | 5,1% | Karlovac, Varaždin, Šibenik, Sisak, Sesvete |
| S1 | 15.000 – 35.000 | 5.541 | 10 | 5,7% | Čakovec, Virovitica, Vukovar, V. Gorica, ... |
| S2 | 7.500 – 15.000 | 2.860 | 22 | 5,8% | Umag, Slatina, Opatija, Ogulin, Makarska, ... |
| S3 | 4.000 – 7.500 | 2.618 | 52 | 6,8% | Imotski, Vela Luka, Gospić, Jastrebarsko, M. Lošinj, ... |
| S4 | 2.000 – 4.000 | 2.167 | 115 | 7,6% | Ludbreg, Zabok, Cres, Hvar, Bregana, ... |
| R1 | 1.000 – 2.000 | 1.210 | 290 | 9,9% | Lumbarda, Nin, Sunja, Kašina, Feričanci, ... |
| R2 | 500 – 1.000 | 1.007 | 637 | 10,9% | Ston, Karlobag, Klanjec, Aljmaš, Đeletovci, ... |
| R3 | 200 - 500 | 705 | 1.387 | 10,7% | Krapanj, Brod na Kupa, Pokupsko, Sv. Rok, ... |
| R4 | manje od 200 | 241 | 3.537 | 6,4% | Osor, Nečujam, Čigoč, Oprtalj, Prgomet, |

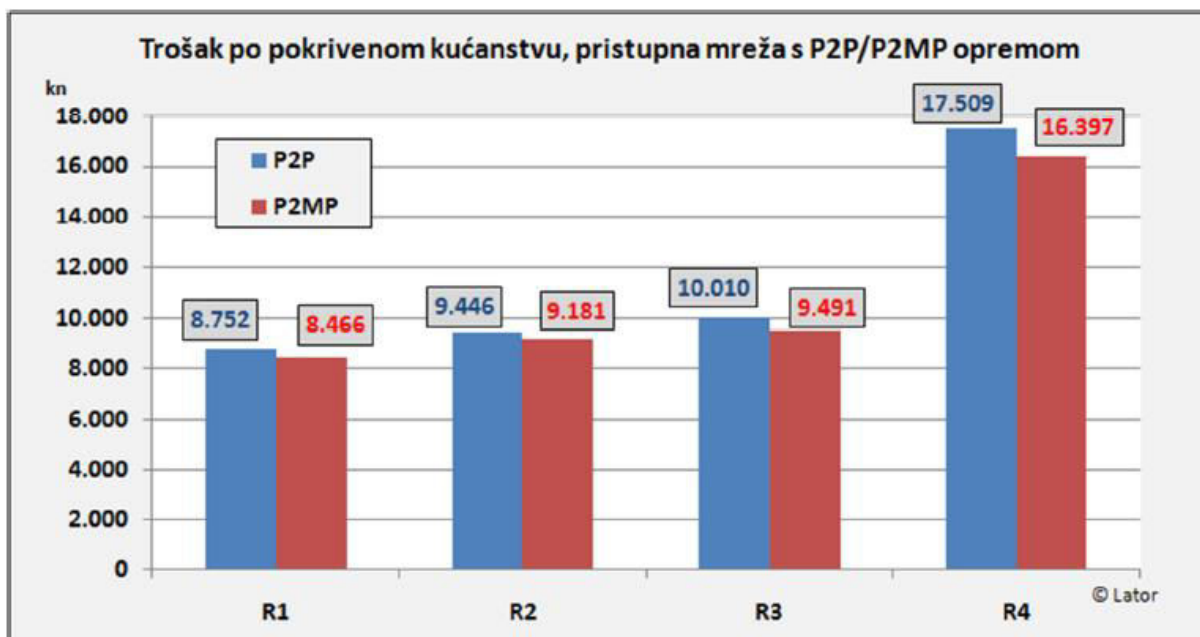
Prema tablici 3., mjesto Sveti Petar na Moru koje se obrađuje u ovom diplomskom radu spada u R2 oznaku geotipa.

4.2. Troškovni model FTTH u ruralnom geotipu

Ulazni geodemografski parametri modela, kao što su površina naselja i broj kućanstava, određuju veličinu geometrijske pravokutne matrice kojom se modelira prostorni raspored korisnika u naselju te koridori i trase DTK (distributivna telekomunikacijska kanalizacija), odnosno nadzemne mreže stupova. Ovisno o veličini geotipa, unutar naselja predviđen je jedan ili više LČ-ova, pri čemu je najveći broj kućanstava po pojedinačnom LČ-u 20.000. Broj kućanstava po DČ-u (ovisno o geotipu) kreće se unutar raspona od 500-1.000 [5].

U naseljima ruralnih geotipova R1-R4 ukupni broj potencijalnih korisnika, odnosno kućanstava, kreće se u rasponu od 500 u geotipu R1 do samo 30 u geotipu R4. Izgradnja pristupne mreže sa zasebnim DČ-ovima u ruralnim geotipovima nema ekonomskog smisla, tj. nepotrebno povećava ukupne troškove ulaganja. Stoga je u ruralnim geotipovima primijenjeno rješenje s jedinstvenim pristupnim čvorom po naselju, koji funkcionalno odgovara i DČ-u i LČ-u [5].

Osnovni scenarij proračuna investicijskih troškova po pokrivenom kućanstvu u ruralnim geotipovima, uz troškove same pristupne mreže, obuhvaća i troškove P2P i P2MP mrežne opreme (troškovi aktivnog operatera). Osim toga, navedeni osnovni scenarij pretpostavlja polaganje svjetlovodnih kabela u novoizgrađenu DTK mrežu. Slika 10 daje prikaz investicijskih troškova po pokrivenom kućanstvu za aktivnog operatera u ruralnim geotipovima R1-R4, i to za P2P i P2MP varijante mreže. Može se vidjeti da su investicijski troškovi P2P mreže do 7 % veći u odnosu na P2MP mrežu (posljedica veće cijene P2P mrežne opreme) te, prema očekivanjima, da se troškovi povećavaju prema manjim naseljima, odnosno geotipu R4. Posebno za geotip R4 vidljivo je da su troškovi po pokrivenom kućanstvu jako visoki (u usporedbi sa svim ostalim ruralnim geotipovima). Prilikom planiranja uvođenja FTTH mreže u najmanja naselja geotipa R4, korisno je kao rješenje u obzir uzeti i alternativne metode širokopojasnog pristupa, kao što je tehnologija bežičnog širokopojasnog pristupa (LTE), koje iziskuju manja ulaganja u infrastrukturu u odnosu na FTTH [5].

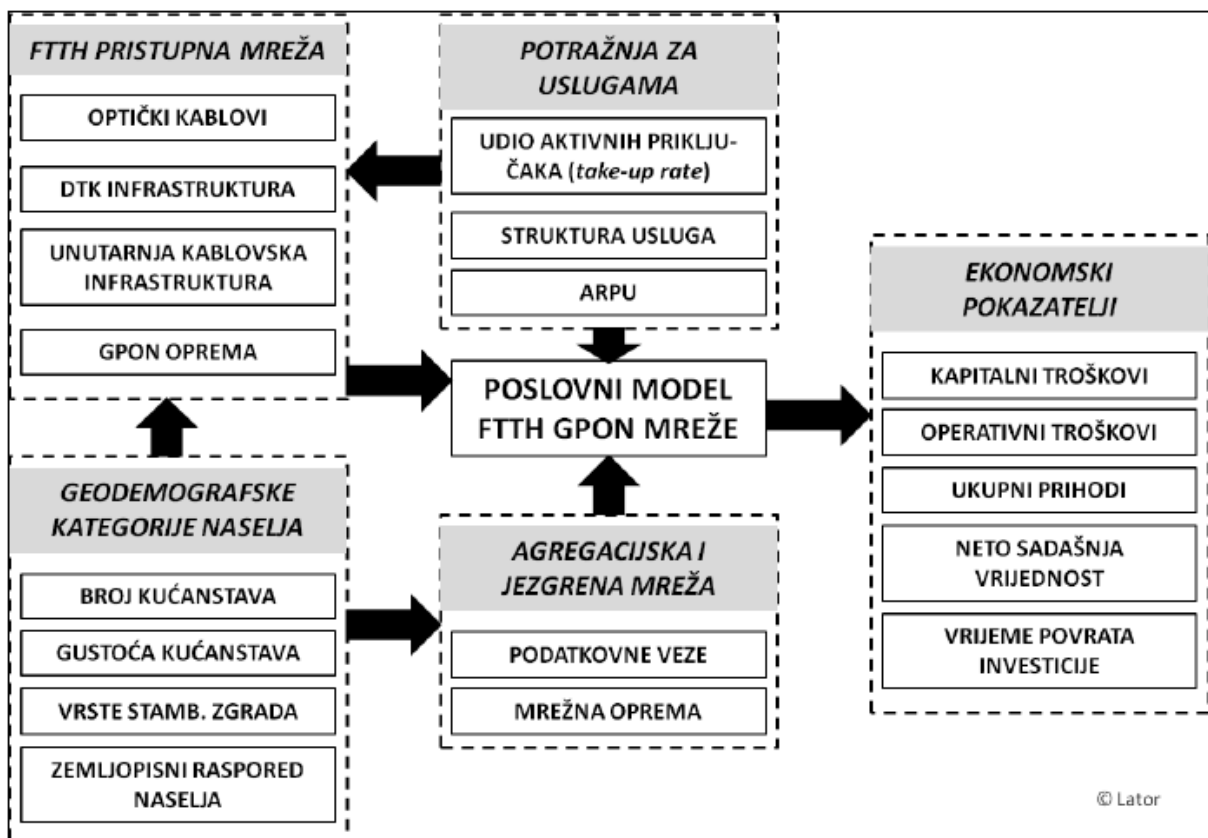


Slika10. Troškovi po pokrivenom kućanstvu u ruralnim područjima [5]

U ruralnim krajevima se također razmatrao i utjecaj koji na ukupne troškove može imati nadzemna izgradnja FTTH mreže sa svjetlovodnim kabelima koji su ovješeni o stupove. Te je utvrđeno da su investicijski troškovi po pokrivenom kućanstvu u slučaju izgradnje nadzemne infrastrukture, manji za 8-20 % u odnosu na opciju izgradnje podzemne DTK mreže. Pri tome se najveća razlika u troškovima od 20 % odnosi na geotip R1 (zbog najvećeg broja korisnika, odnosno razvedenosti pristupne mreže u odnosu na ostale ruralne geotipove), a najmanja (8 %) na geotip R4. Takva relativno mala razlika posljedica je i pretpostavke o izgradnji DTK mreže s mikrocijevnim strukturama izravno položenim u zemlju [5].

4.3. Poslovni modeli FTTH mreže

Unutar poslovnog modela će se analizirati investicije u FTTH mrežu te pokazatelji isplativosti FTTH poslovnih modela u višegodišnjem razdoblju. S obzirom na aktualne prilike na hrvatskom telekomunikacijskom tržištu, model je prilagođen isključivo slučaju izgradnje FTTH mreže u topologiji točka-više točaka (P2MP) uz primjenu GPON tehnologije (slika 15.).



Slika 15. Prikaz strukture FTTH poslovnog modela [6]

4.3.1. FTTH pristupna mreža

Kao što je prikazano slikom iznad, unutar ovog modela izvršit će se proračun tehničkih parametara za dijelove pristupne mreže. U to se podrazumijevaju svi dijelovi unutar modela odnosno optički kablovi, infrastruktura digitalne telekomunikacijske kanalizacije (DTK), unutarnja infrastruktura za polaganje kablova unutar zgrade te GPON mrežna i korisnička oprema [6].

4.3.2. Geodemografska kategorije naselja

Kao što je iznad navedeno, postoji 12 geotipova po gustoći naseljenosti na kilometru kvadratnom. Geotip mjesta Sveti Petar na Moru koji će se obrađivati u ovom diplomskom radu je označen geotipom R2.

4.3.3. Potražnja za uslugom

Izuzetno je bitno prilikom predviđanja potražnje za ovakvim uslugama uzeti u obzir koliko je aktivnih FTTH priključaka u odnosu na sveukupne priključke kojima je omogućen FTTH pristup, strukturu usluga po vrstama te očekivani prosječni prihodi po korisniku - ARPU (engl. *Average Revenue per User*). Osim same usluge brzog širokopojasnog pristupa internetu putem FTTH mreže, predviđeno je da se korisnicima nude i usluge *multicast* distribucije IPTV programa standardne i visoke rezolucije, te uobičajena javna govorna usluga, izvedena putem VoIP (engl. *Voice over Internet Protocol*) tehnologije [6].

4.3.4. Ekonomski pokazatelji

Ovaj modul navodi osnovne ekonomske pokazatelje potrebne za daljnje analize FTTH poslovnih modela. Ekonomski pokazatelji obuhvaćaju slijedeće parametre:

- kapitalni troškovi (engl. *Capital Expenditures – CAPEX*) – obuhvaća sve jednokratne troškove nabavke, izgradnje, opremanja, postavljanja i puštanja u rad potrebne infrastrukture i opreme u FTTH modelu
- operativni troškovi (engl. *Operational Expenditures – OPEX*) – obuhvaća sve repetitivne troškove nužne za redovno i nesmetano funkcioniranje infrastrukture i opreme u FTTH modelu
- ukupni prihodi – zbroj prihoda svih korisnika u FTTH modelu, u određenom vremenskom razdoblju
- neto sadašnja vrijednost NPV (engl. *Net Present Value*) – kumulativni zbroj diskontiranih tokova novca FTTH modela u određenom razdoblju, s definiranom diskontnom stopom. Pozitivna vrijednost na kraju razdoblja implicira pozitivni poslovni model uz ostvarenje povrata ulaganja, i obratno, negativna vrijednost neto

sadašnje vrijednosti na kraju razdoblja ukazuje na poslovni model koji ne ostvaruje povrat ulaganja

- vrijeme povrata investicije (engl. *Return of Investment – ROI*) – vremensko razdoblje unutar kojeg se ostvaruje povrat investicija u poslovnom modelu [6]

5. Case study: Analiza isplativosti uvođenja FTTH

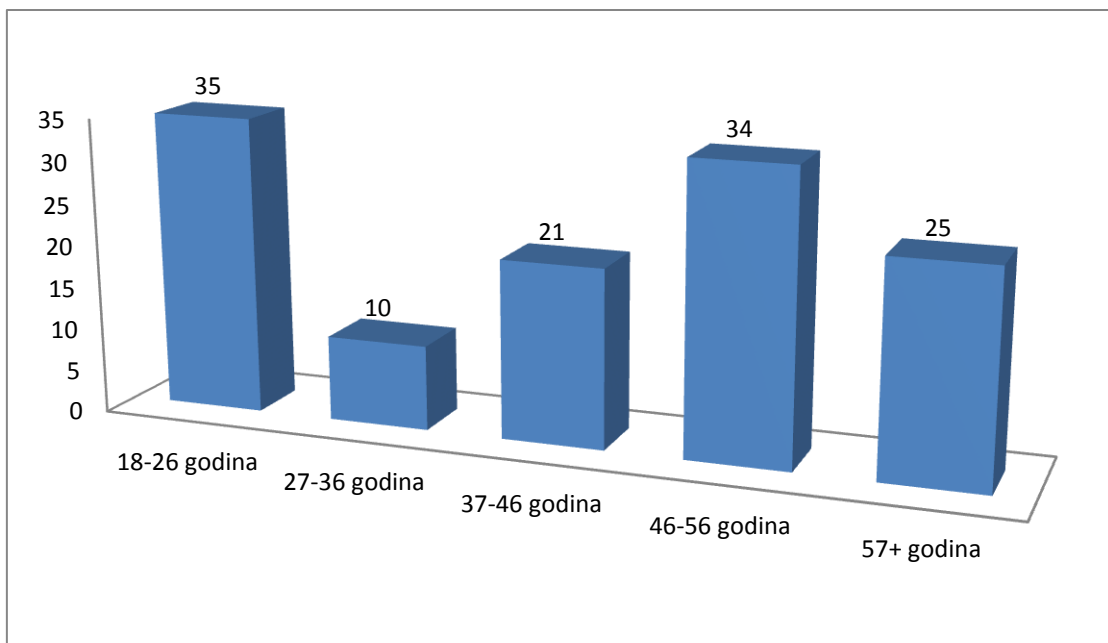
Anketa za ovaj diplomski rad provodi se u mjestu Sveti Petar na Moru, koji spada u ruralno područje. Ruralno područje je područje smanjene gustoće naseljenosti, gdje su prevladavajući oblik stanovanja obiteljske kuće, dok stambenih zgrada nema, kao što je slučaj u urbanim područjima. Isto tako, treba navesti da je Sveti Petar na Moru turističko mjesto u kojem se tijekom ljetnih mjeseci znatno povećava broj ljudi u mjestu, a samim time i broj korisnika koji zahtijevaju podatkovne usluge.

5.1. Analiza zainteresiranosti korisnika za prihvrat FTTH tehnologije

U ovom diplomskom radu provela se anketa u kojoj smo ispitali mještane jednog ruralnog područja, točnije Svetog Petra na Moru. U toj anketi ispitala se spremnost ispitanika za prihvrat FTTH usluge. Iako do same realizacije usluge vjerojatno neće doći, već će se smisliti neka alternativa širokopojasnog pristupa do 2020. godine, anketa je izuzetno bitna kako bi se mogla predvidjeti buduća očekivanja.

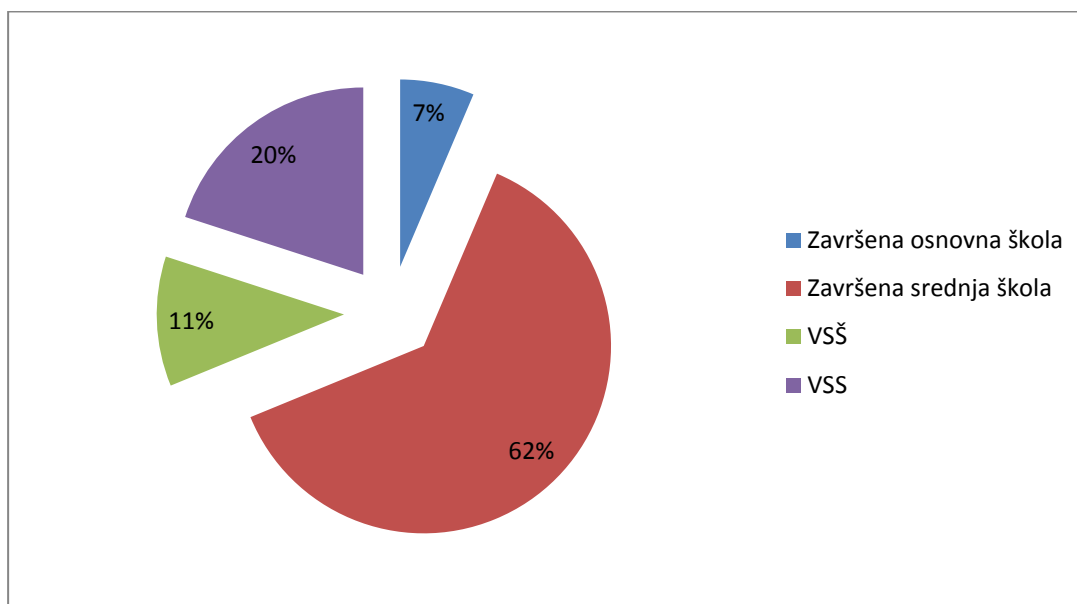
Provedena anketa sastoji od 13 pitanja. Broj ispitanika je 125 te je anketa provedena na više načina. Jedan dio ispitanika je ispitan fizički dolaskom na kućni broj kućanstva dok je drugi broj ispitanika ispitan putem *Facebook* društvene mreže i slanjem poveznice ankete putem *e-maila*. Sva pitanja iz ankete se nalaze u zadnjem poglavlju diplomskog rada.

Prvo pitanje postavljeno u anketi je bilo da ispitanik odabere spol. Od 125 ispitanika, 88 ispitanika je odgovorilo da su pripadnici muškog spola, dok je 37 ispitanika odgovorilo da su ženskog spola. U postotcima muškarci su veći broj ispitanih i to sa 70 % u odnosu na žene koje su sa 30 % sudjelovale u anketi. Drugo pitanje se odnosilo na starosnu dob ispitanika kao što je prikazano na grafikonu 4.



Grafikon 4. Starosna dob ispitanika

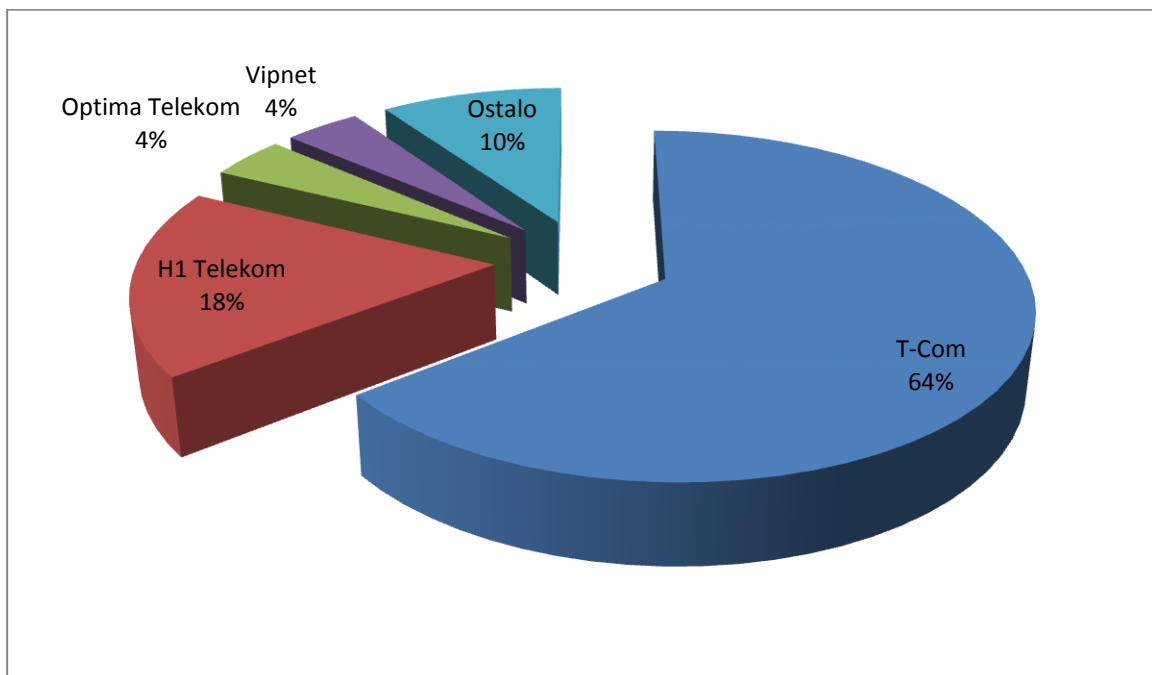
Kao što je vidljivo iz grafikona 4., 35 ispitanika je iz starosne skupine od 18-26 godina, 10 ispitanika je u godinama između 27 i 36, 21 ispitanika je iz skupine od 37-46 godina, 34 ispitanika je u starosnoj skupini 46-56 godina, dok je 25 ispitanika u starosnoj skupini 57+ godina. Treće pitanje se odnosilo na stupanj obrazovanja koje ima ispitanik.



Grafikon 5. Stupanj obrazovanja

Iz grafikona 5. je vidljivo da najveći dio „kolača“ zauzimaju ispitanici sa završenom srednjom školom, koji zauzimaju 62% ukupnog broja ispitanika. Nakon njih slijede ispitanici sa završenim sveučilišnim diplomskim studijem s ukupno 20 %. 11 % ispitanika ima završen sveučilišni ili stručni preddiplomski studij, dok 7 % ispitanika ima završenu osnovnu školu te to broji najmanji broj ispitanika. Unutar ankete je bio ponuđen i poslijediplomski znanstveni studij, ali nitko od anketiranih nije zaokružio tu opciju.

Sljedeće pitanje odnosilo se na fiksne telekom usluge koje ispitanici koriste. Pod fiksne telekom usluge podrazumijeva se bilo koja usluga (telefon, internet i IPTV). Na to pitanje 97 % ispitanika je odgovorilo da koristi neku od fiksnih telekom usluga, te je 3 % ispitanika odgovorilo da ne koriste fiksne telekom usluge. U petom pitanju od ispitanika se tražilo da navedu kojeg operatera koriste.

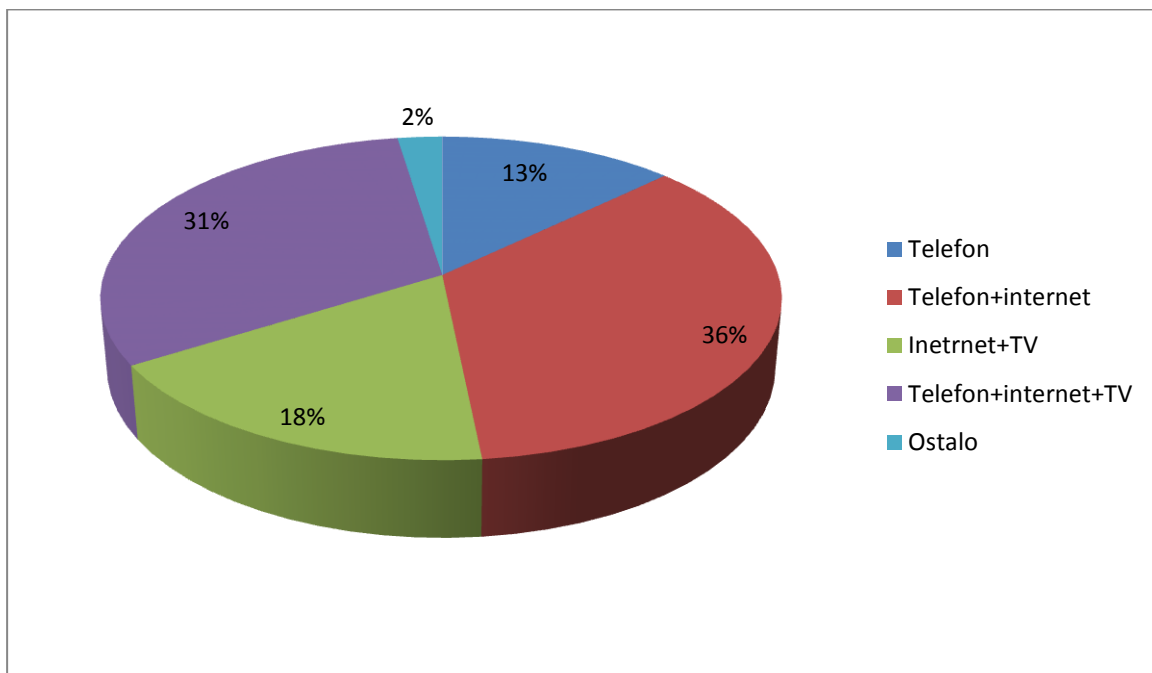


Grafikon 6. Zastupljenost operatera u anketi

Iz grafikona 6. je vidljivo da natpolovičnu većinu zauzima T-Com, odnosno 64% u odnosu na sve ispitanike unutar ankete. Slijedi H1 telekom s 18%, Optima telekom ima svega 4% udjela kao i Vipnet koji također ima 4% udjela. 10% ispitanika je odgovorilo da koriste druge fiksne telekom usluge.

U sljedećem se pitanju tražilo da ispitanici navedu koliko su zadovoljni operaterom od kojeg trenutno koriste fiksne telekom usluge. 4% ispitanika je odgovorilo da nije zadovoljno operaterom, oko 25% ispitanika je navelo da je relativno zadovoljno operaterom, 41% ispitanika je navelo da su zadovoljni operaterom, 23% ispitanika je odgovorilo da su vrlo zadovoljni pružanim uslugama koje im pruža operater kojeg koriste dok je 7% ispitanika reklo da su apsolutno zadovoljni operaterom.

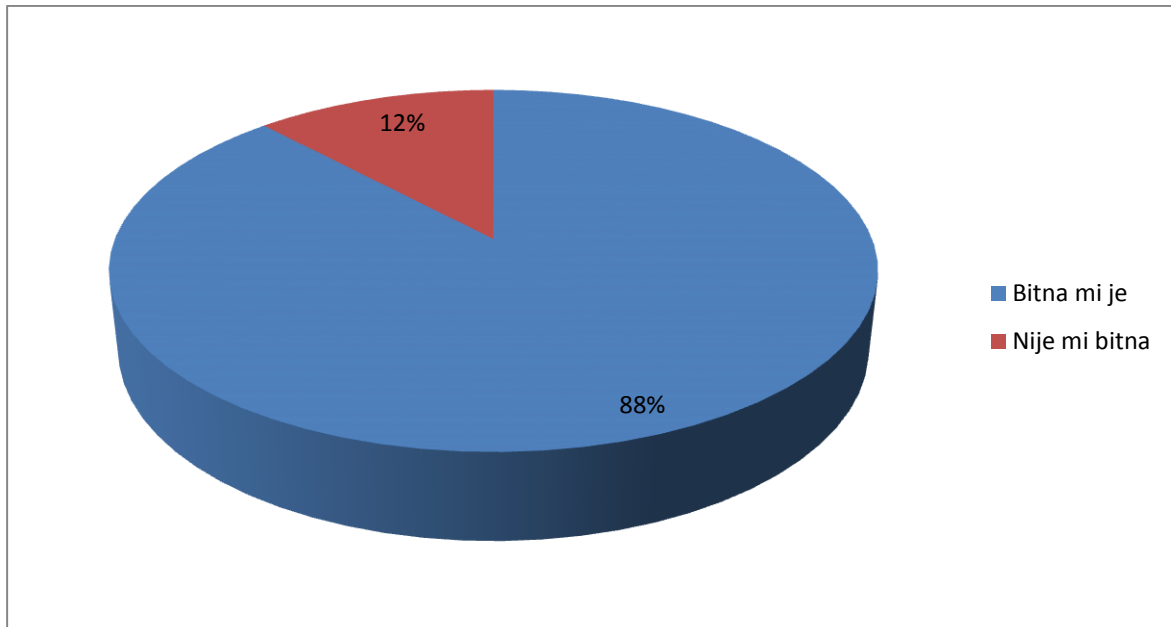
U šestom pitanju koje se odnosilo na paket usluga koji ispitanici koriste, ispitanicima su ponuđena 4 najčešća paketa koje operateri nude korisnicima, te je kao petu opciju korisnik mogao navesti ako ima neki drugi paket usluga. U ovom pitanju, 36% ispitanika odgovorilo je da koristi paket usluga telefon+internet, 31% ispitanika koristi cjelokupni paket usluga, odnosno telefon + internet + TV, 18% ispitanika koristi paket usluga internet + TV, 13% ispitanika koristi samo telefon dok 2% ispitanika koristi neku drukčiju kombinaciju paketa usluga koja nije bila navedena. Svi rezultati su i grafički prikazani na grafikonu 7.



Grafikon 7. Zastupljenost fiksnih telekom paketa kod ispitanika

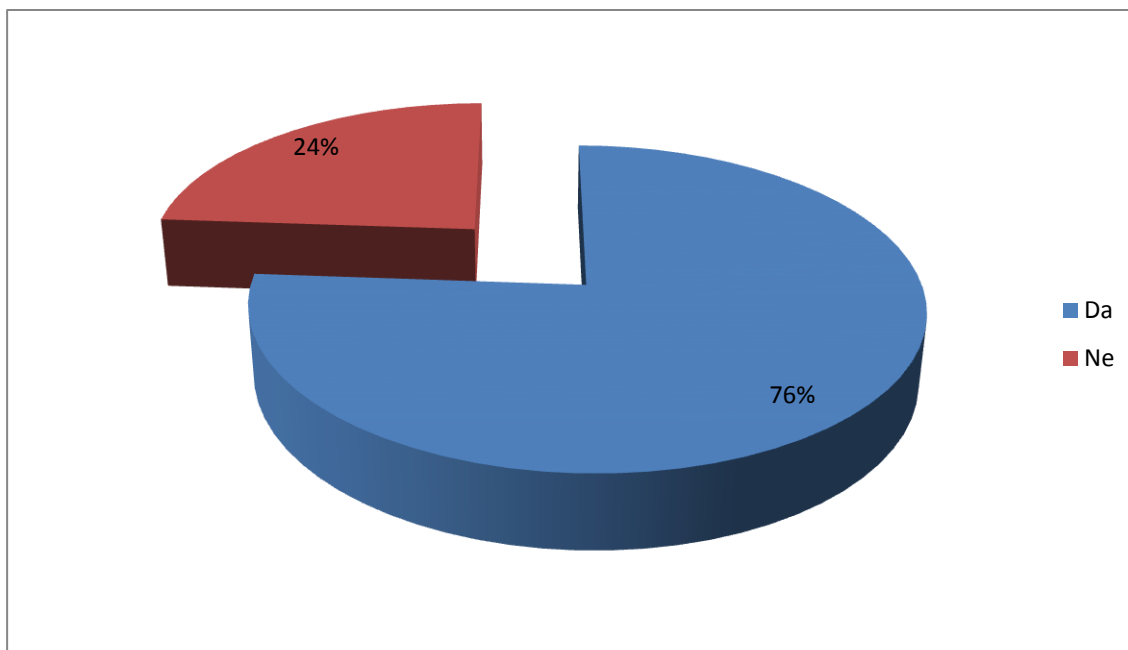
Na pitanje koliko su ispitanici zadovoljni kvalitetom usluga koju im pruža operater (opcije odgovora su bile „da“ i „ne“), 88% ispitanika odgovorilo je da su zadovoljni uslugama koje im pruža operater, dok je 12% ispitanika odgovorilo da nisu zadovoljni.

Deveto pitanje odnosilo se na važnost pouzdanosti mreže i brzine prijenosa podataka, točnije, koliko je bitno za ispitanika da ima pouzdanu mrežu i koliko mu je bitna brzina prijenosa podataka. 88% od ukupnog broja ispitanika odgovorilo je da im je bitna pouzdanost mreže i brzina prijenosa podataka, dok je 12% ispitanika odgovorilo da im nije bitna. Prikaz odgovora prikazan je grafički na grafikonu 8.



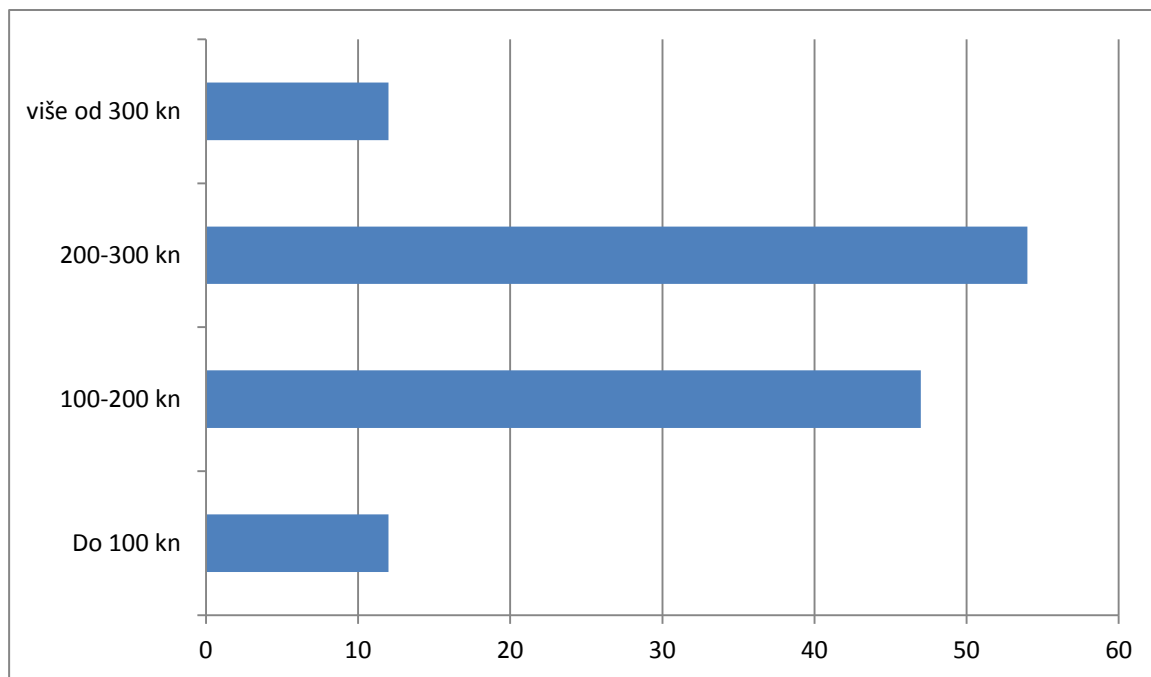
Grafikon 8. Važnost pouzdanosti mreže i brzine prijenosa podataka

Na deseto pitanje su odgovarali samo ispitanici koji su u devetom pitanju odgovorili da im je bitna pouzdanost mreže i brzina prijenosa podataka, u kojem se ispitanike pitalo jesu li spremni prijeći kod drugog operatera koji ima skuplje usluge ali pouzdaniju mrežu i omogućuje brži prijenos podataka. Od ukupnog broja ispitanika kojima je bitna pouzdanost mreže i brzina prijenosa podataka, njih 76% je spremno platiti veće cijene fiksnih usluga za pouzdaniju mrežu i veće brzine prijenosa. Ostatak od 24% ispitanika nije spreman platiti veću cijenu usluga, kao što je prikazano na grafikonu 9.



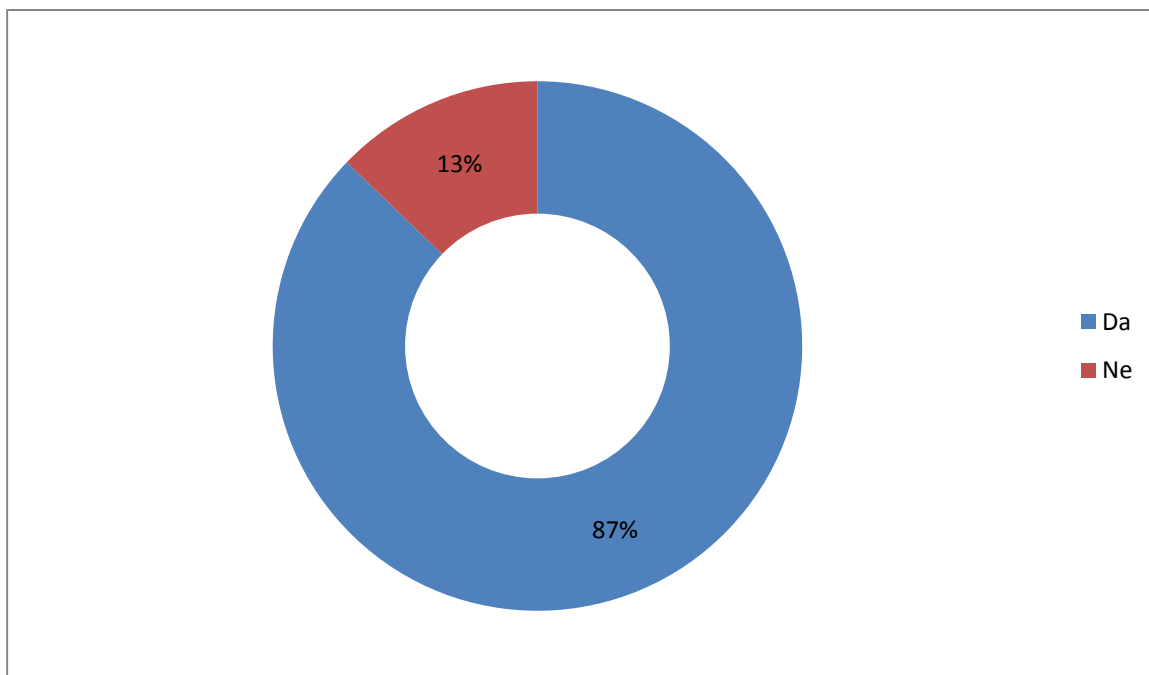
Grafikon 9. Zainteresiranost ispitanika da prijeđu kod operatera s pouzdanijom mrežom

U sljedećem pitanju ispitanici su morali navesti koliko mjesečno izdvajaju za telekom usluge. U anketi su im bile ponuđene 4 opcije odgovora. Prva opcija bila je do 100 kn, zatim su slijedile opcije „100-200 kn“, pa „200-300 kn“ i kao zadnja opcija „više od 300 kn“. Kao što je vidljivo iz grafikona 10., najviše ispitanika (preko 50) izdvaja od 200-300 kn mjesečno, nakon njih najveći broj ispitanika je odgovorio da izdvajaju od 100 kn do 200 kn, zatim slijede ispitanici koji su odgovorili da mjesečno izdvajaju preko 300 kn, a najmanje ispitanika je odgovorilo da mjesečno izdvajaju do 100 kn za fiksne telekom usluge.



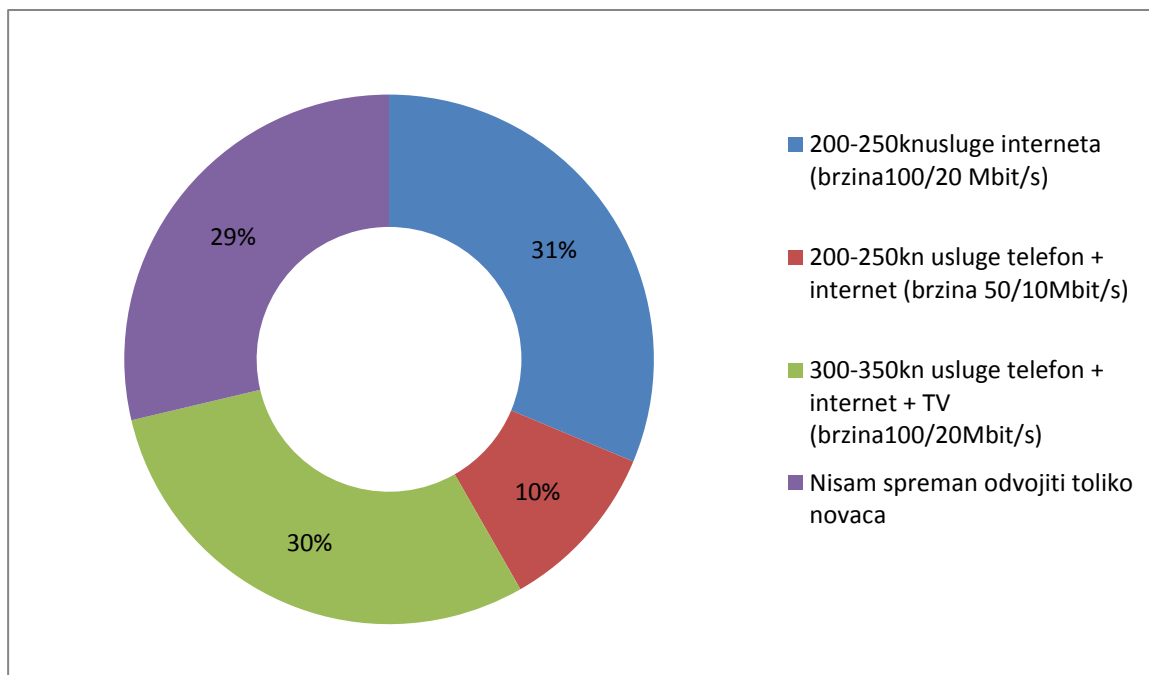
Grafikon 10. Mjesečno izdvajanje za fiksne telekom usluge ispitanika

Dvanaesto pitanje se odnosilo na eventualnu implementaciju FTTH usluge, odnosno ispitanici su morali navesti bi li prihvatili uvođenje FTTH usluge ako bi se njihov operater odlučio za to. Ispitanicima je bilo pojašnjeno koje su prednosti FTTH usluge i što je FTTH. Kao što je vidljivo iz grafikona 11., na ukupan broj ispitanika, njih 87 % je podržalo uvođenje FTTH, dok ih je 13 % izrazilo da oni ne bi odobrili uvođenje FTTH mreže.



Grafikon 11. Spremnost ispitanika za uvođenje FTTH mreže

Zadnje pitanje koje je bilo postavljeno ispitanicima odnosilo se samo na onaj broj ispitanika koji su na prošlo pitanje odgovorili sa „Da“. Ispitanike se pitalo koliko su spremni mjesečno odvojiti za prihvat FTTH mrežne tehnologije uz ugovornu obvezu na 24 mjeseca. Ispitanici su imali 4 opcije odgovora. Opcije odgovora su prilagođene trenutnim opcijama na tržištu koje nude fiksni telekom operateri. Prva opcija je bila „200-250 kn usluge interneta (brzina prijenosa podataka *Downlink*:100 Mbit/s, *Uplink*:20 Mbit/s)“, druga opcija je bila također 200-250 kn ali nudile su se paket usluga telefon + internet (brzina prijenosa podataka *Downlink*: 50 Mbit/s, *Uplink*: 10 Mbit/s), kao treću opciju nudilo se puni paket usluga odnosno telefon + internet + IPTV (brzina prijenosa podataka *downlink*: 100 Mbit/s i *Uplink*: 20 Mbit/s) te kao zadnja opcija da ispitanici nisu spremni odvojiti toliko novaca. Rezultati su pokazali da je najveći broj ispitanika odabrao usluge od 200-250 kn interneta (brzina 100/20 Mbit/s) sa 31 %, zatim su ispitanici najviše odabrali puni paket usluga 300-350 kn sa 30 %, 29 % ispitanika se izjasnilo da nije spremno odvojiti toliko novaca uz ugovornu obvezu na 24 mjeseca, te je 10 % ispitanika odabralo usluge telefon +internet (brzina 50/10 Mbit/s). Svi rezultati su prikazani grafikonom 12. u kojem je vizualno prikazano kako to izgleda.



Grafikon 12. Spremnost mjesečnog izdvajanja za paket usluga uz ugovornu obvezu na 24 mjeseca

Rezultati ankete nam prikazuju koliko su ispitanici zadovoljni trenutnom kvalitetom fiksnih telekomunikacijskih usluga i uslugama koje nude. Implementacija same FTTH usluge u ruralno područje kao što je Sveti Petar na Moru je neisplativa, i kao takva se neće realizirati. HAKOM će morati potaknuti operatere fiksnih telekom usluga da povećaju prijenos podataka do 2020. godine na minimalno 50Mbit/s kao što je predviđeno Digitalnom agendom za Europu¹¹. Isto tako, u svim ruralnim područjima će se morati pronaći alternativa širokopojasnog pristupa, a FTTH to zasigurno nije. Operater će vjerojatno razmatrati uvođenje mobilnog širokopojasnog pristupa, poput 4G, odnosno LTE mreže. Na taj će se način omogućiti velike brzine prijenosa podataka bez velikih kapitalnih ulaganja u infrastrukturu, kao što bi bio slučaj kod uvođenja FTTH.

¹¹ Digitalna agendu za Europu, koju je predstavila Europska komisija, predlaže strategiju boljeg iskorištavanja potencijala iskorištavanja informacijsko-komunikacijskih tehnologija u svrhu poticanja inovacija, gospodarskog rasta i općeg napretka. Cilj Agende je pokrivenost EU-a širokopojasnim internetom brzine 30 Mbit/s do 2020. te da 50 % pretplatnika ima omogućenu brzinu od 100 Mbit/s i više do 2020. [20]

5.2 Isplativost implementacije FTTH

Da bi se ispitala isplativost uvođenja FTTH u mjestu Sveti Petar na Moru, bitno je da se odredi ARPU (*Average Revenue Per User*) odnosno vrijednost prihoda po maloprodajnom korisniku koji koristi usluge FTTH mreže. Druge usluge poput nepokretne telefonije ili IPTV-a se ne ubrajaju u ukupni ARPU. Iako druge usluge i usluge koje će se u budućnosti preko FTTH mreže nuditi korisnicima mogu uvelike povećati prosječne prihode po korisniku, predviđanje penetracije i udjela dodatnih usluga među korisnicima povećalo bi kompleksnost proračuna, pogotovo uzevši u obzir i troškove mrežne opreme i sustava unutar jezgrene mreže koji su potrebni za pružanje dodatnih usluga. Zbog navedenih razloga, u obzir se uzima samo usluga pristupa FTTH mreži koja uključuje fizički pristup i pristup uslugama širokopojsnog interneta [5].

Vrijednost prosječnog prihoda po FTTH korisniku pretpostavlja se prema paketu koji korisnik odabere. Ako odabere prvu opciju, 200-250 kn za uslugu interneta od 100/20 Mbit/s, prosječna vrijednost prihoda je 225 kn, a to je za 23 % više od prosječnog prihoda od 180 kn po ADSL korisniku prema podacima HT-a iz 2011. [5]. Postotak je isti ako korisnik odabere i drugu opciju, odnosno 200-250 kn za uslugu telefon + internet (brzina 50/10 Mbit/s). Ukoliko korisnik odabere treću opciju, 300-350 kn za uslugu telefon + internet + TV (brzina 100/20 Mbit/s), prosječna vrijednost po FTTH korisniku bit će 325 kn, što je za 77 % više od navedenog prosječnog prihoda od 180 kn po ADSL korisniku.

Rezultati provedene ankete isplativosti uvođenja FTTH mreže u mjestu Sveti Petar na Moru pokazuju da je 108 od 125 ispitanika odgovorilo da je spremno prihvatiti uvođenje FTTH mreže. Od 108 ispitanika, 44 ispitanika je odgovorilo da bi pristali na usluge FTTH mreže između iznosa od 200-250 kn na ugovornu obvezu od 24 mjeseca, dakle mjesečni prosjek je 225 kn/mjesečno te su 32 ispitanika odgovorila da bi prihvatili usluge putem FTTH mreže u mjesečnom iznosu od 300-350 kn te je prosjek 325 kn na ugovornu obvezu od 24 mjeseca. Prema navedenim podacima, dolazimo do prosječne mjesečne zarade operatera od 267,10 kn po korisniku. Kao što je navedeno, ponuđene usluge vežu korisnika na ugovornu obvezu od 24 mjeseca te operater u periodu od 24 mjeseca ima zaradu od 6140 kn po korisniku te ima ukupnu zaradu u iznosu od 487 190,40 kn

Da bi se dobio prihod po korisniku na FTTH mreži trebaju se znati i troškovi infrastrukture. U slučaju Svetog Petra na Moru koristit će se izgradnja nove DTK mreže te to ne uključuje polaganje SDM ili SGM svjetlovodnih kabela. Kao što je vidljivo iz slike 10., troškovi izgradnje po pokrivenom kućanstvu su 9.181kn . Ukoliko se uzme u obzir da je operateru lakše izgraditi infrastrukturu za sve odjednom, nego pojedinačno, dolazimo do ukupnog troška od 1.147.625 kn za izgradnju nove DTK infrastrukture.

Uzme li se ukupni prihod po korisniku i ukupni trošak operatera po korisniku te ta dva parametra oduzmu, dobije se ukupna vrijednost od -660.435 kn. Kad se to podijeli na 24 mjeseca i s brojem korisnika (76) dobiva se da prihodi po korisniku FTTH mreže operateru donose gubitke od 362 kn mjesečno.

S ovakvim rezultatima, operater je svjestan da ulaganja u ruralnim područjima nisu profitabilna kao što je slučaj u urbanim naseljima te se za ruralna područja treba ponuditi alternativno rješenje širokopojasnog pristupa.

6. Zaključak

Konstantna globalizacija društva, razvoj informacijskih tehnologija te razvoj općenito dovode do potrebe za stalnom razmjenom velike količine informacija. Te je informacije također potrebno prenositi i razmjenjivati velikim brzinama.

U odnosu na druge dostupne tehnologije prijenosa informacija, FTTH tehnologija, danas kao i u doglednoj budućnosti, ima očigledne prednosti za korisnike zato jer nudi poboljšanu učinkovitost za širokopojasne usluge u odnosu na mreže temeljene na bakrenoj parici (xDSL). Kao što je navedeno u radu, kod xDSL usluga smanjuje se kvaliteta prijenosa kako se povećava udaljenost od distribucijskog čvora, dok je kod FTTH smanjenje kvalitete prijenosa po udaljenosti neznatno. xDSL usluge također su osjetljive na interferenciju, dok kod FTTH interferencije nema. Unatoč njezinim prednostima, uvođenje FTTH nije isplativo u svim područjima te operateri odluke o uvođenju FTTH mogu donijeti na temelju čimbenika poput gustoće naseljenosti, načina stanovanja (stambene zgrade, obiteljske kuće), te na temelju provođenja ankete zainteresiranosti za uvođenje FTTH unutar određenog mjesta.

Rezultati dobiveni iz provedene ankete pokazuju da je većina ispitanika odgovorila da je spremna prihvatiti uvođenje FTTH mreže, te su dvije trećine ispitanika spremne odvojiti malo veću mjesečnu svotu za FTTH usluge uz ugovor od 24 mjeseca. U skladu s tim rezultatima operater bi nakon navedenog razdoblja ostvario određenu zaradu. No nakon što se u obzir uzmu visoki troškovi izgradnje infrastrukture, dolazi se do zaključka da bi operater na kraju razdoblja od 24 mjeseca pretrpio gubitke.

Zaključak istraživanja je da FTTH nije isplativa investicija u mjestu Sveti Petar na Moru. Ta investicija kroz kraći period (cca. 8 godina) operateru neće donijeti prihode, kao što je slučaj u urbano naseljenim područjima, već će operater pretrpjeti gubitke. Pretpostavlja se da se taj scenarij može prenijeti na sva ruralna područja, te će se stoga u ruralnim mjestima širokopojasni pristup velikih brzina prijenosa podataka omogućiti preko mobilnih pristupnih mreža kao što je LTE, koje će operateru biti prihvatljivije za implementaciju i održavanje.

Literatura

1. FTTH Council Europe: FTTH Handbook, Edition 6
2. Željko Popović: Izgradnja digitalnih gradova
3. Karaica, I.: FTTx mrežne tehnologije, TVZ, Stručni studij elektrotehnike, Završni rad, srpanj 2009.
4. FTTH Council Europe: FTTH Business Guide 2013
5. [http://www.hakom.hr/UserDocsImages/2012/studije/Studija Tehno-ekonomska%20obilje%20BEja%20izgradnje%20FTTH%20mre%20BEa-v%201%200.pdf](http://www.hakom.hr/UserDocsImages/2012/studije/Studija_Tehno-ekonomska%20obilje%20BEja%20izgradnje%20FTTH%20mre%20BEa-v%201%200.pdf) (kolovoz, 2015.)
6. [http://www.hakom.hr/UserDocsImages/2010.g/Zeno/Studije/Lator HAKOM studija N-VV-3_10.pdf](http://www.hakom.hr/UserDocsImages/2010.g/Zeno/Studije/Lator_HAKOM_studija_N-VV-3_10.pdf) (kolovoz, 2015.)
7. Predavanja, Planiranje telekomunikacijskih mreža, 2015
8. Bažant, A.: Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, Širokopojasni pristup
9. Bažant A. i ostali: Sveučiliste u Zagrebu; Osnove arhitekture mreže
10. http://www.hakom.hr/UserDocsImages/2011/analiza_trzista/IZ-AT-TCT-OPR-Tr%20BEi%20A1te%20maloprodaje%20%20A1irokopojasnog%20pristupa%20Internetu-v3.0.pdf (kolovoz, 2015.)
11. “Pupin GAIN PP-2M1p HDSL Modem: *Uputstvo za instalaciju i korišćenje*”, Sistem Institut Mihajlo Pupin, IMP-Telekomunikacije, Beograd, Jun 1999.
12. “*Symmetric DSL: From HDSL to SDSL & HDSL2*”, white paper, Metalink transmission devices, January 1999.
13. Dr. George A. Zimmerman: “*HDSL2 Tutorial: Spectral Compatibility and Real-World Performance Advances*”, PairGain corp., June 25, 1998.
14. Amitava Dutta-Roy “*A second wind for wiring*”, *IEEE Spectrum*”, September 1999
15. V. Krstić, U. Kamšek, A. Kuzmanović “*The Chip Set HDSL Modem: Design and Performance Evaluation*”, TELSIX ‘99 Proceedings of Papers, Niš 1999.
16. <http://searchnetworking.techtarget.com/definition/cable-modem-termination-system> (kolovoz, 2015.)
17. <http://www.anacom.pt/render.jsp?categoryId=340669#.VfWGfhHtIHx> (kolovoz, 2015)
18. Tjelta, T.: *Elektronikk 2/3.99*, Broadband Access Network, Norway, 1999.

19. S. Đorđević, N. Živić, A. Đorđević, ŠIROKOPOJASNI PRISTUP PO BAKARNIM PARICAMA
20. <https://ec.europa.eu/digital-agenda/en/digital-europe>, (kolovoz 2015.)
21. <http://imef.me/lte/> (rujan 2015.)
22. <http://telekomsvet.blogspot.com/2008/02/lte-4g-ili-399g.html> (rujan 2015.)

Popis kratica

| KRATICA | ENGLISKI NAZIV | OBJAŠNENJE |
|---------|---|---|
| ADSL | Asymmetric Digital Subscriber Line | |
| ARPU | Average Revenue per User | Očekivani prosječni prihodi po korisniku |
| ATM | Asynchronous Transfer Mode | Asinkroni način transfera |
| CAPEX | Capital Expenditure | Početni troškovi implementacije infrastrukture |
| CATV | Cable television | |
| CM | Cable Modem | Modemski kabel |
| CMTS | Cable Modem Termination System | Krajnji dio kabela mreže |
| DAVIC | Digital Audio-Visual Council | |
| DOCSIS | Data Over Cable Service Interface Specification) | Širokopolasni kabelski pristup |
| DSL | Digital Subscriber Line | Pristup mreži putem bakrene parice |
| DSLAM | Digital Subscriber Line Access Multiplexer | Multipleksor koji se obično nalazi u telefonskim centralama i omogućava međuspoj digitalnih pretplatničkih linija |
| DTK | | Distributivna telekomunikacijska kanalizacija |
| DVB-RCS | Digital Video Broadcast with Return Channel via Satellite | |
| DVB-RCT | Digital Video Broadcast with Return Channel Terrestrial | |
| EDGE | Enhanced Data rates for GSM Evolution | Paketni prijenos podataka do maksimalno 1Mbps |
| EPON | Ethernet Passive Optical Network | Ethernet pasivna optička mreža |
| FDM | Frequency Division Multiplexing | |
| FITL | Fiber In The Loop | Optičke pristupne tehnologije |
| FTTB | Fiber to the Bulding | |

| | | |
|--------|--|--|
| FTTC | Fiber to the Crub | |
| FTTCab | Fiber to the Cabinet | |
| FTTH | Fiber To The Home | Pristup mreži putem svjetlovodnih niti |
| FTTN | Fiber to the Node | |
| GEO | Geostationary Earth Orbit | |
| GPON | Gigabit Passive Optical Network | Gigabitna pasivna optička mreža |
| GSM | Global System for Mobile Communications | |
| HDSL | High bit rate Digital Subscriber Line | |
| HDTV | High Definition Television | Prijenos televizijskih kanala visoke kvalitete |
| HFC | Hybrid Fiber Coax | Hibridni optički/koaksijalni kabal |
| IP | Internet Protocol | Internet protokol |
| IPTV | Internet Protocol Television | Tehnologija prijenosa televizijskih kanala pomoću IP protokola (internet televizija) |
| ISDN | Intergrated Switch Digital Network | |
| ISP | Internet Service Provider | |
| ITU | International Telecommunication Union | Međunarodna telekomunikacijska unija |
| LAN | Local Area Network | |
| LTE | Long Term Evolution | |
| M2M | Machine to Machine | |
| MDU | Multi-Dwelling Units | |
| MES | Master Earth Station | Glavna zemaljska VSAT stanica |
| MIMO | Multiple Input/ Multiple Output | |
| NGA | Next Generation Access | Mreža slijedeće generacije |
| NID | Network Interface Device | Uređaj mrežnog sučelja |
| N-ISDN | Narowband Intergrated Switch Digital Network | |
| NPV | Net Present Value | Neto sadašnja vrijednost |

| | | |
|-------|---|---|
| ODF | Optical Distribution Frame | |
| OLT | Optical Line Terminal | |
| ONT | Optical Network Termination | |
| ONU | Optical Network Unit | Mrežna jedinica |
| OPEX | Operating Expenditure | Troškovi rada za funkcioniranje mreže i održavanje |
| OTT | over the top | "pri vrhu" |
| P2MP | Point-to-multipoint | Samostalno vlakno koje vodi od točke grananja do pretplatnika |
| P2P | Point-to-point | Vlakna koja vode od izvora do pretplatnika |
| PON | Passive Optical Network | Pasivna optička mreža |
| POP | Point Of Presence | Pristupni čvor |
| POTS | Plain Old Telephone Service | Analogna govorna telefonska usluga |
| PSTN | Public Switched Telephone Network | Komutirana telefonska mreža |
| ROI | Return of Investment | Vrijeme povrata investicije |
| SDH | Synchronous Digital Hierarchy | |
| SDSL | Single-pair ili Symmetric High-bit-rate Digital Subscriber Line | Tehnologija koja za prijenos koristi samo jednu paricu |
| SFU | Singel Family Units | |
| SOHO | small office, home office | Naziv za male kućne ili uredske mreže |
| SONET | Synchrononous Optical Networking | |
| TDMA | Time Division Multiple Access | Modulacija po vremenu |
| UMTS | Universal Mobile Telecommunications System | Tehnologija treće generacije (3G) mobilne telefonije s brzinama do max. 7.2Mbps |
| UTP | Unshielded Twisted Pair | Neoklopljena upletena parica |
| VDSL | Very-high-bit-rate Digital Subscriber Line | Nadogradnja ADSL tehnologije koja omogućuje veće brzine prijenosa |
| VoD | Video on Demand | Video na zahtjev |
| VoIP | Voice over Internet Protocol | Tehnologija prijenosa glasovnih zapisa pomoću IP protokola |

| | | |
|-------|---|---|
| VSAT | Very Small Aperture Terminal | Sustav za širokopojasni pristup internetu |
| VSAT | Very Small Aperture Terminal | |
| WiMAX | Worldwide Interoperability for Microwave Access | Telekomunikacijski protokol koji omogućava mobilni i stajaći internet |
| WLL | Wireless Local Loop | Bežične pristupne tehnologije |

Popis slika, tablica i grafikona

Popis slika

| | |
|--|----|
| Slika 1. Tehnologije u širokopojasnoj pristupnoj mreži [8]..... | 4 |
| Slika 2. Primjer primjene VDSL modema [19]..... | 13 |
| Slika 3. Osnovna arhitektura pristupa Internetu kabelskim modemima [3]..... | 16 |
| Slika 4. IP video putem CMTS-a [16]..... | 17 |
| Slika 5. Satelitski pristup s povratnim kanalom (1) kroz PSTN/N-ISDN ili (2) realiziranim satelitskom poveznicom [3] | 19 |
| Slika 6. Tip lokacije uvođenja FTTH [1] | 22 |
| Slika 7. Mrežna arhitektura [18] | 24 |
| Slika 8. Prikaz optičkog vlakna do kućanstva (FTTH)[3] | 25 |
| Slika 9. Prikaz optičkog vlakna do zgrade (FTTB) [3] | 26 |
| Slika 10. Prikaz optičkog vlakna do pločnika (FTTC) [3]..... | 27 |
| Slika 11. Optičko vlakno do ormarića/distribucijskog čvora Fiber to the Cabinet/Node[3].... | 29 |
| Slika 12. Prikaz mreže P2MP [17] | 30 |
| Slika 13. Prikaz P2P mreže [17]..... | 31 |
| Slika 14. FTTH mrežni slojevi [1] | 33 |
| Slika 15. Prikaz strukture FTTH poslovnog modela [6] | 39 |

Popis grafikona

| | |
|---|----|
| Grafikon 1. Broj širokopojasnih priključaka u Republici Hrvatskoj [10]..... | 5 |
| Grafikon 2. Raspodjela širokopojasnih priključaka po županijama [10]..... | 6 |
| Grafikon 3. Krajnji korisnici širokopojasnog pristupa internetu putem ADSL pristupa putem bakrene parice prema načinu pristupa [10] | 9 |
| Grafikon 4. Starosna dob ispitanika | 43 |
| Grafikon 5. Stupanj obrazovanja..... | 43 |
| Grafikon 6. Zastupljenost operatera u anketi | 44 |
| Grafikon 7. Zastupljenost fiksnih telekom paketa kod ispitanika..... | 45 |
| Grafikon 8. Važnost pouzdanosti mreže i brzine prijenosa podataka | 46 |
| Grafikon 9. Zainteresiranost ispitanika da prijeđu kod operatera s pouzdanijom mrežom..... | 47 |
| Grafikon 10. Mjesečno izdvajanje za fiksne telekom usluge ispitanika | 48 |

| | |
|--|----|
| Grafikon 11. Spremnost ispitanika za uvođenje FTTH mreže..... | 49 |
| Grafikon 12. Spremnost mjesečnog izdvajanja za paket usluga uz ugovornu obvezu na 24 mjeseca | 50 |

Popis tablica

| | |
|--|----|
| Tablica 1. Brzine pojedinih tehnologija [19] | 9 |
| Tablica 2. Domet kod pojedinih brzina [19] | 13 |
| Tablica 3. Podjela Hrvatske na geotipove[5] | 36 |

Prilog - Anketni upitnik

Analiza zainteresiranosti za uvođenje FTTH mrežne usluge

1. Koji je Vaš spol?
 - a) Muški
 - b) Ženski

2. U kojoj ste starosnoj dobi?
 - a) 18-26 godina
 - b) 27-36 godina
 - c) 37-46 godina
 - d) 47-56 godina
 - e) 57+

3. Koji stupanj obrazovanja imate?
 - a) Završena osnovna škola
 - b) Završena srednja škola
 - c) VŠS – sveučilišni ili stručni preddiplomski studij
 - d) VSS – sveučilišni dodiplomski studij
 - e) Sveučilišni poslijediplomski znanstveni studij

4. Koristite li fiksne telekom usluge (telefon i/ili internet i/ili TV)?
 - a) Da
 - b) Ne

5. Kojeg operatera koristite?
 - a) T-Com
 - b) H1 Telekom
 - c) Optima telekom
 - d) Vipnet
 - e) Ostalo: _____

6. Koliko ste zadovoljno vašim operaterom?
 - a) Nisam zadovoljan
 - b) Relativno zadovoljan
 - c) Zadovoljan

- d) Vrlo zadovoljan
- e) Apsolutno zadovoljan

7. Koji paket usluga koristite?

- a) Telefon
- b) Telefon + internet
- c) Internet + TV
- d) Telefon + internet + TV
- e) Ostalo: _____

8. Jeste li zadovoljni kvalitetom usluge koju vam pruža operater?

- a) Da
- b) Ne

9. Koliko Vam je bitna pouzdanost mreže i brzina prijenosa podataka?

- a) Nije mi bitna
- b) Bitna mi je

10. Ako Vam je bitna, jeste li spremni prijeći kod drugog operatera koji ima skuplje usluge ali pouzdaniju mrežu i veće brzine prijenosa?

- a) Da
- b) Ne

11. Koliko mjesečno plaćate telekom usluge?

- a) Do 100 kn
- b) 100-200 kn
- c) 200-300 kn
- d) Više od 300 kn

12. .Ako bi vaš operater odlučio uvesti FTTH mrežnu tehnologiju, biste li to odobrili?
(Objašnjenje: FTTH mrežna tehnologija bi Vam omogućila velike brzine prijenosa podataka, mnogo brži prijenos nego preko bakrene parice)

- a) Da
- b) Ne

13. Ako je Vaš odgovor „Da“, koliko ste spremni odvojiti za prihvat FTTH mrežne tehnologije uz ugovor u trajanju od 24 mjeseca?

- a) 200-250 kn usluge interneta (brzina 100/20 Mbit/s)
- b) 200-250 kn usluge telefon+internet (brzina 50/10 Mbit/s)
- c) 300-350 kn usluge telefon+internet+TV (brzina 100/20 Mbit/s)
- d) Nisam spreman odvojiti toliko novaca