



**TECHNOLOGIJŲ FAKULTETAS
INFORMATIKOS IR MEDIJŲ TECHNOLOGIJŲ KATEDRA**

Martynas Šimkus

**BALTOSIOSE DĖMĖSE ESANČIŲ NAMŲ ŪKIŲ
IJUNGIMO Į GIGABITINĮ INTERNETĄ
PROJEKTAS**

Baigiamasis darbas

Kibernetinių sistemų ir saugos studijų programos
valstybinis kodas 6531BX024
Informatikos inžinerijos studijų krypties

Vadovas dr. Rimantas Plėštys

Kaunas, 2024

TURINYS

ĮVADAS	9
1. ANALITINĖ DALIS	11
1.1. Gyvenvietės analizė	11
1.2. Interneto situacija regione	12
1.3. PON technologijų palyginimas.....	15
1.3.1. G-PON technologija.....	15
1.3.2. XGS-PON technologija.....	16
1.4. DSL technologija.....	19
1.5. Duomenų perdavimo technologijų varinėmis ir optinėmis linijomis palyginimas.....	20
1.6. Technologijų palyginamosios analizės išvados.....	20
2. SPECIFIKACIJA.....	22
3. PROJEKTINĖ DALIS.....	23
3.1. Tinklo topologijos sudarymas	23
3.2. Gigabitinės magistralės magistralinių ir skirstomųjų daliklių paskirstymas	25
3.3. Daliklių slopinimo parametrų skaičiavimas	25
3.3.1. Magistralinių daliklių parametrų skaičiavimas	25
3.3.2. Skirstomųjų daliklių parametrų skaičiavimas	26
3.3.3. Signalų slopinimas magistraliniuose dalikliuose	27
3.4. Tinklo įranga ir medžiagų žiniaraštis	29
3.5. Tinklo patikimumo skaičiavimas.....	31
3.6. Kibernetinio saugumo įvertinimas.....	33
3.6.1. Kibernetinio saugumo priemonių pritaikymas tinklui	33
3.6.2. Tinklo kibernetinio pažeidžiamumo įvertinimas.....	34
4. EKONOMINĖ DALIS	36
4.1. Įrangos pirkimas ir/ar nuoma.....	36
4.2. Įrangos nusidėvėjimas	37
4.3. Darbo užmokesčio skaičiavimas	37
4.4. Įdiegto projekto palaikymo sąnaudos	38
4.5. Projekto sąmata.....	39
4.6. Ekonominės naudos nustatymas.....	40
IŠVADOS.....	41
LITERATŪRA IR KITI INFORMACIJOS ŠALTINIAI.....	42
PRIEDAI	45

1 priedas. Siūloma įranga XGS-PON tinklo įrengimui.....	46
2 priedas. PON detalių žiniaraštis	52
3 priedas. Atakos vektoriaus skaičiavimas.....	53

LENTELIŲ IR PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

LENTELĖS

1 lentelė. Gyventojų ir namų ūkių skaičius	11
2 lentelė. Technologijų palyginimas.....	20
3 lentelė. Magistralinių daliklių slopinimo parametrai PON-A tinkle	26
4 lentelė. Magistralinių daliklių slopinimo parametrai PON-B tinkle.....	26
5 lentelė. Skirstomųjų daliklių signalo slopinimai	27
6 lentelė. Skirstomųjų daliklių parametrai PON-A tinklui	27
7 lentelė. Skirstomųjų daliklių parametrai PON-B tinklui	27
8 lentelė. Magistralinių daliklių slopinimo skaičiavimai PON-A tinklui.....	28
9 lentelė. Magistralinių daliklių slopinimų skaičiavimai PON-B tinklui	28
10 lentelė. Skaičiavimo reikšmių paaiškinimai PON-A.....	28
11 lentelė. Skaičiavimo reikšmių paaiškinimai PON-B	28
12 lentelė. Skaičiavimų detalizuotas paaiškinimas.....	29
13 lentelė. PON-A detalių žiniaraštis	30
14 lentelė. PON-B detalių žiniaraštis	30
15 lentelė. Žiniaraščio reikšmių paaiškinimai	30
16 lentelė. Patikimumo skaičiavimų lentelė PON-A magistralei	31
17 lentelė. Patikimumo skaičiavimų lentelė PON-B magistralei	32
18 lentelė. Patikimumo skaičiavimo reikšmių paaiškinimai	32
19 lentelė. Kibernetinio saugumo klausimynas	33
20 lentelė. Programinės ir techninės įrangos pirkimas	36
21 lentelė. Įrangos nuomos sąmata.....	36
22 lentelė. Ilgalaikio turto nusidėvėjimo ir programinės įrangos mokestis.....	37
23 lentelė. Darbo laiko nustatymas.....	38
24 lentelė. Įrangos pirkimo sąmata.....	38
25 lentelė. Įdiegto projekto atlyginimo skaičiavimas	39
26 lentelė. Įdiegto projekto palaikymo sąmata.....	39
27 lentelė. Projekto sąmata.....	39

PAVEIKSLAI

1.1 pav. Pagynės kaimo orto nuotrauka.....	12
1.2 pav. Baltoji zona Pagynės kaimo teritorijoje.....	13
1.3 pav. Pagynės kaimo zonoje esančio 4G ir 5G tinklų aprėptis	13

1.4 pav. Bokštų numatomas pastatymas didesnei negu 100mbit/s spartai pasiekiamumas	14
1.5 pav. Esamas optinis kabelis	14
1.6 pav. G-PON tinklo sudėtinės dalys.....	15
1.7 pav. GPON ir XG-PON, XGS-PON standartų palyginimas	16
1.8 pav. G-PON ir XGS-PON panaudojimo struktūra	17
1.9 pav. G-PON XG-PON ir XGS-PON suderinamumas	17
1.10 pav. FTTH Point to Multi Point.....	18
1.11 pav. Optinis daliklis 1:16.....	18
1.12 pav. XGS-PON tinklo struktūra.....	18
1.13 pav. Dažnių juostos paskirstymas DSL technologijoje	19
3.1 pav. Namų ūkių suskirstymas į PON tinklus.....	23
3.2 pav. PON-A tinklo topologija.....	24
3.3 pav. PON-B tinklo topologija.....	24
3.4 pav. PON-A daliklių sujungimo schema	25
3.5 pav. PON-B daliklių sujungimo schema	25
3.6 pav. Pažeidžiamumo metrikos grupės	35
3.7 pav. Pažeidžiamumo vektoriaus vertinimas	35

SĄVOKŲ SĄRAŠAS

Sąvoka	Aprašymas	Nuoroda į šaltinį
4G	Ketvirtosios kartos mobiliojo ryšio technologija	(ITU-T, IMT-Advanced, 2012)
5G	Penktosios kartos mobiliojo ryšio technologija	(ITU-T, M.2150, 2021)
10GBase-T	Vytos poros vario kabelio technologija.	(IEEE, 802.3ae, 2002)
OLT (angl. <i>Optical Line Terminal</i>)	Optinės linijos terminalas	(ITU-T, G.984, 2003)
ONU (angl. <i>Optical Network Unit</i>)	Optinio tinklo blokas	(ITU-T, G.984, 2003)
G-PON (angl. <i>Gigabyte Passive Optical Network</i>)	Gigabitinis pasyvus optinis tinklas.	(ITU-T, G.984, 2003)
XGS-PON (angl. <i>10-Gigabit Symmetric Passive Optical Network</i>)	10 Gigabitų simetrinis pasyvus optinis tinklas	(ITU-T, G.9807, 2023)
DSL (angl. <i>Digital subscriber line</i>)	Skaitmeninė abonentų linija	(ITU-T, G.995, 1999)
FTTH (angl. <i>Fibre to the Home</i>)	Optika į namus, optinio ryšio infrastruktūros tipas	(ITU-T, G.984, 2003)
10G-PON (angl. <i>10 Gbps passive optical network</i>)	10 gigabitų pasyvus optinis tinklas	(ITU-T, G.987, 2012)
10G-EPON (angl. <i>10 Gigabit Ethernet Passive Optical Network</i>)	10 gigabitų eternetinis pasyvus optinis tinklas	(IEEE, 802.3av, 2009)
ADSL (angl. <i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i>)	Asimetrinė skaitmeninė abonentų linija	(ITU-T, G992.1, 1999)
HDSL (angl. <i>High-bit-rate digital subscriber line</i>)	Didelės spartos skaitmeninė abonentinė linija	(ITU-T, G992.1, 1999)
ISDN (angl. <i>Integrated Services Digital Network</i>)	Integruotų paslaugų skaitmeninis tinklas	(ITU-T, G992, 1999)
S-VDSL (angl. <i>Very high speed digital subscriber line</i>)	Labai didelės spartos skaitmeninė abonentinė linija	(ITU-T, G993.2, 2019)
PON (angl. <i>Passive Optical Network</i>)	Pasyvus optinis tinklas	(ITU-T, G.984, 2003)

SANTRAUKA

Autorius Martynas Šimkus. *Baltosiose dėmėse esančių namų ūkių įjungimo į gigabitinį internetą projektas. Baigiamasis darbas. Vadovas dr. Rimantas Plėštys. Kauno kolegija, Technologijų fakultetas, Informatikos ir medijų technologijų katedra. Kaunas, 2024, 44 psl.*

Reikšminiai žodžiai: XGS-PON, optika, dalikliai, optiniai tinklai.

Darbe projektuojamas optinis magistralinis tinklas Pagynės kaime. Šis optinis tinklas parengtas pagal XGS-PON technologijos dokumentaciją. Aprašomas esamų PON technologijų palyginimas ir sudaromas technologijos apibendrinimas. Analizuojama dabartinė situacija vietovėje kurį papuola į „baltąją dėmę“. Siūlomas magistralinių ir skirstomųjų daliklių paskirstymas ir jų slopinimo parametrų skaičiavimas. Skaičiuojamas bendras tinklo patikimumas, aprašomas tinklo kibernetinio saugumo įvertinimas ir apskaičiuojama sudaromo tinklo ekonominė dalis ir aprašoma rekomenduojama tinklo įranga norint įgyvendinti šį projektą.

SUMMARY

Author Martynas Šimkus. *Project for Connecting Households to Gigabit Internet in White Spots.*
Graduation Thesis. Supervisor PhD Rimantas Plėštys. **Kauno kolegija HEI, Faculty of Technologies, Department of Informatics and Media Technologies. Kaunas, 2024, 44 pages.**

Keywords: XGS-PON, fiber, splitters, optical network.

The optical backbone network for Pagynė village is being designed. This optical network is based on the XGS-PON technology documentation. A comparison of existing PON technologies is described and a summary of the technology is provided. The current situation in the area falling into the "white spot" is analyzed. Proposed distribution of trunk and distribution splitters, as well as calculations of their attenuation parameters, are suggested. The overall network reliability is calculated, network cybersecurity assessment is described, and the economic aspect of the proposed network is calculated, along with the recommended network equipment to implement this project.

ĮVADAS

Darbo aktualumas. Dabartinėje visuomenėje internetas yra neatsiejama kasdienio gyvenimo dalis, tačiau kai kurios Lietuvos gyvenvietės papuola į vadinamas „baltąsias dėmės“. Baltosios dėmės yra vietovės, kuriuose neprieinama 100 Mb/s interneto prieigos sparta ir nei vienas interneto tiekėjas Lietuvoje negali užtikrinti tokios greitaveikos. Tokios vietovės dažnai yra atokios arba retai apgyvendintos, ir komerciniai tiekėjai dėl infrastruktūros įrengimo kaštų tokiomis vietovėmis nesidomi. Pagal Europos numatytas, normatyvas nuo 2021m. spalio mėnesio iki 2027 metų siekiama užtikrinti, kad kiekvienas namų ūkis Lietuvoje turi turėti bent jau 100 Mb/s interneto prieigos spartą (ES investicijos, 2021). Europos Komisija siekia, kad iki 2030 m. visi ES namų ūkiai turėtų gigabitinį ryšį, kuris būtų bent 10 kartų spartesnis negu šiuo metu esamas baltosiose dėmėse. Stabilus ir greitas internetas yra ypač svarbus ne tik užtikrinant interneto paslaugas verslui, bet ir švietimui ir mokslui. Tai išryškėjo po 2019m. dėl Covid-19 viruso sukeltos pandemijos. Projektas yra aktualus ir socialinei atskirčiai sumažinti. „Baltosiose dėmėse“ esantys namų ūkiai turi interneto prieigą per 4G technologiją ar naudojant senasis telefonines varines linijas, bet reikia įvertinti jog varinių kabelių gamyba yra keliasdešimt kartų imlesnė energetiniams ištekliams palyginus su optinių kabelių gamyba. Varinėmis linijomis perduodant internetą naudojamas 10GBase-T standartas, kuris vidutiniškai sunaudoja 3.5 W per 100 metrų, o naudojant OM4 optinius kabelius užtenka tik 1 W per 400 metrus (Maning, 2022). Galima teigti, kad optinis tinklas yra 14 kartų energetiškai efektyvesnis negu varinis. Gyvenvietėse, kuriose šiuo metu yra varinių kabelių technologiją ir perėjusios prie plačiau vystomos optinės technologijos pajustų ženkliai ekonominę naudą, kadangi sumažėtų elektros energijos sąnaudos kaip 1 Mb/s spartai, taip ir gerokai didesnei spartai. Šiuo metu Telia siūlo šviesolaidinį interneto planą iki 250 Mb/s už 13,90 Eur/mėn., tačiau iki 100 Mb/s greitaveikos planas yra 15,90 Eur/mėn. Dabar baltosiose dėmėse esantys namų ūkiai negali gauti 100 Mb/s greitaveikos, kuri yra siūloma Telia planuose. Todėl šio projekto aktualumas yra svarbus užtikrinant lygias skaitmeninės galimybės visiems Lietuvos gyventojams ir prisideda prie Europos Komisijos iškelto tikslo įgyvendinimo.

Darbo tikslas. Parengti projektą kuriame „baltųjų dėmių“ zonoje esantys namų ūkiai turėtų prieigą prie gigabitinio interneto.

Darbo uždaviniai:

1. Išsiaiškinti esamą interneto prieigos situaciją gyvenvietėje,
2. Išnagrinėti informaciją apie Pagynės kaime esančius namų ūkius ir jų išdėstymą,
3. Priskirti esančius namų ūkius atskiriems pasyviesiems optiniams tinklams,
4. Paskaičiuoti projektuojamų pasyviųjų optinių tinklų techninius parametrus,
5. Įvertinti suprojektuotų tinklų paslaugų patikimumą ir kibernetinį saugumą,

6. Sudaryti projekto įgyvendinimo sąmata.

Baigiamąjį darbą sudaro šios dalys: analitinė, specifikaciją, projektinė, eksperimentinė, kibernetinės saugos, ekonominė ir išvados. Darbo apimtis puslapiais 56 psl. Aiškinamajame tekste 20 paveikslų ir 27 lentelės.

Analitinėje dalyje aprašyta ir analizuota esama gyvenvietės situacija, aprašyta interneto ryšio būklė, atliktas G-PON ir XGS-PON technologijų palyginimas. Specifikacijoje pateikti reikalaujami projektuojamo tinklo techniniai parametrai. Projektinėje dalyje sudaryta tinklo topologija ir paskaičiuoti tinklo techniniai parametrai. Kibernetinės saugos dalyje paskaičiuoti paslaugų patikimumo parametrai bei atliktas kibernetinio saugumo įvertinimas. Ekonominėje dalyje sudaryta projekto įgyvendinimo sąmata ir atliktas ekonominės naudos paskaičiavimas.

1. ANALITINĖ DALIS

1.1. Gyvenvietės analizė

Pagynės Kaimas yra Kauno rajono savivaldybėje, 3 km į šiaurę nuo Babtų, prie kelio Aukštutiniai Kaniūkai–Babtai–Labūnava–Kėdainiai, kuris pažymėtas kaip 1906. Pro gyvenvietę teka Gynia – kairysis Nevėžio intakas, suteikęs gyvenvietei pavadinimą. Pagynės kaimas šiuo metu neturi optinio ryšio ir vienintelis tiekiamas ryšys yra per varinius kabelius naudojant DSL technologiją. Pagynės kaime, pagal 2022 m. Vilniaus statistikos departamentą gyvena 404 gyventojai (1 lentelė). Gyvenvietėje yra verslą vykdančių bendrovių:

- Pagynės ŽŪB kurioje dirba 9 darbuotojai,
- vaiko gerovės centras „Gynia“ kuris turi 31 darbuotoją,
- Pagynės medicinos punktas,
- kavinė „Vylaugė“,
- Pagynės biblioteka turinti 4 kompiuterizuotas darbo vietas vartotojams ir 1 – darbuotojui, be to bibliotekoje 2008 m. įkurtas interneto prieigos taškas (VIPT2).

VšĮ „Plaćiajuostis internetas“ vykdo projektą „Itin spartaus ryšio infrastruktūra“ kurio tikslas yra užtikrinti prieigą prie gigabitinės spartos plaćiajuosćio ryšio socialinę ir ekonominę pažangą skatinantiems subjektams bei duomenų perdavimo paslaugų tiekėjams, esantiems „baltosiose dėmėse“. Pagynės bibliotekoje 2008 m. buvo įkurtas interneto prieigos taškas priklausantis VšĮ „Plaćiajuostis internetas“ tinklui (RAIN), todėl galima panaudoti projektuojamo tinklo įjungimui į internetą. Pagynės kaime esančių namų ūkių ir gyventojų skaičius pateiktas 1 lentelėje. Duomenys gauti pasinaudojus Geoportal teikiamais duomenimis (Geoportal.lt).

1 lentelė. Gyventojų ir namų ūkių skaičius

Gyvenvietė	Metai	Gyventojai*	Namų ūkiai**
Pagynės kaimas	2021	404	114

* Duomenys pagal [Rodiklių duomenų bazė - Oficialiosios statistikos portalas]

** Duomenys pagal [LEII žemėlapių peržiūros programa (geoportal.lt)]

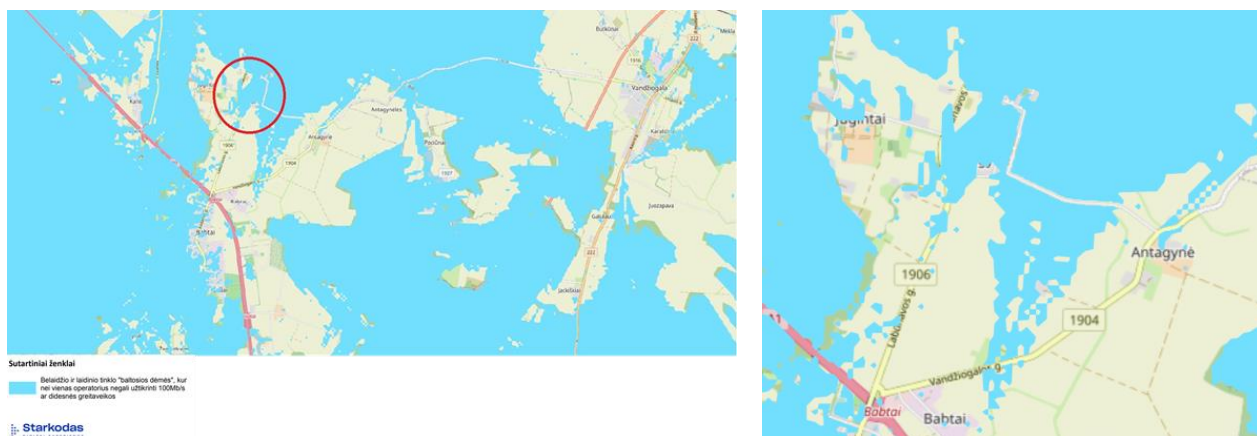
Pagynės kaimo namų ūkio išsidėstymą galima pamatyti pasinaudojant Orto nuotrauką kuris yra pavaizduotas 1.1 paveiksle.



1.1 pav. Pagynės kaimo orto nuotrauka

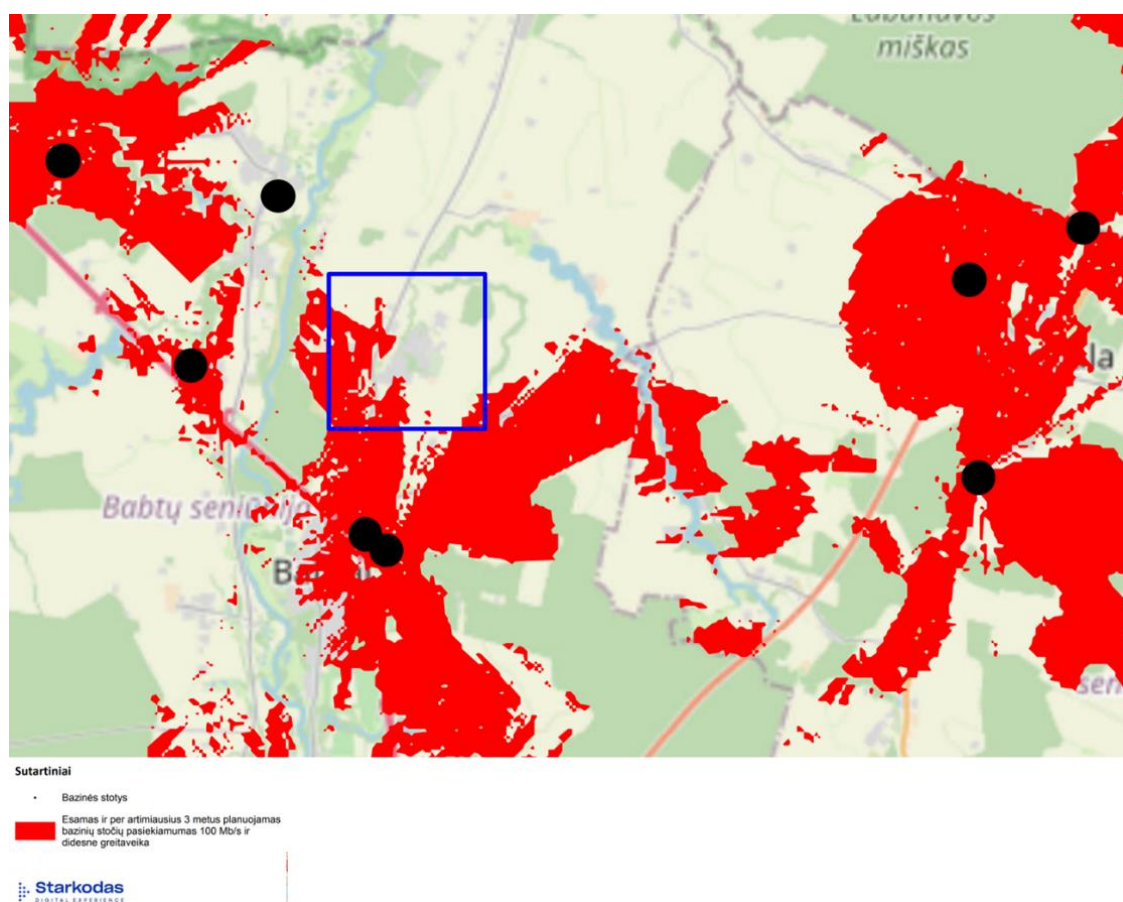
1.2. Interneto situacija regione

Dabartinė interneto situacija daugumoje Lietuvos mažesnių ar nutolusių nuo didmiesčių gyvenviečių yra prasta. Lietuvoje vis dar plačiai yra naudojamos varinės linijos kurios buvo tiestos telefono ryšiui užtikrinti, bet vėliau DSL technologijos pagalba pritaikytos ir interneto ryšiui. Kiekvienam Lietuvos rajonui yra sudarytas „baltosios zonos“ žemėlapis, kuriame galima pamatyti kaip interneto tiekėjai gali užtikrinti toje zonoje esančiai gyvenvietei bent 100 Mb/s interneto prieigą. Kauno raj. Pagynės kaimas šiuo metu papuola į baltąją zoną (1.2 pav.) ir nei vienas interneto tiekėjas negali pasiūlyti interneto, kuris užtikrintų 100 Mb/s spartą. Tačiau nuo 2030 m. pagal ES reikalavimus kiekviename namų ūkyje Lietuvoje turi būti garantuota 1 Gb/s interneto prieiga.

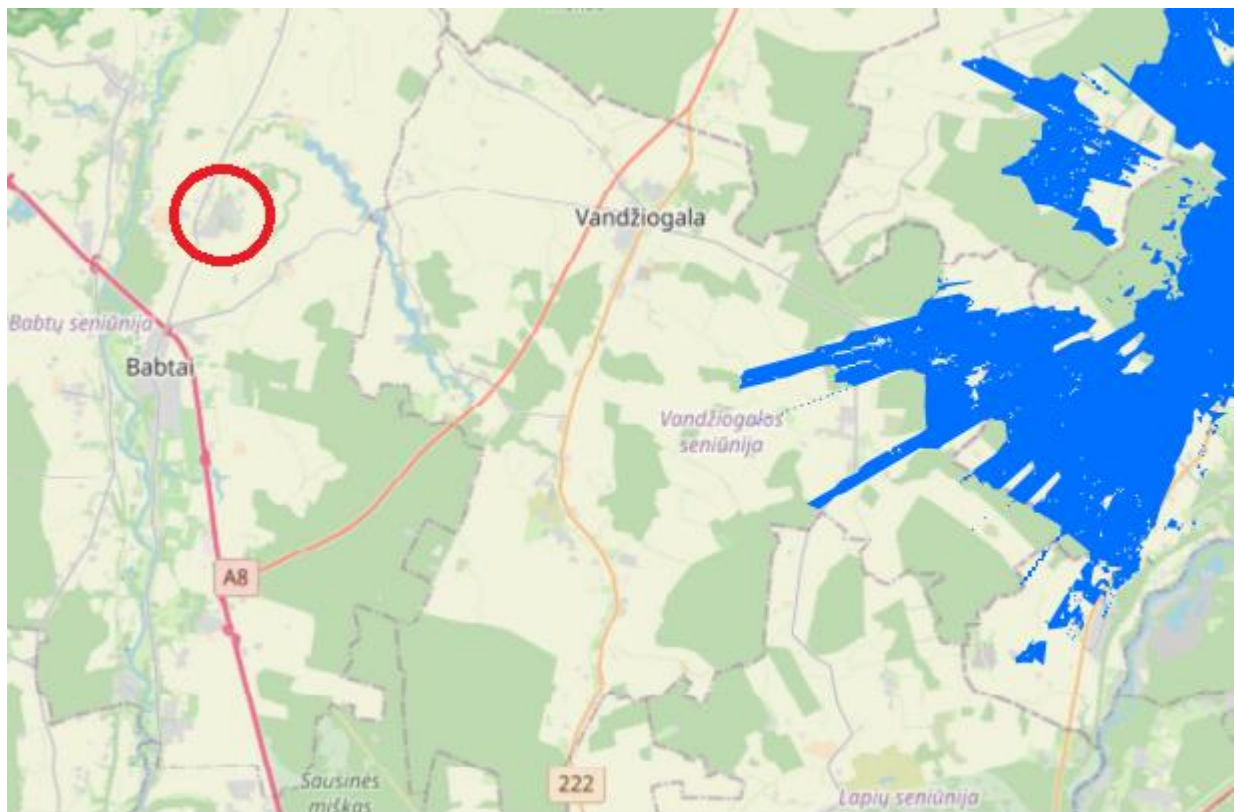


1.2 pav. Baltoji zona Pagynės kaimo teritorijoje (Raudonu apskritimu pažymėta gyvenvietė)

ISRI duomenimis planuojama Pagynės kaimo ir aplinkinės zonos 4G ir 5G ryšio aprėptis per artimiausius 3 metus nerodo, kad būtų užtikrinta 100 Mb/s ir didesnė greitis. Pagynės kaimas nepapuoia į didesnės greitis zonos. Didinę interneto spartą galima užtikrinti tikrai netoli Pagynės kaimo esančiuose Bąbtuose. Pagal projekto “Itin spartaus ryšio infrastruktūros plėtra” dokumentaciją nėra numatoma pastatyti mobilus ryšio bokšto kuris pasiektų Pagynės kaimo ribas. Artimiausias bokštas bus pastatytas prie Jonavos miesto (1.3 pav.).

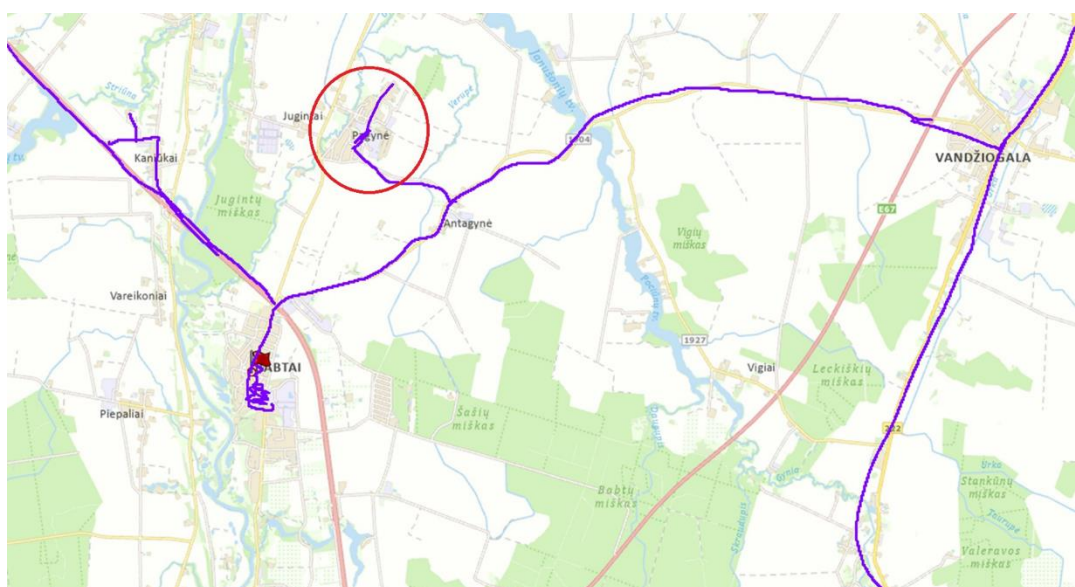


1.3 pav. Pagynės kaimo zonoje esančio 4G ir 5G tinklų aprėptis



1.4 pav. Bokštų numatomas pastatymas didesnei negu 100mbit/s spartai pasiekiamumas (mėlyna zona). (ISRI 2 dokumentacija)

Pasinaudojus VŠĮ „Plačiąjuostis internetas“ teikiama informaciją apie esamas optinės linijas Lietuvoje, galima matyti, kad į Pagynės kaimą yra atvestas optinis kabelis, jungiantis Pagynės kaimą su Babsiais, Antagynė ir Vandžiogala, kuriuo galima paduoti interneto srautą į projektuojamą tinklą (1.5 pav.).

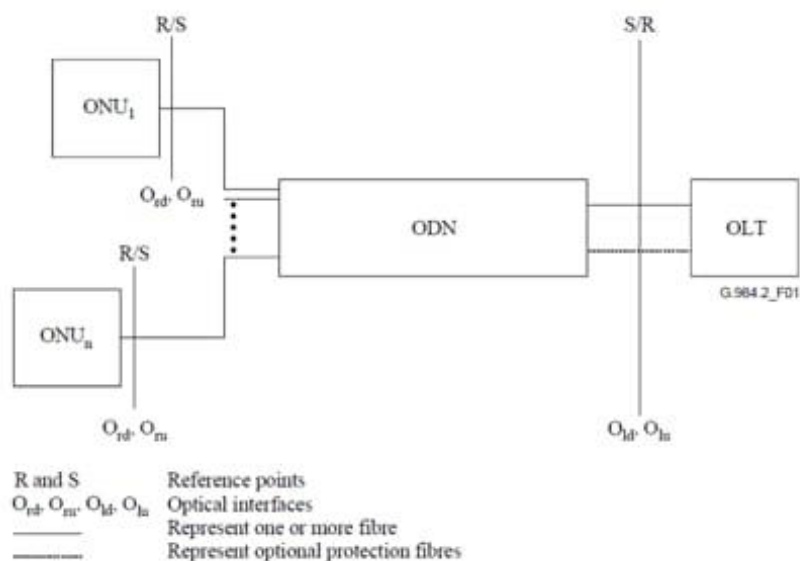


1.5 pav. Esamas optinis kabelis

1.3. PON technologijų palyginimas

1.3.1. G-PON technologija

G-PON yra duomenų perdavimo technologija, kuri yra šviesolaidinio į namus (FTTH) tinklų variantas. Ji plačiai pradėta naudoti pasaulyje siekiant užtikrint didelės spartos reikalaujančias interneto paslaugas. Gigabitinis pasyvus optinis tinklas (G-PON) pasižymi didele sparta ir aukštu patikimumu. G-PON tinklo technologija naudoja optinius kabelius, kuriais duomenys siunčiami fotonais, t.y. kitaip negu variniai kabeliais. GPON standartas pasiūlytas buvo jau 2002 m. rugsėjį, o standartizuotas 2003 metais (ITU, G984). G-PON technologija yra aprašoma ITU-T G.984 serijos rekomendacijomis. G-PON tinklo architektūros sudarymo principas paremtas ryšių taškas – daug taškų (angl. *Point-to-multipoint*), todėl viena magistralinė optinė skaidula gali apjungti daug vartotojų, bet tam papildomai reikalingi optiniai dalikliai (angl. *Splitters*) (1.11 pav.). G-PON technologija apima optinio linijos terminalo (OLT) ir optinio tinklo bloką (ONU), kurie yra sujungti į tinklą naudojant optinius kabelius ir optinius daliklius. Maksimali G-PON sparta iš tinklo yra 2,488 Gb/s (nuo tiekėjo iki vartotojo - nuo OLT iki ONU) ir 1,244 Gb/s į tinklą (nuo vartotojo iki tiekėjo - nuo ONU iki OLT). G-PON technologija dirba 1490 nm ilgio banga iš tinklo ir 1310 nm ilgio banga į tinklą. Maksimalus fizinis atstumas nuo OLT įrenginio iki ONU, be stiprintuvų ir papildomų priemonių yra 20 km, o pasinaudojant signalo stiprintuvais ir klaidų korekcijos technika loginis maksimalus atstumas gali būti padidintas iki 60 km. G-PON maksimalus slopinimas yra 28 dB, o minimalus slopinimas svyruoja nuo 8 iki 10 dB. Toks leistinas signalo slopinimas užtikrina, kad signalas būtų perduotas patikimai ir efektyviai. G-PON tinklo sudėtinės dalys pavaizduotos 1.6 paveiksle.



1.6 pav. G-PON tinklo sudėtinės dalys (Cisco)

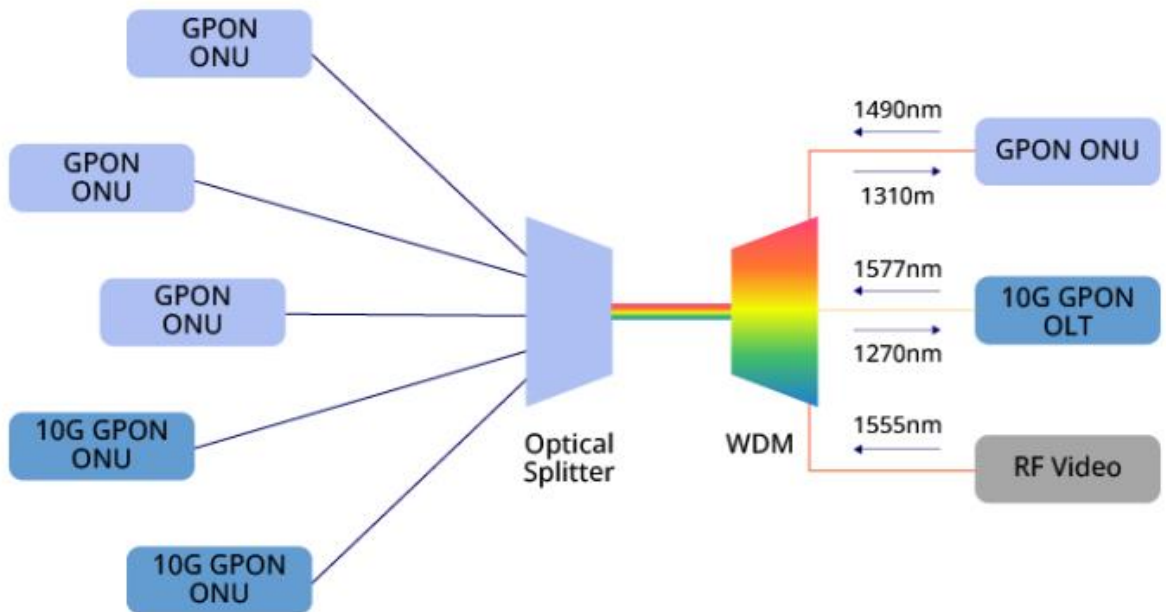
1.3.2. XGS-PON technologija

XGS-PON dar žinoma kaip 10G-PON technologija yra naujesnis PON standartas negu G-PON. 2010 m. IEEE pirmą kartą aprašė 10G-PON standartą ir oficialiai pavadino 10G-EPON. 10G-EPON leido duomenys perduoti 10 Gb/s sparta tiek žemyn, tiek aukštyn. 2012 m. tinkle operatoriai plačiai pradėjo diegti 10G-EPON standartą ir jis vis dar plačiai naudojamas iki šių dienų. 2016m. šešerius metus po 10G-EPON standarto išleidimo, ITU-T išleido XGS-PON standartą, kuris leido simetriškai veikti 10Gbps. (ITU-T G.9807.1) Vienas iš svarbiausių dalykų tarp G-PON ir XGS-PON standartų yra tai, kad jie yra tarpusavyje suderinami, jie naudoja tą pačią optinę skaidulą. Skirtingai negu G-PON naudojami 1310/1490 nm bangos ilgiai, XGS-PON standarte naudojami 1270/1577 nm bangos ilgiai. Vartotojo duomenys perduodami 1270 nm bangos ilgiu, iš tinklo duomenys perduodami 1577 nm bangos ilgiu. Turint jau įrengtą PON tinklą dėl skirtingų G-PON ir XGS-PON bangų ilgių abi technologijos gali dirbti kartu. Tai reiškia, kad keičiant G-PON technologiją į XGS-PON technologiją reikėtų pakeisti tik OLT ir ONU įrenginius. Ir dar svarbu paminėti, kad XGS-PON standartas per vieną skaidulą leidžia pajungti iki 256 įrenginių, o G-PON tik iki 128 įrenginius. XGS-PON veikimo schema yra lygiai tokia pati kaip ir G-PON schemas, nes skirtumas yra tik bangų ilgyje (1.7pav.).

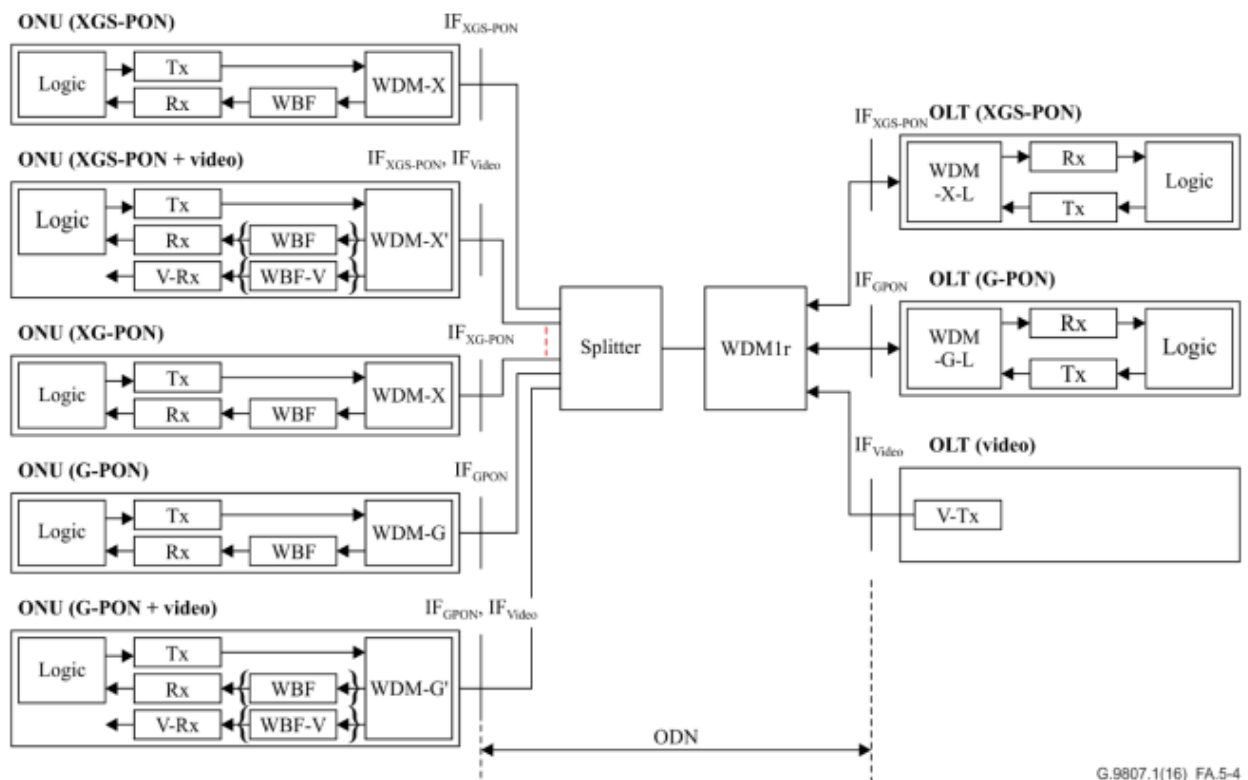
Specifications	GPON	10G GPON	
		XG-PON	XGS-PON
Wavelength	Downstream: 1480-1500 nm	Downstream: 1575-1580 nm	Downstream: 1575-1580 nm
	Upstream: 1290-1330 nm	Upstream: 1260-1280 nm	Upstream: 1260-1280 nm
Center wavelength	Downstream: 1490 nm	Downstream: 1577 nm	Downstream: 1577 nm
	Upstream: 1310 nm	Upstream: 1270 nm	Upstream: 1270 nm
Maximum Line Rate	Downstream: 2.488 Gbit/s	Downstream: 9.953 Gbit/s	Downstream: 9.953 Gbit/s
	Upstream: 1.244 Gbit/s	Upstream: 2.488 Gbit/s	Upstream: 9.953 Gbit/s
Maximum Physical Transmission Distance	60 km	100 km	100 km
	NOTE: The physical reach is defined by split ratio, optical module size, and fiber quality.	NOTE: The physical reach is defined by split ratio, optical module size, and fiber quality.	NOTE: The physical reach is defined by split ratio, optical module size, and fiber quality.
Maximum Split Ratio	1:128	1:256	1:256
	NOTE: The actual split ratio depends on the optical module model and fiber distance.	NOTE: The actual split ratio depends on the optical module model and fiber distance.	NOTE: The actual split ratio depends on the optical module model and fiber distance.

1.7 pav. GPON ir XG-PON, XGS-PON standartų palyginimas

Bendros optinės skaidulos panaudojimas G-PON ir XGS-PON technologijose pavaizduotas 1.8 paveiksle. Kartu gali būti panaudota ir dar viena technologija XG-PON (1.9 pav.).

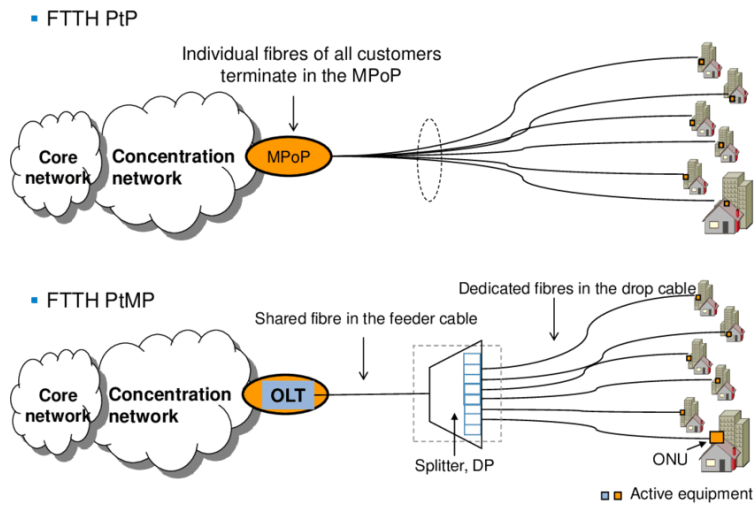


1.8 pav. G-PON ir XGS-PON panaudojimo struktūra (ITU-T,2023)

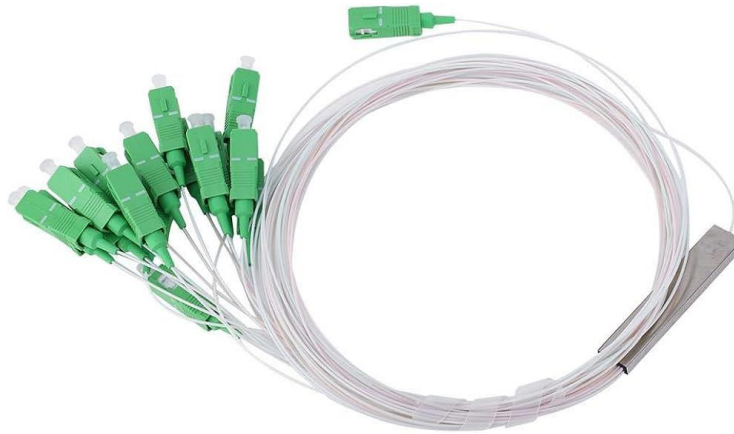


NOTE – XG-PON and XGS-PON ONUs are accommodated on the OLT XGS-PON port through a TDM/TDMA scheme.

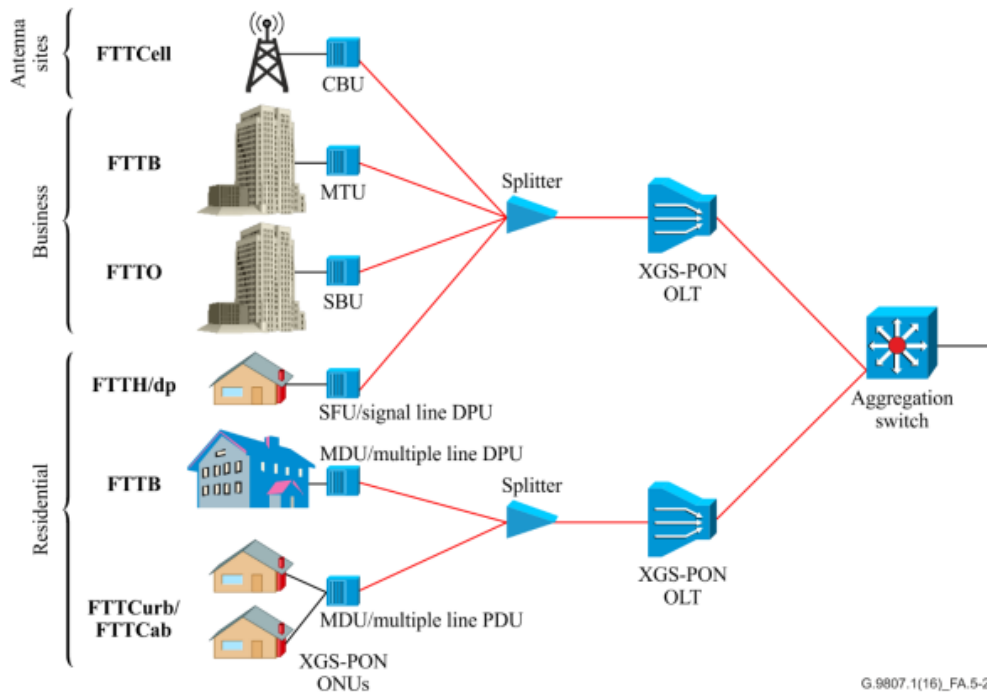
1.9 pav. G-PON XG-PON ir XGS-PON suderinamumas (ITU-T,2023)



1.10 pav. FTTH Point to Multi Point (Sánchez, 2016)



1.11 pav. Optinis daliklis 1:16

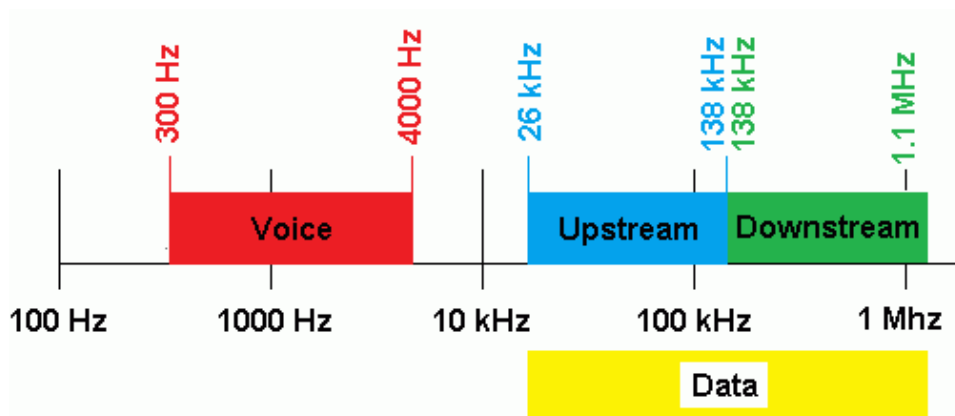


1.12 pav. XGS-PON tinklo struktūra (ITU-T, 2023)

1.4. DSL technologija

Dauguma gyvenviečių, kurios patenka į „baltąją“ zoną, turi prisijungimą prie interneto naudojantis DSL (Digital subscriber line) technologija. Lietuvos Ryšių sektoriaus ataskaitoje pateikta, kad 2022 m. xDSL technologiją naudoja 109400 fizinių asmenų ir 5100 juridinių asmenų.

DSL (skaitmeninė abonentų linija) technologija yra naudojama duomenims perduoti per senąsias telefono linijas. DSL pritaikymas leido vienu metu naudotis telefonu ir internetu, kadangi balso pokalbiai vyksta žemų dažnių juostoje, o interneto ryšiui naudojama aukštų dažnių juosta (1.13 pav.).



1.13 pav. Dažnių juostos paskirstymas DSL technologijoje

DSL technologija pradėta naudoti nuo 1986 m., o pirmasis DSL technologijos standartas ISDN leido užtikrinti duomenų perdavimą tik iki 144kb/s. Paskui atsirado tokios technologijos kaip ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), HDSL (High-bit-rate digital subscriber line) ir kitos DSL rūšys, kurios leido žymiai padidinti perdavimo spartą. ADSL technologijoje duomenų perdavimo greitis aukštesnis t.y. iš paslaugų tiekėjo į naudotoją, yra mažesnis, todėl vadinama asimetrinė. Simetrinėje skaitmeninėje abonentų linijoje SDSL (symmetric digital subscriber line) tiek aukštesnis, tiek žemesnis duomenų perdavimo greitis yra vienodas. Nors technologija interneto ryšiui yra visiškai prastesnė už PON technologijas, bet į ją vis dar investuojama. 2018 m., „Telia Lietuva“ pristatė naują technologiją vadinama „Super VDSL“ (S-VDSL), kurios pagalba interneto greitis varinėmis linijomis buvo padidintas iki 250 Mb/s, bet maksimalia spartą gali gauti tie vartotojai kurie nuo „Telia“ ryšio mazgo gyvena atstumu iki 700 metrų, o nuo 700 metrų sparta krenta iki 100 Mb/s, kas reikštų, kad ryšio mazgai turėtų būti statomi tankiai vienas nuo kito. Todėl šita technologija tiek energijos suvartojime, tiek greityje yra prastesnė už pasyvųjį optinį tinklą.

2 lentelė. Technologijų palyginimas (Zimon D., Singh R., Hashmi M. 2021)

XDSL Technology	ADSL Full rate	ADSL-Lite "g.Lite"	HDSL, HDSL2, HDSL4	SDSL	SHDSL	IDSL	VDSL
Data rates	192k–8 Mb/s DS 64–900 kb/s US	256k–1.5 Mb/s DS 64–400 kb/s US	1.5 Mb/s symmetric	256k–2 Mb/s symmetric	192 k–2.3 Mb/s symmetric	128k or 144kb/s symm.	12–52 Mb/s DS 6–26 Mb/s symmetric
Loop reach mixed gauge wire	15 kft reach at lower rates	15 kft reach at lower rates	HDSL & HDSL2—9 kft, HDSL4—11 kft (×2 with repeater)	16 kft @ 256kb/s, 7 kft @ 1.5Mb/s	20 kft @ 256 kb/s, 9 kft @ 1.5 Mb/s	15 kft reach, repeater for ×2 reach	3 kft @ 26M/4M 1 kft @ 26 Mbs symmetric
Service types	Data & POTS Shared line	Data & POTS Shared line	DS1 private line	Data only	Data and optional digitized voice	Data only	Data and POTS
Principle applications	Internet access, data	Internet access, data	Data, voice trunking	Data	Data, voice	Data	Video, Internet access, data
Modulation	DMT	DMT	2B1Q-HDSL TC-PAM-HDSL2&4	2B1Q	TC-PAM	2B1Q	Multiple (CAP, QAM, DMT, FMT)
Common protocols	PPP over ATM	PPP over ATM	DS1	Frame Relay	ATM	Frame Relay	ATM
Standard	ITU G.992.1 T1.413	ITU G.992.2	ITU G.991.1-HDSL T1.418-HDSL2	None	ITU G.991.2	T1.601	T1 Trial use standard
Number of wire pairs	One pair	One pair	2 pairs: HDSL, HDSL4 1 pair: HDSL2	One pair	One pair (2 pair option doubles the bit rate)	One pair	One pair (1, 2 or 4 pairs in EFM area)

1.5. Duomenų perdavimo technologijų varinėmis ir optinėmis linijomis palyginimas

Optinio duomenų perdavimo įranga yra ekonomiškai efektyvesnė, ypač statant visiškai naują tinklą. Bet esminis skirtumas yra perdavimo greitis ir perdavimo nuotolis. Optinis kabelis leidžia duomenis perduoti 60 Tb/s ir sparčiau, o vario kabeliuose tik iki 10 Gb/s. Optinio ryšio atstumas vietiniuose prieigos tinkluose siekia 20 km+ iki 10 Gbps, o varis 100 metrų iki 1 Gbps be stiprintuvų. Tarp miestinio ryšio optiniu kabeliu atstumas siekia šimtus kilometrų. Optinis kabelis yra mažiau jautrus išorės elektromagnetiniams laukams palyginus su variu, kas užtikrina patikimą duomenų perdavimą. Energijos suvartojimas yra apie 5 kartus mažesnis naudojant optiką. Todėl investavus į tinklą, kuris naudotų PON technologiją, atsipirktų greičiau negu panaudojant senas varines linijas.

1.6. Technologijų palyginamosios analizės išvados

Palyginus technologijas, skirtas interneto ryšiui teikti galima daryti tokias išvadas:

1. Perėjimas į PON (pasyvųjį optinį tinklą) technologiją atveria naujas galimybes spartesniam ir patikimesniam interneto ryšiui lyginant su senąją DSL technologija. PON technologija naudoja optinius kabelius dėl kurių leidžiama perduoti duomenis šviesos signalais dideliu greičiu ir dideliu atstumu.

2. PON technologija pasižymi didele sparta nuo 2,488 Gb/s iki 10 Gb/s pritaikant XGS-PON standarto versija. Tokia sparta šiuo metu yra daugiau negu pakankama, kad patenkintų interneto poreikius ir ES reglamentacijos. PON taip pat yra ekologiškesnė ir ekonomiškesnė alternatyva lyginant su DSL, PON technologijos signalo perdavimo atstumas optiniame kabelyje yra didesnis ir ji yra energetiškai efektyvesnė negu variniais telefono linijų kabeliais veikianti technologija.
3. Perėjimas į PON technologiją reikalauja investicijų į naują infrastruktūrą, tačiau ilgalaikėje perspektyvoje tai būtų pelningesnė investicija, atsižvelgiant į didesnę greitį, didesnę patikimumą, mažesnę energijos suvartojimą ir mažesnės eksploatacijos išlaidas. Kadangi teoriškai optinėje skaiduloje galima sparta 60 Tb/s ir sparčiau, tai ateityje galima tikėtis naujų PON standartų ir dėl to investavus į optinius tinklus vieną kartą, nereikėtų iš naujo diegti optinių linijų taip susitaupyti ateityje daug išlaidų.

2. SPECIFIKACIJA

Projektuojamas objektas:

Pagynės kaimo pasyvusis optinis tinklas.

Interneto sparta:

Iš tinklo – ne mažesnė kaip 10 Gb/s,

Į tinklą – ne mažesnė kaip 10 Gb/s.

Aktyviniai tinklo elementai:

OLT skaičius – pagal poreikį,

ONU skaičius – 90 % namų ūkių,

Turi atitikti ITU-T G.9807.1 ir ITU-T G.987.2 standartus.

Pasyviniai elementai:

Vienmodės optinės skaidulos,

Magistraliniai optiniai šakotuvai 1:2 (pagal poreikį),

Skirstomieji optiniai šakotuvai 1:n (pagal poreikį).

Tinklo prijungimo prie „Plačiajuosčio interneto“ reikalavimai:

Prijungimo sparta kiekviena kryptimi – ne mažiau 10 Gb/s.

Tinklo kibernetinio pažeidžiamumo įvertis:

Ne daugiau kaip 5 balai pagal CVSS 3.1 standartą.

Papildoma dokumentacija:

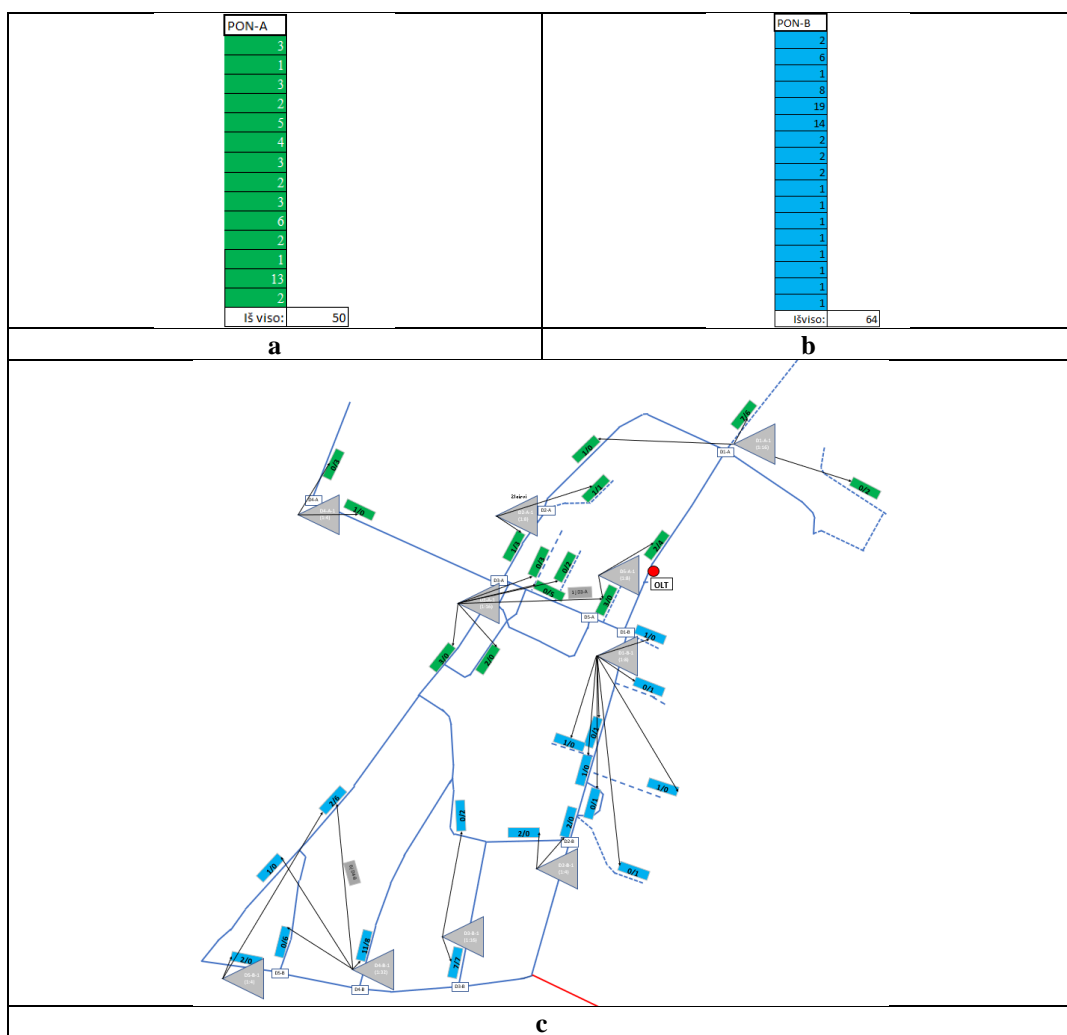
Tinklo elementų specifikacija,

Investicijų atsipirkimo laikas – ne ilgesnis kaip 5 metai.

3. PROJEKTINĖ DALIS

3.1. Tinklo topologijos sudarymas

Projektas yra daromas pagal XGS-PON standartą (G9807.1) Tinklo topologija parenkama suskirstant namų ūkius į 2 atskirus PON tinklus, kuriuose gali būti įjungta iki 64 ONU bloką, kadangi jungiant iš vieno OLT į magistralinį naudojant padalinta jungimo struktūra reikia užtikrinti signalo slopinimo normas. Projekte numatyta vienam namų ūkiui skirti vieną ONU bloką. Namų ūkių skaičių galima nustatyti pagal Geoportal svetainės teikiamus duomenys (Geoportal.lt, 2024). Projektas turi apimti 114 namų ūkių. Namų ūkiai suskirstyti į 2 PON tinklus: PON-A tinkle 50 namų ūkių, PON-B tinkle 64 namų ūkiai. Bendras visos gyvenvietės sudarytas tinklas su magistraliniais, bei skirstomaisiais dalikliais pavaizduotas 3.1 paveiksle.

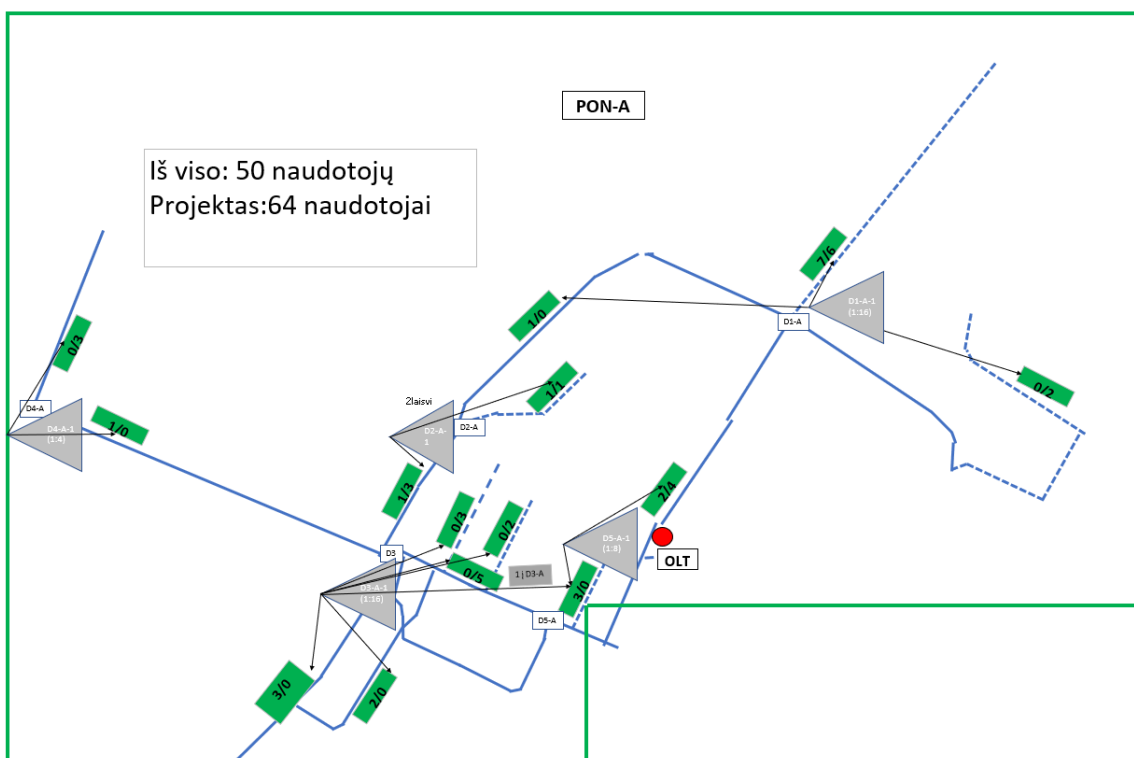


3.1 pav. Namų ūkių suskirstymas į PON tinklus

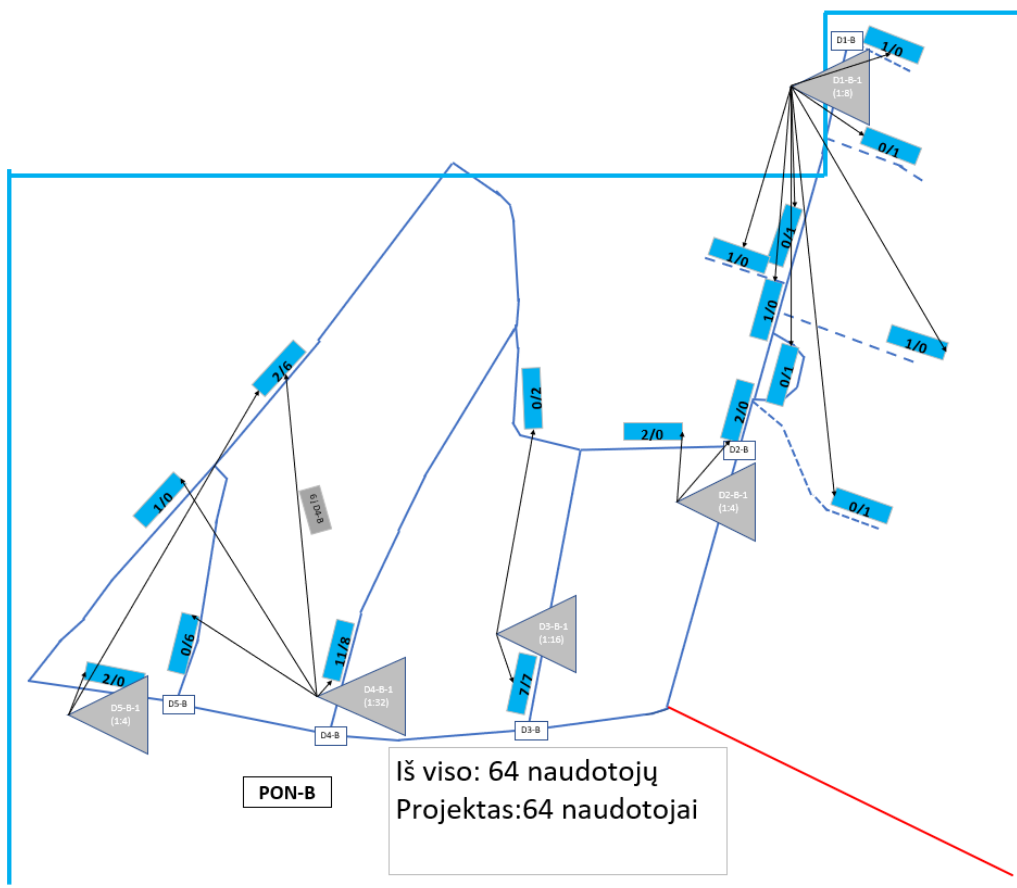
- a) PON – A namų ūkiai
- b) PON – B namų ūkiai
- c) Bendras gyvenvietės planas

Tinklų detalesnis atvaizdavimas pateiktas 3.2 pav. ir 3.3 pav. Detalūs duomenys pateikti

3 priede



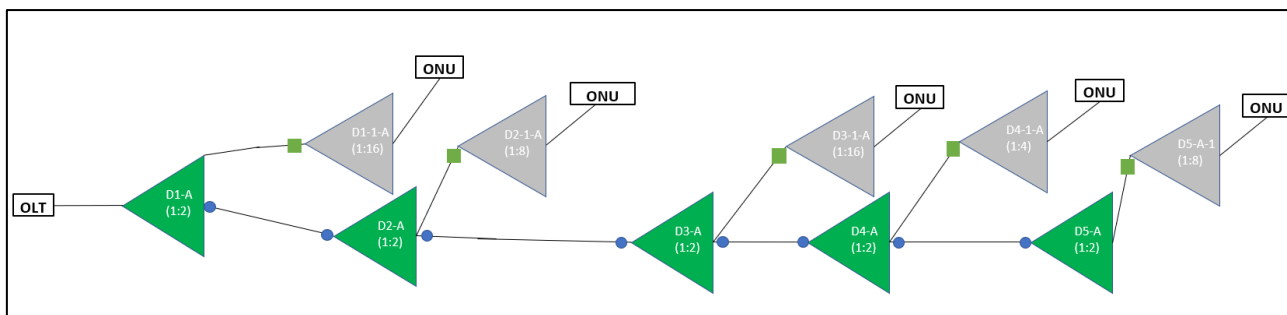
3.2 pav. PON-A tinklo topologija



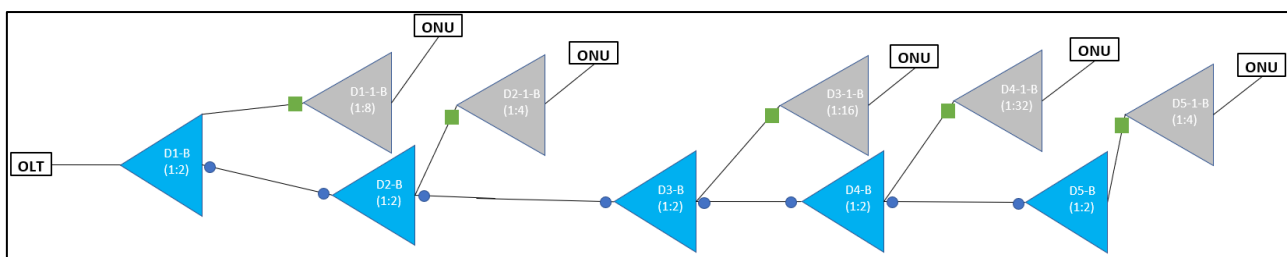
3.3 pav. PON-B tinklo topologija

3.2. Gigabitinės magistralės magistralinių ir skirstomųjų daliklių paskirstymas

Padalinta daliklių išdėstymo struktūra turi užtikrinti, kad namų ūkiai būtų jungiami per skirstomuosius daliklius, kurie turi būti prijungti prie magistralinių daliklių. Taikant tokį jungimą suvienodinami signalų stiprumai visuose tinklo taškuose. Kiekvienam skirstomajam dalikliui projekte yra skirtas vienas magistralinio skirstamojo išvadas, o kitas išvadas nueina į magistralinį daliklį taip gaunama struktūra padalinta struktūra. PON-A (3.4 pav.) tinkle įrengti 5 magistraliniai dalikliai: D1-A(1:2), D2-A(1:2), D3-A(1:2), D4-A(1:2), D5-A(1:2) ir prie jų prijungti skirstomieji dalikliai: D1-A-1(1:16), D2-A-1(1:8), D3-A-1(1:16), D4-A-1(1:4), D5-A-1(1:8) (3.5 pav.). PON-B tinkle projekte yra 64 naudotojai. PON-B tinkle įrengti magistraliniai dalikliai: D1-B(1:2), D2-B(1:2), D3-B(1:2), D4-B(1:2) ir D5-B(1:2) ir skirstomieji dalikliai: D1-B-1(1:8), D2-B-1(1:4), D3-B-1(1:16), D4-B-1(1:32), D5-B-1(1:4) (3.5pav.).



3.4 pav. PON-A daliklių sujungimo schema



3.5 pav. PON-B daliklių sujungimo schema

3.3. Daliklių slopinimo parametrų skaičiavimas

3.3.1. Magistralinių daliklių parametrų skaičiavimas

Magistraliniai davikliai kurie yra prijungti prie magistralinės optinės linijos turi turėti skirtingus išvadų slopinimus, nes tai įtakoja skirtingi atstumai tarp magistralinių daliklių ir skirtingi skirstomieji dalikliai. Kiekvienas optinis daliklis turi signalo nuostolius, kurie paprastai $E_0 = 0,3 \text{ dB}$.

Įvirinant optinius daliklius į liniją atsiranda dar papildomas slopinimas, kuris dažniausiai būna iki 0,1 dB. Jis yra įvertintas 3 lentelėje ir 4 lentelėje.

3 lentelė. Magistralinių daliklių slopinimo parametrai PON-A tinkle

Atkarpa	Atstumas, km	dB/km	Slopinimas, dB	E ₀ , dB	Iš viso, dB	Iš viso, dB +
OLT-D1-A	0,21583	0,4	0,086332	0,3	0,386332	0,486
D1-A - D2-A	0,34833	0,4	0,139332	0,3	0,439332	0,539
D2-A - D3-A	0,13582	0,4	0,054328	0,3	0,354328	0,454
D3-A - D4-A	0,3721	0,4	0,14884	0,3	0,44884	0,549
D4-A - D5-A	0,47674	0,4	0,190696	0,3	0,490696	0,591
Iš viso:	1,54882					

4 lentelė. Magistralinių daliklių slopinimo parametrai PON-B tinkle

Atkarpa	Atstumas, km	dB/km	Slopinimas, dB	E ₀ , dB	Iš viso, dB	Iš viso, dB +
ONU-D1-B	0,11823	0,4	0,047292	0,3	0,347292	0,447292
D1-B - D2-B	0,34148	0,4	0,136592	0,3	0,436592	0,536592
D2-B - D3-B	0,34061	0,4	0,136244	0,3	0,436244	0,536244
D3-B - D4-B	0,15763	0,4	0,063052	0,3	0,363052	0,463052
D4-B - D5-B	0,12471	0,4	0,049884	0,3	0,349884	0,449884
Iš viso:	1,08266					

3.3.2. Skirstomųjų daliklių parametrų skaičiavimas

Kaip ir magistraliniai dalikliai, taip ir skirstomieji dalikliai turi savuosius slopinimo parametrus. Kadangi projekte yra naudojami skirtingi skirstomieji dalikliai kurių išvadų skaičius skiriasi nuo 1:2 iki 1:32, todėl ir yra skirtingi signalo slopinimas atšakos kryptimi IL1(5 lentelė). IL1 skaičiavimui pasinaudota formulė $-10 \cdot \text{LOG}_{10}(1/X)$, X - pažymėtas daliklio išvadų skaičius.

Visas skirstomųjų daliklių slopinimas gaunamas naudojant tinklams PON-A ir PON-B paskaičiuoti skirstomųjų daliklių slopinimai su jungties ir savitu slopinimu pateikti 6 lentelėje ir 7 lentelėje. Visas slopinimas gaunamas sudedant Jungties slopinimą + E₀ ir daliklio slopinimas.

5 lentelė. Skirstomųjų daliklių signalo slopinimai

Daliklis	IL1,dB	ILmax, dB
1:2	3,01	4,01
1:4	6,02	7,01
1:8	9,03	11,03
1:16	12,04	15,04
1:32	15,05	19,04

6 lentelė. Skirstomųjų daliklių parametrai PON-A tinklui

Daliklis	Jungtys	Dalikliai	E0	Iš viso,dB:
D5-1-A	0,4	9,0309	0,3	9,7309
D4-1-A	0,4	6,0206	0,3	6,7206
D3-1-A	0,4	12,0412	0,3	12,7412
D2-1-A	0,4	9,0309	0,3	9,7309
D1-1-A	0,4	12,0412	0,3	12,7412

7 lentelė. Skirstomųjų daliklių parametrai PON-B tinklui

Daliklis	Jungtys	Dalikliai	E0	Iš viso,dB:
D5-1-B	0,4	6,0206	0,3	6,7206
D4-1-B	0,4	15,0515	0,3	15,7515
D3-1-B	0,4	12,0412	0,3	12,7412
D2-1-B	0,4	6,0206	0,3	6,7206
D1-1-B	0,4	9,0309	0,3	9,7309

3.3.3. Signalų slopinimas magistraliniuose dalikliuose

Signalų lygių suvienodinimui reikalingi magistralinių daliklių slopinimų skaičiavimai. Skaičiavimų metodika pasiremta naudojant (Plėštys, R., Dabulytė, J., Gudatienė, R. 2023). Optinių daliklių parametrų skaičiavimai pateikti 8 ir 9 lentelėse, o skaičiavimo reikšmių paaiškinimai 10-11 lentelėje ir formulės pateikti 12 lentelėje. Apskaičiavus signalo slopinimus PON-A tinkle gautas signalo slopinimas 19,3 dB (8 lentelė), o PON-B gautas 20,5 dB (9 lentelė). Kadangi XGS-PON veikia iki 28 dB, tai tiek PON-A ir PON-B optiniuose tinkluose signalo lygis yra aukštas ir atitinka XGS-PON reikalavimus.

8 lentelė. Magistralinių daliklių slopinimo skaičiavimai PON-A tinklui

	A	B	D	E	K	O	R	S	T	U	V	W	X	
1														
2				$S_{n1}+C'n$	$S_{n0}+E_n$	$C_{n0}dB$	$C_{n1}dB$	N':M'		$C'_{n0}dB$	$C'_{n1}dB$	$\Sigma(Sn+E), dB$	ΣC_{n0} Kitaip	$T_{Nn}dB$
3								R'	Q'			2.62	16.7187	19.3383
4	Pabaiga	D5-A	9.73	0.590696	10.1700	0.4391	0.10	0.90	10.1700	0.4391	2.62	6.5487	19.3383	
5		D4-A	6.72	0.54884	1.4440	5.4841	0.72	0.28	1.4440	5.4841	2.03	5.1047	19.3383	
6		D3-A	12.74	0.454328	3.0041	3.0165	0.50	0.50	3.0041	3.0165	1.48	2.1006	19.3383	
7		D2-A	9.73	0.539332	0.8808	7.3619	0.82	0.18	0.8808	7.3619	1.03	1.2198	19.3383	
8	Pradžia	D1-A	12.74	0.486332	1.2198	6.1107	0.76	0.24	1.2198	6.1107	0.49	0.0000	19.3383	
9													0.0000	
10										Slopinimas			19.3383	

9 lentelė. Magistralinių daliklių slopinimų skaičiavimai PON-B tinklui

	A	B	D	E	K	O	R	S	T	U	V	W	X	
1														
2				$S_{n1}+C'n$	$S_{n0}+E_n$	$C_{n0}dB$	$C_{n1}dB$	N':M'		$C'_{n0}dB$	$C'_{n1}dB$	$\Sigma(Sn+E), dB$	ΣC_{n0} Kitaip	$T_{Nn}dB$
3								R'	Q'			2.43	18.0718	20.5048
4	Pabaiga	D5-B	6.72	0.449884	7.5584	0.8378	0.18	0.82	7.5584	0.8378	2.43	10.5133	20.5048	
5		D4-B	15.75	0.463052	8.4181	0.6750	0.14	0.86	8.4181	0.6750	1.98	2.0952	20.5048	
6		D3-B	12.74	0.536244	1.4137	5.5620	0.72	0.28	1.4137	5.5620	1.52	0.6815	20.5048	
7		D2-B	6.72	0.536592	0.2588	12.3776	0.94	0.06	0.2588	12.3776	0.98	0.4228	20.5048	
8	Pradžia	D1-B	9.73	0.447292	0.4228	10.3266	0.91	0.09	0.4228	10.3266	0.45	0.0000	20.5048	
9													0.0000	
10										Slopinimas			20.5048	

10 lentelė. Skaičiavimo reikšmių paaiškinimai PON-A

Lentelės langelis	Magistralės dalis	Reikšmė, dB
D4	Slopinimas atšakoje D5-A	9,73
E4	Slopinimas atkarpoje D5-A - D4-A	0,5907
D5	Slopinimas atšakoje D4-A	6,72
E5	Slopinimas atkarpoje D4-A - D3-A	0,54884
D6	Slopinimas atšakoje D3-A	12,74
E6	Slopinimas atkarpoje D3-A - D2-A	0,45433
D7	Slopinimas atšakoje D2-A	9,73
E7	Slopinimas atkarpoje D2-A - D1-A	0,53933
D8	Slopinimas atšakoje D1-A	12,74
E8	Slopinimas atkarpoje D1-A - OLT	0,48633

11 lentelė. Skaičiavimo reikšmių paaiškinimai PON-B

Lentelės langelis	Magistralės dalis	Reikšmė, dB
D4	Slopinimas atšakoje D5-A	6,72
E4	Slopinimas atkarpoje D5-A - D4-A	0,449884
D5	Slopinimas atšakoje D4-A	15,75
E5	Slopinimas atkarpoje D4-A - D3-A	0,463052
D6	Slopinimas atšakoje D3-A	12,74
E6	Slopinimas atkarpoje D3-A - D2-A	0,536244
D7	Slopinimas atšakoje D2-A	6,72
E7	Slopinimas atkarpoje D2-A - D1-A	0,536592
D8	Slopinimas atšakoje D1-A	9,73
E8	Slopinimas atkarpoje D1-A - OLT	0,447292

12 lentelė. Skaičiavimų detalizuotas paaiškinimas

Stulpelis	Žymėjimas	Formulė	Formulė
B	Daliklio žymėjimas		
C	Daliklio eilės Nr.		
D	Atšakos slopinimas		Pradiniai duomenys
E	Linijos Sn+E0 slopinimas		Pradiniai duomenys
F	$\Sigma(Sn+E)$ dB	=SUM(\$E\$4:E4) iki =SUM(\$E\$4:E8)	Sumuojama nuo galo į pradžia
G	10-S/10	=POWER(10,(D4-F3-L3)/10) iki =POWER(10,(D8-F7-L7)/10)	
H	10S/10	=POWER(10,(F3+L3-D4)/10) iki =POWER(10,(F7+L7-D8)/10)	
I	Cn0	=1/(G4+1) iki =1/(G8+1)	
J	-10lgC10	-10lgC10=	
K	Cn0dB	=-10*LOG10(I4) iki =-10*LOG10(I8)	
L	$\Sigma Cn0$ dB	=SUM(\$K\$4:K4) iki =SUM(\$K\$4:K8)	Sumuojama nuo galo į pradžia
M	Cn1	=1/(H4+1) iki =1/(H8+1)	
N			
O	Cn1dB	=-10*LOG10(M4) iki =-10*LOG10(M8)	
P	R	=POWER(10,-K4/10) iki =POWER(10,-K8/10)	
Q	Q	=1-P4 iki =1-P8	
R	R'	=1-S4 iki =1-S8	Reikšmė po korekcijos
S	Q'	=POWER(10,-U4/10) iki =POWER(10,-U8/10)	Reikšmė po korekcijos
T	C'n0dB	=-10*LOG10(R4) iki =- 10*LOG10(R8)	Reikšmė po korekcijos
U	C'n1dB	=O4*(1+Z3) iki =O8*(1+Z7)	Reikšmė po korekcijos
V	$\Sigma(Sn+E)$, dB	=SUM(E4:\$E\$8) iki =SUM(E8:\$E\$8)	Sumuojama nuo galo į pradžia
W	$\Sigma Cn0$ Kitaip	=SUM(T5:\$T\$9) iki =SUM(T9:\$T\$9)	Sumuojama nuo galo į pradžia
X	TNndB	=V4+W4+U4+D4 iki =V8+W8+U8+D8	Gautas galutinis slopinimas magistralėje

3.4. Tinklo įranga ir medžiagų žiniaraštis

Projektui įgyvendinti svarbu žinoti kiek reikės medžiagų ir kokia įranga bus naudojama.

Abiems PON tinklams buvo sudarytas detalių žiniaraštis(13 ir 14 lentelės), kuriame nurodytas reikalingas kabelio ilgis (metrais) tarp OLT ir magistralinio daliklio, kiek metrų kabelio turėti atsargoje, jų standartas ir reikalingas jungčių (APC) kiekis. Laukelio paaiškinimai aprašyti 14-oje lentelėje.

PON-A tinklui reikalingas G.652 standarto optinis kabelis – 316 metrų, o G.657 standarto 1533 metrų. Reikalingos 57 APC jungtis, daliklių skaičius (1:2) – 5, (1:4) – 1, (1:8) – 2, (1:16) – 2 ir 1 SFP modulis.

PON-B tinklui reikalingas G.652 standarto optinis kabelis – 165 metrai, o G.657 standarto 1165 metrų, 69 APC jungtis, daliklių (1:2) – 5, (1:4) – 2, (1:8) – 1, (1:16) – 1, (1:32) – 1 ir 1 SFP modulis. Bendras reikiamas detalių skaičius yra aprašytas 2 priede.

13 lentelė. PON-A detalių žiniaraštis

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	PON-A detalių žiniaraštis																			
2																				
3		Pavadinimas	Žymėjimas	Parametras	Panaudojimo vieta		Poreikis		Standartas		APC	G.657	G.652	1:2	1:4	1:8	1:16	1:32	SFP	
4				N:M	Pradžia	Pabaiga	Ilgis, m	Atsarga, m	G.652	Kiekis										
5	A-SD1	Kabelis	L		OLT	D1-A	216	100	G.652	316	57	1533	316	5	1	2	2	0	1	
6		SFP			1				IEC	1										
7		Daliklis	D1-A	0.76	0.24				IEC	1				1						
8		Jungtis		APC	D1-A	D1-A-1			IEC	1	1									
9		Daliklis	D1-A-1	1:16					IEC	1								1		
10		Jungtis		APC		16			IEC	16	16									
11		Kabelis	L		D1-A	D2-A	348	50	G657	398		398								
12		Daliklis	D2-A	0.82	0.18				IEC	1				1						
13		Jungtis		APC	D2-A	D2-A-1			IEC	1	1									
14		Daliklis	D2-A-1	1:8					IEC	4						1				
15		Jungtis		APC		8			IEC	8	8									
16		Kabelis	L		D2-A	D3-A	136	50	G657	186		186								
17	A-SD2	Daliklis	D3-A	0.50	0.50				IEC	1				1						
18		Jungtis		APC	D3-A	D3-A-1			IEC	1	1									
19		Daliklis	D3-A-1	1:16					IEC	1								1		
20		Jungtis		APC		16			IEC	16	16									
21		Kabelis	L		D3-A	D4-A	372	50	G657	422		422								
22	A-SD3	Daliklis	D4-A	0.72	0.28				IEC	1				1						
23		Jungtis		APC	D4-A	D4-A-1			IEC	1	1									
24		Daliklis	D4-A-1	1:4					IEC	1				1						
25		Jungtis		APC		4			IEC	4	4									
26		Kabelis	L		D4-A	D5-A	477	50	G657	527		527								
27		Daliklis	D5-A	0.10	0.90				IEC	1				1						
28		Jungtis		APC	D5-A	D5-A-1			IEC	1	1									
29		Daliklis	D5-A-1	1:8					IEC	1						1				
30		Jungtis		APC		8			IEC	8	8									
31											57	1533	316	5	1	2	2	0		

14 lentelė. PON-B detalių žiniaraštis

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	PON-B detalių žiniaraštis																			
2																				
3		Pavadinimas	Žymėjimas	Parametras	Panaudojimo vieta		Poreikis		Standartas		APC	G.657	G.652	1:2	1:4	1:8	1:16	1:32	SFP	
4				N:M	Pradžia	Pabaiga	Ilgis, m	Atsarga, m	G.652	Kiekis										
5	A-SD1	Kabelis	L		OLT	D1-A	115	50	G.652	165	69	1165	165	5	2	1	1	1	1	1
6		SFP			1				IEC	1										
7		Daliklis	D1-B	0.91	0.09				IEC	1				1						
8		Jungtis		APC	D1-B	D1-B-1			IEC	1	1									
9		Daliklis	D1-B-1	1:8					IEC	1						1				
10		Jungtis		APC		8			IEC	8	8									
11		Kabelis	L		D1-B	D2-B	341	50	G657	391		391								
12		Daliklis	D2-B	0.94	0.06				IEC	1				1						
13		Jungtis		APC	D2-B	D2-B-1			IEC	1	1									
14		Daliklis	D2-B-1	1:4					IEC	4					1					
15		Jungtis		APC		4			IEC	4	4									
16		Kabelis	L		D2-B	D3-B	341	50	G657	391		391								
17	A-SD2	Daliklis	D3-B	0.72	0.28				IEC	1				1						
18		Jungtis		APC	D3-B	D3-B-1			IEC	1	1									
19		Daliklis	D3-B-1	1:16					IEC	1								1		
20		Jungtis		APC		16			IEC	16	16									
21		Kabelis	L		D3-B	D4-B	158	50	G657	208		208								
22	A-SD3	Daliklis	D4-B	0.14	0.86				IEC	1				1						
23		Jungtis		APC	D4-B	D4-B-1			IEC	1	1									
24		Daliklis	D4-B-1	1:32					IEC	1									1	
25		Jungtis		APC		32			IEC	32	32									
26		Kabelis	L		D4-B	D5-B	125	50	G657	175		175								
27		Daliklis	D5-B	0.18	0.82				IEC	1				1						
28		Jungtis		APC	D5-B	D5-B-1			IEC	1	1									
29		Daliklis	D5-B-1	1:4					IEC	1					1					
30		Jungtis		APC		4			IEC	4	4									
31											69	1165	165	5	2	1	1	1	1	1

15 lentelė. Žiniaraščio reikšmių paaiškinimai

Stulpelis	Žymėjimas	Paaškinimas
B3	Pavadinimas	Detalės pavadinimas
C3	Žymėjimas	Daliklio arba kabelio žymėjimas
D3 - E3	Parametras	Daliklio dalinimo santykis
F3 - G3	Panaudojimo vieta	Sujungimas nuo iki nurodytos vietos
H3	Poreikis	Optinio kabelio reikalingas ilgis(metrais)

Stulpelis	Žymėjimas	Paiškinimas
I5	Atsarga	Optinio kabelio reikalingas atsargos ilgis (metrais)
J3	Standartas	Optinio kabelio standartas
K3	Kiekis	Iš viso reikalingas kabelio ilgis (metrais)
L3	APC	APC jungčių kiekis
M3	G.657	Optinio kabelio standartas
N3	G.652	Optinio kabelio standartas
O3	1:2	Daliklio tipas turintis 2 išvadus
P3	1:4	Daliklio tipas turintis 4 išvadus
Q3	1:8	Daliklio tipas turintis 8 išvadus
R3	1:16	Daliklio tipas turintis 16 išvadų
S3	1:32	Daliklio tipas turintis 32 išvadus
T3	SFP	SFP tinklo modulis

3.5. Tinklo patikimumo skaičiavimas

Norint užtikrinti, kad tinklas būtų patikimas ir jo veikimas būtų sklandus reikia paskaičiuoti jo patikimumą ir vidutinį laiką tarp gedimų (MTTR). 16 lentelėje pavaizduotas PON-A tinklo patikimumo skaičiavimas, o 17 lentelėje pavaizduotas PON-B tinklo. Formulės ir paiškinimai aprašyti 18 lentelėje.

16 lentelė. Patikimumo skaičiavimų lentelė PON-A magistralei

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
26																
27																
28																
29																
30																
31																
32																
33																
34																
35																
36																
37																
38																
39																
40																
41																
42																
43																
44																
45																
46																
47																
48																
49																
50																
51																
52																
53																
54																
55																
56																
57																
58																
59																
60																
61																
62																
63																

17 lentelė. Patikimumo skaičiavimų lentelė PON-B magistralei

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
16							POLT	0.999900										
17							PSFP	0.999900									T(h)=	8766
18							P(OLT-SFP)	0.999800				200/km		10 ⁹ /FIT			MTBF/T	
19																		
20				D5	L1,km	1	PL	0.999997	MTTR	14	FIT	200	MTBF	5.00E+06	U=	2.80E-06	570	2.80E-06
21					SJ,dB	0.05	PD	0.999999	MTTR	12	FIT	100	MTBF	1.00E+07	U=	1.20E-06	1141	1.20E-06
22					S(L+J),dB	0.3	P(OLT-D)	0.999796								4.00E-06		
23				0.6	E0, dB	0.3	PP	0.999999	MTTR	14	FIT	100	MTBF	1.00E+07	U=	1.40E-06	1141	
24					C11,dB	0.8378	PONU	0.999994	MTTR	24	FIT	256	MTBF	3.91E+06	U=	6.14E-06	446	
25					C10, dB	7.5584	P(OLT-ONU)	0.999788								7.54E-06		
26					S(OLT-D1),dB	1.4378										2.04E-04		
27					S(OLT-D0),dB	8.1584												
28																		
29				D4	L1,km	1	PL	0.999997	MTTR	14	FIT	200	MTBF	5.00E+06	U=	2.80E-06	570	2.80E-06
30					SJ,dB	0.05	PD	0.999999	MTTR	12	FIT	100	MTBF	1.00E+07	U=	1.20E-06	1141	1.20E-06
31					S(L+J),dB	0.3	P(OLT-D)	0.999792								4.00E-06		
32				0.6	E0, dB	0.3	PP	0.999999	MTTR	14	FIT	100	MTBF	1.00E+07	U=	1.40E-06	1141	
33					C11,dB	0.6750	PONU	0.999994	MTTR	24	FIT	256	MTBF	3.91E+06	U=	6.14E-06	446	
34					C10, dB	8.4181	P(OLT-ONU)	0.999784								7.54E-06		
35					S(OLT-D1),dB	1.2750										2.08E-04		
36					S(OLT-D0),dB	9.0181												
37																		
38				D3	L1,km	1	PL	0.999997	MTTR	14	FIT	200	MTBF	5.00E+06	U=	2.80E-06	570	2.80E-06
39					SJ,dB	0.05	PD	0.999999	MTTR	12	FIT	100	MTBF	1.00E+07	U=	1.20E-06	1141	1.20E-06
40					S(L+J),dB	0.3	P(OLT-D)	0.999788								4.00E-06		
41				0.6	E0, dB	0.3	PP	0.999999	MTTR	14	FIT	100	MTBF	1.00E+07	U=	1.40E-06	1141	
42					C11,dB	5.5620	PONU	0.999994	MTTR	24	FIT	256	MTBF	3.91E+06	U=	6.14E-06	446	
43					C10, dB	1.4137	P(OLT-ONU)	0.99978								7.54E-06		
44					S(OLT-D1),dB	6.1620										2.12E-04		
45					S(OLT-D0),dB	2.0137												
46																		
47				D2	L1,km	1	PL	0.999997	MTTR	14	FIT	200	MTBF	5.00E+06	U=	2.80E-06	570	2.80E-06
48					SJ,dB	0.05	PD	0.999999	MTTR	12	FIT	100	MTBF	1.00E+07	U=	1.20E-06	1141	1.20E-06
49					S(L+J),dB	0.3	P(OLT-D)	0.999784								4.00E-06		
50				0.6	E0, dB	0.3	PP	0.999999	MTTR	14	FIT	100	MTBF	1.00E+07	U=	1.40E-06	1141	
51					C11,dB	12.3776	PONU	0.999994	MTTR	24	FIT	256	MTBF	3.91E+06	U=	6.14E-06	446	
52					C10, dB	0.2588	P(OLT-ONU)	0.999776								7.54E-06		
53					S(OLT-D1),dB	12.9776										2.16E-04		
54					S(OLT-D0),dB	0.8588												
55																		
56				D1	L1,km	1	PL	0.999997	MTTR	14	FIT	200	MTBF	5.00E+06	U=	2.80E-06	570	2.80E-06
57					SJ,dB	0.05	PD	0.999999	MTTR	12	FIT	100	MTBF	1.00E+07	U=	1.20E-06	1141	1.20E-06
58					S(L+J),dB	0.3	P(OLT-D)	0.999780								4.00E-06		
59				0.6	E0, dB	0.3	PP	0.999999	MTTR	14	FIT	100	MTBF	1.00E+07	U=	1.40E-06	1141	
60					C11,dB	10.3266	PONU	0.999994	MTTR	24	FIT	256	MTBF	3.91E+06	U=	6.14E-06	446	
61					C10, dB	0.4228	P(OLT-ONU)	0.999772								7.54E-06		
62					S(OLT-D1),dB	10.9266										2.20E-04		
63					S(OLT-D0),dB	1.0228												

18 lentelė. Patikimumo skaičiavimo reikšmių paaiškinimai

Stulpelis	Žymėjimas	Formulė	Paiškinimas
G16	POLT	=1- 0,0001	OLT patikimumas
G17	PSFP	=1- 0,0001	SFP patikimumas
G18	P(OLT-SFP)	=H16*H17	OLT ir SFP bendras patikimumas
N18	10 ⁹ /FIT	10 ⁹ /FIT	FIT (Failure in time)
Q17	T(h)	8766	Laikas(valandomis)
Q18	MTBF/T	MTBF/T	Mean time Between Failures / Laiko
E20	L ₁ ,km	-	Atstumas tarp magistralinių daliklių
E21	SJ	-	Slopinimas virinimo vietose
E22	S(L+J)	-	Atstumo ir virinimo vietos bendras slopinimas
E23	E0	-	Daliklio slopinimas
E24	C11	-	Teorinis galimas slopinimas iki skirstomojo daliklio
E25	C10	-	Teorinis galimas slopinimas iki magistralinio daliklio
E26	S(OLT-D1)	=F22+F23+F24	Atstumo, virinimo, daliklio ir atšakos link skirstomojo daliklio slopinimas
E27	S(OLT-D0)	=F22+F23+F25	Atstumo, virinimo, daliklio ir atšakos link magistralinio daliklio slopinimas

Stulpelis	Žymėjimas	Formulė	Paaškinimas
G20	PL	=1-P20	Optinio kabelio patikimumas
G21	PD	=1-P21	Daliklio patikimumas
G22	P(OLT-D)	= $H_{18} \cdot H_{20} \cdot H_{21}$	OLT, SFP, kabelio ir daliklio patikimumas
G23	PP	=1-P23	Optinio kabelio patikimumas magistralėje
G24	PONU	=1-P24	ONU patikimumas
G25	P(OLT-ONU)	= $H_{22} \cdot H_{23} \cdot H_{24}$	OLT, SFP, kabelio, daliklio, kabelio magistralėje ir ONU patikimumas
J65	MTTR		Mean Time To Repair, vidutinis laikas reikalingas įrenginiui sutvarkyti ar pakeisti.
H68	MTBF=MTTR/U	= K_{65}/H_{27}	Mean Time Between Failures = MTTR / Gedimų skaičius per tam tikrą laikotarpį

3.6. Kibernetinio saugumo įvertinimas

3.6.1. Kibernetinio saugumo priemonių pritaikymas tinklui

Kibernetinio saugumo priemonių klausimynas, parengtas vadovaujantis SANS instituto ir Kibernetinio saugumo tarybos gerąja praktika.

19 lentelė. Kibernetinio saugumo klausimynas

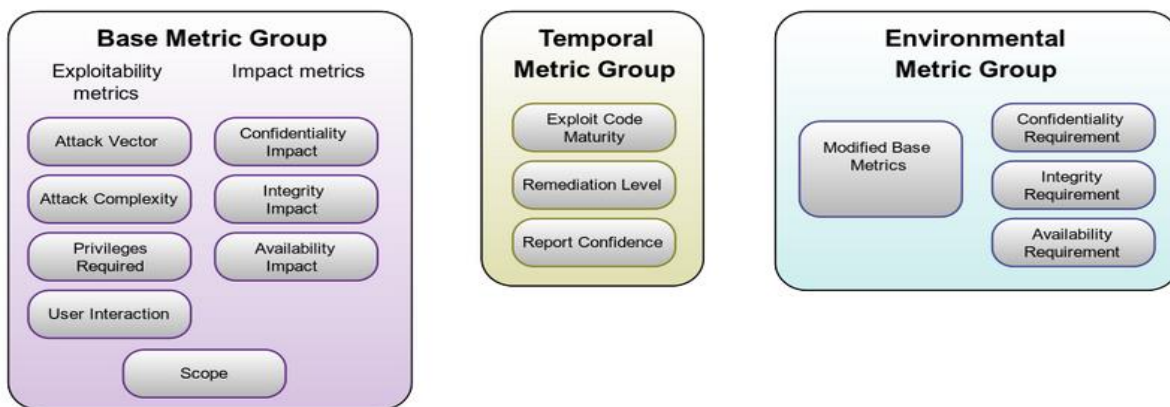
Eil. Nr.	Saugumą didinanti priemonė	Ar taikoma priemonė	
		Taip	Ne
1	Tinklo įrenginių, kuriems leidžiama naudotis institucijos tinklo paslaugomis, identifikavimas (angl. <i>Inventory of Authorized and Unauthorized Devices</i>)	+	
2	Leistinos ir neleistinos naudoti programinės įrangos identifikavimas (angl. <i>Inventory of Authorized and Unauthorized Software</i>)	+	
3	Techninės ir programinės įrangos saugios konfigūracijos mobiliuosiuose įrenginiuose, darbo vietos ar tarnybinėse stotyse numatymas (angl. <i>Secure Configurations for Hardware and Software on Mobile Devices, Laptops, Workstations and Servers</i>).	+	
4	Nenutrūkstamas sistemų pažeidžiamumo vertinimas ir saugumo spragų taisymas (angl. <i>Continuous Vulnerability Assessment and Remediation</i>).	+	
5	Naudojimosi administratoriaus teisėmis kontrolė (angl. <i>Controlled Use of Administrative Privileges</i>).		+
6	Audito žurnalų įrašų stebėjimas, analizė ir saugojimas (angl. <i>Maintenance, Monitoring and Analysis of Audit Logs</i>).	+	
7	Elektroninio pašto ir naršyklių apsauga (angl. <i>Email and Web Browser Protections</i>).	+	
8	Apsauga nuo kenkimo programų (angl. <i>Malware Defenses</i>).		+
9	Tinklo prievadų, protokolų ir paslaugų naudojimo apribojimai (angl. <i>Limitation and Control of Network Ports, Protocols and Services</i>).		+
10	Duomenų atkūrimo pajėgumas (angl. <i>Data Recovery Capability</i>).		+
11	Saugios tinklo įrenginių, tokių kaip saugasienės, maršruto parinktuvai, komutatoriai, konfigūracijos numatymas (angl. <i>Secure Configurations for Network Devices such as Firewalls, Routers and Switches</i>).	+	
12	Tinklo perimetro apsauga (angl. <i>Boundary Defense</i>).	+	

Eil. Nr.	Saugumą didinanti priemonė	Ar taikoma priemonė	
		Taip	Ne
13	Duomenų apsauga (angl. <i>Data Protection</i>).		+
14	Prieigos kontrolė, paremta principu „būtina žinoti“ (angl. <i>Controlled Access Based on the Need to Know</i>).		+
15	Belaidės prieigos kontrolė (angl. <i>Wireless Access Control</i>).	+	
16	Naudotojų paskyrų stebėjimas ir kontrolė (angl. <i>Account Monitoring and Control</i>).	+	
17	Saugumo srities gebėjimų vertinimas ir reikiamų mokymų numatymas (angl. <i>Security Skills Assessment and Appropriate Training to Fill Gaps</i>)		+
18	Taikomųjų programų saugumas (angl. <i>Application Software Security</i>)		+
19	Reagavimas į incidentus ir jų valdymas (angl. <i>Incident Response and Management</i>).	+	
20	Bandymai įsilaužti ir „raudonųjų komandų“ pratybos (angl. <i>Penetration Tests and Red Team Exercises</i>).		+

3.6.2. Tinklo kibernetinio pažeidžiamumo įvertinimas

Įvertinimas yra suskaičiuotas naudojant „Bendrosios pažeidžiamumo vertinimo sistemos“ (CVSS) 3.1 versiją. CVSS padeda organizacijoms suprasti pažeidžiamumų rimtumą ir prioritetizuoti jų sprendimų priėmimą. Ši sistema įvertina pažeidžiamumus remiantis įvairiais veiksniais, įskaitant pažeidžiamumo sunkumą, išnaudojimo galimybes, poveikį ir įvairius kontekstinius faktorius. VSS įvertina pažeidžiamumus naudodama 10 taškų skalę, kur kiekvienam pažeidžiamumui priskiriama bendra įvertinimo reikšmė, vadovaujantis trimis metrikomis:

1. Pagrindinė (Base): Ši metrika vertina pažeidžiamumo svarbą, eksploatavimo sudėtingumą ir įtaką. Tai yra pagrindinis įvertinimo elementas, kuris nustato pažeidžiamumo bendrą sunkumą.
2. Laikinoji (Temporal): Ši metrika įvertina pažeidžiamumo pokyčius laike. Tai apima informaciją apie tai, ar pažeidžiamumas jau išnaudotas, ar gali būti išnaudojamas artimiausioje ateityje.
3. Aplinkos (Environmental): Ši metrika leidžia organizacijoms pritaikyti pažeidžiamumo įvertinimą pagal jų specifinę infrastruktūrą ir aplinką. Tai apima faktorius, tokius kaip jautrumas ir įtaka organizacijos veiklai.



3.6 pav. Pažeidžiamumo metrikos grupės

Tinklas projektuojamas naudojantis XGS-PON technologiją, todėl visas tinklo saugumas yra sudarytas naudojantis XGS-PON galimoms saugumo technologijom.

Vertinant saugumo grėsmes, turėtume įvertinti, jog potencialus užpuolikas jau yra suradęs ir nustatęs sistemos pažeidžiamumą, nepaisydamas to, kaip buvo atrastas šis pažeidžiamumas. Tai reiškia, kad vertinant atakų galimybes, nebūtina atsižvelgti į priemones, kurios buvo naudotos pažeidžiamumui nustatyti. Vertinant atakos vektorių, galime nustatyti, kaip potencialus užpuolikas galėtų išnaudoti šį pažeidžiamumą. Atakos vektoriaus reikšmė didėja priklausomai nuo to, kaip toli yra užpuolikas, kuris gali išnaudoti pažeidžiamą komponentą. Ši metodika remiasi idėja, kad potencialūs užpuolikai, galintys naudotis duomenų tinklu, yra dažnesni nei tie, kurie gali naudotis pažeidžiamumu, reikalaujančiu fizinės prieigos. Pažeidžiamumo vektorių išsamus skaičiavimas pateikiamas 3 priede.

The screenshot displays a 'Base Score' interface with a score of 3.2 (Low) in a yellow box. The interface allows for selecting values for several metrics:

- Attack Vector (AV):** Network (N), **Adjacent (A)**, Local (L), Physical (P)
- Attack Complexity (AC):** **Low (L)**, High (H)
- Privileges Required (PR):** None (N), Low (L), **High (H)**
- User Interaction (UI):** None (N), **Required (R)**
- Scope (S):** **Unchanged (U)**, Changed (C)
- Confidentiality (C):** None (N), **Low (L)**, High (H)
- Integrity (I):** None (N), **Low (L)**, High (H)
- Availability (A):** **None (N)**, Low (L), High (H)

3.7 pav. Pažeidžiamumo vektoriaus vertinimas

Pagal pažeidžiamumo vektoriaus vertinimą yra gaunama tokia pažeidžiamumo vektoriaus išraiška: CVSS:3.1/AV:A/AC:L/PR:H/UI:R/S:U/C:L/I:L/A:N. Tinklo pažeidžiamumo įvertinimas yra tik 3.2 balo kas yra žemas balas pagal CVSS 3.1.

4. EKONOMINĖ DALIS

4.1. Įrangos pirkimas ir/ar nuoma

Reikalinga programinė ir techninė įranga projektui įgyvendinti pateikta 20 lentelėje.

20 lentelė. Programinės ir techninės įrangos pirkimas

Nr.	Pavadinimas ir techninės charakteristikos	Mato vnt.	Kiekis	Kaina, Eur	Suma, Eur
1.	Magistralinis daliklis 1:2	vnt.	10	10,29	102,90
2.	Skirstomasis daliklis 1:4	vnt.	3	9,84	29,52
3.	Skirstomasis daliklis 1:8	vnt.	3	10,53	31,59
4.	Skirstomasis daliklis 1:16	vnt.	3	11,30	33,90
5.	Skirstomasis daliklis 1:32	vnt.	1	25,65	25,65
6.	APC jungtis	vnt.	126	1,43	180,18
7.	OLT (XGS-PON)	vnt.	1	3899,99	3899,99
8.	ONU (XGS-PON)	vnt.	114	165,90	18912,60
9.	SFP+ modulis	vnt.	2	37,58	75,16
10.	Nešiojamas kompiuteris „Asus FA507NU-LP031W 7735HS 16GB 512SSD RTX4050”	vnt.	1	1143,99	1143,99
11.	Microsoft „Office 2019“	vnt.	1	100,83	100,83
12.	Operacinė sistema „Windows 10 Pro”	vnt.	1	81,86	81,86
Iš viso, Eur:					24618,17
PVM, 21%					5169,82
Bendra suma, Eur:					29787,99

Reikalinga įranga projektui įgyvendinti pateikta 21 lentelėje.

21 lentelė. Įrangos nuomos sąmata

Nr.	Įrangos pavadinimas	Tiekėjo pavadinimas	Kaina, Eur/mėn.	Kiekis, mėn.	Suma, Eur
1	Mini ekskavatoriaus nuoma	RAMIRENT Baltic	2929,50	1	2929,50
2	Optinės Linijos testavimo prietaisas OFL 100-EU	UAB „Žaliasis namas“	439,90	1	439,90
3	Optinio signalo šaltinis OLS JJ-390A	UAB „Žaliasis namas“	37,39	1	37,39
4	Optikos suvirinimo aparatas Fujikura 41S su skaidulos nuskėlėju CT50	UAB „Žaliasis namas“	871,69	1	871,69
Iš viso, Eur:					4278,48
PVM, 21%					898,48
Bendra suma, Eur:					5176,96

4.2. Įrangos nusidėvėjimas

Kadangi projekto metu įranga yra naudojama, todėl jai yra taikomas nusidėvėjimas ir jį reikia apskaičiuoti.

Nešiojamas kompiuteris „Asus FA507NU-LP031W 7735HS 16GB 512SSD RTX4050”

- 1 mėn. ilgalaikio turto kaina = $1143,99 / 3 / 12 = 31,77$ Eur

Kompiuteris buvo naudojamas 3 mėn., kol projektas buvo įgyvendintas.

- Ilgalaikio turto nusidėvėjimas – $31,77 * 3 = 95,31$ Eur

Programinė įranga buvo naudojama 3 mėn., kol projektas buvo įgyvendintas.

Operacinė sistema „Windows 10 Pro”

Programinės įrangos mokestis: $81,86 / 12 * 3 = 20,46$ Eur

Programinė įranga buvo naudojama 3 mėn., kol projektas buvo įgyvendintas

Microsoft „Office 2019”

Programinės įrangos mokestis: $100,83 / 12 * 3 = 25,20$ Eur

22 lentelė. Ilgalaikio turto nusidėvėjimo ir programinės įrangos mokestis

Pavadinimas	1 mėn. vertė, Eur.	Mėn. kiekis, vnt.	Iš Viso, Eur
Ilgalaikis turtas			
1. Nešiojamas kompiuteris „Asus FA507NU-LP031W 7735HS 16GB 512SSD RTX4050”	31,77	3	95,31
Programinė įranga			
1. Operacinė sistema „Windows 10 Pro”	6,82	3	20,46
2. Microsoft „Office 2019”	8,40	3	25,20
Iš Viso, Eur:			140,97

4.3. Darbo užmokesčio skaičiavimas

Projektavimo darbų grafikui sudaryti buvo pasinaudota „ProjectLibre“ programa.

1. Valandinio įkainio apskaičiavimas

Bruto mėnesinis atlyginimas (neatskaičius mokesčių) Eur / 21 darbo diena (vidutiniškai)

/ 8 darbo valandos = valandinis įkainis, Eur;

Valandinis įkainis: $2200,00 / 21 / 8 = 13,09$ Eur/val.

23 lentelė. Darbo laiko nustatymas

Darbai	Dirbta valandų
Situacijos analizė	40
Esamų technologijų analizė	24
Gyvenvietės analizė	16
Įrangos poreikių analizė	16
Įrangos projektavimas	24
Įrangos techninių parametrų skaičiavimas	88
Projekto įgyvendinimo planas	128
Įrangos pirkimas	48
Įrangos montavimo darbai	80
Įrangos konfigūravimas	16
Įrangos veikimo testavimas	8
Darbuotojų instruktažo rengimas	8
Darbuotojų paruošimas darbui	8
Iš viso, val.:	504

2. Bruto atlyginimas („popieriuje“), įvertinus projekto įgyvendinimo rengimo laiką:

Valandinis įkainis, Eur X projekto atlikimo trukmė, val. = projekto įgyvendinimo rengėjo atlyginimo sąnaudos, Eur.

Bruto atlyginimas: $13,09 * 504 = 6597,36$ Eur

3. Projekto įgyvendinimo rengėjo atlyginimo sąnaudų apskaičiavimas

Projekto įgyvendinimo rengėjo atlyginimo sąnaudos + VSD (1,77%) mokama darbdavio
 $6597,36 + (6597,36 * 0,0177) = 6597,36 + 116,77 = 6714,13$ Eur

4.4. Įdiegto projekto palaikymo sąnaudos

Studentas turi nustatyti įrangos pirkimo poreikį, kai projektas bus jau įdiegtas. Į pirkimo sąmatą reikia įtraukti tik tą įrangą, kurios reikės įdiegtam projektui palaikyti (26 lentelė).

24 lentelė. Įrangos pirkimo sąmata

Įrangos pavadinimas	Tiekėjo pavadinimas	Kaina, Eur	Mato, vnt.	Kiekis	Suma, Eur
1. Optinės Linijos testavimo prietaisas OFL 100-EU	UAB „Žaliasis namas“	2199,01	1	1	2199,01
2. Optinio signalo šaltinis OLS JJ-390A	UAB „Žaliasis namas“	186,99	1	1	186,99
Iš viso, Eur:					2386,00

Įrangos neplanuojama nuomotis kadangi nusipirkus reikiama įranga, jos užtektų ilgam laikui ir norint diegti naujus tinklus susitaupyti lėšos.

Programinė įranga yra integruota į perkamos įrangos sistemą, todėl atskirai pirkti nereikia.

1. Valandinio įkainio apskaičiavimas

Bruto mėnesinis atlyginimas (neatskaičiavus mokesčių) Eur / 21 darbo diena (vidutiniškai) / 8 darbo valandos = valandinis įkainis, Eur;

$$2200,00 / 21 / 8 = 13,09 \text{ Eur/val.}$$

2. Įdiegto projekto palaikymo rengėjo valandinio atlyginimo sąnaudų apskaičiavimas

Įdiegto projekto palaikymo rengėjo valandinio atlyginimo + VSD (1,77%) mokama darbdavio

$$13,09 + (13,09 * 0,0177) = 13,09 + 0,23 = 13,32 \text{ Eur}$$

25 lentelė. Įdiegto projekto atlyginimo skaičiavimas

Darbu pavyzdžiai	Dirbta valandų	Įdiegto projekto palaikymo rengėjo valandinis atlyginimas, Eur	Iš viso, Eur
Gedimų nustatymas	144	13,32	1918,08

26 lentelė. Įdiegto projekto palaikymo sąmata

Nr.	Pavadinimas	Suma, Eur
1.	Naujos įrangos pirkimas	2386,00
2.	Įrangos nuoma	5176,96
3.	Programinė įranga	—
4.	Įdiegto projekto palaikymo atlyginimo sąnaudos	1918,08
5.	Įrangos palaikymas	400,00
6.	Įrangos taisymas / aptarnavimas	1000,00
Iš viso, Eur:		10881,04

4.5. Projekto sąmata

Turėdami visos reikalingos įrangos bei atlyginimus suskaičiuotus, reikia užpildyti projekto sąmatos 27 lentelę, kad išsiaiškintume kokia yra projekto sąmata.

27 lentelė. Projekto sąmata

Nr.	Pavadinimas	Suma, Eur
1.	Programinės ir techninės įrangos pirkimas	29787,99
2.	Įrangos nuoma	5176,96
3.	Įrangos nusidėvėjimas	140,97
4.	Darbo užmokestis	6714,13
5.	Įdiegto projekto palaikymo sąnaudos	10881,04
Iš viso, Eur:		52701,09
6.	Administracinės sąnaudos (10%)	5270,10
Iš viso, Eur:		57971,19

4.6. Ekonominės naudos nustatymas

Projekto ekonominė nauda paskaičiuota pagal esamą „Telia“ interneto planą ir padauginus iš planuojamo namų ūkių skaičiaus. Kadangi projektas užtikrina iki 10 Gb/s interneto spartą, tai imamas dabartinis geriausias Telia siūlomas planas iki 2Gb/s kuris kainuoja 30,90Eur/mėn. Iš viso gaunasi $(114 * 30,90\text{Eur}) * 12(\text{mėn.}) = 42271,20$ Eur per metus. Projektas, skaičiuojant su palaikymo sąmata atsipirktų per 2 metus.

IŠVADOS

1. Išanalizuotos įvairios PON technologijos ir rekomenduotina pasiūlyta naudoti XGS-PON technologiją daromam projektui.
2. Sudaryta Tinklo topologija pagal XGS-PON rekomendacijas suskirstant namų ūkius į atskirus PON tinklus. Iš viso gauti 2 atskiri PON tinklai.
3. Suskirstyti magistraliniai ir skirstomieji dalikliai pagal padalinta daliklių struktūra ir suskaičiuoti jų signalo slopinimo ir dalijimosi parametrai užtikrinant suderinamumą su XGS-PON technologija.
4. Suskaičiuotas abiejų PON tinklų patikimumas(MTTR) ir suskaičiuoti patikimumai tarp mazgų kuris yra 2,2 metai.
5. Sudarytas Kibernetinio saugumo įvertinimas iš saugumą didinančių priemonių klausimyno ir CVSS 3.1 pažeidžiamumo vektoriaus vertinimo ir gautas 2,9 balas.
6. Suskaičiuota projekto ekonominė dalis ir gauta projekto sąmata kuri yra 57971,19 Eur, o ekonominė nauda 42271,20 Eur per metus. Todėl projektas atsipirktų per 2 metus.

LITERATŪRA IR KITI INFORMACIJOS ŠALTINIAI

1. 2022–2030 metų plėtros programos valdytojos Lietuvos respublikos susiekimo ministerijos susisiekimo plėtros programa.(2022). https://e-seimas.lrs.lt/rs/lasupplement/TAP/3bde0d009eb511ec9e62f960e3ee1cb6/e437e3e99eb511ec9e62f960e3ee1cb6/format/ISO_PDF/
2. Europos Komisija. Plačiajuostis ryšys Lietuvoje. [https:// digitalstrategy.ec.europa.eu/lt/policies /broadband-lithuania](https://digitalstrategy.ec.europa.eu/lt/policies/broadband-lithuania)
3. BEREC.(2021). questionnaire on indicators to measure environmental footprint of the telecoms sector [https://www.berec.europa.eu/en/news-publications/news-and-newsletters /berec-questionnaire-on-indicators-to-measure-environmental-footprint-of-the-telecoms-sector](https://www.berec.europa.eu/en/news-publications/news-and-newsletters/berec-questionnaire-on-indicators-to-measure-environmental-footprint-of-the-telecoms-sector)
4. CASDataLoggers. The Basics Of Signal Attenuation. https://dataloggerinc.com/wp-content/uploads/2016/11/16_Basics_of_signal_attenuation.pdf
5. Chadha, D. (2019). Optical WDM Networks: From Static to Elastic Networks. Wiley-IEEE Press. <https://www.wiley.com/enus/Optical+WDM+Networks%3A+From+Static+to+Elastic+Networks-p-9781119393269>
6. ESinvesticijos. Elektroninių ryšių infrastruktūros plėtra. <https://2021.esinvesticijos.lt/kvietimai/elektroniniu-rysiu-infrastrukturos-pletra>
7. VŠĮ Plačiajuostis Internetas. „Itin spartaus ryšio infrastruktūra“. (2024). <https://placiajuostis.lrv.lt/lt/projektai/isri/>
8. European Investment Bank. How it works: GPON fibre to the home. (2020). <https://www.eib.org/en/stories/what-is-gpon>
9. Eurostat. Europos statistikos. <https://ec.europa.eu/Eurostat/web/main/home?language=lt>
10. Fibrain. Multimode GPON Transmission System. <https://pon.fibrain.com/multimode-gpon-transmission-system,233.html>
11. Fs. GPON vs. XG PON vs. XGS PON: Which PON Technology Is Right for Your Network? (2024). community.fs.com/article/gpon-vs-xg-pon-vs-xgs-pon-which-pon-technology-is-right-for-your-network.html
12. Hitron. What is GPON and How Does it Work? <https://us.hitrontech.com/learn/what-is-gpon-and-how-does-it-work/>
13. ITU. Standard. [https://www.itu.int/en /ITU-R /study-groups /rsg5 /rwp5d /imt-adv/Pages/default.aspx](https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-adv/Pages/default.aspx)
14. ITU-T. G.9807.1 (2023) <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.9807.1-202302-I/en>

15. ITU-T. G.987.1 (2016). https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.987.1-201603-I!!PDF-E&type=items
16. Kaminow, I., & Li, T. (2002). Optical Fiber Telecommunications IV-B: Systems and Impairments. USA:Academic Press. <https://books.google.lt/books?id=TXhWJcsO134C&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
17. Lietuvos Ryšių sektoriaus ataskaita (2022). https://www.rrt.lt/wp-content/uploads/2023/09/Rysiu-sektorius_2022.pdf
18. Maning, J. (2022). 7 Ways Fiber Optic Cables Are Better Than Copper Cables <https://www.makeuseof.com/ways-fiber-optic-cables-better-than-copper/>
19. Noll, K. 10G-EPON vs. XGS-PON: Are They Really All That Different? (2023). <https://www.cablelabs.com/blog/10g-epon-vs-xgs-pon>
20. Pagynės bendruomenės centro pagrindinis puslapis. <https://www.pagyne.lt/>
21. Pagynės biblioteka. Rekvizitai. <https://libis.krsvbiblioteka.lt/lt/krastotyra/34-straipsniai/69-pagynes-biblioteka>
22. Pagynės Kavinė „Vylaugė“. Rekvizitai. <https://rekvizitai.vz.lt/imone/vylauge/>
23. Pagynės medicinos punktas. <https://www.pakaunespspc.lt/padaliniai/pagynes-medicinos-punktas/>
24. Pagynės vaiko gerovės centras „Gynia“ rekvizitai. https://rekvizitai.vz.lt/imone/kauno_r_savivaldybes_pagynes_vaiku_globos_namai/
25. Pagynės ŽŪB įmonės rekvizitai. <https://geltoni.lt/imones/pagynes-zub/6906>
26. Pūras, G. (2015). BROADBAND DEPLOYMENT: The example of Lithuania. In BEREC – EMERG – EAPEREG - REGULATTEL SUMMIT. Challenges for Telecoms in the new Internet ecosystem. [https://www.berec.europa.eu/sites/default/files/files/doc/6.BB_in_Lithuania_2015_\(G.Puras\).pdf](https://www.berec.europa.eu/sites/default/files/files/doc/6.BB_in_Lithuania_2015_(G.Puras).pdf)
27. Reviseomatic. Multiplexing – Frequency Division. <https://reviseomatic.org/help/2-multiplexing/Multiplexing%20-%20Frequency%20Division.php>
28. RingCentral. DSL. (2021) <https://www.ringcentral.com/gb/en/blog/definitions/what-is-dsl/>
29. Sanchez, J. & Plueckebaum, T. (2016). GPON and TWDM-GPON in the context of the wholesale local access market https://www.researchgate.net/figure/1-FTTH-Point-to-Point-and-Point-to-Multipoint-based-Next-Generation-Access-NGA_fig1_319965169
30. Starkodas. Baltųjų dėmių sąrašas Lietuvoje. <https://placiajuostis.lrv.lt/media/viesa/saugykla/2023/10/JE2IGe3qnLQ.pdf>
31. Starr, T., Sorbara, M., Cioffi, J.M., Silverman, P.J., (2003). DSL Advances USA:Prentice Hall.

- <https://books.google.lt/books?id=VWaMdIq2w8QC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
32. Trojer, E., & Eriksson, P.E. Power Saving Modes for GPON and VDSL2. https://www.ieee802.org/3/10GEPON_study/email/pdfV3kikUObAl.pdf
 33. Verslo žinios. „Telia“ investuoja į DSL – daugiau nei 10 kartų padidino varinių interneto linijų spartą. (2018). www.vz.lt/informacines-technologijos-telekomunikacijos/2018/01/26/telia-investuoja-i-dsl--daugiau-nei-10-kartu-padidino-variniu-interneto-liniju-sparta
 34. ViaVIsolutions. What is XGS-PON ? <https://www.viavisolutions.com/en-us/what-xgs-pon>
 35. VŠĮ „Placiajuostis internetas“. ISRI IP viešosios konsultacijos. (2022). <https://placiajuostis.lrv.lt/lt/projektai/isri-ip/projekto-viesosios-konsultacijos-ISRI-IP/>
 36. VŠĮ Placiajuostis Internetas. Galimų prisijungimo prie tinklo taškų sąrašas. <https://placiajuostis.lrv.lt/media/viesa/saugykla/2023/10/LhBabNb6Imk.pdf>
 37. Zimon D., Singh R., Hashmi M. (2021). LoRa-LBO: An Experimental Analysis of LoRa Link Budget Optimization in Custom Build IoT Test Bed for Agriculture 4.0 https://www.researchgate.net/publication/351049245_LoRa-LBO_An_Experimental_Analysis_of_LoRa_Link_Budget_Optimization_in_Custom_Build_IoT_Test_Bed_for_Agriculture_40

PRIEDAI

1 priedas.

Siūloma įranga XGS-PON tinklo įrengimui

Visų pirma reikalingas yra OLT (angl. *Optical Line Terminal*) įrenginys, kurio pagalba galima valdyti paketų srautą tarp operatoriaus ir ONU (angl. *Optical Network Unit*) įrenginio. XGS-PON technologija užtikrina 10Gb/s tiek išsiuntimo, tiek priėmimo spartą. Todėl siūlomas įrenginys turi palaikyti šią technologiją (P1.1 pav.).



P1.1 pav. UBIQUITI UISP Fiber OLT XGS (UISP-FIBER-OLT-XGS)

Jo techniniai parametrai yra pateikiami P.1 lentelėje.

P.1 lentelė XGS-PON įrangos parametrai (sudaryta UBIQUITI)

Category	Specification
Networking Interface	(8) XGS/XG/GPON ports, (4) 1/10/25G SFP28 ports*
Management Interface	Ethernet out-of-band, Ethernet in-band
Memory	512 MB DDR3
Onboard Flash Storage	44 MB NOR + 512 MB NAND
Power Method	(1) Universal AC Input, 100-240V AC, 50/60 Hz
Power Supply	(2) Hotswap AC/DC PSU
Supported Voltage Range	100-240V AC

Category	Specification
Max. Power Consumption	70W
Button	(1) Factory reset
Ambient Operating Temperature	10 to 45°C (14 to 113°F)
Ambient Operating Humidity	10 to 95% non-condensing
Certifications	CE, FCC, IC
LEDs	System, MGMT port, PON ports, SFP28 ports

Reikalinga ir priėmimo įranga ONU (angl. *Optical Network Unit*) kurio pagalba yra suteikiama optinio tinklo prieiga.



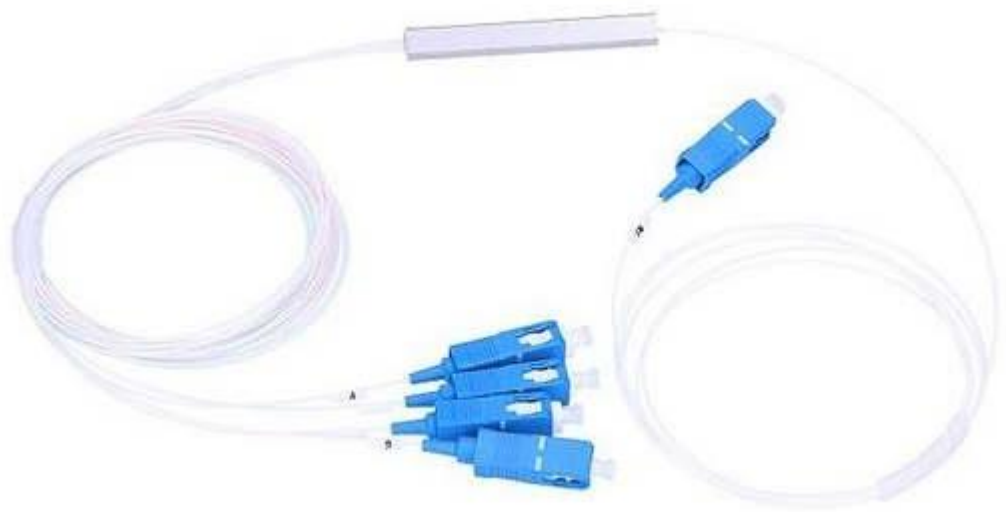
P1.2 pav. Maršrutizatorius Ubiquiti UISP-FIBER-XGS | ONT | UISP Fiber XGS, 1x XGS-PON, 1x RJ45 10Gb/s
Jo techniniai parametrai yra pateikti P.2 lentelėje.

P.2 lentelė XGS-PON ONU įrenginio techniniai parametrai (sudaryta Ubiquiti)

Category	Specification
Networking Interface	(1) SC/APC, ITU-G.9807 XGSPON WAN port
	(1) 100/1000/2,500/5,000/10,000 MbE RJ45 LAN ports
Management Interface	Ethernet in-band, PON
Memory	256 MB DDR
Onboard Flash Storage	32 MB NOR
Max. Power Consumption	8W
Power Method	USB-C 5V DC, 3A
Power Supply	5V DC: 3A power adapter
Supported Voltage Range	5V DC power adapter
Total Non-blocking Line Rate	Downstream: 9.95 Gbit/s, Upstream: 9.95 Gbit/s
Optical Module Range	TX: 4 to 9dBm, RX: -9 to -26dBm
Button	(1) Factory reset

Category	Specification
Ambient Operating Temperature	-15 to 45 °C (5 to 113°F)
Ambient Operating Humidity	10 to 95% non-condensing
Certifications	CE, FCC, IC
Fiber	Operating wavelength TX: 1,270nm, RX: 1,577nm
Physical Reach	20 km
LEDs	Power: White ON, Ethernet: Steady white link up, Blinking white activity

Kadangi tai yra Optinis tinklas reikalingi ir optiniai dalikliai.



P.1.3 pav. Optinis daliklis PLC1x4 SC/UPC

Optinio daliklio specifikacijos pateiktos P.4 paveiksle.

Produkto specifikacijos:

Length [m] : 1.5

Connector type:SC/UPC

Fiber Type : G.657.A

Working Wavelength [nm]: 1260~1650

Insertion loss [dB] : ?7.4

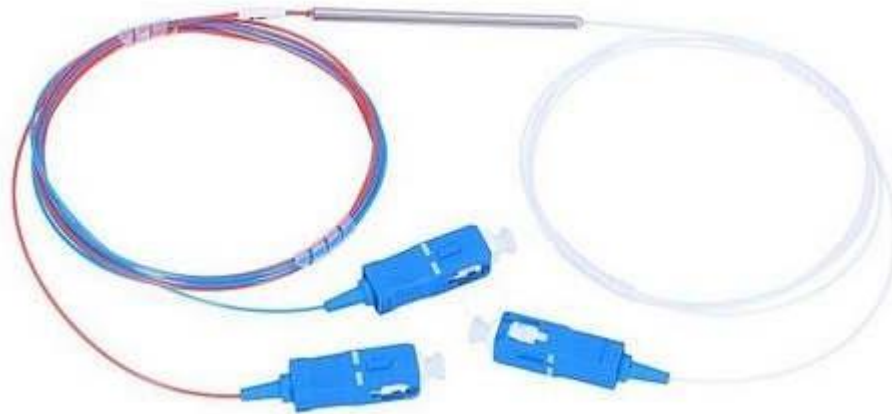
Uniformity [dB] : ?0.8

Wavelength Dependent Loss [dB] : ?0.8

Return Loss [dB] : ?50

Directivity [dB] : ?55

P1.4 pav. 1:4 daliklio specifikacijos (sudaryta UAB „Žaliasis namas“)



P1.5 pav. Optinis daliklis PLC1x2 SC/UPC

Optinio daliklio parametrai pateikti P.6 paveiksle.

Produkto specifikacijos:

Splitt: 1x2

Connectors: SC/UPC

Technology: FBT

Cable diameter: 0,9mm

Length: 1m

Test Wavelength [nm] : 1310/1490/1550

Coupling Ratio [%] : 40:60

Insertion Loss - 1310nm [dB] : 2.50 (red); 4.27 (blue)

Insertion Loss - 1490nm [dB] : 2.40 (red); 4.30 (blue)

Insertion Loss - 1550nm [dB] : 2.50 (red); 4.30 (blue)

PDL [dB] : ≤ 0.15

Directivity [dB] : ≥ 55

Operating Temperature [°C] : -20 to 70

Storage Temperature [°C] : -40 to +85

Fiber Length [m] : ? 1.0

Dimension [mm] : 3 x 54

Pigtail Type : 0.9 Loose Tube

Fiber Type : SM-28E 900um

P1.6 pav. Optinio daliklio 1:2 parametrai



P1.7 pav. 1:16 Optinis daliklis

Jo techniniai parametrai (pažymėti raudonai):

Techninis parametras						
Parametras	1X2	1X4	1X8	1X16	1X32	1X64
Pluošto tipas	G.657A	G.657A	G.657A	G.657A	G.657A	G.657A
Bangos ilgis (nm)	1260 ~ 1650	1260 ~ 1650	1260 ~ 1650	1260 ~ 1650	1260 ~ 1650	1260 ~ 1650
Tipinis įterpimo nuostolis (dB)	3.7	6.8	10	13	16	19.5
Maksimalus įterpimo nuostolis (dB)	4	7.2	10.5	13.5	16.9	21
Maksimalios nuostolių vienodumas (dB)	0.4	0.6	0.8	1.2	1.5	2.5
Min. Gražinimo nuostolis (dB)	50	50	50	50	50	50
Max PDL (dB)	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4
Min. Kryptingumas (dB)	55	55	55	55	55	55
Maksimalus bangos ilgio priklausomas nuostolis (dB)	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.8
Didžiausia priklausomybė nuo temperatūros (-40 ~ 85 °C)	0.5	0.5	0.5	0.8	0.8	1
Darbinė temperatūra (°C)	-40 ~ 85	-40 ~ 85	-40 ~ 85	-40 ~ 85	-40 ~ 85	-40 ~ 85
Laikymo temperatūra (°C)	-40 ~ 85	-40 ~ 85	-40 ~ 85	-40 ~ 85	-40 ~ 85	-40 ~ 85

P1.8 pav. 1:16 optinio daliklio techniniai parametrai



P1.9 pav. 1:32 optinis daliklis

Jo techniniai parametrai:

Techninė specifikacija

Paketo stilius	ABS modulis	Konfigūracijos tipas	1 x 32
Pluošto tipas	Vienmodas G.657A1	Jungties tipas	SC / APC
Pluošto skersmuo	2,0 mm	Pluošto ilgis	> 1m
Įterpimo nuostolis	≤1 7,3 dB	Gražinimo nuostolis	≥50dB
Nuostolio vienodumas	≤ 1,5 dB	Kryptingumas	≥ 65 dB
Polarizacija priklausoma nuostoliai	≤0.3dB	Priklausomai nuo temperatūros nuostoliai	≤0.5dB
Bangos ilgio priklausomybė	≤0.3dB	Veiklos juostos plotis	1260 ~ 1650 nm
Darbinė temperatūra	-40 ~ 85 ° C	Laikymo temperatūra	-40 ~ 85 ° C

P1.10 pav. 1:32 optinio daliklio parametrai

PON-A detalių žiniaraštyje detalių ir medžiagų skaičius yra:

APC jungtis – 57

G.657 – 1533m.

G.652 – 316m.

Daliklio 1:2 – 5

1:4 – 1

1:8 – 2

1:16 – 2

SFP modulis – 1

PON-B

APC jungtis – 69

G.657 – 1165m.

G.652 – 165m.

Daliklio 1:2 – 5

1:4 – 2

1:8 – 1

1:16 – 1

1:32 – 1

SFP – 1

Todėl iš viso projektui reikėtų:

APC jungčių – 126

G.657 – 2,698m.

G.652 – 481m.

Daliklių 1:2 - 10; 1:4 - 3; 1:8 – 3; 1:16 – 3; 1:32 – 1

SFP modulių - 2

Atakos vektoriaus skaičiavimas

P3.1 lentelė. Atakos per tinklą vektoriaus lentelė (angl. *Attack Vector Rubric*)

Sąlyga	Taip/ Ne	Sąlyga	Taip/ Ne	Veiksmas	Žymė- jimas	Balas	Paiškinimas
Ar atakuotojas išnaudoja pažeidžiamumą per tinklą	Taip	Ar pažeidžiamumas galimas programiškai?	Ne	Pažeidžiamumas galimas iš nutolusio tinklo	N	0,85	
			Taip	Atakos yra sąlygotas informacijos perdavimo protokolo?	A	0,62	Atakuotojas gali išnaudoti pažeidžiamumą, kad į sistemą įves kenksmingą kodą. Tai gali leisti atakuotojui įgyti prieigą prie sistemų, pakeisti ar naikinti duomenis, arba net įdiegti nuolatinę atakos programinę įrangą (angl. malware), kad sistema būtų nuolat kontroliuojama.
	Ne	Ar pažeidžiamumas galimas fiziškai prisijungus prie tinklo?	NE	Ar pažeidžiamumas galimas naudojant vietinę taikomąją programą ir jungiantis lokaliai	L	0,55	
			Taip	Atakuotojas turi fiziškai prisijungti prie taikinio	P	0,2	

P3.2 lentelė. Atakos per tinklą sudėtingumo lentelė (angl. *Attack Complexity Rubric*)

Sąlyga	Taip/ Ne	Veiksmas	Žymė- jimas	Balas	Paiškinimas
Ar atakuotojas gali savarankiškai panaudoti pažeidžiamumą ?	Taip	Atakuotojas gali panaudoti pažeidžiamumo bet kuriuo metu	L	0,77	Turėdamas techninį supratimą, atakuotojas gali sukurti arba pasinaudoti jau sukurtu kenksmingu kodu, kuris išnaudoja pažeidžiamumą. Po to jis gali įdiegti šį kenksmingą kodą į sistemą, kur jis gali būti aktyvuotas ir naudojamas atakai vykdyti.
	Ne	Atakuotojas gali panaudoti pažeidžiamumo esant tam tikromis sąlygomis	H	0,44	

P3.3 lentelė. Bendradarbiavimo atakos metu lentelė (angl. *User interaction Rudric*)

Sąlyga	Taip/ Ne	Veiksmas	Žymė- jimas	Balas	Paiškinimas
Ar atakuotojui reikia kito vartotojo pagalbos atakos įvykdymui?	Ne	Sėkmingai atakai nereikia vartotojų sąveikos (bendradarbiavimo)	N	0,85	
	Taip	Sėkmingai atakai nereikia vartotojų sąveikos (bendradarbiavimo)	R	0,62	Kadangi atakuotojui norint išnaudoti pažeidžiamumą tinkle jam reikia, kad tinklo naudotojas iš vidaus išsirašytų kenkėjišką programą ir tik tada atakuotojas turės prieigą prie vidinio tinklo.

P3.4 lentelė. Atakuotojo privilegijų lentelė (angl. *Privileges Required Rubric*)

Sąlyga	Taip/ Ne	Sąlyga	Taip/ Ne	Veiksmas	Žymė- jimas	Balas	Paiškinimas
Ar atakuotojas turi būti autorizotas prie pažeidžiamo komponento prieš pradėdant ataką?	NE	Atakuotojas neautorizuotas		Ne	N	0,85	
	Taip	Ar reikia administratoriaus teisių	NE	Reikalinga vartotojo lygmens prieiga	L	0,62	
			Taip	Reikalinga administratoriaus lygmens prieiga	H	0,27	Norint išnaudoti pažeidžiamumą atakuotojas turėtų turėti administratoriaus teisių prieigą prie pažeidžiamo komponento, kad išnaudotų to komponento pažeidžiamumą.

P3.5 lentelė. Atakuotojo aprėpties lentelė (angl. *Scope Rubric*)

Sąlyga	Taip/ Ne	Veiksmas	Žymė- jimas	Balas	Paiškinimas
Ar atakuotojas gali paveikti komponentą, kurio autorystė skiriasi nuo pažeidžiamo komponento autorystės?	Taip	Įtaka atsiranda iš sistemos, kuriais nepriklauso pažeidžiamas komponentas	C	0,00	
	Taip	Įtaka atsiranda sistemoje, kuriai priklauso pažeidžiamas komponentas	U	0,00	Atakuotojas gali manipuluoti duomenų srautu ar duomenų perdavimo kanalais, kad būtų pakeisti duomenys, siunčiami į pažeidžiamą komponentą. Tai gali būti padaryta keičiant arba iškraipant duomenis, kad būtų pasiekti kenksmingi ar nepageidaujami rezultatai sistemoje.

P3.6 lentelė. Įtakos konfidencialumo lentelė (angl. Confidentially Impact Rubric)

Sąlyga	Taip/ Ne	Sąlyga	Taip/ Ne	Veiksmas	Žymėjimas	Balas	Paiškinimas
Ar tai įtakoja informacijos konfidencialumą?	Taip	Ar atakuotojas gali gauti visą informaciją iš komponento; ar informacijos atskleidimas kritiškas	Taip	Visa informacija prieinama atakuotojui; arba kritinė įvarmacija prieinama	H	0,56	
			Ne	Kai kuri informacija prieinama arba atakuotojas nevaldo informacijos	L	0,22	Pažeidžiamumas gali netiesiogiai leisti atakuotojui prieiti prie konfidencialios informacijos, tačiau gali sukelti klaidingą programinę ar sisteminę veiklą, kuri galiausiai gali atskleisti jautrią informaciją.
	Ne	Ar reikia administratoriaus teisių	NE	Informacija neatskleidžiama	N	0,00	

P3.7 lentelė. Įtakos integralumui lentelė (angl. Integrity Impact Rubric)

Sąlyga	Taip / Ne	Sąlyga	Taip/ Ne	Veiksmas	Žymėjimas	Balas	Paiškinimas
Ar tai įtakoja informacijos integralumą?	Taip	Ar atakuotojas gali keisti informaciją atakuojamame komponente; ar informacijos modifikavimas kritiškas	Taip	Atakuotojas gali modifikuoti nekritinę informaciją; arba kai kurią kritinę informaciją	H	0,56	
			Ne	Kai kuri informacija Gali būti modifikuojama arba atakuotojas negali keisti informacijos kritiškumo laipsnį	L	0,22	
	Ne		Ne	Informacijos integralumas nepažeidžiama	N	0,00	Atakuotojas nors ir gali būti radęs pažeidžiamumą, bet jis negali paveikti ar pakeisti esamos informacijos, kad ją sugadintų arba pakeistų savo naudai.

P3.8 lentelė. Įtakos pasiekiamumui lentelė (angl. Availability Impact Rubric)

Sąlyga	Taip / Ne	Sąlyga	Taip / Ne	Veiksmas	Žymėjimas	Balas	Paiškinimas
Ar gali būti įtaka informacijos pasiekiamumui?	Taip	Ar atakuotojas gali vykdyti DDOS ataką; ar informacijos šaltinio pasiekiamumas kritinis	Taip	Informacijos šaltinis yra visai nepasiekiamas ar esminiai nepasiekiamas	H	0,56	
			Ne	Informacijos šaltinio nepasiekiamumas yra nekritinis	L	0,22	
	Ne		Ne	Informacijos pasiekiamumas nepažeidžiamas	N	0,00	Atakuotojui tai reiškia, kad, nors gali būti pažeidžiamumas, tai neturės įtakos informacijos pasiekiamumui. Jis negali tiesiogiai trukdyti ar blokuoti prieigos prie informacijos. Tai gali apriboti jo galimybes sukelti sistemos ar duomenų pasiekiamumo problemų.