



**TECHNOLOGIJŲ FAKULTETAS
INFORMATIKOS IR MEDIJŲ TECHNOLOGIJŲ KATEDRA**

Eimantas Pikelis

**GIGABITINĖS SPARTOS DUOMENŲ PERDAVIMO
TINKLO ENERGETINIO EFEKTYVUMO
GERINIMO 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. Esamos situacijos analizė	11
1.1.1. Projekto poreikio analizė.....	11
1.1.2. Esama interneto situacija gyvenvietėje	12
1.2. Namų ūkių išsidėstymas vietovėje	14
1.3. Interneto srauto rezervavimas.....	16
1.4. Tinklo įrenginių technologijos.....	18
1.5. Magistralės slopinimų skaičiavimai	18
1.6. Analitinės dalies išvados	19
2. SPECIFIKACIJA.....	20
3. PROJEKTINĖ DALIS	21
3.1. Namų ūkių suskirstymas.....	21
3.2. Optinio tinklo magistralinių daliklių skaičiavimas.....	22
3.3. Optinės magistralės pateikiamumas	25
3.4. Techninių sprendimų aparatinei įrangai realizavimo galimybių įvertinimas	28
3.4.1. Energetinio efektyvumo palyginimas tinklo įrenginiuose.....	28
3.4.2. Energijos poreikio skaičiavimas.....	30
3.4.3. Elektros energijos rezervavimo sprendimų parinkimas ir jų pritaikymas	31
3.5. Kibernetinio saugumo parametrų skaičiavimas.....	33
3.6. Projektinės dalies išvados	36
4. EKSPERIMENTINĖ DALIS	37
4.1. Nuosekliai sujungtų daliklių įnešamų slopinimų tyrimas.....	37
4.2. G-PON Linijos tyrimas.....	38
4.3. Optinių linijų montavimas ir tyrimas.....	39
5. EKONOMINĖ DALIS	43
5.1. Įrangos parinkimas, nupirkimas bei nuoma.....	43
5.2. Įrangos nusidėvėjimas	44
5.3. Darbo užmokesčio skaičiavimas	44
5.4. Projekto palaikymo sąnaudos po įrengimo.....	45
5.5. Projekto sąmata.....	46
5.6. Projekto socialinė-ekonominė nauda.....	47
IŠVADOS.....	48

LITERATŪRA IR KITI INFORMACIJOS ŠALTINIAI	49
PRIEDAI	51
1 priedas. Nuotraukos iš projekto gyvenvietės	52
2 priedas. Projekto įrengimui naudojama įranga.....	57
3 priedas. Atakos vektoriaus detalizavimas	59
4 priedas. Optinio tinklo planas	62
5 priedas. Magistralinių daliklių slopinimų skaičiavimas.....	63
6 priedas. Didelės raiškos projektuojamos gyvenvietės vaizdas.....	64
7 priedas. Energetinio efektyvumo skaičiavimų detalizavimas	65

LENTELIŲ IR PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

LENTELĖS

1 lentelė. Namų ūkių išsidėstymas Grauzuose pagal gatvių pavadinimus	12
2 lentelė. Atstumų tarp daliklių lentelė.....	15
3 lentelė. Atstumų tarp taškų matrica	15
4 lentelė. ITU-T G.652.D optinės skaidulos standarto parametrai.....	17
5 lentelė. Atstumai nuo OLT statymo vietos iki galimų prisijungimo taškų.....	17
6 lentelė. Optinių daliklių parametrai	22
7 lentelė. Slopinimai tarp magistralinių daliklių	22
8 lentelė. Magistralinių daliklių slopinimų skaičiavimai.....	23
9 lentelė. Skaičiavimų, atliktų 10 lentelėje, detalės.....	23
10 lentelė. Skirstomųjų daliklių slopinimai.....	24
11 lentelė. Apskaičiuota slopinimo reikšmė pagal daliklio vietą	24
12 lentelė. Magistralės pateikiamumo skaičiavimai.....	25
13 lentelė. Magistralės pateikiamumo skaičiavimų detalizavimas.....	26
14 lentelė. Optinės linijos Varniai-Graužai pateikiamumas.....	27
15 lentelė. Optinės linijos Tverai-Graužai pateikiamumas	27
16 lentelė. Pasyviojo režimo energijos suvartojimas	29
17 lentelė. Aktyviojo režimo energijos suvartojimas	30
18 lentelė. G-PON technologijos energetinio efektyvumo skaičiavimas	30
19 lentelė. XG-PON technologijos energetinio efektyvumo skaičiavimas	31
20 lentelė. XGS-PON technologijos energetinio efektyvumo skaičiavimas.....	31
21 lentelė. Žvaigždinės struktūros signalo lygių lentelė.....	37
22 lentelė. Linijinės struktūros signalo lygių lentelė.....	37
23 lentelė. Magistralė, sudaryta iš daliklių 1:2 (50:50).....	38
24 lentelė. Magistralė, sudaryta iš 12 vnt. atkarpų: 12x1000m.....	39
25 lentelė. Skaičiavimų rezultatai.....	40
26 lentelė. Kalibravimo rezultatai	40
27 lentelė. Matavimo rezultatai. Slopinimai, išreikšti dB	40
28 lentelė. Projektui įgyvendinti reikalingos įrangos pirkimas	43
29 lentelė. Projektui įgyvendinti reikalingos įrangos nuoma	43
30 lentelė. Projekte naudotos įrangos nusidėvėjimas	44
31 lentelė. Projektavimo ir įgyvendinimo darbų darbo laiko apskaičiavimas.....	44
32 lentelė. Projekto palaikymo įrangos poreikis	45

33 lentelė. Projekto palaikymo atlyginimo skaičiavimas	46
34 lentelė. Projekto gedimo šalinimo kaštai	46
35 lentelė. Projekto sąmatos skaičiavimas	46

PAVEIKSLAI

1.1 pav. Baltųjų dėmių žemėlapis Graužų apylinkėse	13
1.2 pav. Planuojamos infrastruktūros žemėlapis Telšių rajone	13
1.3 pav. Namų ūkių pasiskirstymas Gražuose	14
1.4 pav. Atstumų tarp magistralinių daliklių žemėlapis Gražuose	15
1.5 pav. Artimiausi optiniai tinklai bei galimi prisijungimo taškai	16
1.6 pav. Atstumas nuo prisijungimo taško Varniuose iki numatomos OLT vietos Gražuose.....	17
1.7 pav. Optinių signalų slopinimų ribos optinėje magistralėje	18
3.1 pav. Optinio tinklo išdėstymas Gražuose	21
3.2 pav. Magistralės detali skaičiavimo struktūra	22
3.3 pav. Signalų slopinimas PON tinkle.....	25
3.4 pav. Projektuojamo optinio tinklo schema	26
3.5 pav. 400W Saulės elektrinės komplektas	32
3.6 pav. OLT įrenginio statymo vieta žemėlapyje pažymėta apskritimu	32
3.7 pav. OLT įrenginio įrengimo vieta ir konstrukcija.....	33
3.8 pav. CVSS 3.1 metrikų grupės	34
3.9 pav. CVSS 3.1 metrikų skaičiavimas	34
3.10 pav. Pažeidžiamumo vektorius skaičiavimas.....	35
3.11 pav. Formulės, naudojamos apskaičiuoti CVSS balą.....	35
4.1 pav. Žvaigždinės struktūros daliklių sujungimo schema.....	37
4.2 pav. Linijinės struktūros daliklių sujungimo schema	37
4.3 pav. PON linijos fragmentas.....	40
4.4 pav. Tiriamoji magistralė. Slopinimai, išreikšti dB.....	41
4.5 pav. Magistralės 1 dalies vaizdas	42
4.6 pav. Magistralės 2 dalies vaizdas	42

SĄVOKŲ SĄRAŠAS

Sąvoka	Aprašymas	Nuoroda į šaltinį
ONU (angl. <i>Optical Network Unit</i>)	Optinio tinklo vienetai	(ITU-T, 2016)
ISRI	Itin spartaus ryšio infrastruktūra	(VšĮ „Plaćiajuostis internetas“, 2024)
OLT (angl. <i>Optical Line Terminal</i>)	Optinės linijos terminalas	(ITU-T, 2016)
G-PON (angl. <i>Gigabyte Passive Optical Network</i>)	Gigabitinės spartos pasyvus optinis tinklas	(ITU-T, 2016)
ITU-T	Tarptautinės telekomunikacijų sąjungos telekomunikacijų standartizacijos sektorius	(ITU-T, 2016)
FWA (angl. <i>Fixed Wireless Access</i>)	Fiksuotas belaidis ryšys, naudojamas 4G/5G ryšiui perduoti naudojant radijo bangas	(Godlovitch, Louguet, 2022)
4G	Ketvirtos kartos plaćiajuosćio mobilaus tinklo technologija, pakeitusi 3G	(Godlovitch, Louguet, 2022)
5G	Penktos kartos technologinis standartas mobiliam tinklui, pakeitusi 4G LTE	(Godlovitch, Louguet, 2022)
FTTH (angl. <i>Fiber to The Home</i>)	Optinis kabelis iki namų	(ITU-T, 2016)
CPE (angl. <i>Customer premises equipment</i>)	Klientų patalpų įranga	(ITU-T, 2016)
XGS-PON (angl. <i>10-Gigabit Symmetric Passive Optical Network</i>)	10 Gigabitų simetrinis pasyvus optinis tinklas	(ITU-T, 2016)
CVSS 3.1 (angl. <i>Common Vulnerability Scoring System 3.1</i>)	Kibernetinio pažeidžiamumo balo vertinimo sistema, versija 3.1	(first.org, 2024)
SFP (angl. <i>Small Form-Factor Pluggable</i>)	Įrenginys, skirtas priimti ir/ar perduoti optinius signalus	(Daniel, 2023)

SANTRAUKA

Autorius Eimantas Pikelis. *Gigabitinės spartos duomenų perdavimo tinklo energetinio efektyvumo gerinimo projektas. Vadovas dr. Rimantas Plėštys. Kauno kolegija, Technologijų fakultetas, Informatikos ir medijų technologijų katedra. Kaunas, 2024, 50 psl.*

Reikšminiai žodžiai: energetinis efektyvumas, saulės modulis, pasyvusis optinis tinklas, optiniai dalikliai.

Darbe siekiama parengti Graužų gyvenvietės optinio tinklo projektą. Kartu projektas gilinasi į aktualią šių dienų problemą – klimato kaitą. Siaurėjant langui pristatyti efektyvius sprendimus, esame galbūt paskutinė karta, kuri vis dar gali pakeisti situaciją. Darbe analizuojami ES reglamentai, pateikiantys būdus kaip Sąjungoje padidinti energijos vartojimo efektyvumą ir nagrinėjami optinių tinklų pranašumai, lyginant su kitomis ryšio technologijomis.

Efektyvaus optinio tinklo projekto parengimui buvo apskaičiuotas signalo slopinimas optinėje linijoje ir parinkti tinkami optiniai dalikliai. Atlikti skaičiavimai skirti paskaičiuoti optinės linijos rezervavimui bei linijos patikimumui. Darbe pateikiamas būdas kaip panaudoti saulės modulį optiniame tinkle. Įvertintas projektuojamo tinklo pažeidžiamumo balas.

Ekonominė dalis nagrinėja projekto įgyvendinimo ir palaikymo kaštus, kartu sudarant bendrą projekto sąmatą.

Darbe siūlomi būdai, kaip panaudoti atsinaujinančius energijos šaltinius projekte naudojamai įrangai maitinti, tokiu būdu užtikrinant energiją taupantį optinį tinklą ir skatinant patį energijos vartojimo efektyvumo modelį.

Projektą sudaro šios dalys: įvadas, analitinė dalis, projekto specifikacija, projektinė dalis, projektuojamo tinklo pažeidžiamumo vektoriaus skaičiavimas, ekonominė dalis, darbo išvados, naudotos literatūros sąrašas, priedai.

SUMMARY

Author Eimantas Pikelis. *Project for Improving Energy Efficiency of the Gigabit Speed Data Transmission*. Graduation Thesis. Supervisor PhD Rimantas Plėštys. Kauno kolegija Higher Education Institution, Faculty of Technologies, Department of Informatics and Media Technologies. Kaunas, 2024, 50 pages.

Keywords: energy efficiency, solar module, passive optical network, optical splitters.

This work aims to prepare an optical network project for Graužai. Concurrently, the project delves into an ongoing problem of today: climate change. As the window to introduce efficient solutions narrows, we are perhaps the last generation that can still make a difference. The paper analyses several EU regulations intended to enhance energy efficiency within the Union and explores the comparative advantages of optical networks over other technologies.

Seeking to prepare an optimal network design, the signal attenuation in the optical line was calculated, and the correct optical splitters got chosen. Calculations for both the optical line reservation and the line's reliability were carried out. Work presents a method of integrating a solar module in an optical network. The work includes network vulnerability score calculations.

The economic part of this paper examines the project implementation and support costs, providing an estimate for the entire project.

The paper proposes ways to use renewable energy sources to power the equipment used in the project, thereby ensuring an energy-efficient optical network and promoting the energy-efficiency model.

The project contains the following parts: introduction, analytical part, project specifications, design part, calculation of the designed network vulnerability vector, economic part, work conclusions, list of used literature, and appendices.

ĮVADAS

Baigiamojo darbo aktualumas. Pasauliui susiduriant su didžiuliu iššūkiu, klimato kaita, visame Europos žemyne yra vykdomas ambicingas projektas – iki 2050 m. paversti Europą neutralia klimato poveikiui. Siekiama pertvarkyti Sąjungą taip, kad jos visuomenė būtų teisinga ir klestėtų, kad ji pasižymėtų modernia, efektyviai išteklius naudojančia ir konkurencinga ekonomika, kurioje 2050 m. grynasis išmetamas šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis būtų lygus nuliui, o ekonomikos augimas būtų atsietas nuo išteklių naudojimo (Europos Sąjungos oficialusis leidinys, 2021). Pirmasis taškas, iki kurio norima šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį būti sumažinus bent 55 proc. lyginant su 1990 m., yra 2030 m. (Godlovitch, Louguet, 2021).

Norint to pasiekti, ES piliečiai skatinami pirkti netaršius aplinkai automobilius, įrengiant jiems krovimo stoteles, taip pat aktyviai vykdoma netaršios logistikos sprendimų plėtra.

Kita svarbi priemonė – švari energetikos sistema, kuriai sukurti numatyta diegti kuo daugiau iš atsinaujinančiųjų išteklių elektros gamybos technologijų – vėjo ir saulės (Europos Komisija, 2021). Šios technologijos gali būti naudojamos ir lokaliai – patiems vartotojams įsirengiant elektrines, kurių energija gali būti naudojama interneto galinių įrenginių (ONU, mobiliųjų telefonų, nešiojamų kompiuterių) elektriniam maitinimui. Taip būtų užtikrintas ryšys ekstremalių situacijų atvejais (sutrikus centralizuotam elektros energijos tiekimui).

Europoje buvo išleistas naujas teisės aktas, kurio tikslas - sumažinti nepagrįstai dideles elektroninių ryšių infrastruktūros diegimo sąnaudas. Jas iš dalies lemia leidimų išdavimo procedūros, taikytinos prieš diegiant arba atnaujinant tokius tinklus. Šios procedūros vis dar sudėtingos, kartais ilgos ir skirtingos valstybėse narėse.

Šiuo reglamentu taip pat yra siekiama paspartinti tinklų diegimą, užtikrinti teisinį tikrumą ir skaidrumą visiems susijusiems ekonominės veiklos vykdytojams ir numatyti veiksmingesnius planavimo ir diegimo procesus viešųjų elektroninių ryšių tinklų operatoriams. Lietuvoje šiam tikslui pasiekti yra vykdomas projektas „ISRI“ (VŠĮ „Plačiajuostis Internetas“, 2024).

Darbo objektas: Energetiškai efektyvus optinis duomenų perdavimo tinklas Grauzuose.

Darbo tikslas – Atlikti gigabitinės spartos duomenų perdavimo tinklo energetinio efektyvumo įvertinimą ir parengti optinio duomenų perdavimo tinklą.

Darbo uždaviniai:

1. Atlikti namų ūkių išsidėstymo gyvenvietėje analizę
2. Atlikti interneto technologijų pasiekiamumo analizę
3. Įvertinti techninių sprendimų aparatinei įrangai realizavimo galimybes
4. Parengti PON įrangos išdėstymo planą
5. Atlikti energijos poreikio skaičiavimą

6. Atlikti kibernetinio saugumo parametrų skaičiavimą

7. Išanalizuoti projekto socialinę-ekonominę naudą

Analitinėje dalyje išsiaiškinta kokią svarbą duoda energetinis efektyvumas bei atlikta energijos poreikavimo tinklo įrenginiams sumažinimo galimybių analizė. Projektinėje dalyje įvertinti galimi techniniai sprendimai aparatinei įrangai realizuoti. Paskaičiuotas elektros energijos poreikis tinklui gyvenvietėje. Atliktas elektros energijos rezervavimo sprendimų parinkimas bei jų pritaikymas, taip pat paskaičiuoti kibernetinio saugumo parametrai.

1. ANALITINĖ DALIS

1.1. Esamos situacijos analizė

1.1.1. Projekto poreikio analizė

Šiai dienai jau esame pasiekę tokį tašką, kai pasaulis nedelsiant privalo reaguoti ir imtis veiksmų dėl klimato ir biologinės įvairovės krizės, bei esame paskutinė karta, kuri dar gali nepavėluoti šias problemas ištaisyti (Europos Komisija, 2021). Norėdami įgyvendinti ES keliamus tikslus iki 2050 m. tapti neutralia klimato kaitai ir neskleisti jokio šiltnamio efekto, privalome sutelkti visas jėgas ir įdėti pastangų kiekvienas. Nauji projektai nebegali būti įrengiami būnant neefektyviais. Kiekvieną projektą privaloma apskaičiuoti, atlikti kuo gilesnę analizę su tikslu išrinkti tokią įrangą, kuri sunaudos kuo mažiau elektros energijos, taip pat išnaudoti gamtos teikiamas galimybes ir įrengti atsinaujinančius energijos šaltinius su tikslu tą įrangą maitinti nepriklausomai nuo to ar centralizuotas elektros tiekimas tuo metu veikia, ar ne. Rengdami šį projektą privalome būtent tuo ir pasinaudoti – įrengti atsinaujinančios energijos šaltinį, saulės modulį kartu su akumuliatoriumi, o tai duos galimybę užmaitinti mūsų OLT įrenginį ir taip apsisaugoti nuo nelaimių, susijusių su elektros energijos tiekimu. Taip pat reikia žvelgti ir iš tos pusės, jog didžioji dalis išmetamųjų teršalų išmetimo ir taršos šaltinis yra transportas. Pasirinkus įrengti tokio tipo elektros tiekimą – išnaudojant saulės baterijos galimybes – sutaupome ir šiek tiek išmetamųjų teršalų kiekio aplinkoje. Taip yra todėl, kad sumažėja poreikis su transportu važinėti į atsakingas institucijas reikalingiems leidimams gauti, taip pat gadinti aplinką iškasant bei įrenginėjant elektros kabelius iki mūsų komutacinės spintos. Visa tai galima pasiekti įrengus viską vienoje vietoje.

Energijos vartojimas sudaro 75 proc. ES išmetamųjų teršalų kiekio, todėl siekiant mūsų užmojų klimato srityje labai svarbu pertvarkyti energetikos sistemą. Taupyti energiją bei išnaudoti galimybę plačiau naudoti atsinaujinančius išteklius mūsų vartojamai elektros energijai gaminti gali būti labai svarbus darbo vietų kūrimo, ekonomikos augimo bei išmetamųjų teršalų kiekio mažinimo veiksnys (Europos Komisija, 2021). Iki 2030 m. iškeltas tikslas atsinaujinančiųjų išteklių energijos ES energijos rūšių derinyje pakelti net iki 40 proc., vietoje anksčiau siūlytų 32 procentų. Toks tikslas paskatina valstybes nares imtis kuo daugiau priemonių ir siekiama, jog ES valstybėse narėse energetikos sistema taptų švaresnė bei efektyvesnė – elektrifikacijai stipriai skatinama naudoti atsinaujinančiuosius išteklius, o kur to pasiekti yra sudėtinga ar neįmanoma – pasitelkti atsinaujinančiuosius degalus, kaip pavyzdys, švarų vandenilį. Kai suvartojame mažiau energijos, taip kartu sumažiname ir išmetamųjų teršalų kiekį. Iki 2030 m. siekiama yra, jog suvartotume apie 9 proc. mažiau energijos. Tam puikiai pasitarnauja ir mūsų norima naudoti technologija G-PON, kurios

energijos suvartojimas gali būti net iki 3 kartų mažesnis lyginant su kitomis įprastomis technologijomis.

Su lyg kiekviena diena poreikis internetui tik didėja, žmonės registruojasi į gydymo įstaigas, atlieka bankines operacijas naudodamiesi savo mobiliaisiais telefonais ar asmeniniais kompiuteriais. Vis daugiau įmonių ima taikyti hibridinio ar pilnai nuotolinio darbo modelį, kas suteikia galimybę darbuotojams rinktis kur jie nori dirbti. Dėka galimybės dirbti, apsipirkti ir gauti paslaugas neišeinant iš savo namų, gyventojai po truputį renkasi gyvenimui mažesnius miestelius, retai kaimus. Remiantis 2023 metų statistika, pateikiama Oficialiosios statistikos portale, net 80,5 proc. (Oficialiosios statistikos portalas, 2023) gyventojų naudojami internetu su tikslu sužinoti naujienas. Iš viso prieigą prie interneto kaimo vietovėse turėjo 81,7 proc. gyventojų (Oficialiosios statistikos portalas, 2023).

Remiantis tinklalapyje regia pateiktais duomenimis, 2024 m. Graužų gyvenvietėje (Telšių rajonas) yra 96 atskiri namų ūkiai (1 lentelė), o pagal 2021 m. gyventojų surašymą – 14 nuolatinių gyventojų.

1 lentelė. Namų ūkių išsidėstymas Gražuose pagal gatvių pavadinimus

(Sudaryta autoriaus, remiantis portalo regia duomenimis, 2024)

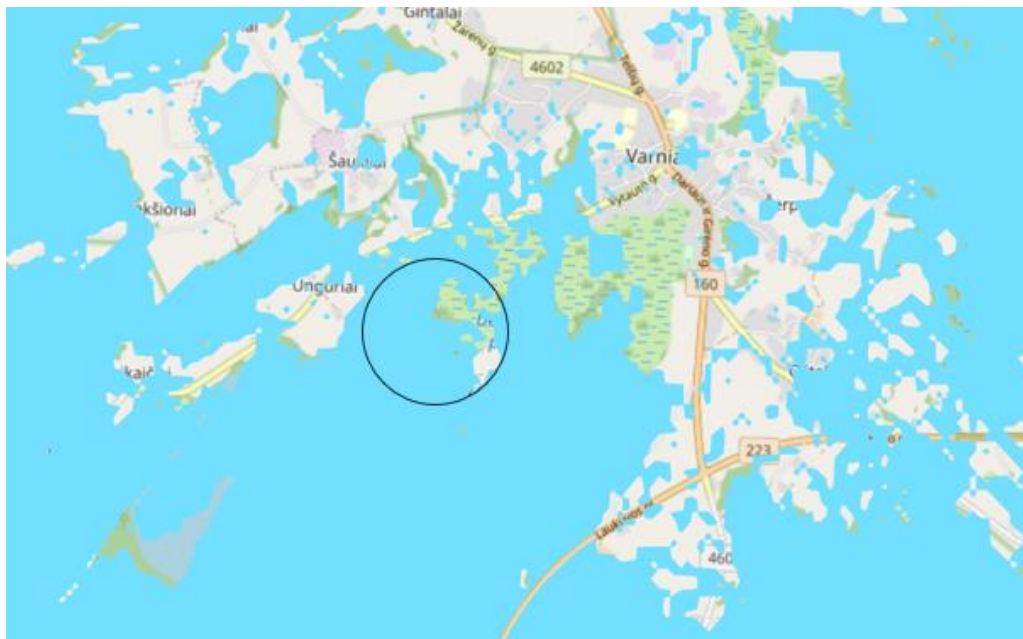
Gatvės pavadinimas	Namų ūkių skaičius
Ungurių g.	6
Lūksto Sodų 1-oji g.	27
Lūksto Sodų 2-oji g.	18
Lūksto Sodų 3-oji g.	8
Lūksto Sodų 4-oji g.	21
Lūksto Sodų 5-oji g.	13
Gintarų g.	3
Iš viso namų ūkių:	96

Kasmet Lūksto ežero pakrantėje, pirmąjį Liepos savaitgalį, vyksta festivalis „Bliuzo naktys“. Festivalio metu yra pritraukiama daug lankytojų iš įvairių Lietuvos kraštų, taip pat ir užsienio lankytojų. Tuo metu kai festivalis nevyksta, visus metus veikia poilsiavietė, kurioje galima išsinuomoti namelius ant ežero kranto ir pailsėti nuo miesto šurmilio, tačiau poreikis internetui nesumažėja ir tada, nes vyksta naudojimas socialiniais tinklais. Tam, kad vartotojai būtų patenkinti poilsiu, reikia siekti, jog visi jų poreikiai būtų išpildyti kuo pilniau, įskaitant ir sparčiai veikiančią internetą, ko šiuo metu poilsiavietėje užtikrinti galimybės nėra.

1.1.2. Esama interneto situacija gyvenvietėje

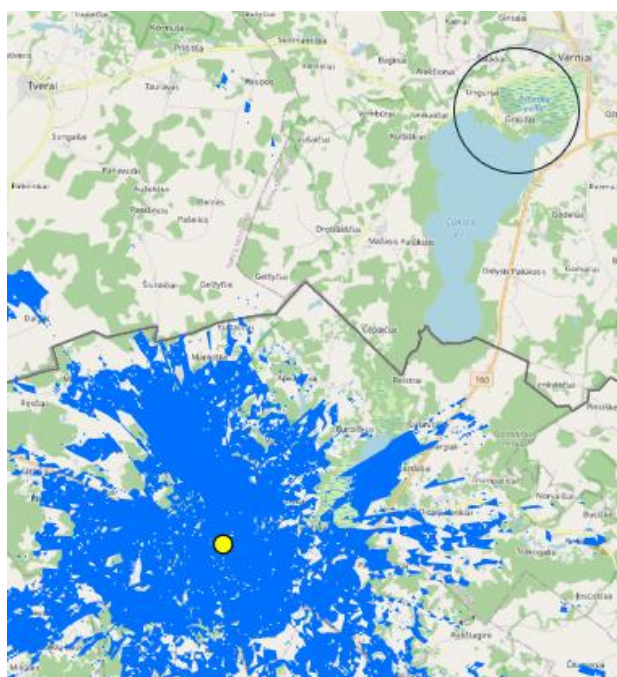
Projekte analizuojama gyvenvietė – Graužai. Atlikus VŠĮ Plačiajuostis internetiniame puslapyje pateikiamų ISRI-2 projekto žemėlapių analizę, rasta informacijos, kuri nedžiugina. Apskritimu apibrauktos zonos rodo nagrinėjamą gyvenvietę. Graužai patenka į melsva spalva

nuspalvintą žemėlapią plotą, rodantį informaciją apie tai, kur nei vienas operatorius negali užtikrinti bent 100 Mb/s ar didesnės greičiausios (1.1 pav., VšĮ „Plačiajuostis internetas“, 2023).



1.1 pav. Baltųjų dėmių žemėlapis Grauzų apylinkėse (Starkodas, 2023)

Situacija, kur planuojama būtų įrengti infrastruktūrą gigabitiniam internetui taip pat nėra kelianti daug vilčių. Grauzai atsiduria toli už zonos, kurioje tai yra planuojama daryti. Artimiausia gyvenvietė, kurioje planuojama įgyvendinti šį infrastruktūros gerinimą – Laukuvos miestelis (žr. geltoną tašką 1.2 pav.) – yra už 22 km nuo Grauzų.



1.2 pav. Planuojamos infrastruktūros žemėlapis Telšių rajone (Starkodas, 2023)

Nagrinėjamoje gyvenvietėje nėra galimybės gauti bent 100 Mb/s spartos interneto iš jokio paslaugų tiekėjo ir nėra numatyta įrengti infrastruktūros 3 metų perspektyvoje.

1.2. Namų ūkių išsidėstymas vietovėje

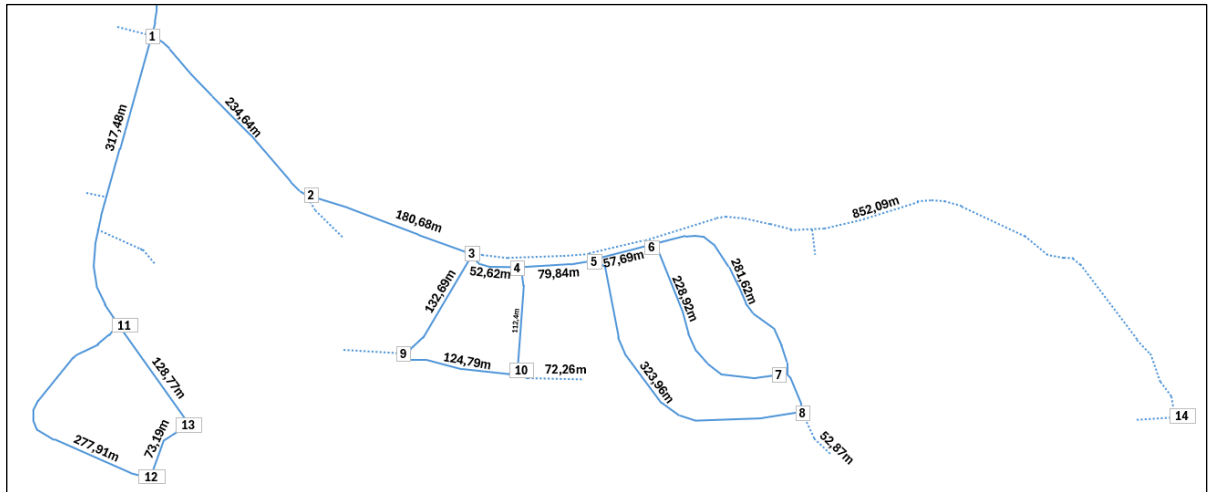
Namų ūkiai gyvenvietėje išsidėstę per dvi pagrindines gatves, viena iš jų turinti atsišakojimą į keletą papildomų gatvių, susijungiančių ratu. Projektas rengiamas taip, jog būtų rezervuota papildomų galimų prisijungimų ateityje (1.3 pav.). Ežero pakrantėje yra įsikūręs poilsio parkas, su 7 apgyvendinimo pastatais, galinčiais bendrai sutalpinti iki 40 asmenų vienu metu. Taip pat poilsiavietėje yra galimybė atvykti su palapinėmis ar kemperiais (poilsiavietės vieta žemėlapyje pažymėta raudonu apvadu 1.3 pav.).



1.3 pav. Namų ūkių pasiskirstymas Gražuose (regia, 2024)

Projektas yra rengiamas taip, jog būtų galima prisijungti 104-iems namų ūkiams, taip paliekant 18 prisijungimo taškų rezerve, jeigu būtų prijungti visi 86 oficialiai projektuojami namų ūkiai.

Reikšmingi projektui taškai parodyti 1.4 paveiksle. Jie pažymėti sankryžose, kelių posūkiuose. Nurodyti atstumai tarp šių taškų, leidžiantys paskaičiuoti projektui įgyvendinant reikalingas kabelių sąnaudas. Detalus šių taškų išsidėstymas pateiktas 1 priede.



1.4 pav. Atstumų tarp magistralinių daliklių žemėlapis Gražuose (Sudaryta autoriaus, 2024)

Charakteringų taškų koordinatės ir tikslūs atstumai tarp jų pateikti 2 lentelėje. Atstumų matrica parodyta 3 lentelėje.

2 lentelė. Atstumų tarp daliklių lentelė

(Sudaryta autoriaus, remiantis portale regia pateiktu atstumo matavimo įrankiu, 2024)

Nuo taško nr.	Gatvė nuo	Koordinatės nuo	Iki taško nr.	Gatvė iki	Koordinatės iki	Atstumas tarp taškų
1	Ungurių g.	X: 6178558 Y: 395674	2	Lūksto Sodų 1-oji g.	X: 6178388 Y: 395835	234,64m
2	Lūksto Sodų 1-oji g.	X: 6178388 Y: 395835	3	Lūksto Sodų 1-oji g.	X: 6178331 Y: 396004	180,68m
3	Lūksto Sodų 1-oji g.	X: 6178331 Y: 396004	4	Lūksto Sodų 1-oji g.	X: 6178317 Y: 396061	52,62m
4	Lūksto Sodų 1-oji g.	X: 6178317 Y: 396061	5	Lūksto Sodų 1-oji g.	X: 6178326 Y: 396137	79,84m
5	Lūksto Sodų 1-oji g.	X: 6178326 Y: 396137	6	Lūksto Sodų 1-oji g.	X: 6178339 Y: 396195	57,69m
6	Lūksto Sodų 1-oji g.	X: 6178339 Y: 396195	7	Lūksto Sodų 5-oji g.	X: 6178205 Y: 396335	228,92m
6	Lūksto Sodų 1-oji g.	X: 6178205 Y: 396335	8	Lūksto Sodų 1-oji g.	X: 6178164 Y: 396349	281,62m
5	Lūksto Sodų 1-oji g.	X: 6178326 Y: 396137	8	Lūksto Sodų 4-oji g.	X: 6178164 Y: 396349	323,96m
3	Lūksto Sodų 1-oji g.	X: 6178331 Y: 396004	9	Lūksto Sodų 2-oji g.	X: 6178224 Y: 395953	132,69m
4	Lūksto Sodų 1-oji g.	X: 6178317 Y: 396061	10	Lūksto Sodų 3-oji g.	X: 6178204 Y: 396055	112,4m
9	Lūksto Sodų 2-oji g.	X: 6178224 Y: 395953	10	Lūksto Sodų 2-oji g.	X: 6178204 Y: 396055	124,79m
3	Lūksto Sodų 1-oji g.	X: 6178331 Y: 396004	14	Gintarų g.	X: 6178179 Y: 396733	852,09m
1	Ungurių g.	X: 6178558 Y: 395674	11	Ungurių g.	X: 6178255 Y: 395637	317,48m
11	Ungurių g.	X: 6178255 Y: 395637	13	Ungurių g.	X: 6178151 Y: 395712	128,77m
11	Ungurių g.	X: 6178255 Y: 395637	12	Ungurių g.	X: 6178096 Y: 395670	277,91m
12	Ungurių g.	X: 6178096 Y: 395670	13	Ungurių g.	X: 6178151 Y: 395712	73,19m

3 lentelė. Atstumų tarp taškų matrica (Sudaryta autoriaus remiantis atstumų tarp daliklių lentele, 2024)

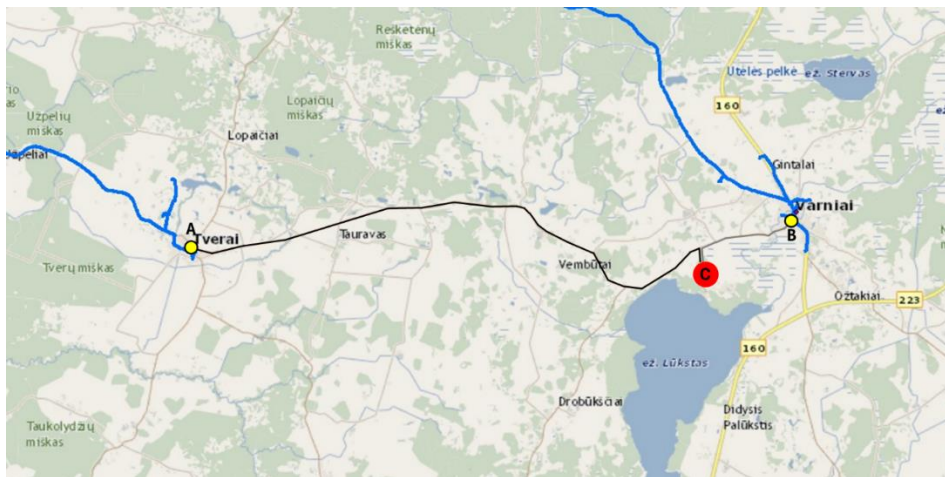
Atstumų matrica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1											317,48			
2	234,64													
3		180,68							132,69					852,09
4			52,62							112,40				
5				79,84										
6					57,69									
7						228,92								
8							323,96							
9			132,69											
10				112,40										
11	317,48									124,79				
12											277,91		128,77	
13											128,77	73,19		
14			852,09											

Nustatytas namų ūkių skaičius gyvenvietėje ir išmatuoti reikšmingi projektui atstumai, kuriais bus remiamasi tolimesniuose etapuose.

1.3. Interneto srauto rezervavimas

Interneto srauto pateikiamumo padidininimui numatytas jo padavimas iš dviejų krypčių (1.5 ir 1.6 pav.). Žemiau pateikiami numatyti naudoti prijungimo taškai. Tikslūs prijungimo taškų adresai paimti iš viešai skelbiamo galimų prisijungimo prie tinklo taškų sąrašo (VŠĮ „Placiajuostis internetas“, 2023):

- Pirmasis prijungimo taškas yra Varnių miesto ir apylinkės seniūnija, esanti už 3 km nuo Graužų. Seniūnijos adresas: Vytauto g. 2, Varniai, Telšių rajonas.
- Antrasis prijungimo taškas yra Tverų seniūnija, esanti už 14km nuo gyvenvietės. Seniūnijos adresas: Žemaičių a. 8, Tverai, Rietavo savivaldybė



1.5 pav. Artimiausi optiniai tinklai bei galimi prisijungimo taškai (raudonas skritulys žymi Graužų vietą žemėlapyje. Starkodas, darbo autorius, 2024)

Projekte numatoma naudoti ITU-T G.652D standarto optines skaidulas. Šio standarto signalo slopinimas yra 0,4 dB/km kai bangos ilgis siekia 1310 nm ir 0,3 dB/km kai bangos ilgis 1550 nm (ITU-T, 2017).

Žemiau pateiktoje lentelėje (5 lentelė) nurodytos tikslios A, B ir C taškų koordinatės. A ir B taškai žymi artimiausias galimas prisijungimo vietas, nuo kurių reikia tiesti magistralę iki taško C, žyminčio OLT statymo vietą.

4 lentelė. ITU-T G.652.D optinės skaidulos standarto parametrai (ITU-T duomenys, 2017)

Kabelio atributai		
Atributas	Detalės	Reikšmė
Signalų slopinimo koeficientas	Maksimumas nuo 1310 nm iki 1625 nm bangos ilgiui	0,4 dB/km
	Maksimumas 1383 nm ± 3 nm bangos ilgiui	0,4 dB/km
	Maksimumas 1550 nm bangos ilgiui	0,3 dB/km
PMD koeficientas	M	20 kabelių
	Q	0,01 proc.
	Maksimumas PMD _Q	0.20 ps/√km

5 lentelė. Atstumai nuo OLT statymo vietos iki galimų prisijungimo taškų (Sudaryta autoriaus, 2024)

	Pradžios koordinatės	Pabaigos koordinatės	Atstumas, m	Slopinimas 1310nm, dB	Slopinimas 1550nm, dB
A-C	55.73253056126647, 22.149068057731927	55.73044571872149, 22.338861826068467	13700	5,48 dB	4,11 dB
B-C	55.742319552362154, 22.37095443097717	55.73044571872149, 22.338861826068467	3000	1,2 dB	0,9 dB



1.6 pav. Atstumas nuo prisijungimo taško Varniuose iki numatomos OLT vietos Grauzuose (Sudaryta naudojant portalo regia atstumo matavimo įrankį, 2024)

OLT įrenginys aprūpintas elektra iš dviejų šaltinių: ESO (pagrindinis tiekėjas) ir saulės elektrinė (rezervinis tiekėjas). Įgyvendinus šį projektą atsirastų galimybė kaimo vietovėje gauti spartų internetą, o tuo pačiu ir būtų prisidedama prie Europos klimato kaitos stabdymo programos, nes optiniai įrenginiai būtų maitinami iš atsinaujinančio elektros energijos šaltinio. Projektas pasitarnautų

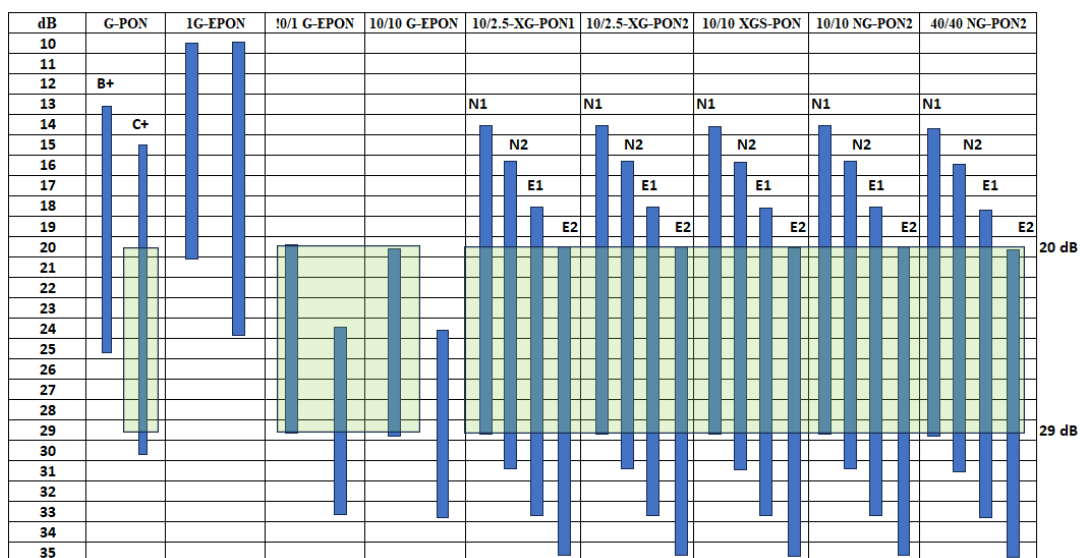
ir ežero pakrantėje esančiai poilsiavietei, sukurdamas dar patrauklesnes sąlygas lankytojams. Kaimo gyventojams tai pat bus paskatinimas įsirengti žaliosios energijos šaltinius ir tapti mažiau priklausomais nuo centralizuoto elektros energijos tiekimo.

1.4. Tinklo įrenginių technologijos

2022 metais atliktame tyrime, buvo tirtas energijos suvartojimas naudojant FWA (Fixed Wireless Access) bei G-PON (Godlovitch, Louguet, 2022). Tyrimo metu buvo nustatyta, jog G-PON sunaudoja kiek daugiau nei tris kartus mažiau elektros energijos lyginant su FWA tipo tinklu – 19Kw naudojant G-PON technologiją lyginant su 74Kw kai yra naudojama FWA. Kito tyrimo metu atlikto taip pat 2022, buvo siekiama išsiaiškinti kokią įtaką daro optikos pasirinkimas 4G ir 5G infrastruktūroje. Pritaikant optiką 4G bei 5G, yra išgaunamas geriausias našumas iš energijos suvartojimo perspektyvos visuose tirtuose scenarijuose. Lyginant su variu, optika sumažina elektros suvartojimą 32-54 proc. 4G tinklui, 16-22 proc. 5G tinklui (Hotujec, 2024).

1.5. Magistralės slopinimų skaičiavimai

Norėdami pasiekti aukščiausių optinės magistralės veikimo efektyvumą, turime orientuotis į 1.7 paveiksle pateiktas slopinimų ribas (20 dB...29 dB) optinėje linijoje. Idealiausias slopinimas projektuojant magistralę yra šių ribų vidurys – 24,5 dB. Tokiu atveju galima lanksčiau rinktis įvairių gamintojų parduodamus optinius daliklius ar skaidulas, todėl, kad esant netikslumams, kurie atsiranda gamybos metu, galime tikėtis, jog vis tiek liksime leistinose ribose.



1.7 pav. Optinių signalų slopinimų ribos optinėje magistralėje (Plėštys ir kt., 2023)

1.6. Analitinės dalies išvados

1. Įvertinti Europos tikslai tapti kuo neutralėse klimato kaitai
2. Išanalizuota optinės magistralės poreikio situacija remiantis VŠĮ „Placiajuostis internetas“ pateikiamais žemėlapiais:
3. Graužai atsiduria baltojoje dėmėje – nei vienas operatorius negali užtikrinti bent 100 Mb/s interneto spartos
4. Nenumatoma 3 metų bėgyje įrengti jokios optinės infrastruktūros nagrinėjamoje gyvenvietėje
5. Atlikus namų ūkių išsidėstymo vertinimą, parinktas tikslus magistralinių daliklių skaičius, kurį reikia panaudoti.

2. SPECIFIKACIJA

Projekto objektas:

Telšių r., Varnių seniūnija, Graužai

Prijungiamų vartotojų skaičius:

Projektas optinį tinklą numato 86-iems namų ūkiams, paliekant 18 laisvų vietų naujiems prijungimams ateityje.

Optinės magistralės panaudojimas:

Pasinaudojama artimiausia nutiesta magistrale esančia Varnių miesto ir apylinkės seniūnijoje arba Tverų seniūnijoje, prisijungiant nuo jos optinės skaidulos.

Optinių skaidulų skaičius reikalingas gyvenvietei aptarnauti bus parenkamas pagal esamą vartotojų skaičių gyvenvietėje.

Aparatinės įrangos dalys:

OLT įrenginys, esantis komutacinėje spintoje turi būti maitinamas tik saulės energija, o jei to nepakanka, 12 V akumuliatoriumi bent 8 h.

Numatytoji naudoti optinė technologija įrangai: G-PON.

Optinės skaidulos įrengiamos taip, jog būtų paruošta prijungti į galinius tinklo įrenginius – ONU.

Projektui tikslių specifikacijų dalikliai, jų kiekis bus parinktas atsižvelgiant į atliktus skaičiavimus.

Interneto srautų specifikacija:

Į vartotojų namų ūkius privalo būti užtikrinta 1 Gb/s prijungimo sparta.

Pagrindinėje magistralėje iki OLT įrenginio turi būti užtikrinta bent 10 Gb/s sparta.

Kibernetinis saugumas:

Užtikrinamos sąlygos, jog CVSS 3.1 balas tinklo pažeidžiamumui nebūtų aukštesnis nei 4 balai.

Kiti reikalavimai:

Turi būti užtikrintas nepertraukiamas veikimas sutrikus centralizuotam elektros energijos tiekimui bent 8h.

Įvertinamas kibernetinis saugumas projektuojamai interneto tinklo infrastruktūros daliai.

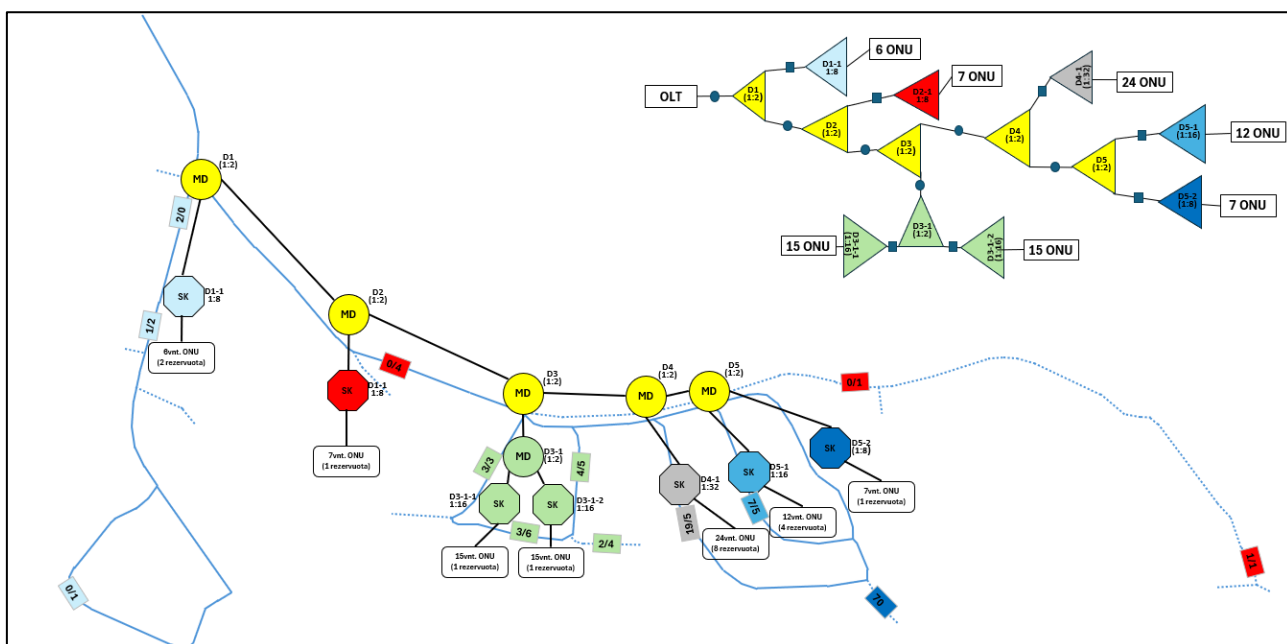
Įvertinama socialinė bei ekonominė projekto nauda.

3. PROJEKTINĖ DALIS

3.1. Namų ūkių suskirstymas

Projektuojamos magistralės preliminarus ilgis Grauzuose sudaro 3,6km (atstumas apskaičiuotas remiantis 1.5 paveiksle esančiais duomenimis, į magistralės ilgio skaičiavimą neįtrauktas atstumas nuo galimų prisijungimo taškų iki OLT).

Pateiktas vaizdas iš žemėlapio (3.1 pav., didelės raiškos žemėlapis pateiktas 4 priede) rodo optinio tinklo planą Grauzuose. Optinis tinklas Grauzuose turėtų būti vedamas po žeme. Žvelgiant į esamos infrastruktūros žemėlapių informaciją, gyvenvietėje nėra jokių trikdžių įrengti tinklą po žeme, nes nėra nei vandentiekio, nei dujų tinklo ar nuotekų vamzdžių. Įrenginėti optinį tinklą ant elektros atramų nebūtų efektyvu, kadangi šiuo metu visos elektros atramos yra naikinamos ir visas elektros tinklas perkeliamas po žeme.



3.1 pav. Optinio tinklo išdėstymas Grauzuose

Projektavimo metu yra atsižvelgiama į magistralinių ir skirstomųjų skirtumą jų panaudojime. Tinklas jokių būdu negali būti sudaromas taip, jog vartotojai būtų jungiami prie magistralinių daliklių. Visus namų ūkius, kurie projektu yra prijungiami prie optinio tinklo, prijungsieme prie skirstomųjų daliklių.

Pradedant nuo OLT įrenginio, planuojama įrengti magistralinius daliklius tokia tvarka: Ungurių g. D1 (1:2), Lūksto sodų 1 -oji g. D2 (1:2), D3 (1:2), D4 (1:2) ir D5 (1:2). Prie magistralinio daliklio D3 , Lūksto Sodų 1-osios g. ir Lūksto Sodų 2-osios g. sankirtoje įrengiamas atsišakojantis

daliklis D3-1 (1:2). Prie išvardintų daliklių bus jungiami D1-1 (1:8), D2-1 (1:8), D3-1-1 (1:16), D3-1-2 (1:16), D4-1 (1:32), D5-1 (1:16) ir D5-2 (1:18) skirstomieji dalikliai. Tikslus skirstomųjų daliklių išėjimų poreikis buvo parinktas nuvykus į gyvenvietę ir įvertinus realią namų ūkių situaciją.

6 lentelėje pateikiamos skirstomųjų daliklių, kurie buvo panaudoti rengiant projektą, teorinės reikšmės signalo slopinimams (IL1) ir nuostoliams (E0)

6 lentelė. Optinių daliklių parametrai

Daliklio tipas	Dalijimosi santykis	Signalo slopinimas (IL1), dB	Nuostolis (E0), dB
1:2	0,5	3,01	0,3
1:8	0,125	9,03	0,3
1:16	0,0625	12,04	0,3
1:32	0,03125	15,05	0,3

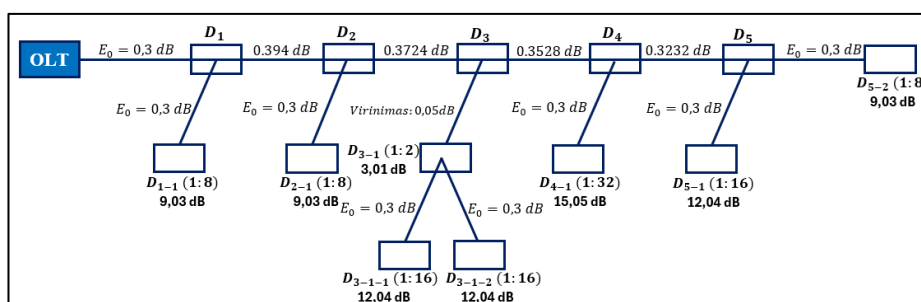
3.2. Optinio tinklo magistralinių daliklių skaičiavimas

Remiantis turima atstumų tarp daliklių informacija, apskaičiuota magistralinių daliklių slopinimai su pridėtu daliklio signalo nuostoliu (E0).

7 lentelė. Slopinimai tarp magistralinių daliklių (Sudaryta autoriaus, 2024)

Skaičiuojama atkarpa	Atstumas tarp daliklių, km	Slopinimas, dB/km	Apskaičiuotas slopinimas, dB	E0, dB	Bendras slopinimas, dB
D1 - D2	0,235	0,4	0,0940	0,3	0,3940
D2 - D3	0,181	0,4	0,0724	0,3	0,3724
D3 - D4	0,132	0,4	0,0528	0,3	0,3528
D4 - D5	0,058	0,4	0,0232	0,3	0,3232
D3 - D3-1	0	0,4	0	0,3	0,3
D3-1 - D3-1-1	0	0,4	0	0,3	0,3
D3-1 - D3-1-2	0	0,4	0	0,3	0,3

Apačioje pateiktoje iliustracijoje pateiktas optinės trasos magistralinių daliklių išdėliojimas, kartu su juo pateikiama ir slopinimų informacija iš 7 lentelės. Kartu su magistraliniais dalikliais yra pateikiami ir skirstomieji dalikliai, kurie atitinkamai pagal su jais susietą magistralinį daliklį yra numeruojami nuo 1, pvz. D*-1, 2, ..., prie D3 daliklio, pateikiamas atšakos daliklis D3-1 ir prie jo jungiami skirstomieji dalikliai.



3.2 pav. Magistralės detali skaičiavimo struktūra (Sudaryta autoriaus, 2024)

3.2 paveiksle pateikiama detali magistralės skaičiavimo struktūra, kurioje galima matyti slopinimus tarp magistralinių daliklių (įskaičiuotas E0 slopinimas, lygus 0,3 dB). Tose vietose, kur daliklis yra įjungtas į atšaką, nurodomas daliklio nuostolis, o D3 daliklis, kuris turi D3-1 atšaką, sujungtas virinimo būdu ir ten nurodomas virinimo nuostolis.

8 lentelė. Magistralinių daliklių slopinimų skaičiavimai

(Didelės raiškos skaičiavimai pateikti 7 priede. Sudaryta autoriaus, 2024)

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
	n	S_n+C_n	S_n+E_n	$\Sigma(S_n+E_n)$ dB	$10^{S_n/10}$	$10^{E_n/10}$	C_{n0}	C_{n0} dB	ΣC_{n0} dB	C_{n1}	C_{n1} dB	C_{n1}	C_{n1} dB	C_{n1}	N:M	Q	N:M	Q'	C'_{n0} dB	C'_{n1} dB	$\Sigma(S_n+E_n)$ dB	ΣC_{n0} Kitaip	T_{n0} dB
3	Magistralė				12.7412	12.74																	
4	D5	1	9.73	0.4	13.14	0.9000	2.0000	0.6967	-10logC10+	1.7609	1.7609	0.3333	-10logC11+	4.7712	0.67	0.33	0.70	0.30	1.5490	5.2288	14.98	6.6663	21.6499
5	D4	2	15.75	0.4232	13.56	1.2160	0.8224	0.4513	-10logC10+	3.4507	5.2166	0.5487	-10logC11+	2.6063	0.45	0.55	0.60	0.40	2.2185	3.9794	1.84	2.8988	24.4721
6	D3	3	16.05	0.4528	14.02	0.9334	1.8748	0.6521	-10logC10+	1.8565	7.0732	0.3479	-10logC11+	4.9861	0.65	0.35	0.60	0.40	2.2185	3.9794	1.42	0.6803	22.1304
7	D2	4	9.73	0.4724	14.45	0.0731	13.6796	0.9319	-10logC10+	0.3065	7.3797	0.0681	-10logC11+	11.9660	0.93	0.07	0.90	0.10	0.4576	10.0000	0.97	0.2228	20.9201
8	D1	5	9.73	0.454	14.98	0.0611	16.3620	0.5424	-10logC10+	0.2576	7.6373	0.0576	-10logC11+	12.3960	0.94	0.06	0.95	0.05	0.2228	13.0103	0.45	0.0000	23.2552
9																			Sukorekcija		Slopinimas nuo Varnių		23.9852
10																					Slopinimas nuo Tvernių		26.7352

9 lentelė. Skaičiavimų, atliktų 10 lentelėje, detalės

Stulpelis	Žymėjimas	Formulės Excel faile
B	Daliklio žymėjimas	
C	Daliklio eilės nr.	
D	Atšakos slopinimai	Pradiniai duomenys
E	Linijos S_n+E_0 slopinimas	Pradiniai duomenys
F	$\Sigma(S_n+E)$ dB	=SUM(\$E\$3:E4)...=SUM(\$E\$3:E8) Sumuojama nuo galo į pradžia
G	$10^{S_n/10}$	=POWER(10,(D4-F3-L3)/10)...=POWER(10,(D8-F7-L7)/10)
H	$10^{E_n/10}$	=POWER(10,(F3+L3-D4)/10)...=POWER(10,(F7+L7-D8)/10)
I	C_{n0}	=1/(G4+1)...=1/(G8+1)
K	C_{n0} dB	=-10*LOG10(I4)...=-10*LOG10(I8)
L	ΣC_{n0} dB	=SUM(\$K\$4:K4)...=SUM(\$K\$4:K8) Sumuojama nuo galo į pradžia
M	C_{n1}	=1/(H4+1)...=1/(H8+1)
O	C_{n1} dB	=-10*LOG10(M4)...=-10*LOG10(M8)
P	R	=POWER(10,-K4/10)...=POWER(10,-K8/10)
Q	Q	=1-P4...=1-P8
R	R'	Reikšmė parenkama pagal daliklį arčiausiai apskaičiuoto P stulpelyje
S	Q'	
T	C'_{n0} dB	=-10*LOG10(R4)...=-10*LOG10(R8) Reikšmė po korekcijos
U	C'_{n1} dB	=-10*LOG10(S4)...=-10*LOG10(S8) Reikšmė po korekcijos
V	$\Sigma(S_n+E)$, dB	=SUM(E3:\$E\$8)...=SUM(E8:\$E\$8) Sumavimas atliekamas nuo pradžios į galą
W	ΣC_{n0} Kitaip	=SUM(T4:\$T\$9)...=SUM(T9:\$T\$9) Sumavimas atliekamas nuo pradžios į galą
X	T_{n0} dB	=V4+W4+U4+D4...=V8+W8+U8+D8 Galutinis apskaičiuotas slopinimas magistralėje

Paskaičiavus magistralinių daliklių, kartu su skirstomųjų daliklių, signalo slopinimus, būtina nepamiršti ir tik skirstomųjų daliklių slopinimo. Skirstomojo daliklio signalo slopinimas priklauso nuo to, koks yra daliklio tipas (1:2, 1:4, 1:8, ...) ir jungimo tipo. Jungiant daliklius pasinaudojant jungtis, slopinimas bus didesnis palyginus su virinimo sukeliamu slopinimu. Prie visų magistralinių daliklių (D1...D5) skirstomieji dalikliai yra prijungti jungtimi, išskyrus D3-1, kuris yra atšakos daliklis ir jo prijungimui pasirinkta yra virinimas. 10 lentelėje pateikiamų skaičiavimų stulpelių detalizavimas:

- Daliklis – skirstomojo/atšakos daliklio žymėjimas

- b) Jungtys – signalo slopinimas, atsirandantis dėl optinės jungties
- c) Virinimas – signalo slopinimas, atsirandantis dėl skaidulų virinimo
- d) Dalikliai – daliklio signalo slopinimas
- e) E0 – prijungimo signalo nuostolis
- f) Viso – bendras daliklio slopinimas sudėjus b, c, d, e laukus.

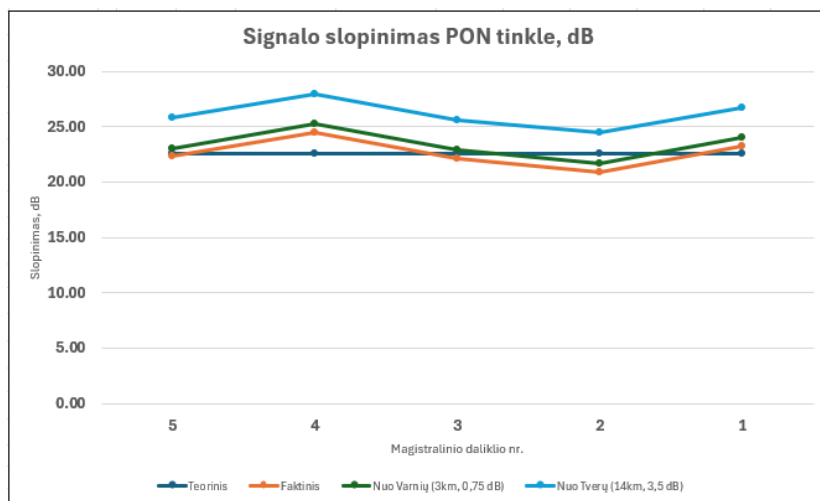
10 lentelė. Skirstomųjų daliklių slopinimai (Sudaryta autoriaus, 2024)

Daliklis	Jungtys	Virinimas	Dalikliai	E0	Iš viso
D5-1	0,4		12,0412	0,3	12,7412
D5-2	0,4		9,0309	0,3	9,7309
D4-1	0,4		15,0515	0,3	15,7515
D3-1-1	0,4		12,0412	0,3	12,7412
D3-1-2	0,4		12,0412	0,3	12,7412
D3-1		0,05	3,0103	0,3	16,0515
D2-1	0,4		9,0309	0,3	9,7309
D1-1	0,4		9,0309	0,3	9,7309

Sklandžiam magistralės veikimui užtikrinti, reikia laikytis signalo slopinimo ribų – 20-29 dB. Skaičiavimų rezultatai pateikiami 11 lentelėje. Kadangi magistralė įrengiama iš dviejų pusių, Varnių ir Tverų, skaičiuoti slopinimai buvo nuo abiejų gyvenviečių. Rezultatų pavaizdavimas linijinėje diagramoje pavaizduotas 3.3 paveiksle.

11 lentelė. Apskaičiuota slopinimo reikšmė pagal daliklio vietą (Sudaryta autoriaus, 2024)

Magistralės daliklis		Teorinis	Faktinis	Nuo Varnių (3km, 0,75 dB)	Nuo Tverų (14km, 3,5 dB)
D5	5	22,62	22,32	23,07	25,82
D4	4	22,62	24,47	25,22	27,97
D3	3	22,62	22,13	22,88	25,63
D2	2	22,62	20,92	21,67	24,42
D1	1	22,62	23,24	23,99	26,74



3.3 pav. Signalų slopinimas PON tinkle (Sudaryta autoriaus, 2024)

3.3. Optinės magistralės pateikiamumas

Nors žinoma, kad optika yra vienas patikimiausių tinklo įrengimo būdų, ne mažiau svarbu yra atlikti patikimumo skaičiavimus, kad įsitikinti, jog rengiama magistralė tikrai yra patikima. Atlikti magistralės patikimumo skaičiavimai (12 lentelė) ir nustatyti visus svarbūs duomenis susiję su vidinio tinklo (gyvenvietės teritorijoje) patikimumu.

12 lentelė. Magistralės pateikiamumo skaičiavimai (Sudaryta autoriaus, pagal R. Plėščio skaičiavimo metodiką, 2024)

	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
16				POLT	0.999900										
17				PSP	0.999900										T(h)= 8766
18				POLT(SFP)	0.999800				2000/km		10 ³ /FIT				MTBF/FIT
19															
20	D5	L10,m	0.058	PL	0.999952	MTTR	14	FIT	3448.3	MTBF	2.90E+05	U=	4.83E-05	33	4.83E-05
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+), dB	0.0645	POLT(D)	0.999751								4.95E-05		
23	0.3645	E6, dB	0.3	PP	0.999999	MTTR	14	FIT	100	MTBF	1.00E+07	U=	1.40E-06	1141	1.40E-06
24		C11, dB	4.7712	PONU	0.999994	MTTR	24	FIT	256	MTBF	3.91E+06	U=	6.14E-06	446	6.14E-06
25		C16, dB	1.7609	POLT(ONU)	0.999742004								7.54E-06		
26		S(OLT-D1), dB	5.1357					2.49E-04							
27		S(OLT-D6), dB	2.1254												
28															
29	D4	L10,m	0.132	PL	0.999979	MTTR	14	FIT	1515.2	MTBF	6.60E+05	U=	2.12E-05	75	2.12E-05
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+), dB	0.083	POLT(D)	0.999725								2.24E-05		
32	0.383	E6, dB	0.3	PP	0.999999	MTTR	14	FIT	100	MTBF	1.00E+07	U=	1.40E-06	1141	1.40E-06
33		C11, dB	2.6063	PONU	0.999994	MTTR	24	FIT	256	MTBF	3.91E+06	U=	6.14E-06	446	6.14E-06
34		C16, dB	3.4557	POLT(ONU)	0.999720398								7.54E-06		
35		S(OLT-D1), dB	2.9893					2.72E-04							
36		S(OLT-D6), dB	3.6387												
37															
38	D3	L10,m	0.18	PL	0.999984	MTTR	14	FIT	1111.1	MTBF	9.00E+05	U=	1.56E-05	103	1.56E-05
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+), dB	0.095	POLT(D)	0.999711								1.68E-05		
41	0.395	E6, dB	0.3	PP	0.999999	MTTR	14	FIT	100	MTBF	1.00E+07	U=	1.40E-06	1141	1.40E-06
42		C11, dB	4.5861	PONU	0.999994	MTTR	24	FIT	256	MTBF	3.91E+06	U=	6.14E-06	446	6.14E-06
43		C16, dB	1.8565	POLT(ONU)	0.999703848								7.54E-06		
44		S(OLT-D1), dB	4.9811					2.89E-04							
45		S(OLT-D6), dB	2.2515												
46															
47	D2	L10,m	0.234	PL	0.999988	MTTR	14	FIT	854.7	MTBF	1.17E+06	U=	1.20E-05	133	1.20E-05
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+), dB	0.1085	POLT(D)	0.999688								1.32E-05		
50	0.4085	E6, dB	0.3	PP	0.999999	MTTR	14	FIT	100	MTBF	1.00E+07	U=	1.40E-06	1141	1.40E-06
51		C11, dB	11.6660	PONU	0.999994	MTTR	24	FIT	256	MTBF	3.91E+06	U=	6.14E-06	446	6.14E-06
52		C16, dB	0.3065	POLT(ONU)	0.999890886								7.54E-06		
53		S(OLT-D1), dB	12.0745					3.02E-04							
54		S(OLT-D6), dB	0.7150												
55															
56	D1	L10,m	0.01	PL	0.999720	MTTR	14	FIT	20000	MTBF	5.00E+04	U=	2.80E-04	6	2.80E-04
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+), dB	0.0525	POLT(D)	0.999417								2.81E-04		
59	0.3525	E6, dB	0.3	PP	0.999999	MTTR	14	FIT	100	MTBF	1.00E+07	U=	1.40E-06	1141	1.40E-06
60		C11, dB	12.3960	PONU	0.999994	MTTR	24	FIT	256	MTBF	3.91E+06	U=	6.14E-06	446	6.14E-06
61		C16, dB	0.2576	POLT(ONU)	0.999408652								7.54E-06		
62		S(OLT-D1), dB	12.7485					5.83E-04							
63		S(OLT-D6), dB	0.6101												

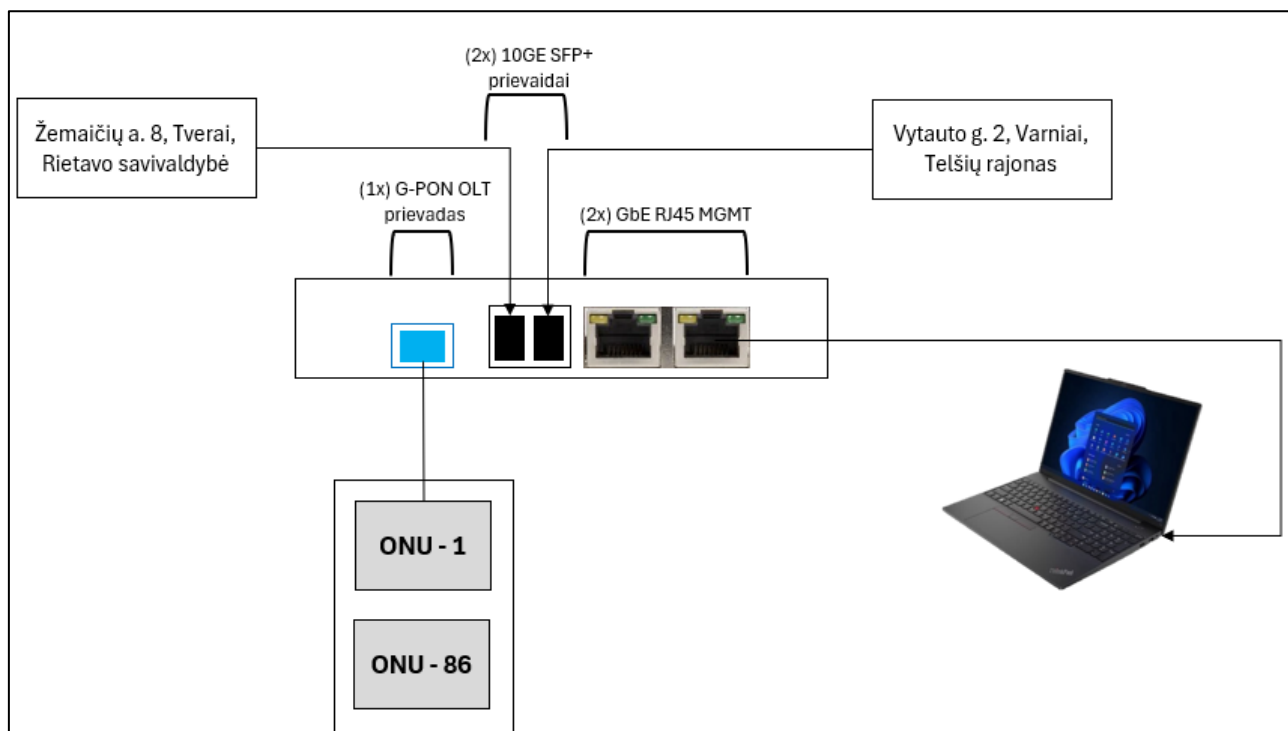
Detalizuota lentelė, aiškinanti kiekvieną kintamąjį, pateikiama 13 lentelėje.

13 lentelė. Magistralės pateikiamumo skaičiavimų detalizavimas (Sudaryta autoriaus, remiantis ITU-T, 2016)

Laukelis	Kintamasis	Matas	Aprašymas	Formulė Excel skaičiuoklėje
H16	POLT	0.00-1.00	OLT įrenginio patikimumas	=1-0.0001
H17	PSFP	0.00-1.00	SFP patikimumas	=1-0.0001
H18	P(OLT-SFP)	0.00-1.00	Bendras OLT ir SFP patikimumas	=H16*H17
F20	L1	km	Atstumas tarp daliklių	-
F21	SJ	dB	Signalų slopinimas virinimo vietoje	-
F22	S(L+J)	dB	Virinimo vietos ir atstumo bendras signalo slopinimas	=0.25*F20+F21
F23	E0	dB	Daliklio slopinimas	-
F24	C11	dB	Teoriškai apskaičiuotas slopinimas, iki skirstomojo daliklio	-
F25	C10	dB	Teoriškai apskaičiuotas slopinimas, iki magistralinio daliklio	-
F26	S(OLT-D1)	dB	Slopinimas link skirstomojo daliklio (atstumo, virinimo, daliklio ir atšakos bendra suma)	=F22+F23+F24
F27	S(OLT-D0)	dB	Slopinimas link magistralinio daliklio (atstumo, virinimo, daliklio ir atšakos bendra suma)	=F22+F23+F25
H20	PL	0.00-1.00	Optinės linijos patikimumas	=1-P20
H21	PD	0.00-1.00	Optinio daliklio patikimumas	=1-P21
H22	P(OLT-D)	0.00-1.00	Bendras olt, optinės linijos ir optinio daliklio patikimumas	=H\$18*H20*H21
H23	PP	0.00-1.00	Magistralėje esančio optinio kabelio patikimumas	=1-P23
H24	PONU	0.00-1.00	ONU įrenginio patikimumas	=1-P24
H25	P(OLT-ONU)	0.00-1.00	Bendras OLT, SFP, kabelio, daliklio, magistralėje esančio kabelio ir ONU patikimumas	=H22*H23*H24
J20	MTTR	val.	Mean Time To Repair (vidutinis gedimo pašalinimo laikas)	-
L20	FIT	val.	Failures In Time (Gedimų dažnis per milijardą valandų "the Failure Rate (λ) per billion hours")	=200/F20
N20	MTBF	val.	Mean Time Between Failures (vidutinis laikas tarp gedimų)	=10*9/L20
P20	U	0.00-1.00	Unavailable probability attributed to each component (komponento neprieinamumas)	=J20/(N20+J20)

Su tikslu magistralės patikimumą dar labiau padidinti, buvo pasirinkta paduoti interneto srautą iš dviejų artimiausių prisijungimo taškų. Tai tinklui leis nepertraukiamai veikti tokiu atveju, jeigu vienas iš prisijungimo taškų patirs sutrikimą, kurie galėtų sutrikdyti mūsų optinės linijos veikimą.

Projektuojamo tinklo schema pateikiama 3.4 paveiksle.



3.4 pav. Projektuojamo optinio tinklo schema (Sudaryta autoriaus, 2024)

Norėdami apskaičiuoti patikimumą nuo vieno iš turimų prisijungimo taškų, galima remtis skaičiavimo metodika, pateikta ITU-T.

Skaičiavimuose naudojami sutrumpinimai:

- PTĮ – Prisijungimo Taško Įranga (VšĮ „Placiajuostis internetas“).
- OL – Optinė linija esanti nuo prisijungimo taško, iki projekto OLT.
- OLT – OLT įrangos interneto srauto prievadas.

Skaičiavimai atliekami naudojant tokią formulę:

$$A_1 = 1 - \sum_{i=1}^N U_{1i} \quad (3.3)$$

Skaičiuojama atkarpa: **Varniai – Graužai**, atstumas 3 km (14 lentelė).

14 lentelė. Optinės linijos Varniai-Graužai pateikiamumas
(Sudaryta autoriaus, naudojant ITU-T skaičiavimo metodiką)

	MTBF, val.	MTTR, val.	U_{1i}
PTĮ	400000	4	$1 * 10^{-5}$
OL	1666666,67	24	$1,44 * 10^{-5}$
OLT	400000	4	$1 * 10^{-5}$
			$3,440 * 10^{-5}$

Pirmo internetinio srauto pateikiamumas:

$$A_1 = 1 - \sum_{i=1}^3 U_{1i} = 1 - 3,440 * 10^{-5} = \mathbf{0,99996560} \quad (3.4)$$

Skaičiuojama atkarpa: **Tverai – Graužai**, atstumas 14km (15 lentelė).

15 lentelė. Optinės linijos Tverai-Graužai pateikiamumas
(Sudaryta autoriaus, naudojant ITU-T skaičiavimo metodiką)

	MTBF, val.	MTTR, val.	U_{2i}
PTĮ	400000	4	$1 * 10^{-5}$
OL	357142,86	24	$6,72 * 10^{-5}$
OLT	400000	4	$1 * 10^{-5}$
			$8,72 * 10^{-5}$

Antro internetinio srauto pateikiamumas:

$$A_1 = 1 - \sum_{i=1}^3 U_{2i} = 1 - 8,720 * 10^{-5} = \mathbf{0,99991280} \quad (3.5)$$

Bendras abiejų internetinių srautų pateikiamumas:

$$A = 1 - A_1 * A_2 = 1 - 0,99996560 * 0,99991280 = \mathbf{0,99999997} \quad (3.6)$$

Pagal atliktus skaičiavimus galima matyti, jog pateikiamumas yra labai artimas vienetui.

3.4. Techninių sprendimų aparatinei įrangai realizavimo galimybių įvertinimas

3.4.1. Energetinio efektyvumo palyginimas tinklo įrenginiuose

Optiniai tinklai yra svarbus įrankis kovoje prieš klimato kaitą, dėl savo labai mažo elektros energijos suvartojimo bei patikimumo. FTTH tinklai taip pat yra daug pranašesni ir greičiau, lyginant su variniais kabeliais. Pagal Šviesolaidinio plačiajuosčio ryšio asociacijos duomenis, optiniai tinklai lenkia varinius net 95 proc. energijos suvartojime dėl savo technologijos perduoti duomenis naudojant šviesą. Taip pat šios asociacijos pateikiamais duomenimis FTTH tinklai gali sumažinti tinklų sukiamas anglies dioksido emisijas net 80 proc. lyginant su tinklais, kurie naudoja varį (Weezie, 2024).

Žemės dienos proga išleistame straipsnyje buvo pateikti 8 būdai kaip optika prisideda prie pagalbos gamtai. Straipsnyje teigiama, jog optinis tinklas gali perduoti duomenis 70 proc. šviesos greičio greičiau. Optika yra patikimesnis ir ilgesnį gyvavimo ciklą turintis pasirinkimas. Gamyboje naudojamas stiklas, todėl optika mažiau veikiama oro sąlygų pokyčių, negresia korozija, o tai reiškia, jog tinklas reikalauja mažiau priežiūros bei remontą reikia atlikti rečiau. Tai sumažina įtaką gamtai, sukiamą gaminimo, įdiegimo bei senų kabelių utilizavimo procesų. Mažesnę elektros energijos suvartojimą duoda ir tai, jog duomenų centrai bei tinklo įrenginiai naudojami optiniuose tinkluose, išskleidžia mažiau šilumos lyginant su įprastais tinklais. Mažiau išskleidžiamos šilumos reiškia, jog reikės mažiau aušinimo, o tai rezultate duoda sumažėjusias energijos sąnaudas. Optikos siūlomas interneto greitis atveria visas galimybes dirbti iš namų be jokių trikdžių, kas prisideda prie aplinkos saugojimo, nes sumažinamas anglies dioksido išmetimas į orą kai nereikia naudoti automobilio, kad nuvykti į darbotvietes.

Vis labiau populiarumą įgauna išmanieji elektros tinklai, reaguojantys į elektros energijos suvartojimą, bei išmanieji namai. Dėl labai mažo vėlavimo, didelio greičio ir patikimumo, optika yra dažnas pasirinkimas pritaikyti šiose situacijose. Galimybė stebėti, valdyti ir naudoti elektros energiją

tik ten kur jos tikrai reikia ir kada reikia, taip pat skatina elektros taupymą bei mažina jos suvartojimą urbanizuotose vietovėse (Hotujec, 2024).

Jungtinio tyrimų centro išleistoje publikacijoje nagrinėjamos skirtingos interneto technologijos ir jų skirtumai elektros energijos suvartojime. Pateikiami duomenys tarp elektros energijos suvartojimo įrenginiams esant pasyviajame režime ir pilno veikimo režime. Pasyvusis režimas apibrėžiamas taip, jog įrenginių individualūs komponentai neatlieka jokių procesų, tačiau yra pasiruošę pradėti veikti kai tik aptinka bet kokį pokytį veikime. Persijungimas iš pasyvaus įrenginio režimo į aktyvųjį turi būti be jokio rankinio vartotojo įsitraukimo.

Klientų patalpose įrengti įrenginiai (CPE), kurie minėtoje publikacijoje yra aptariami, pritaiko visus įmanomus elektros energijos taupymo veiksmus, taip sumažinant bendrą elektros energijos suvartojimą kai tik tai padaryti yra įmanoma. Publikacijoje įrenginių matavimai atlikti kai įrenginys nepertraukiamai, bent po 5 minutes gauna 230V AC maitinimą ir režimas šiuose matavimų intervaluose nekeičia būsenos. Tai reiškia, jog įrenginiui atliekamas testavimas tiekiant energiją pasyviajame režime bent 5 minutes, prieš pereinant į aktyvųjį režimą. Papildomas kriterijus matavimams yra tai, jog įranga prieš pradėdant matavimą turi būti išbuvusi tame režime, kuriame yra matuojama, bent vieną minutę iki matavimo starto.

Publikacijos 12 lentelėje pateikiami duomenys rodo elektros energijos suvartojimo galinių vartotojų optinio tinklo įrenginiams skirtumus. Reikėtų atkreipti dėmesį į GPON ONU ir XGS-PON elektros energijos suvartojimo skirtumus. Tyrimo metu buvo nustatyta, jog GPON ONU įrenginys būdamas pasyviajame režime suvartoja 2,1W elektros energijos, o aktyviajame režime 2,4W. Naujesnės kartos PON technologijos, XGS-PON ONU įrenginio elektros suvartojimas yra didesnis, ir siekia 3,7W ir 5,2W pasyviajame bei aktyviajame režimuose atitinkamai (Bertoldi, Lejeune, 2021). Gali atrodyti nedaug, nes pasyviajame režime skirtumas tarp skirtingų technologijų įrenginių elektros suvartojimo yra tik 1,6W, o aktyviajame režime susidaro 2,8W skirtumas. Atlikti skaičiavimai rodo, kad projektas būtų energetiškai efektyvesnis naudojant G-PON technologiją, o ne didesnę spartą siūlančią XGS-PON. G-PON ir XGS-PON technologijų energijos suvartojimo lyginimas pateikiamas 16 ir 17 lentelėse.

16 lentelė. Pasyviojo režimo energijos suvartojimas (Sudaryta autoriaus, remiantis straipsniu, 2024)

Skirtumas energijos suvartojime pasyviajame režime (1 įrenginiui)		
	Reikšmė/skaičiavimas	Mato vnt.
GPON ONU įrenginio energijos suvartojimas:	2,1*	W
XGS-PON ONU įrenginio energijos suvartojimas:	3,7*	W
Per metus GPON ONU įrenginys suvartoja:	$2,1 \times 16 \times 365 = 12264$	Wh
Per metus XGS-PON ONU įrenginys suvartoja:	$3,7 \times 16 \times 365 = 21608$	Wh
Skirtumas tarp suvartojimų:	$21608 - 12264 = 9344 = 9,344$	kWh

Skirtumas energijos suvartojime pasyviajame režime (1 įrenginiui)		
	Reikšmė/skaičiavimas	Mato vnt.
Skirtumas procentais:	$9344/12264 \times 100 \approx 76,19$	proc.

* Bertoldi, Lejeune, 2021

17 lentelė. Aktyviojo režimo energijos suvartojimas (Sudaryta autoriaus, remiantis straipsniu, 2024)

Skirtumas energijos suvartojime aktyviajame režime (1 įrenginiui)		
	Reikšmė/skaičiavimas	Mato vnt.
GPON ONU įrenginio energijos suvartojimas:	2,4*	W/val.
XGS-PON ONU įrenginio energijos suvartojimas:	5,2*	W/val.
Metinis GPON ONU įrenginio suvartojimas:	$2,4 \times 8 \times 365 = 7008$	Wh
Metinis XGS-PON ONU įrenginio suvartojimas:	$5,2 \times 8 \times 365 = 15184$	Wh
Skirtumas tarp suvartojimų:	$15184 - 7008 = 8176 = 8,176$	kWh
Skirtumas procentais:	116,67	proc.

* Bertoldi, Lejeune, 2021

Šie, iš pažiūros nedideli skirtumai metų bėgyje sudaro labai didelį skirtumą tarp elektros energijos suvartojimo. Pasyvioje būsenoje XGS-PON technologija sunaudoja net 76,19 proc. daugiau elektros energijos lyginant su G-PON, o esant aktyvioje būsenoje, skirtumas yra dar didesnis, net 116,67 proc. didesnis elektros suvartojimas kai yra naudojama XGS-PON technologija. Šio projekto tikslas yra pateikti kuo efektyvesnį planą kaip įrengti optinį tinklą ir taip prisidėti prie ES skatinimo naudoti kuo energetiškai efektyvesnes technologijas bei įrangą. Atlikti skaičiavimai parodo, kad projektas būtų energetiškai efektyvesnis naudojant G-PON technologiją, o ne didesnę spartą siūlančią XGS-PON.

3.4.2. Energijos poreikio skaičiavimas

Norint parinkti tinkamiausią įrangą, reikalinga paskaičiuoti elektros energijos poreikį įrengiamam tinklui. Atlikti skaičiavimai rodo energetinio efektyvumo palyginimą tarp galimų naudoti technologijų, G-PON, XG-PON ir XGS-PON. Atlikus palyginimą bus galima parinkti efektyviausią technologiją ir taip užtikrinti energetiškai efektyviai veikiančią tinklą. Skaičiavimų duomenys, rezultatai pateikiami 18, 19 ir 20 lentelėse.

18 lentelė. G-PON technologijos energetinio efektyvumo skaičiavimas

Įrenginys	Modelis	Downstream, Gbps	Upstream, Gbps	Energijos suvartojimas, W	Efektyvumas, pJ/bitui
OLT	V-SOL V1600GS	2,488	1,244	7	32,3391
ONU	Ubiquiti UF-LOCO	2,488	1,244	3,5	

19 lentelė. XG-PON technologijos energetinio efektyvumo skaičiavimas

Įrenginys	Modelis	Downstream, Gbps	Upstream, Gbps	Energijos suvartojimas, W	Efektyvumas, pJ/bitui
OLT	V-SOL V1600XG02	9,9553	2,488	40	42,6724
ONU	Ubiquiti UISP-FIBER-XG	9,95	2,44	6	

20 lentelė. XGS-PON technologijos energetinio efektyvumo skaičiavimas

Įrenginys	Modelis	Downstream, Gbps	Upstream, Gbps	Energijos suvartojimas, W	Efektyvumas, pJ/bitui
OLT	V-SOL V1600XG02	9,95	9,95	40	27,7247
ONU	Ubiquiti UISP-FIBER-XGS	9,95	9,95	8	

Buvo parinkta skaičiuoti energetinį efektyvumą naudojant jau egzistuojančią įrangą, parinkti modeliai nurodyti stulpelyje „Modelis“ skaičiavimų lentelėse. Po atlikto technologijų energetinio efektyvumo palyginimo galima matyti, jog didžiausias efektyvumas yra naudojant XGS-PON technologiją (detaлізуotas skaičiavimas pateiktas 7 priede).

Apskaičiavus OLT įrenginio ir ONU įrenginių suvartojamą elektros energijos kiekį, galima parinkti tinkamą saulės modulio rinkinį, kuris užtikrins magistralės veikimą net sutrikus centralizuotam elektros energijos tiekimui.

3.4.3. Elektros energijos rezervavimo sprendimų parinkimas ir jų pritaikymas

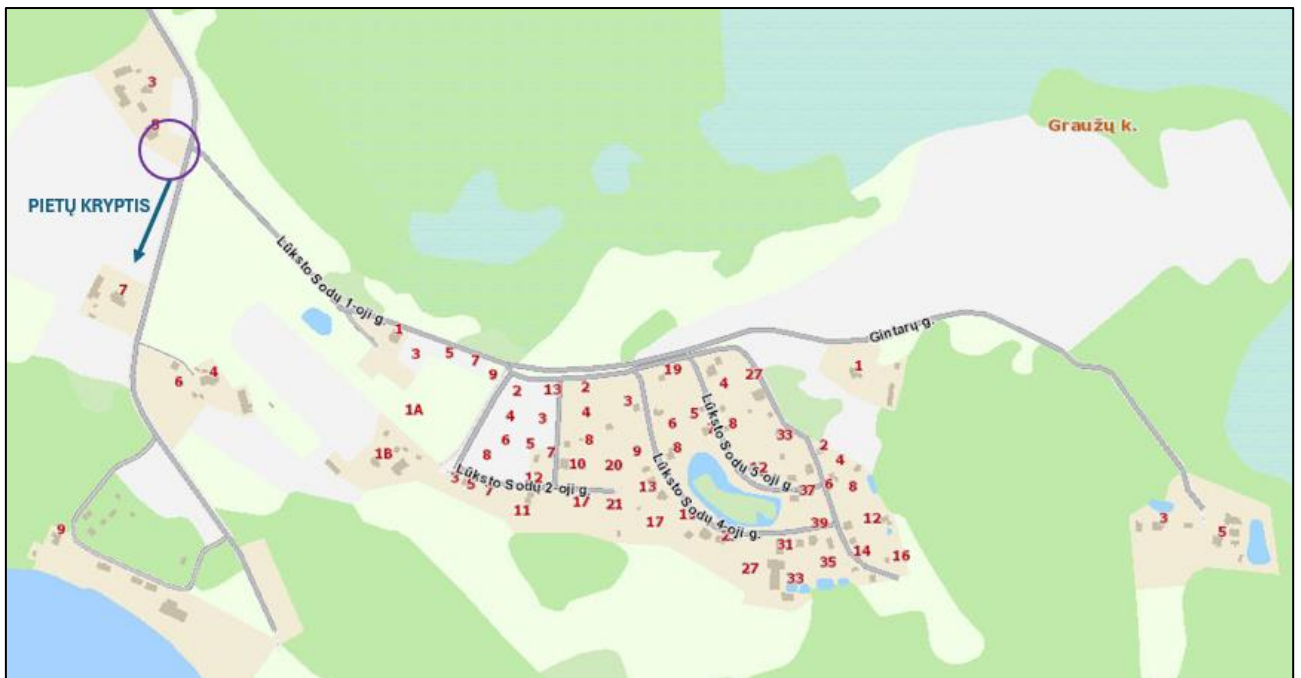
Pasauliniame standarte numatyta, kad OLT įrenginiai būtų aprūpinti elektros energija ne trumpiau kaip 6 valandas nutrūkus pagrindiniam elektros tiekimui. Projekte numatyta įrengti lauko komutacinę spintą su joje esančiu OLT taip, jog ši įranga būtų aprūpinta saulės modulio pagaminama elektra kai to padaryti įprastais elektros tiekimo būdais nėra galimybės. Spinta numatyta įrengti ant atramos, kad geriaū būtų apsaugota nuo pašalinių asmenų veiksmų. Įrangą sudaro (3.5 pav.):

- a) Saulės modulis,
- b) Elektros valdiklis/įkroviklis,
- c) Akumulatorius
- d) Įtampos keitiklis (inverteris),
- e) Jungiamieji laidai.



3.5 pav. 400W Saulės elektrinės komplektas (elektronikavisiems.lt, 2024)

Žemėlapyje parodyta OLT įrengimo vieta (3.6 pav.), o nuotraukoje parodytas būsimasis įrangos vaizdas (3.7 pav.) Rodykle pažymėta kur yra pietų kryptis, į kurią būtų nukreipta saulės panelė.



3.6 pav. OLT įrenginio statymo vieta žemėlapyje pažymėta apskritimu (Sudaryta autoriaus, 2024)



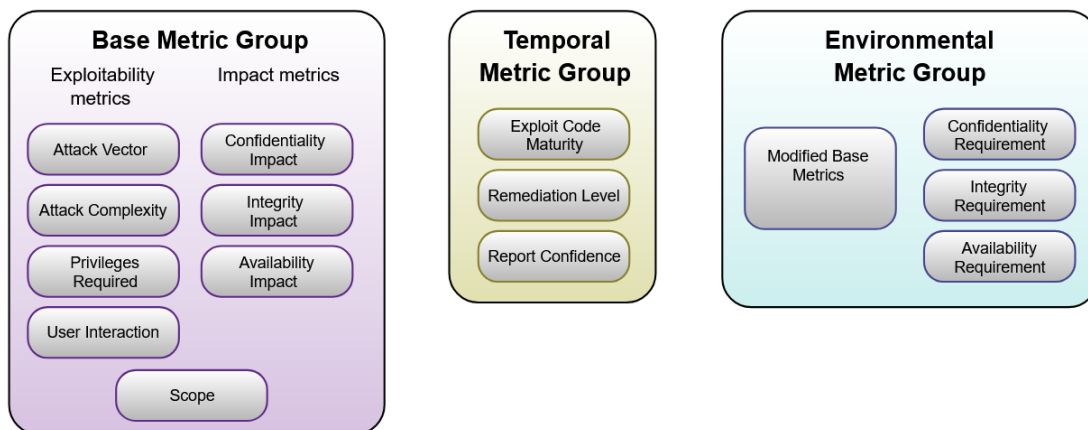
3.7 pav. OLT įrenginio įrengimo vieta ir konstrukcija (Sudaryta autoriaus, 2024)

3.5. Kibernetinio saugumo parametrų skaičiavimas

Projekte reikalinga užtikrinti tinklą, kuris yra kuo patikimesnis ir kiek įmanoma minimaliau pažeidžiamas. Tinklas, kurį be didelių pastangų galima pažeisti, yra nepatikimas.

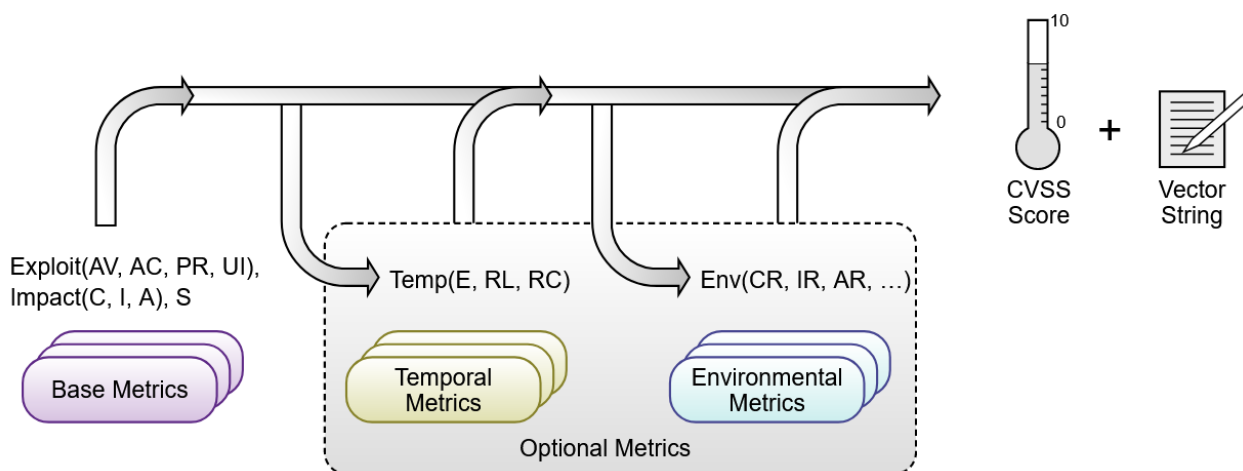
Pažeidžiamumo skaičiavimui bus naudojama CVSS 3.1 skaičiuoklė. Pažeidžiamumo vektoriaus skaičiuoklė susideda iš trijų grupių (3.8 pav.):

- Bazinė grupė, susidedanti iš dviejų metrikų:
 - Pažeidžiamumo metrika – parodo pažeidžiamumo išpildymo kompleksumą ir technines išpildymo detales.
 - Pasekmių metrika – parodo tiesiogines sėkmingos atakos išpildymo pasekmes paveiktam komponentui.
- Laikinųjų metrikų grupė – pažeidžiamumo charakteristikos, kurios gali kisti bėgant laikui. Pvz. atsiradęs lengvesnis būdas išpildyti ataką, padidintų pažeidžiamumo balą, o sukūrus ar radus būdą išvengti atakos – balas mažėtų.
- Aplinkos metrikų grupė parodo pažeidžiamumo charakteristikas, kurios yra susijusios tiesiogiai su atskiro vartotojo aplinka. Įvertinama ar yra pritaikytos saugumo kontrolės priemonės, kurios galėtų dalinai ar pilnai apsaugoti nuo sėkmingos atakos įvykdymo.



3.8 pav. CVSS 3.1 metrikų grupės (CVSS 3.1 dokumentacija)

Įvertinus bazinės metrikos reikšmes, skaičiuoklė pateikia pažeidžiamumo balą nuo 0.0 (pažeidžiamumo nėra) iki 10.0 (įmanomas visiškasis tinklo/sistemos veikimo sutrikdymas su pasekmėmis). Kartu su balu skaičiuoklė išveda ir tekstinį vektoriaus išreiškimą, kurį būtina pateikti kartu su pažeidžiamumo balu. Tiksliausias pažeidžiamumo balas būtų išgaunamas įvertinus visas tris metrikas (3.9 pav.). Tam, kad gauti pažeidžiamumo balą, privaloma užpildyti tik bazines metrikas, laikinosios bei aplinkos metrikos yra neprivalomos ir jų pildymas naudojamas tam, kad išgauti tiksliausią įmanomą pažeidžiamumo balą.



3.9 pav. CVSS 3.1 metrikų skaičiavimas (CVSS 3.1 dokumentacija)

Vertinant pažeidžiamumus, yra įprasta atsižvelgti tik į bazinės metrikos rezultatus, nes tai yra duomenys, nekintantys bėgant laikui ir nepriklauso nuo to, ar pažeidžiamumui yra rastas ištaisymo būdas, ar ne.

Pažeidžiamumo skaičiavimas projektuojamame optiniame tinkle pateiktas 3.10 paveiksle.

The screenshot shows a CVSS 3.1 calculator interface. At the top right, a yellow box displays the 'Base Score' as 3.8 (Low). The interface is divided into two columns of criteria:

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

3.10 pav. Pažeidžiamumo vektoriaus skaičiavimas (Sudaryta autoriaus, naudojant CVSS 3.1 skaičiuoklę)

Vektoriaus reikšmė pagal gautą rezultatą: CVSS:3.1/AV:P/AC:H/PR:H/UI:N/S:U/C:N/I:N/A:H. Detalus vektoriaus rezultatų aiškinimas pateikiamas 3 priede.

Atlikus kibernetinio pažeidžiamumo vertinimą, gautas balas lygus 3.8, kas laikoma žemo (angl. *Low*) lygio pažeidžiamumui.

ISS =	$1 - [(1 - Confidentiality) \times (1 - Integrity) \times (1 - Availability)]$
Impact =	
If Scope is Unchanged	$6.42 \times ISS$
If Scope is Changed	$7.52 \times (ISS - 0.029) - 3.25 \times (ISS - 0.02)^{1.5}$
Exploitability =	$8.22 \times AttackVector \times AttackComplexity \times PrivilegesRequired \times UserInteraction$
BaseScore =	
If Impact ≤ 0	0, else
If Scope is Unchanged	Roundup (Minimum [(Impact + Exploitability), 10])
If Scope is Changed	Roundup (Minimum [1.08 × (Impact + Exploitability), 10])

3.11 pav. Formulės, naudojamos apskaičiuoti CVSS balą (CVSS 3.1 dokumentacija)

Į turimas formules (3.11 pav.) įsistatę savo turimas reikšmes (kiekvieno kriterijaus balas pateiktas 3 priede), apskaičiuosime tikslų pažeidžiamumo balą, gautą skaičiuoklės.

- $ISS = 1 - ((1 - 0,00) \times (1 - 0,00) \times (1 - 0,56)) = 0,56$
- $Impact = 6,42 \times 0,56 = 3,5952$
- $Exploitability = 8,22 \times 0,2 \times 0,44 \times 0,27 \times 0,85 = 0,1660$
- $BaseScore = Roundup (Minimum (Impact + Exploitability), 10) = 3,7612$

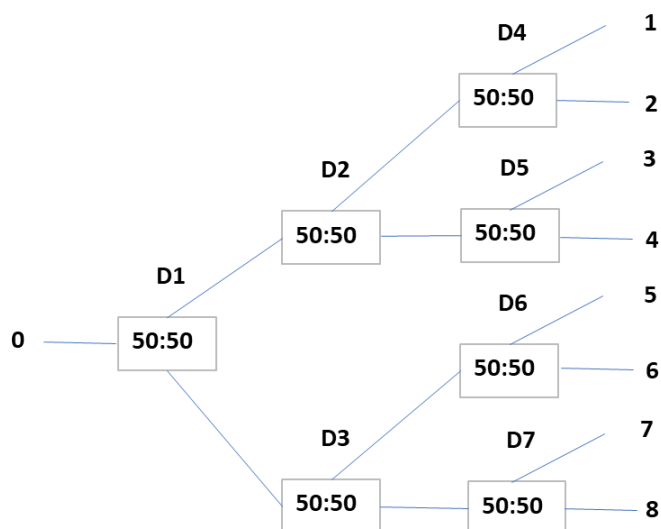
3.6. Projektinės dalies išvados

1. Suprojektuotas optinis tinklas Gražuose.
2. Optiniam tinklo veikimo optimizavimui pasirinkti 5 magistraliniai dalikliai ir 7 skirstomieji dalikliai.
3. Paskaičiuotas vidutinis bendras signalo slopinimas nuo prisijungimo taškų iki vartotojų – 24,7 dB
4. Paskaičiuotas energijos poreikis, reikalingas visiems ONU ir OLT įrenginiui maitinti.
5. Parengtas atsinaujinančios energijos šaltinio panaudojimo planas pagrindinio magistralės įrenginio maitinimui.
6. Įvertintas projekto kibernetinis pažeidžiamumas ir užtikrinta ne didesnis nei 4 balų pažeidžiamumas.

4. EKSPERIMENTINĖ DALIS

4.1. Nuosekliai sujungtų daliklių įnešamų slopinimų tyrimas

Rengiant projektą svarbu ištirti nuosekliai sujungtų daliklių slopinimus. Tam nustatyti buvo išmatuoti žvaigždinės struktūros daliklių įnešami slopinimai (4.1 pav.), gauti rezultatai surašyti į 21 lentelę.

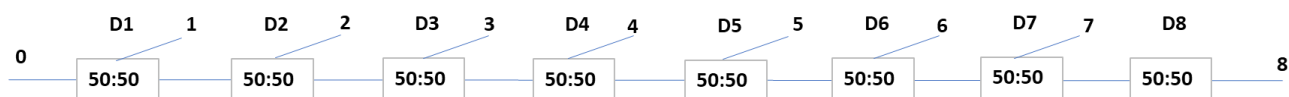


4.1 pav. Žvaigždinės struktūros daliklių sujungimo schema

21 lentelė. Žvaigždinės struktūros signalo lygių lentelė (Būtina pamatuoti signalo generatoriaus lygį, dB 6.945)

Taškai	0	1	2	3	4	5	6	7
Skaičiuotas signalo lygis, dBm	6,945							
Matuotas signalo lygis, dBm.	-18,250	-18,000	-17,800	-17,680	-18,870	-19,000	-19,280	-19,350
Slopinimas nuo taško "0" iki taškų, dB		-11,305	-11,055	-10,855	-10,735	-11,925	-12,055	-12,335

Tuomet buvo išmatuoti linijinės struktūros daliklių įnešami slopinimai (4.2 pav.) Rezultatai surašyti į 22 lentelę.



4.2 pav. Linijinės struktūros daliklių sujungimo schema

22 lentelė. Linijinės struktūros signalo lygių lentelė

Taškai	0	1	2	3	4	5	6	7
Skaičiuotas signalo lygis, dBm								
Matuotas signalo lygis, dBm.	-10,5	-14,17	-18,65	-22,56	-26,2	-30,24	-33,66	-37,30
Slopinimas nuo taško "0" iki taškų, dB		-3,555	-7,225	-11,705	-15,615	-19,255	-23,295	-26,715

4.2. G-PON Linijos tyrimas

Rengiant projektą taip pat yra svarbu iširti G-PON linijos veikimą skirtingų PON tinklo konfigūracijų metu. Tam buvo sudaryti skirtingų parametų PON tinklai ir išmatuoti jų parametrai.

Tyrimui atlikti naudotos priemonės:

- Reflektometras AQ1000 OTDR-SC
- Optinių signalų generatorius OLS 1310-1550
- Optinių signalų lygio matuoklis BOU350C-SCU
- Optinių daliklių rinkiniai
- Jungiamieji kabeliai: su APC/SC jungtimis; su SC jungtimis
- Optinės linijos terminalas GPON UFiber OLT 8; -10 to 45° C;
- ONU įrenginiai: 3 vnt.:

UFiber Loco ONU TX- 1.5 to 5 dBm; RX- -8 to -28 dBm

UFiber WiFi TX-0.5 to 5 dBm; RX--8 to -28 dBm; WiFi radio rate: 2.4 GHz-300 Bb/s, 5 GHz-1.2 Gb/s






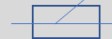

UFiber NanoG; -40 to 55° C

UFiber Outdoor Terminal Box

Tyrimo eiga:

1. Sujungti optinę magistralę, sudarytą iš optinių daliklių (1:2), esančių stovuose (reikalingi duomenys pateikti 23 lentelėje). Patikrinti signalo slopinimus. Prijungiant GPON OLT nustatyti didžiausią galimą optinių šakotuvų skaičių PON tinkle.

23 lentelė. Magistralė, sudaryta iš daliklių 1:2 (50:50)

Dalikliai							
Daliklio eilės Nr.	1	1	2	3	4	5	6
Daliklio tipas 3,01 dB	1:2 (50:50)	+1:2 (50:50)	+1:2 (50:50)	+1:2 (50:50)	+1:2 (50:50)	+1:2 (50:50)	+1:2 (50:50)
Matavimo prietaisų kalibravimas, dB	1310	-4,2					
	1550	-3,25					
Išmatuotas slopinimas, dB	1310	-3,85	-5,4	-9,94	-15,8	-19,28	-23,3
	1550	-5,7	-9,21	-11,7	-15,55	-18,55	-22,55
Patikrinti: Taip/NE		-	-	NE	TAIP	TAIP	TAIP

2. Sujungti optinę magistralę, sudarytą iš 12 optinių skaidulų po 1 km ilgio, sumontuotų stovė (reikalingi duomenys pateikti 24 lentelėje). Patikrinti signalo slopinimus. Gauti reflektogramos vaizdą.

24 lentelė. Magistralė, sudaryta iš 12 vnt. atkarpų: 12x1000m

Atkarpos eilės Nr.	1	2	3	4	5	6
Atkarpos ilgis	1000 m +1000 m	+1000 m +1000 m	+1000 m +1000 m	+1000 m +1000 m	+1000 m +1000 m	+1000 m +1000 m
Magistralės ilgis, m	2000 m	4.000 m	7.000 m	8.000 m	10.000 m	12.000 m
Matavimo prietaisų kalibravimas, dB	1310 1550	-4,2 -3,25				
Išmatuotas slopinimas, dB	1310 1550	-8,4 -8,7	-11,10 -10,20	- -	- -	- -

4.3. Optinių linijų montavimas ir tyrimas

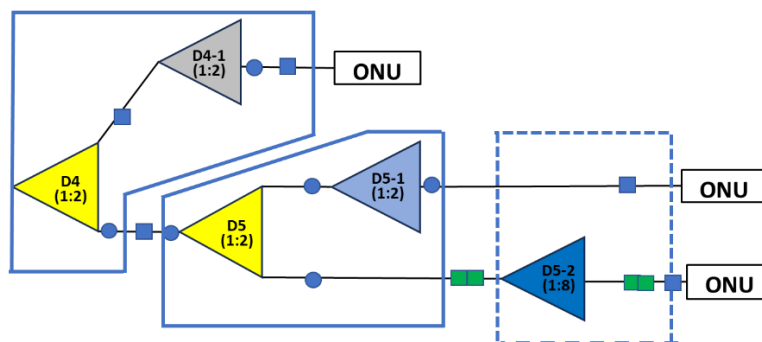
A. Atlikti optinės skaidulos virinimą ir nustatyti virinimo kokybę

Darbo eiga:

1. Paimti du pigtail'us su jungtimis (**Pigtail – 2 vnt.**) (Pigtail – optinė kaselė)
2. Paruošti optinių skaidulų galus:
 - 3.1. Įjungti į elektros tinklą virinimo prietaisą **FUJIKURA FSM-50S**
 - 3.2. Nuimti išorinį sluoksnį (plastmasinį ir spalvinį) iki stiklo skaidulos panaudojant specialų įrankį
 - 3.3. Ant vieno Pigtail'o užverti fiksuojančia įvorę
 - 3.4. Nuvalyti pirmą optinę skaidulą spirite suvilgyta servetėlę
 - 3.5. Parinkus reikiamą skaidulos ilgį nuskelti skaidulas skeltuvu
 - 3.6. Įstatyti optinę skaidulą į suvirinimo aparatą **FUJIKURA FSM-50S**
 - 3.7. Pakartoti punktus c), d), e) su antra skaidula
 - 3.8. Uždengti dangtį, virinimas prasidės automatiškai, jei skaidulos bus tinkamai paruoštos
 - 3.9. Užrašyti virinimo aparato rodomą reikšmę _dB.
 - 3.10. Baigus virinti užtraukti fiksuojančią įvorę ant virinimo vietos ir perkelti į kaitinimo dėklą.
 - 3.11. Išjunti virinimo funkcijas nuspaudus **RESET** ir <>
 - 3.12. Nuspausti **HEAT**
 - 3.13. Išgirdus signalą atidaryti kaitinimo dėklą ir apžiūrėti virinimo vietą
 - 3.14. Jeigu virinimo vieta nepakankamai apsaugota, pakartoti kaitinimą
 - 3.15. Išjungti iš elektros tinklo virinimo prietaisą **FUJIKURA FSM-50S**

B. Atlikti optinių daliklių montavimą ir patikrinti signalo lygius

1. Nukopijuoti PON linijos fragmentą, sudarytą bent iš 5 optinių daliklių. (4.3 pav.)



4.3 pav. PON linijos fragmentas

2. Atlikti optinės linijos parametrų skaičiavimus (rezultatai pateikti 25 lentelėje)

25 lentelė. Skaičiavimų rezultatai

Magistralė	n	S _{n1} +C _n	S _{n0} +E _n	C _{n0} dB	C _{n1} dB	N:M		N':M'		C' _{n0} dB	C' _{n1} dB	Σ(S _n +E), dB	ΣC _{n0} Kitaip	T _N dB
						R	Q	R'	Q'					
D5	1	9,73	0,35	6,99	0,97	0,20	0,80	0,20	0,80	6,99	0,97	4,41	7,96	12,37
D4	2	3,71	0,35	0,74	8,08	0,84	0,16	0,80	0,20	0,97	6,99	0,35	0,00	11,05

Dalikkis	Jungtys	Virinimas	Dalikkiai	E0	Viso:	Teorinė TNdB	Koreguota T'NdB
D5-1	0,4		3,01	0,3	3,71	D5	12,14
D5-2	0,4		9,03	0,3	9,73	D5	12,14
D4-1	0,4		3,01	0,3	3,71	D4	12,14

3. Atlikti optinės linijos montavimą kur reikia virinant, kitur jungiant jungčių pagalba

2.1 Remiantis A dalies 3 punkto nurodymas atlikti kaselių privirinimą prie daliklių išvadų

2.2 Atlikti reikiamus daliklių sujungimus virinimo būdu.

2.3 Atlikti prietaisų kalibravimą ir parašyti išvadas (26 lentelė)

2.4 Atlikti sumontuotos linijos matavimus ir surašyti į lentelę (27 lentelė) ir atvaizduoti grafiškai (4.4 pav.)

2.5 Pateikti magistralės nuotraukas (4.5 pav. ir 4.6 pav.)

26 lentelė. Kalibravimo rezultatai

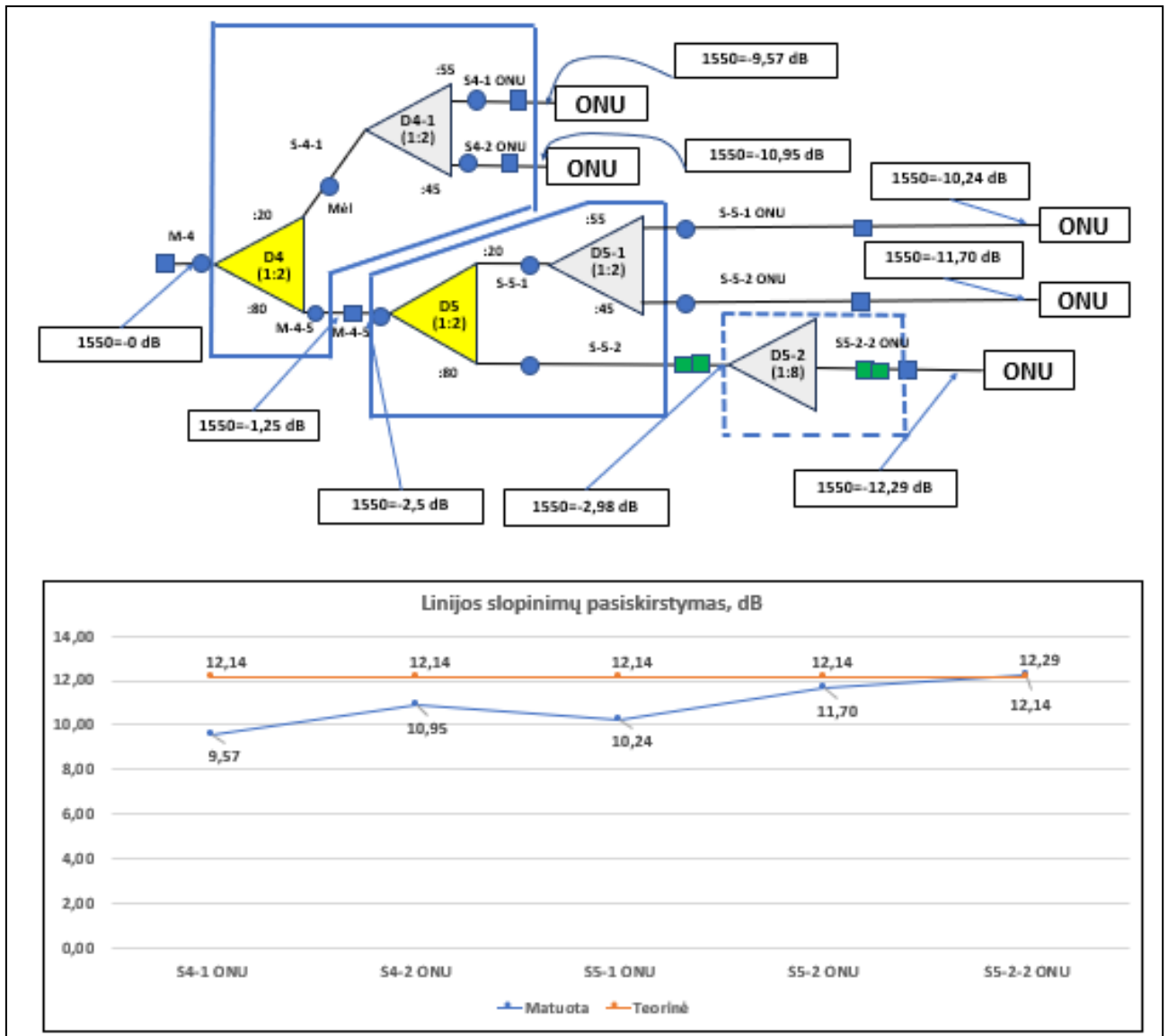
Prietaisų pradinių lygmenų nustatymas			
λ=1310 nm	Šaltinio signalo rodmuo dBm	Matuoklio signalo rodmuo dBm	Skirtumas, dB
	-6,19	-6,19	0,00
λ=1550 nm	Šaltinio signalo rodmuo dBm	Matuoklio signalo rodmuo dBm	Skirtumas, dB
	-6,15	-6,15	-6,19

Išvada: Matavimo prietaisų rodmenys prie 1310 nm ir 1550 nm praktiškai nesiskiria

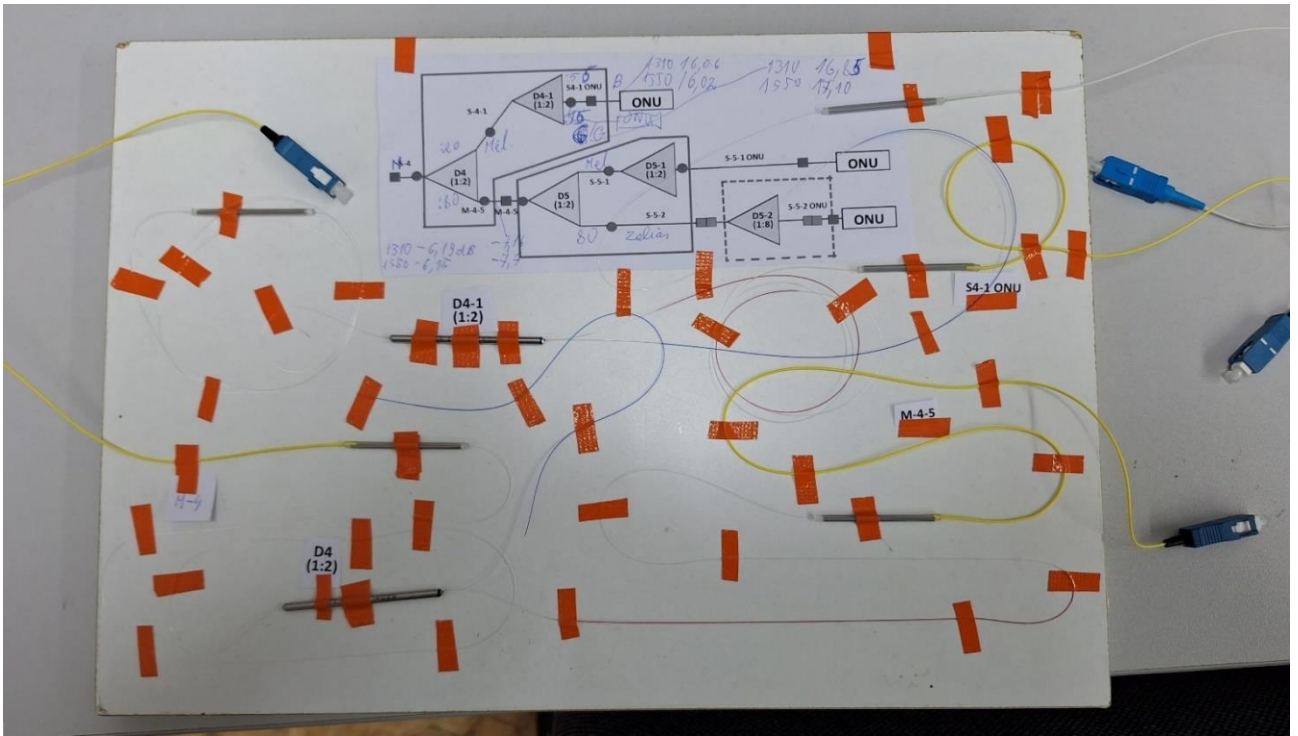
27 lentelė. Matavimo rezultatai. Slopinimai, išreikšti dB

ONU įvadai	Matuota	Teorinė
S4-1 ONU	9,57	12,14
S4-2 ONU	10,95	12,14

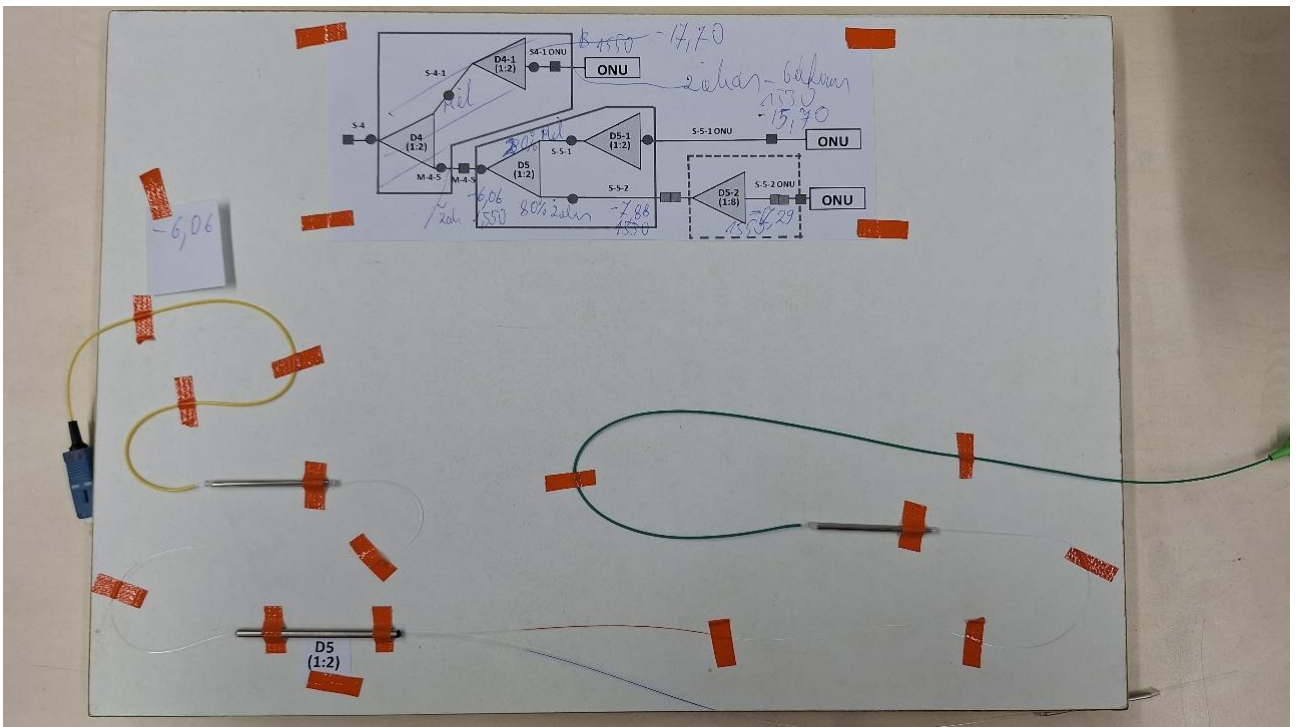
ONU įvadai	Matuota	Teorinė
S5-1 ONU	10,24	12,14
S5-2 ONU	11,70	12,14
S5-2-2 ONU	12,29	12,14



4.4 pav. Tiriamoji magistralė. Slopinimai, išreikšti dB



4.5 pav. Magistralės 1 dalies vaizdas



4.6 pav. Magistralės 2 dalies vaizdas

5. EKONOMINĖ DALIS

Ekonominės dalies keliamas tikslas – detaliai pateikti kokią ekonominę naudą įmonė gaus ilgalaikėje perspektyvoje. Esu įsitikinęs, jog šis projektas įmonei bus finansiškai naudingas atnešdamas pelno, išnaudojant atsinaujinančiuosius energijos šaltinius užtikrins mažus įrangos išlaikymo kaštus, suteiks naujausius teisės aktus ir specifikacijas atitinkančią tinklo greitaveiką ir veiks patikimai.

5.1. Įrangos parinkimas, nupirkimas bei nuoma

Įrangos, reikalingos projektui įrengti pirkimo poreikis pateiktas 28 lentelėje.

28 lentelė. Projektui įgyvendinti reikalingos įrangos pirkimas (Sudaryta autoriaus, 2024)

Nr.	Pavadinimas, techninės charakteristikos	Mato vnt.	Kiekis	Kaina, Eur/vnt.	Suma, Eur
1	OLT (G-PON)	vnt.	1	168,27	168,27
2	ONU (G-PON)	vnt.	86	40,11	3449,46
3	Dalikliai	vnt.	13	11,70	152,10
4	Jungtys	vnt.	7	2,91	20,37
5	Acer Nitro 5 AN515-44-R4WM AMD Ryzen 5 4600H 8GB RAM 512GB SSD NVIDIA GeForce GTX 1650 Ti 4GB Windows 10 Home	vnt.	1	695,19	695,19
6	MS Office Home & Student 2021	vnt.	1	117,71	117,71
7	Interneto prieiga	vnt.	1	5,92	5,92
Iš viso, Eur:					4609,02
PVM, 21 proc.:					967,89
Bendra suma, Eur:					5576,91

Įrangos, reikalingos projektui įrengti nuomos poreikis pateiktas 29 lentelėje.

29 lentelė. Projektui įgyvendinti reikalingos įrangos nuoma (Sudaryta autoriaus, 2024)

Nr.	Įrangos pavadinimas	Tiekėjo pavadinimas	Kaina, Eur/mėn.	Kiekis, mėn.	Suma, Eur
1	Skaidulų virinimo įranga 41S KIT Fujikura 41S Fusion Machine + CT-50 Precision Cutting Machine	UAB „Žaliasis namas“	347,11	1	347,11
2	Reflektometras AQ1000 OTDR-SC	UAB „Žaliasis namas“	123,97	1	123,97
3	Bobcat E10Z	Ramirent	1030,75	1	1030,75
Iš viso, Eur:					1501,83
PVM, 21 proc.:					315,38
Bendra suma, Eur:					1817,21

5.2. Įrangos nusidėvėjimas

Skiryje įvertinama ilgalaikio turto (techninės įrangos) nusidėvėjimo mokestis ir projekto kūrimo metu panaudotos programinės įrangos kaina.

Projekto metu naudotos techninės įrangos nusidėvėjimą apskaičiuojamas pagal tokią formulę:

- 1 mėn. techninės įrangos kaina = techninės įrangos kaina / nusidėvėjimo normatyvas metais / 12 mėn.
- Techninės įrangos nusidėvėjimas = 1 mėn. techninės įrangos kaina * mėnesių skaičius, kiek buvo naudota įranga projektui paruošti

Projekto metu naudotos programinės įrangos kaina skaičiuojama pagal formulę:

- Programinės įrangos metinis mokestis / 12 mėn. * mėnesių skaičius, kiek programinė įranga buvo naudota projektui paruošti

30 lentelėje pateikiama apskaičiuotas įrangos nusidėvėjimo, programinės įrangos naudojimo mokestis projekto laikotarpiui.

30 lentelė. Projekte naudotos įrangos nusidėvėjimas (Sudaryta autoriaus, 2024)

Pavadinimas	1 mėn. vertė, Eur	Mėn. kiekis, vnt.	Iš viso, Eur
<i>Ilgalaikis turtas</i>			
Kompiuteris (Acer Nitro 5 AN515-44-R4WM)	24,97	4	99,88
<i>Programinė įranga</i>			
MS Office Home and Student 2021	12,41	4	49,67
Iš viso, Eur:			149,55

5.3. Darbo užmokesčio skaičiavimas

Projektui reikalinga sudaryti darbų atlikimo sąrašą, suplanuoti kiek laiko bus praleista prie individualių uždavinių (31 lentelė).

31 lentelė. Projektavimo ir įgyvendinimo darbų darbo laiko apskaičiavimas

Projektavimo ir įgyvendinimo darbai	
Darbas	Praleistas valandų skaičius
Situacijos analizė	56
Technologijų analizė ir galimybės	32
Specifikacijos sudarymas	16
Tinklo struktūros įvertinimas	32
Įrangos poreikio analizė bei parinkimas	24
Tinklo įrangos projektavimas	24
Tinklo techninių parametrų apskaičiavimas	168
Projekto įgyvendinimo plano sudarymas	112

Projektavimo ir įgyvendinimo darbai	
Darbas	Praleistas valandų skaičius
Darbuotojų poreikio analizė	8
Įrangos pirkimas	13
Instrukcijų rengimas darbuotojams	11
Darbuotojų apmokymas, supažindinimas su instrukcijomis	8
Įrangos montavimo darbai	120
Įrangos konfigūravimo darbai	8
Įrangos testavimas	24
Iš viso, val.:	656

Darbo užmokesčio apskaičiavimo metodika:

Valandinio įkainio skaičiavimas:

- Valandinis įkainis, Eur = Bruto mėnesinis atlyginimas (neatskaičius mokesčių), Eur / 21 darbo diena (vidutinis darbo dienų skaičius mėnesyje) / 8 darbo valandos

$$2200 / 21 / 8 = 13,10 \text{ Eur/val.}$$

Bruto atlyginimo (ant popieriaus) po projekto rengimo laiko įvertinimo, apskaičiavimo formulė:

- Projekto įgyvendinimo rengėjo bruto atlyginimo sąnaudos, Eur = Valandinis įkainis, Eur * Projekto atlikimo trukmė, val.

$$13,10 * 656 = 8593,60 \text{ Eur}$$

Projekto įgyvendinimo rengėjo sąnaudų apskaičiavimo formulė:

- Projekto įgyvendinimo rengėjo atlyginimo sąnaudos + VSD (1,77 proc.) mokama darbdavio

$$8593,60 + ((8593,60 * 1,77) / 100) = 8593,60 + 152,11 = 8745,71 \text{ Eur}$$

5.4. Projekto palaikymo sąnaudos po įrengimo

Įrengus projektą, bus poreikis ir prižiūrėti. 32 lentelėje pateikiama informacija kokios įrangos reikės projekto palaikymui.

32 lentelė. Projekto palaikymo įrangos poreikis (Sudaryta autoriaus, 2024)

Įrangos pavadinimas	Tiekėjo pavadinimas	Kaina, Eur	Kiekis, vnt.	Suma, Eur
Optinės linijos testavimo prietaisas OFL10-EU, OTDR/OPM/OLS/VFL	UAB „Žalioji namas“	1817,36	1	1817,36
Lenovo ThinkPad E14 (Gen 4) Black 14 " IPS FHD 1920x1080 Anti-glare AMD Ryzen 5 5625U 8 GB Soldered DDR4-3200 SSD 256 GB AMD Radeon Graphics Windows 11 Pro	UAB „Skytech“	489,01	1	489,01
Suma (be PVM), Eur:				2306,37
PVM, 21 proc., Eur:				484,34
Iš viso, Eur:				2790,71

Įsigyti programinės įrangos poreikio nėra, nes ji suteikiama perkant įrangą. Tam, kad išvengtų papildomų kaštų, pasirinkta projekto priežiūros pareigas pavesti esamiems įmonės darbuotojams, bet būtina paminėti ir tai, jog gedimai optikoje ir optikos įrangoje yra labai reti.

Valandinio įkainio skaičiavimas:

- Valandinis įkainis, Eur = Bruto mėnesinis atlyginimas (neatskaičius mokesčių), Eur / 21 darbo diena (vidutinis darbo dienų skaičius mėnesyje) / 8 darbo valandos

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

Įrengto projekto palaikymo valandinio atlyginimo sąnaudų skaičiavimas:

- Įdiegto projekto palaikymo rengėjo valandinis atlyginimas + VSD (1,77 proc.) mokamas darbdavio

$$2200 + ((2200 * 1,77) / 100) = 2200 + 38,94 = 2238,94 \text{ Eur}$$

33 lentelė. Projekto palaikymo atlyginimo skaičiavimas

Darbai	Pradirbtų valandų skaičius	Įdiegto projekto palaikymo asmens valandinis atlyginimas, Eur	Visa suma, Eur
Gedimų nustatymas	166,8*	13,09	2183,42

*Vidutinis darbo valandų skaičius per mėnesį

Bene didžiausia tikimybė, jog pasitaikys projekto gedimas, bus pasekmė to, jog ten kur pravesta optinė linija, bus nesilaikoma saugumo nurodymų ir bus pažeista optinė linija. Pavyzdinė gedimo situacija ir sutaisymo kaštai pateikiami 34 lentelėje.

34 lentelė. Projekto gedimo šalinimo kaštai (Sudaryta autoriaus, 2024)

Nr.	Pavadinimas	Suma, Eur
1	Nauja įranga	2919,46
2	Projekto priežiūros sąnaudos	2200,00
3	Įrangos palaikymo mokestis	250,00
4	Pažeistos įrangos remontas	1200,00
Iš viso, Eur:		6569,46

5.5. Projekto sąmata

Atlikus visos reikalingos techninės ir programinės įrangos, palaikymui reikalingos įrangos, darbuotojų atlyginimo išlaidas, pateikiama bendra projekto sąmata (35 lentelė).

35 lentelė. Projekto sąmatos skaičiavimas (Sudaryta autoriaus pagal ekonominės dalies duomenis, 2024)

Nr.	Pavadinimas	Suma, Eur
1	Techninė ir programinės įrangos pirkimas	5576,91
2	Reikalingos įrangos nuoma	1817,21
3	Naudotos įrangos nusidėvėjimas	149,55
4	Darbo užmokestis	8593,60
5	Įrengto projekto priežiūros sąnaudos	6569,46

Nr.	Pavadinimas	Suma, Eur
		Iš viso, Eur: 22706,73
6	Administracinės sąnaudos (10 proc.)	2270,67
		Iš viso, Eur: 24977,40

5.6. Projekto socialinė-ekonominė nauda

Europos Sąjunga iki 2050 m. siekia tapti klimatui neutrali ir Lietuvos Respublika yra to dalis. Projektas yra žalias gamtai dėl savo naudojamų atsinaujinančiųjų elektros energijos šaltinių. Lietuva iki 2027 m. taip pat siekia kaimo vietovėms suteikti bent 100 Mbps interneto spartą (Europos Komisija), tad įrengus projektą namų ūkiai turės galimybę naudotis didelės spartos interneto ryšiu.

Ekonominę naudą galima nustatyti paskaičiuojant esamų namų ūkių skaičių ir padauginanti šį skaičių iš vidutinio paslaugų tiekėjo „Telia“ siūlomo paslaugų plano įkainio. Nagrinėjamoje gyvenvietėje yra 86 namų ūkiai, todėl skaičiavimai atrodo taip:

1. Paslaugų įkainis „Telia“ šviesolaidiniam internetui – 17,90 Eur/mėn.
2. Padauginama iš namų ūkių skaičiaus.
3. Padauginama iš 12 mėn.

$$17,90 * 86 * 12 = 18472,80 \text{ Eur/metus}$$

Žvelgiant į projekto įgyvendinimo kaštus, kurie yra 24977,40 Eur, per metus yra sukuriama apie 18472,80 Eur ekonominė nauda.

Projekto eksploatacinės sąnaudos siekia 10000,00 Eur per metus, todėl šią sumą reikia taip pat paskaičiuoti prie įgyvendinimo kaštų. $24977,40 + 10000,00 = 34977,40$ Eur

- $18472,80 - 34977,40 = -16504,6$ Eur nuostolis (pirmais metais)
- $18472,80 - 10000 = 8472,80$ Eur pelnas (nuo antrų metų)
- $8472,80 * 2 - 16504,6 = 441,00$ Eur (grynasis pelnas po 3 metų, atskaičiavus pirmų metų nuostolis)

Projektas atsipirks po 3 metų.

Lėšos, reikalingos projektui įrengti yra finansuojamos iš ES fondų.

IŠVADOS

1. Atlikta namų ūkių išsidėstymo Gražuose analizė. Nustatyta, kad esamas vartotojų skaičius – 86 ir 18 būsimi vartotojai
2. Atlikta interneto technologijų pasiekiamumo analizė. Nustatyta, kad Gražų gyvenvietė šiuo metu neturi mobiliosios interneto prieigos
3. Palyginti galimi techninių sprendimų aparatinei įrangai techniniai parametrai. Parinkta G-PON technologija
4. Sudarytas tinklo techninės įrangos išdėstymo planas. Sudarytas vienas PON tinklas, kurį sudaro OLT 1 vnt. ir ONU 86 vnt., signalo slopinimas tinkle 23 dB. Didžiausias atstumas nuo OLT iki ONU 1,27 km
5. Apskaičiuotas energijos poreikis visam tinklui ir OLT įrangai. Palygintas energetinis efektyvumas tarp skirtingų technologijų, XGS-PON lenkia G-PON technologiją 4,6 pJ/bitui ir XG-PON 14,95 pJ/bitui
6. Projekto įgyvendinimo kaštai 24977,80 Eur. Atsipirkimo laikas 3 metai

LITERATŪRA IR KITI INFORMACIJOS ŠALTINIAI

1. Brett Daniel. (2023). <https://www.trentonsystems.com/en-au/blog/what-is-an-sfp-port>
2. Charlotte Freitag, Mike Berners-Lee, Kelly Widdicks, Bran Knowles. *The climate impact of ICT: A review of estimates, trends and regulations*. <https://docs.google.com/document/d/1Csz2Mh8FEyB-gIWk1-oCzmt3t89AMxGueOLf3HNR0es/edit>
3. Eur-Lex. (2021) *Komisijos komunikatas Europos Parlamentui, Tarybai, Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui ir regionų komitetui*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0550>
4. EUR-Lex. (2021). *Europos Parlamento ir Tarybos reglamentas (ES) 2021/1119*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=CELEX%3A32021R1119>
5. EuropaCable. (2021) *Energy consumption of telecommunication access networks*. <https://europacable.eu/wp-content/uploads/2021/01/Prysmian-study-on-Energy-Consumption.pdf>
6. European Commission, Joint Research Centre. (2021). *EU Code of Conduct on Energy Consumption of Broadband Equipment: Version 8.0*. <https://e3p.jrc.ec.europa.eu/publications/eu-code-conduct-energy-consumption-broadband-equipment-version-80>
7. Europos Komisija. *Europos žaliojo kurso įgyvendinimas* https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_lt
8. Europos Komisija. *Plačiajuostis ryšys Lietuvoje*. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/lt/policies/broadband-lithuania>
9. Ilsa Godlovitch, Aurelie Louguet, Dajan Baischew, Matthias Wissner, Anaëlle Pirlot. (2022) *External Sustainability Study on Environmental impact of electronic communications*. <https://www.berec.europa.eu/en/document-categories/berec/reports/external-sustainability-study-on-environmental-impact-of-electronic-communications>
10. ITU-T. *G.652: Characteristics of a single-mode optical fibre and cable*. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652/en>
11. ITU-T. *Passive optical network protection considerations*. (2016). <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.Sup51-201602-S>
12. Jason Hotujec. (2024). *Happy Earth Day! 8 Ways Fiber Internet Connectivity Can Help the Environment* <https://www.wintechnology.com/blog/how-fiber-internet-connection-improves-sustainability/>

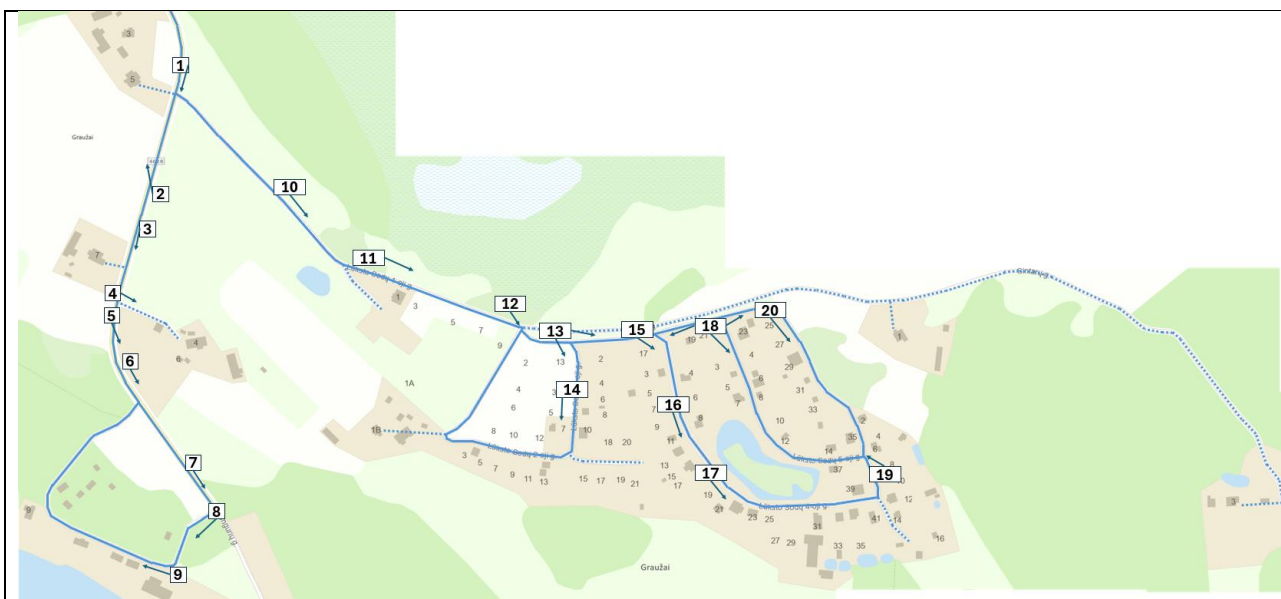
13. Oficialiosios statistikos portalas. (2023). *Asmenų kurie naudojami internetu asmeniniais tikslais 2023 statistika*. <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?indicator=S4R002#/>
14. Oficialiosios statistikos portalas. (2023). *Namų ūkiai turintys asmeninį kompiuterį, interneto prieigą, 2023 duomenys*. <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?indicator=S4R029#/>
15. *Saulės elektrinės komplektas, 400W*. <https://www.elektronikavisiems.lt/produktas/saules-elektrines-komplektas-175-w-montavimas-ir-pristatymas-visoje-lietuvoje-nemokami/>
16. VšĮ „Placiajuostis internetas“. (2023) *5G ir 4G ryšio infrastruktūros bei pasiekiamumo žemėlapis 100 Mb/s Telšių (apskritis)*: <https://placiajuostis.lrv.lt/media/viesa/saugykla/2023/10/9BQbMikEaHQ.pdf>
17. VšĮ „Placiajuostis internetas“. (2023) *Galimų prisijungimo prie tinklo taškų sąrašas*. <https://placiajuostis.lrv.lt/media/viesa/saugykla/2023/10/LhBabNb6Imk.pdf>
18. VšĮ „Placiajuostis internetas“. (2023) *Šviesolaidinės infrastruktūros žemėlapis (Telšių apskritis)* <https://placiajuostis.lrv.lt/media/viesa/saugykla/2023/10/vP620uJNqaM.pdf>
19. VšĮ „Placiajuostis internetas“. (2024). *Projektas „Itin spartaus ryšio infrastruktūra“*. <https://placiajuostis.lrv.lt/lt/projektai/isri/>
20. Weezie. (2024). *Can FTTH Networks Have a Positive Impact on Sustainability ?* <https://weezie.io/2024/01/24/can-ftth-networks-have-a-positive-impact-on-sustainability/>

PRIEDAI

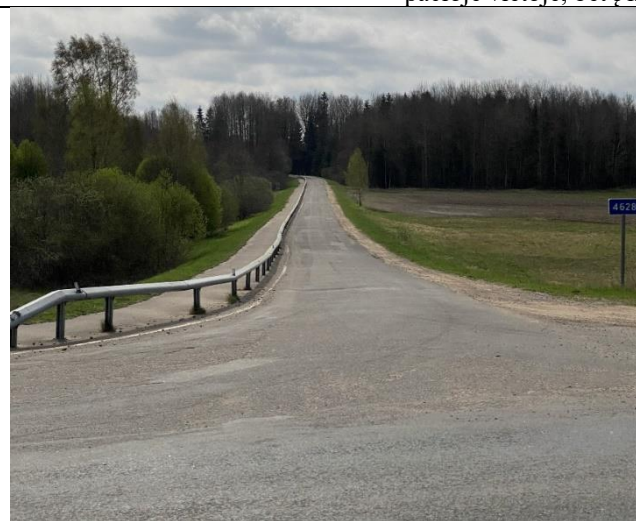
Nuotraukos iš projekto gyvenvietės

Tam, kad būtų galima aiškiau suprasti kokios apimties projektas yra, buvo nuvykta tiesiai į vietą, kurioje rengiamas šis projektas. Graužų kaime apvaikščiotos gatvės ir padarytos kiekvienos gatvės, kurioje numatomas įrengti projektas, nuotraukos. P1.1 lentelėje pateiktos nuotraukos, žemėlapis, kuriuo galima remtis, kad suprasti kurioje vietoje kiekviena nuotrauka yra daryta, bei aprašymai prie kiekvienos nuotraukos.

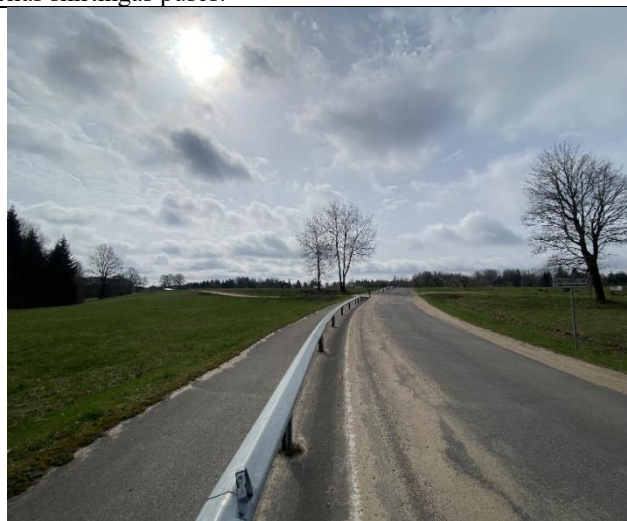
P1.1 lentelė



Žemėlapis, kuriame yra matomi taškai, kur buvo daryta kiekviena nuotrauka, taip pat kryptis į kurią buvo žiūrima darant nuotrauką. Kai kurie taškai turi ne po vieną nuotrauką, susietą su tuo pačiu tašku, nes nuotrauka daryta toje pačioje vietoje, bet į kelias skirtingas puses.



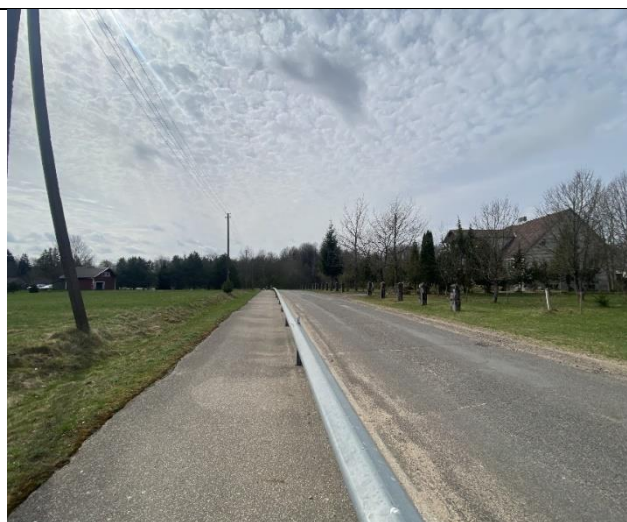
Įvažiavimas į Graužų km. nuo pagrindinio Varniai-Tverai kelio



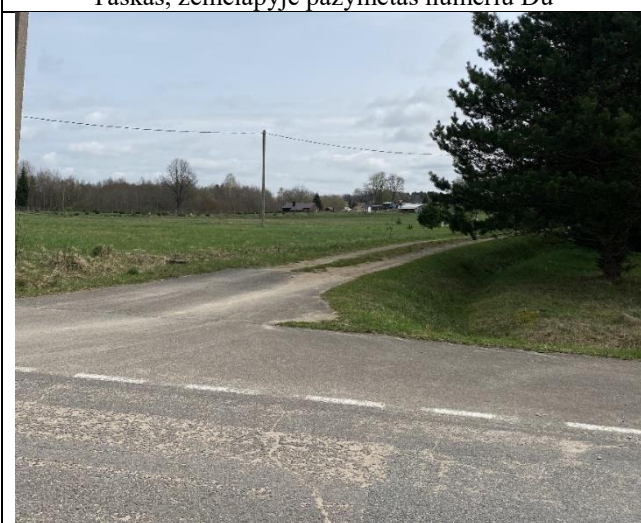
Taškas, žemėlapyje pažymėtas numeriu Vienas



Taškas, žemėlapyje pažymėtas numeriu Du



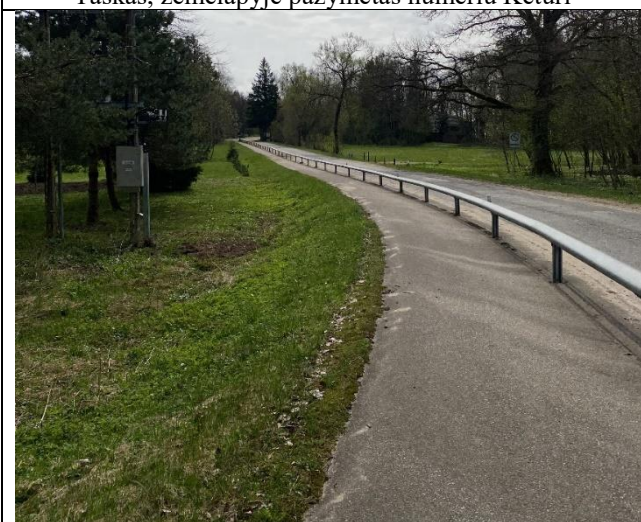
Taškas, žemėlapyje pažymėtas numeriu Trys



Taškas, žemėlapyje pažymėtas numeriu Keturi



Taškas, žemėlapyje pažymėtas numeriu Penki



Taškas, žemėlapyje pažymėtas numeriu Šeši



Taškas, žemėlapyje pažymėtas numeriu Septyni



Taškas, žemėlapyje pažymėtas numeriu Aštuoni



Taškas, žemėlapyje pažymėtas numeriu Devyni



Taškas, žemėlapyje pažymėtas numeriu Dešimt



Taškas, žemėlapyje pažymėtas numeriu Vienuolika



Taškas, žemėlapyje pažymėtas numeriu Dvylika



Taškas, žemėlapyje pažymėtas numeriu Trylika (rodyklė į apačią)



Taškas, žemėlapyje pažymėtas numeriu Trylika (rodyklė į dešinę)



Taškas, žemėlapyje pažymėtas numeriu Keturiolika



Taškas, žemėlapyje pažymėtas numeriu Penkiolika



Taškas, žemėlapyje pažymėtas numeriu Šešiolika



Taškas, žemėlapyje pažymėtas numeriu Septyniolika



Taškas, žemėlapyje pažymėtas numeriu Aštuoniolika (rodyklė į apačią)



Taškas, žemėlapyje pažymėtas numeriu Devyniolika



Taškas, žemėlapyje pažymėtas numeriu Aštuoniolika
(rodyklė į kairę)






Taškas, žemėlapyje pažymėtas numeriu Aštuoniolika
(rodyklė į dešinę)



Taškas, žemėlapyje pažymėtas numeriu Dvidešimt

Projekto įrengimui naudojama įranga

P2.1 lentelė. Naudojamos įrangos pavadinimas ir charakteristikos

Nr.	Pavadinimas, charakteristikos	Produkto vaizdas	Gamintojas
1	V1600GS Single Pon GPON OLT, SC/UPC, Upstream 1.244Gbps Downstream 2.488Gbps		V-SOL
2	UBIQUITI GPON (ONU) UFiber loco (UF-LOCO), GPON Speeds: 2.488 Gbps Downstream (RX), 1.244 Gbps Upstream (TX), Wavelengths: 1490 nm Downstream (RX), 1310 nm Upstream (TX)		UBIQUITI
3	Optinis daliklis (Splitter) PLC 1x8 SC/APC		-

Nr.	Pavadinimas, charakteristikos	Produkto vaizdas	Gamintojas
4	400W saulės elektrinės komplektas	 <p>The image displays a complete 400W solar power kit. It includes a large rectangular solar panel with a silver frame and a black mounting bracket. Next to it is a black battery with a digital display showing '12.34'. A red inverter is also visible, along with various cables, connectors, and a small digital display showing '12.34'. The components are arranged on a white background.</p>	Įvairūs

Atakos vektoriaus detalizavimas

P3.1 lentelė. Atakos vektorius (AV)

Sąlyga	Taip/ Ne	Sąlyga	Taip/ Ne	Veiksmas	Žymė- jimas	Balas	Paaškinimas
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	
	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	Sėkminga ataka galima tik fiziškai esant tinklo įrenginio vietoje.

P3.2 lentelė. Atakos sudėtingumo faktorius (AC)

Sąlyga	Taip/ Ne	Veiksmas	Žymė- jimas	Balas	Paaškinimas
Ar atakuotojas gali savarankiškai panaudoti pažeidžiamumą ?	Taip	Atakuotojas gali panaudoti pažeidžiamumo bet kuriuo metu	L	0,77	
	Ne	Atakuotojas gali panaudoti pažeidžiamumo esant tam tikromis sąlygomis	H	0,44	Esant neapsaugotai komutacinei spintai ar jos aplinkai, galima atlikti ataką.

P3.3 lentelė. Bendradarbiavimo faktorius (UI)

Sąlyga	Taip/ Ne	Veiksmas	Žymė- jimas	Balas	Paaškinimas
Ar atakuotojui reikia kito vartotojo pagalbos atakos įvykdymui?	Ne	Sėkmingai atakai nereikia vartotojų sąveikos (bendradarbiavimo)	N	0,85	Piktavališ gali atlikti ataką be kitų asmenų įsitraukimo.
	Taip	Sėkmingai atakai nereikia vartotojų sąveikos (bendradarbiavimo)	R	0,62	

P3.4 lentelė. Privilegijos faktorius (PR)

Sąlyga	Taip/ Ne	Sąlyga	Taip/ Ne	Veiksmas	Žymė- jimas	Balas	Paaškinimas
Ar atakuotojas turi būti autorizuotas prie pažeidžiamo komponento	NE	Atakuotojas neautorizuotas		Ne	N	0,85	
	Taip	Ar reikia administratoriaus teisių	NE	Reikalinga vartotojo lygmens	L	0,62	

Sąlyga	Taip/ Ne	Sąlyga	Taip/ Ne	Veiksmas	Žymė- jimas	Balas	Paiškinimas
prieš pradant ataką?				prieiga			
			Taip	Reikalinga administratoriaus lygmens prieiga	H	0,27	Sėkminga ataka galima tik tokiu atveju, jei bus pasisavinti administratoriaus prisijungimai.

P3.5 lentelė. Aprėpties faktorius (S)

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	Įvykdyta ataka neturi įtakos kitoms sistemoms, padaroma žala tik tai sistemai, kuri atakuojama ir jos posistemėms.

P3.6 lentelė. Konfidencialumo faktorius (C)

Sąlyga	Taip/ Ne	Sąlyga	Taip/ Ne	Veiksmas	Žymė- jimas	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	
	Ne	Ar reikia administratoriaus teisių	NE	Informacija neatskleidžiama	N	0,00	Įvykus šiai kibernetinei atakai nėra nutekinama jokia jautri informacija.

P3.7 lentelė. Integralumo faktorius (I)

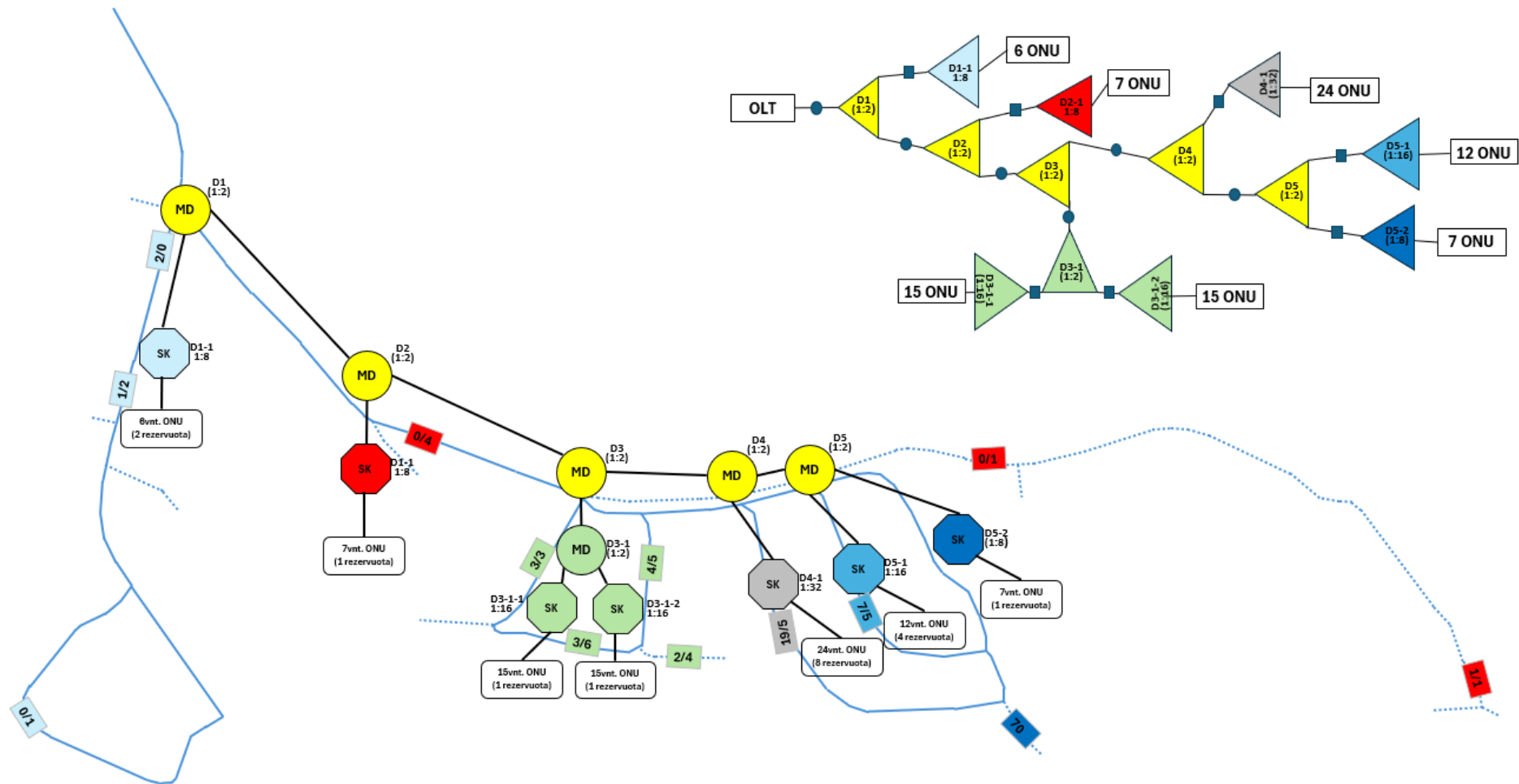
Sąlyga	Taip/ Ne	Sąlyga	Taip/ Ne	Veiksmas	Žymė- jimas	Balas	Paiškinimas
Ar tai įtakoja informacijos integralumą?	Taip	Ar atakuotojas gali keisti informaciją atakuojamame komponente; ar informacijos modifikavimas kritiškas	Taip	Atakuotojas gali modifikuoti nekritinę informaciją; arba kai kurią kritinę informaciją	H	0,56	
			Ne	Kai kuri informacija Gali būti modifikuojama arba atakuotojas negali keisti informacijos kritiškumo laipsnį	L	0,22	

Sąlyga	Taip/ Ne	Sąlyga	Taip/ Ne	Veiksmas	Žymė- jimas	Balas	Paiškinimas
	Ne		NE	Informacijos integralumas nepažeidžiamas	N	0,00	Paveiktame komponente informacijos integralumas neprarandamas.

P3.8 lentelė. Pasiekiamumo faktorius (A)

Sąlyga	Taip/ Ne	Sąlyga	Taip/ Ne	Veiksmas	Žymė- jimas	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	Sėkmingai įvykus atakai, sistema taptų visiškai nepasiekiamą iki kol fiziškai būtų sutvarkytos pasėkmės.
			Ne	Informacijos šaltinio nepasiekiamumas yra nekritis	L	0,22	
	Ne		Ne	Informacijos pasiekiamumas nepažeidžiamas	N	0,00	

4 priedas.
Optinio tinklo planas



P4.1 pav. Optinio tinklo daliklių išdėstymas Gražuose

5 priedas.

Magistralinių daliklių slopinimų skaičiavimas

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	
1																										
2		n	$S_{n1}+C'n$	$S_{n0}+En$	$\Sigma(S_n+E)$ dB	$10^{5/10} =$	$10^{5/10} =$	C_{n0}	C_{n0} dB	ΣC_{n0} dB	C_{n1}	C_{n1} dB	N:M		N':M'		C'_{n0} dB	C'_{n1} dB	$\Sigma(S_n+E)$, dB	ΣC_{n0} Kitaip	T_{N0} dB					
3	Magistralė		12.7412	12.74										R	Q	R'	Q'			14.98	6.6663	21.6499				
4	D5	1	9.73	0.4	13.14	0.5000	2.0000	0.6667	-10lgC10=	1.7609	1.7609	0.3333	-10lgC11=	4.7712	0.67	0.33	0.70	0.30	1.5490	5.2288	2.24	5.1173	22.3194			
5	D4	2	15.75	0.4232	13.56	1.2160	0.8224	0.4513	-10lgC10=	3.4557	5.2166	0.5487	-10lgC11=	2.6063	0.45	0.55	0.60	0.40	2.2185	3.9794	1.84	2.8988	24.4721			
6	D3	3	16.05	0.4528	14.02	0.5334	1.8748	0.6521	-10lgC10=	1.8565	7.0732	0.3479	-10lgC11=	4.5861	0.65	0.35	0.60	0.40	2.2185	3.9794	1.42	0.6803	22.1304			
7	D2	4	9.73	0.4724	14.49	0.0731	13.6756	0.9319	-10lgC10=	0.3065	7.3797	0.0681	-10lgC11=	11.6660	0.93	0.07	0.90	0.10	0.4576	10.0000	0.97	0.2228	20.9201			
8	D1	5	9.73	0.494	14.98	0.0611	16.3620	0.9424	-10lgC10=	0.2576	7.6373	0.0576	-10lgC11=	12.3960	0.94	0.06	0.95	0.05	0.2228	13.0103	0.49	0.0000	23.2352			
9														Su korekcija						Slopinimas nuo Varnių			23.9852			
10																				Slopinimas nuo Tverų			26.7352			

P5.1 paveikslas

6 priedas.

Didelės raiškos projektuojamos gyvenvietės vaizdas

Sudaryta autoriaus naudojant Excel skaičiuoklę pagal regia žemėlapius.



P6.1 paveikslas

Energetinio efektyvumo skaičiavimų detalizavimas

ENERGETINIO EFEKTYVUMO ĮVERTINIMO FORMULĖ		
$EE = \frac{\Sigma E(W) \cdot 10^{12}}{N(OLT) \cdot \{B_7(\text{Gb/s})\} + M(ONU) \cdot \{B_{??}(\text{Gb/s})\} \cdot 10^9}$		
$= \frac{\Sigma E(W) \cdot 10^3}{N(OLT) \cdot \{B_7(\text{Gb/s})\} + M(ONU) \cdot \{B_{??}(\text{Gb/s})\}} \left(\frac{\text{pJ}}{\text{bitui}} \right)$		
G-PON		
ONU įrenginys:	Ubiquiti UF-LOCO	(Downstream 2.488 Gbps ; Upstream 1.244 Gbps) ; 3.5W
OLT įrenginys:	V-SOL V1600GS	(Downstream 2.488 Gbps ; Upstream 1.244 Gbps) ; 7W
EE = ((3.5 + 7) * 10^3) / (1 * (2.488+1.244) + 86 * (2.488+1.244)) = 32.33914 pJ/bitui		
XG-PON		
ONU įrenginys:	Ubiquiti UISP-FIBER-XG	(Downstream 9.95 Gbps ; Upstream 2.44 Gbps) ; 6W
OLT įrenginys:	V-SOL V1600XG02	(Downstream XG-PON 9.953 Gbps ; Upstream XG-PON 2.488Gbps) ; 40W
EE = ((6 + 40) * 10^3) / (1 * (9.953+2.488) + 86 * (9.95+2.44)) = 42.67237 pJ/bitui		
XGS-PON		
ONU įrenginys:	Ubiquiti UISP-FIBER-XGS	(Downstream 9.95 Gbps ; Upstream 9.95 Gbps) ; 8W
OLT įrenginys:	V-SOL V1600XG02	(Downstream XGs-PON 9.953 Gbps ; Upstream XGS-PON 9.953 Gbps) ; 40W
EE = ((8 + 40) * 10^3) / (1 * (9.953+9.953) + 86 * (9.95+9.95)) = 27.72473 pJ/bitui		

P7.1 paveikslas