

EKONOMSKA EVALUACIJA FTTH PRISTUPNIH MREŽA

Pregledni članak

Zijad Havić, email: zijad.havic54@gmail.com

Internacionalni univerzitet Travnik

Sažetak: Mnogi telekom operatori danas postepeno povećavaju ponudu sa povećanjem širine propusnog pojasa, skraćanjem dužine bakarne parice do pretplatnika (npr. da se uvede VDSL) ili smanjenjem područja obuhvata davanja usluge za HFC (npr. da se primjeni DOCSIS 2.0/3.0). Ovakva strategija dovodi vlakno bliže korisniku i to je jedna od strategija koja se koristi kod BH telecom operatera. Dakako, postoji intencija da se izvrši prelazak na FTTH.

U članku su procijenjeni razvojni scenariji za FTTH u Bosni i Hercegovini u ruralnoj, suburbanjoj i urbanoj sredini. Intencija je da se odredi isplativost razvoja FTTH mreža na nacionalnom nivou u Bosni i Hercegovini sa komparacijom u različitim područjima. U nastavku je prezentirana analiza i procjena utjecaja i važnosti parametara u konačnoj procjeni razvoja i implementacije FTTH mreža. Predloženi model može se koristiti u drugim državama, uvažavajući specifičnost lokalnih uslova. U svim analizama je izvršena ekonomska procjena implementacije.

Ključne riječi: FTTH mreže, ukupni trošak, pristupna mreža P2P i P2MP, osjetljivost mreže

COST EVALUTION FOR FTTH ACCESS NETWORK

Abstract: Many telecom operators nowadays are gradually increasing their bandwidth offers, by either shortening the copper lengths to the user (e.g. to introduce VDSL) or by reducing the shared service areas for HFC (e.g. to adopt DOCSIS 2.0/3.0). This policy brings the fibre closer to the user, and it is one of the strategies taken by BH Telecom Sarajevo. However, there is an intention to perform the switchover to FTTH. In the paper are evaluated rollout scenarios for FTTH in Bosnia & Herzegovina in rural, suburban and urban area. The intention is to determine the general feasibility of a nationwide FTTH rollout in Bosnia & Herzegovina together with a thorough comparison between the different areas. In addition an analysis and estimation are presented showing the influence and importance of parameters in the final evaluation of an FTTH rollout. Model proposed one can use in other countries, taking into account specific local conditions. In all analyses cost evaluation is carried out.

Keywords: FTTH networks, total cost, P2P and P2MP access network, network sensitivity

1. UVOD

Cilj ovog rada je da ocijeni implementaciju fiksnih pristupnih mreža vlakno do kuće- Fibre to the Home (FTTH) u Bosni i Hercegovini. Pri tom je spojeno znanje o tehnološkoj osnovi s metodologijom ekonomskog vrednovanja.

Rad omogućuje detaljan pregled i uvod u oboje.

Trenutno, telekom operatori prilagođavaju svoje mreže za tri usluge- triple-play usluge koje omogućuju Internet, IP Televiziju (IPTV) i glas preko IP - Voice-over-IP (VoIP) prenošene

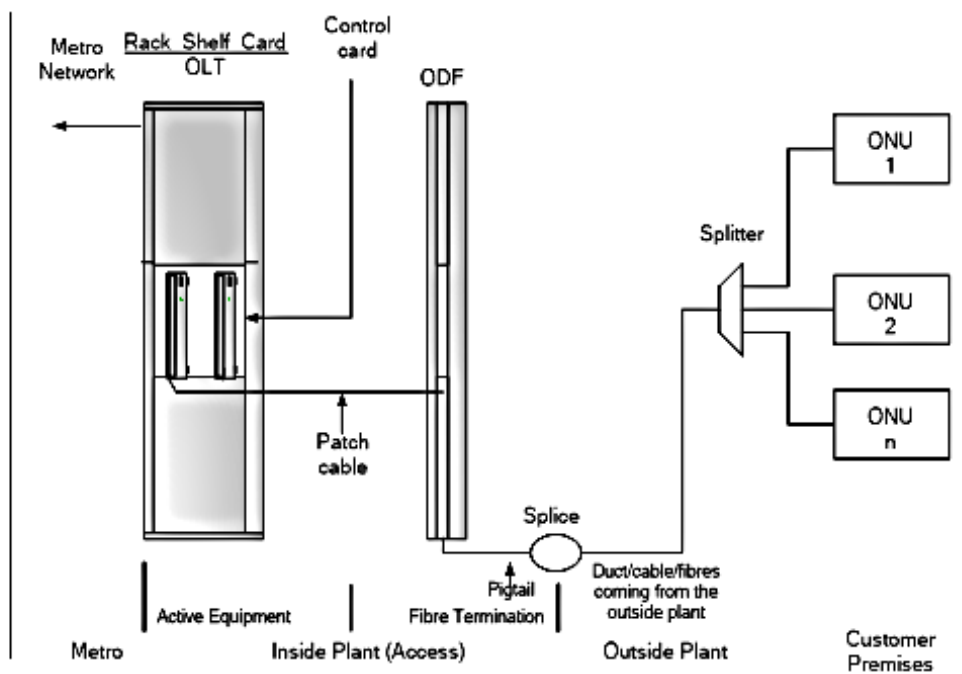
preko iste mreže. Takva mreža dovodi do povećanja potražnje za propusnošću. Sadašnje DSL i HFC tehnologije ne mogu zadovoljiti potrebnu propusnost. Optičke pristupne mreže zasnovane na optičkom vlaknu mogu zadovoljiti buduće zahtjeve za interaktivnim multimedijalnim aplikacijama. FTTx je buduće rješenje koje je definitivno u stanju da otkloni usko grlo u prijenosu pristupne mreže. Ali FTTx mreža je opterećena instalacionim troškovima, dominantno iskopom ili troškovima kablovske cijevne kanalizacije. Rješenja i analize troškova instalacije mogu se naći kod mnogih autora [1], [2], [23]. Autori su ocjenjivali nekoliko razvojnih scenarija za Fibre To the Home (FTTH) razmatrajući takozvani evolucioni i revolucionarni pristup prema FTTH primjenjen na GPON arhitekturu. Oni su odredili isplativost razvoja FTTH na nacionalnom nivou u njihovim zemljama. Mi ćemo evaluirati i analizirati dva razvojna scenarija za Bosniu i Hercegovinu; Pristupna mreža tačka – tačka - Point to Point (P2P) i mrežu tačka više tačaka -Point to Multipoint (P2MP).

2. MODEL TROŠKA

U danas egzistirajućim FTTH mrežama možemo razlikovati dvije arhitekture, pasivne i aktivne optičke mreže. U pasivnim optičkim mrežama (PON), pretplatnik se priključuje na opremu pomoću point-to-multipoint optičkom mrežom. Optički splitter (1:N) dijeli snagu signala od jednog izvora na N jednakih signala u smjeru prema pretplatniku. U suprotnom smjeru splitter skuplja ulazne signale od N izvora u signal usmjeren prema jednoj destinaciji. Spliter se instalira između CO i pretplatnika. Rezultirajuća struktura u obliku drveta priključuje nekoliko pretplatnika na jedno vlakno i jedan port na aktivnoj opremi u CO. Propusni pojas ovog vlakna se dijeli između raznih pretplatnika. Koristi se protokol vremenskog multipleksiranja -Time division multiplexing (TDM) da se podijeli medium. Svaki pretplatnik dobije vremenski interval- vremenski prozor u kojem je dozvoljeno da prima i šalje podatke kroz dijeljenu mrežu. U aktivnoj optičkoj mreži (AON), pretplatnik se priključuje na opremu pomoću dodijeljenog vlakna. Ovdje ne postoji splitter za dijeljenje signala i propusni pojas se ne dijeli između raznih pretplatnika. Ovisno od toga gdje se smješta aktivna oprema, postoje razlika između mreža koje završavaju na lokaciji pretplatnika - home run network (HRN) i aktivna zvijezda mreža -active star network (ASN) topologija. Kod HRN topologije vlakno ide cijelom dionicom od pretplatnika do CO dok kod ASN, aktivna oprema se smješta mnogo bliže pretplatniku i aktivni ulični kabinet (SC) opslužuje određen broj pretplatnika kao kod tradicionalne mreže PON (32-256 pretplatnika po SC). Budući da nema optičkih splitera snaga optičkog signala jedino pada zbog slabljenja na spojnim mjestima i konektnim spojevima. U ovom slučaju čak i optički signali male snage će moći biti prosljeđeni na velikoj udaljenosti između pretplatnika i CO.

Funkcija troška $cost(t)$ [1] :

$$cost(t) = \sum_i \sum_{j=0}^c \left[\frac{d_c(t)}{g_c} \right] \cdot p_c(t)$$



Slika 1. Optička mreža

Gdje je:

c – broj uređaja ili zaštitnih cijevi PEHD za instalisanje

d_c – potreban broj c vrste uređaja instalisanih u vremenu t (godine)

g_c – grupiranost c vrste uređaja, npr. km vlakna- namotanog kabla na dobošu ili broj portova po OLT-kartici (Optical Line Termination)

p_c – cijena c uređaja za dati factor grupacije

Funkcija troška se može podijeliti:

$cost_{CO}$ – cijena opreme u CO (central office) ovisno od broja optičkih portova,

$cost_L$ – cijena telekomunikacijskog rova između CO i prtlplatničkog uređaja (CPE) ovisno odužini rova,

$cost_{CP}$ – cijena prtlplatničkog uređaja (Customer Premises - CP)

Funkciju troška najviše čine troškovi iskopa rova i troškovi potrebne opreme. Da bi se instalirao novi optički kabal mora se ili kopati ili upuhivati. Trošak $cost_L$ sastoji se od dva dijela: troška za kabal i troška iskopa i polaganja zaštitnih PEHD cijevi. U CO se smješta OLTs koji se instaliraju u adekvatnu šasiju. U našem slučaju je korišten OLT koji sadrži četiri OLT porta, svaki opslužujući maksimalno 64 ONU pretplatničke jedinice (Optical Network Unit). U sljedećoj sekciji izračunati ćemo funkciju troška i usporediti GPON i P2P funkciju troška u Bosni i Hercegovini.

3. ALGORITAM

Analize su rađene u MATLAB-u. Funkcija $cost_L$ je trošak rova (kabal u cijevi i rov). $cost_{CO}$ je funkcija troška opreme u CO. Općenito se može definirati:

$$cost_L(t) = L_{trench} \cdot C^{fibre}(t) \cdot N(t) + L_{trench} \cdot N(t) \cdot C^{trench}(t) - \text{trošak rova}$$

$$cost_{CO}(t) = \frac{Crack(t) \cdot N(t)}{f_{g1}} + \frac{Cport(t) \cdot N(t)}{f_{g2}} + \frac{Cshelf(t) \cdot N(t)}{f_{g3}} - \text{trošak opreme u centrali CO}$$

$$cost_{CP}(t) = C^{modem}(t) \cdot N(t) - \text{trošak opreme kod pretplatnika}$$

Za P2P optičku pristupnu mrežu slijedi:

$$cost_{P2P}(t) = \sum_{t=1}^T C^{crack}(t) \cdot \frac{N(t)}{f_{g1}} + C^{port}(t) \cdot \frac{N(t)}{f_{g2}} + C^{shelf}(t) \cdot \frac{N(t)}{f_{g3}} +$$

$$+ L_{trench} \cdot C^{fibre}(t) \cdot N(t) + L_{trench} \cdot N(t) \cdot C^{trench}(t) +$$

$$+ C^{modem}(t) \cdot N(t)$$

Funkcija troška za P2MP mrežu je slična funkciji troška P2P mreže. Razlika je u manjem broju portova na linijskoj kartici a to znači i manji broj linijskih kartica te u cijeni splitera između linijske kartice i pretplatničke opreme.

Gdje je:

$N(t)$ – broj priključenih pretplatnika,

f_{g1}, f_{g2}, f_{g3} – granularnost ormara, linijske kartice i rama za linijske kartice

L_{trench} – prosječna dužina rova,

C^{fibre} – cijena optičkog vlakna i

$C^{crack, port, shelf}$ – cijena ormara, porta, rama.

Ako pretpostavimo sljedeće ulazne podatke možemo izračunati Capex za P2P i P2MP arhitekture:

- Bosna i Hercegovina ima cca 200,000 domaćinstava u urbanoj zoni, 300,000 domaćinstava usuburbanoj i 450,000 ruralnih domaćinstava [22].
- Prosječna dužina rova je 8 m u urbanoj zoni, 20 m u suburbanoj i 92 m u ruralnoj zoni, (podaci iz BH Telecoma).
- Dinamika priključenja na novu telekomunikacionu mrežu slijedi krivulju zasnovanu na Gopertz- ovom modelu ($a=6, b=0.4$) [23].
- Instalacioni trošak mreže je procijenjen na 30% ukupnog troška.
- Pretpostavljeni broj priključenih domaćinstava je 60% od ukupnog broja.
- Odnos dijeljenja centraliziranog splitera je određen sa 1:64.

Trošak rova je postavljen na 20 €/m (cijena u BiH).

TABELA 1
CIJENE OPREME KORIŠTENE U P2MP (GPON) MREŽI

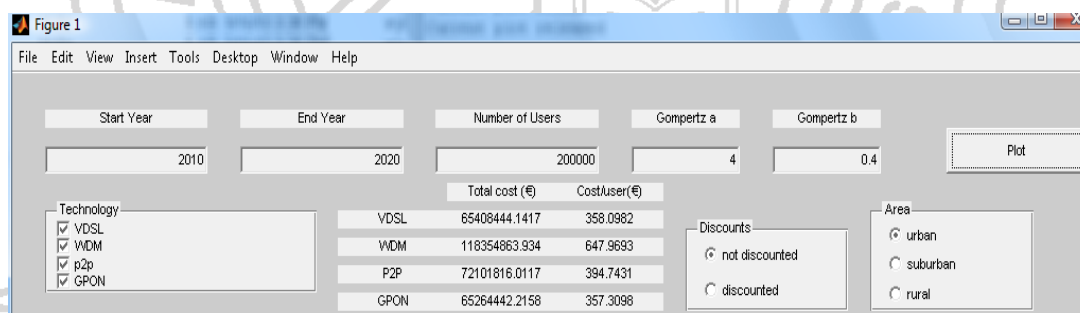
Component		Price (€)	Number of customers
OLT		24,000	256
Chassis for OLT		60,000	5,120
1:2 splitter		12	64
1:4 splitter		31	32
1:8 splitter		58	8
ONU		150	1
Rack (P2P)		1,500	2,400
Shelf		800	480
OLTcard(P2P Eth.)		5,000	24
ONU (P2P)		130	1

Troškovi instalacije vlakna su prikazani u Tabeli 2

TABELA 2
TROŠKOVI INSTALACIJE VLAKNA

Installation method	Cost (€/m)			Share (%)		
	Urban	Suburban	Rural	Urban	Suburban	Rural
Digging	20	20	15	80	75	70
Pulling	2	2	2	10	5	0
Aerial	5	5	5	10	20	30

Korišten je kalkulator prikazan na slici 2.

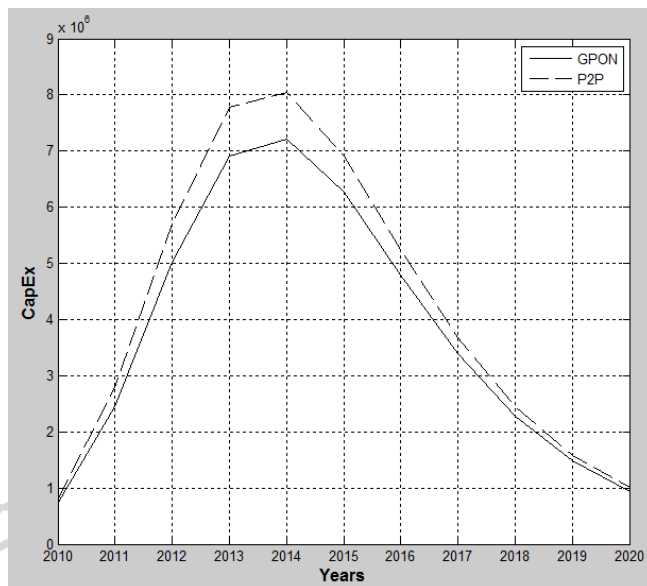


Slika 2. Kalkulator troška

4. REZULTATI

Statičke analize troška su zasnovane na fiksnim ulaznim parametrima što je ranije napomenuto. Poslovni model je razvijen da se izračunaju i analiziraju troškovi i prihodi buduće FTTH mreže u BiH i mogućnost implementacije FTTH tehnologije u našoj zemlji. Izračunali smo ukupni trošak -Capex za razvoj FTTH u Bosni i Hercegovini. Trošak po pretplatniku (Capex cost per customer) je 333 EUR u urbanoj zoni (Tabela 3). Trenutni trošak po pretplatniku u bakarnoj mreži za samo POTS i ISDN je 300 EUR. Slika 3. prikazuje trošak po godinama implementacije a slika 4 ukupni trošak za urbanu, suburbanu i ruralnu zonu. Tabela 3 prikazuje trošak po pretplatniku za P2P i P2MP (GPON) tehnologiju.

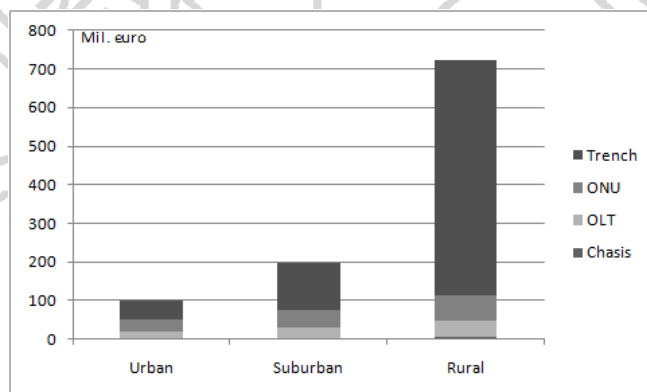
Glavni prihod od mreže se generiše od pretplatničke pretplate. Tabela 4 pokazuje odgovarajući mjesečni prihod (flat fee).



Slika 3. CapEx (GPON i P2P)

TABELA 3
TROŠAK PO PRETPLATNIKU

Tehnolog	Trošak (M€)			Trošak/pretpl(€)		
	Urb	Subu	Rur	Ur	Subu	Rur
P2MP(GPON)	54.5	120	541	333	493	1.442
P2P	59.2	128	530	362	522	1.472



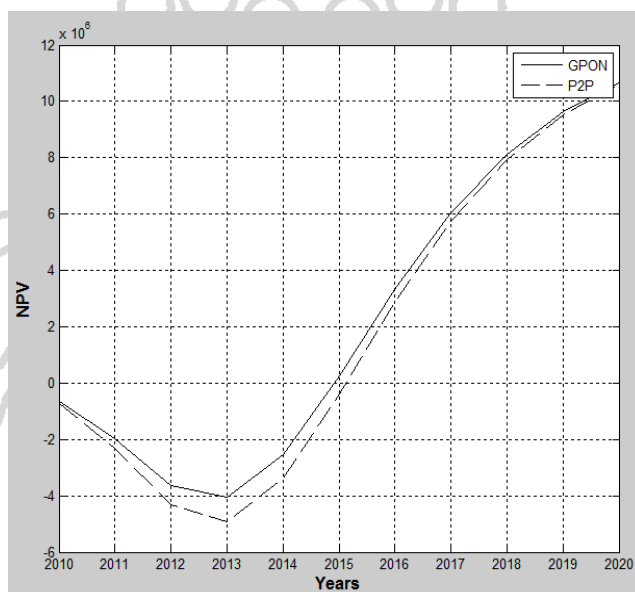
Slika 4. Ukupan trošak (P2MP-GPON) u urbanoj, suburbanoj i ruralnoj zoni

TABELA 4

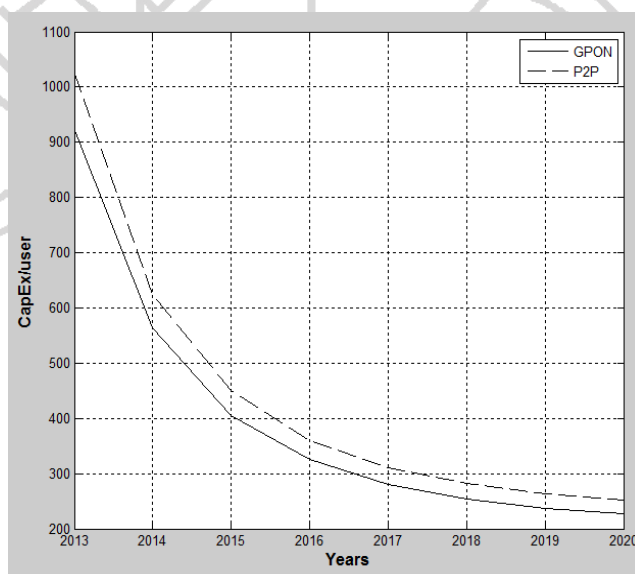
MJESEČNE TARIFE

Pretplata	Tariff (EUR/month)		Share (%)	
	Rezid.	Poslo v	Rezident .	Posl, .
Econom.	10	80	30	10
Standard	20	120	60	60
Premium	30	300	10	30

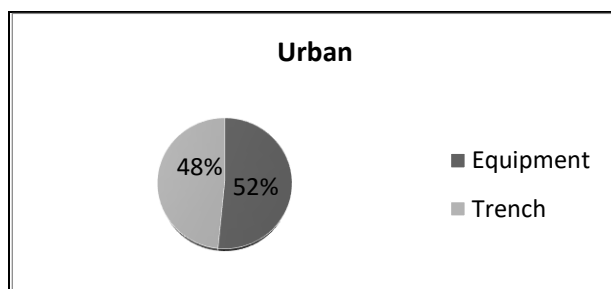
Kako je prikazano na slici 5 FTTH razvoj generira pozitivan NPV i period povrata nakon 5 godina.



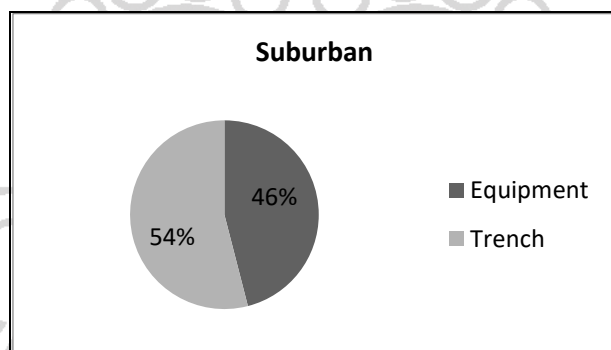
Slika 5. NPV analize I period povrata sredstava (P2P i P2MP urban) sobzirom na vrijeme razvoja



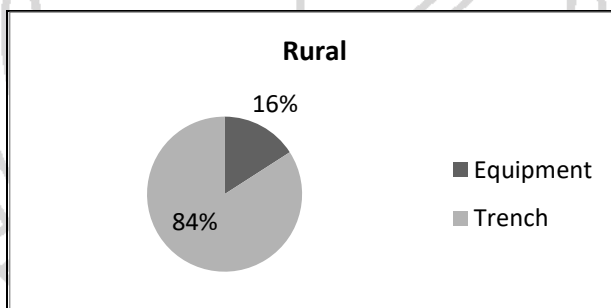
Slika 6. Utjecaj broja priključenih na mjesečnu pretplatu



Slika 7. Udio glavnog troška u urbanoj sredini



Slika 8. Podjela troška u suburbanoj zoni



Slika 9 Podjela troška u ruralnoj zoni

5. ANALIZA OSJETLJIVOSTI

Kada se treba više informacija o promjeni izlazne vrijednosti troška za moguću promjenu ulaznih cijena komponenti mreže, koristimo analizu osjetljivosti.

U osnovnoj analizi osjetljivosti, istražujemo utjecaj na izlazni trošak mijenjajući jedan ulazni parameter a istovremeno držeći ostale parameter nepromjenjivim. Rezultirajuće informacija o osjetljivosti je promjena izlaznog toka profita za određenu promjenu ulaznog parametra. Prvo izračunavamo NPV (Net Present Value) [23].

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

Gdje je:

t – vrijeme promatranja toka novca (cash flow),

CF_t – tok novca u vremenu t ,

T – ukupni vremenski period (period implementacije) i

r – diskontni iznos (npr. 10%)

Zatim, mijenjamo cijenu ONU, linijske kartice i optičkog vlakna, svakog posebno dok su drugi parametri fiksni. Promjene su za $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ i $\pm 15\%$. Dobijeni su sljedeći rezultati

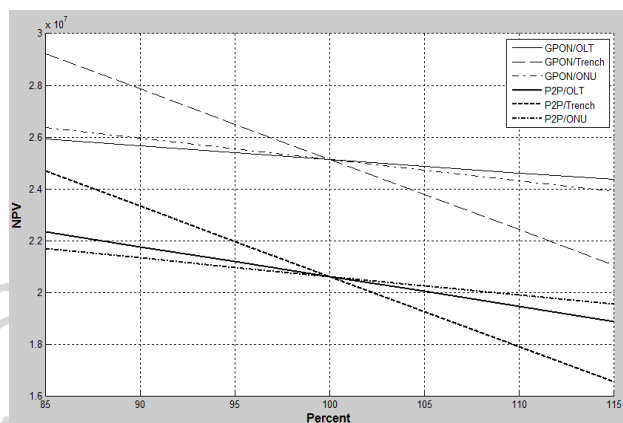


Fig. 5.1 Sensitivity analysis for price variations of digging cost, OLT and ONU

6. ZAKLJUČAK

Mnogi telekom operatori ne smatraju *FTTH* održivom mrežom. Oni radije proširuju svoju postojeću infrastrukturu. Kada se razvija nova pristupna mreža, troškovi iskopa igraju odlučujuću ulogu posebno u ruralnim područjima. Važan parameter je trošak po domaćinstvu bilo priključenom ili sa naknadnom mogućnosti priključenja (home passed -HP). Ovaj trošak je prikazan u Tabeli 3. Rezultati u Tabeli 3 pokazuju nam da je trošak po pretplatniku u optičkoj mreži 333 EUR u urbanoj zoni. Trenutno BH Telecom plaća 300 EUR po pretplatniku (samo *POTS* i *ISDN*). Naše analize pokazuju da *FTTH* mreža u BiH je ekonomski isplativa unurbanom zoni. Smanjenjem troška za iskop može se značajno poboljšati mogućnost razvoja *FTTH* mreže. Kombinujući iskopne radove sa planiranim rekonstrukcijama ulica, koristeći postojeći rov sa mikrocijevima predstavlja dobru alternativu da se ograniče troškovi iskopa. Rezultati na slici 10 pokazuju, *P2P* tehnologija je više osjetljiva od *P2MP*, ako se mijenja procentualno cijena iskopa i troškovi za OLT i ONU. Cilj ovog rada je bila analiza isplativosti razvoja *FTTH* mreža u Bosni i Hercegovini i usporedba scenarija razvoja u urbanom, suburbanom i ruralnim zonama. Ako promatramo urbanu zonu i ako se trošak iskopa može reducirati isplativa implementacija je moguća. Ovi rezultati nisu validni samo za Bosnu i Hercegovinu nego mogu biti prošireni i primjenjeni i na druge buduće mreže u drugim zemljama.

7. LITERATURA

- [1] B. Lannoo, L. Verslegers, D. Colle, M. Pickavet, M. Gagnaire, and P. Demeester, “Analytical Model for the IPACT Dynamic Bandwidth Allocation Algorithm for EPONs”, *Journal of Optical Networking*, vol. 6, pp. 677-688, June 2007.
- [2] S. Verbrugge, K. Casier, B. Lannoo, J. Van Ooteghem, R. Meersman, D. Colle, and P. Demeester, “FTTH deployment and its impact on network maintenance and repair costs”, International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON) ,2008
- [3] K. Casier, S. Verbrugge, J. Van Ooteghem, D. Colle, R. Meersman, M. Pickavet, and P. Demeester, “Impact of sensitivity and iterative calculation on cost-based pricing”, Proc.of CTTE 2007, 6th Conference on Telecommunication Techno-Economics, Helsinki, Finland, Jun. 2007.
- [4] ITU-T Recommendations, “G-series: Transmission systems and media, digital systems and networks” (<http://www.itu.int/rec/T-REC-G/e>).
- [5] DSL Forum (<http://www.dslforum.org/>).
- [6] J. M. Cioffi, S. Jagannathan, M. Mohseni, and G. Ginis, “CuPON: The Copper Alternative to PON 100 Gb/s DSL Networks”, *IEEE Communications Magazine*, vol. 45, pp. 132-139, June 2007.
- [7] Point Topic: Global broadband statistics (<http://www.point-topic.com>)
- [8] DOCSIS (<http://www.docsis.org/>).
- [9] CableLabs (<http://www.cablelabs.com/>).
- [10] P. E. Green, “Fiber-to-the-Home: The Next Big Broadband Thing”, *IEEE Communications Magazine*, vol. 42, pp. 100-106, Sep. 2004.
- [11] IEEE 802.3ah Ethernet in the First Mile Task Force (<http://www.ieee802.org/3/ah/>).
- [12] IEEE 802.3av Task Force, 10Gb/s Ethernet PassiveOpticalNetwork, (<http://www.ieee802.org/3/av/>).
- [13] ITU-T G.984.1, “Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON):General characteristics,” March 2003.
- [14] ITU-T G.984.2, “Gigabit-capable Passive OpticalNetworks(GPON):PhysicalMediaDependent (PMD) layer specification,” March 2003.
- [15] ITU-T G.984.3, “Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Transmission convergence layer specification,” Feb. 2004.
- [16] ITU-T G.984.4, “Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): ONT management and control interface specification,” June 2004.
- [17] ITU-T G.984.5, “Enhancement band for gigabit capable optical access networks”, Sep. 2007.
- [18] WiMAXForum (<http://www.wimaxforum.org/>).
- [19] K. Casier, S. Verbrugge, J. Van Ooteghem, D. Colle, R. Meersman, M. Pickavet, and P. Demeester, “Impact of sensitivity and iterative calculations on cost-based pricing”, *Proc. of CTTE 2007, 6th Conference on Telecommunication Techno-Economics*, Helsinki, Finland, Jun. 2007.
- [20] G. Kramer, B. Mukherjee, and G. Pesavento, “Interleaved Polling with Adaptive Cycle Time (IPACT): A Dynamic Bandwidth Distribution Scheme in an Optical Access Network”, *Photonic Network Communications*, vol. 4, pp. 89-107, Jan. 2002.
- [21] Department for a statistics, Federation B&H Sarajevo.
- [22] B. Lannoo, “Study of Access Communications Networks for Heterogeneous Environments, 20