



Taloyhtiöiden sisäverkkojen kehittäminen

Rivitalojen verkkorakenteet

Tommi Pitkänen

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2024

Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Sähköinen talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Sähköinen talotekniikka

PITKÄNEN, TOMMI:
Taloyhtiöiden sisäverkkojen kehittäminen
Rivitalojen verkkorakenteet

Opinnäytetyö 44 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Toukokuu 2024

Taloyhtiöiden sisäverkot muodostavat hidasteen huippunopeille tiedonsiirtoyhteyksille. Vanhat kuparisilla puhelinkaapeleilla toteutetut sisäverkot eivät vastaa 2020-luvun tiedonsiirtotarpeisiin. Optisia liitäntäverkkoja laajennetaan kiihtyvällä tahdilla mikroputkitekniikan yleistyessä taajamaverkoissa. Taloyhtiöt ovat kuitenkin haluttomia investoimaan sisäverkkoihinsa. Vastuu optisen kuidun tuomisesta asuinhuoneistoihin siirtyy vähitellen operaattoreille. Operaattoreiden nykyisin käyttämissä menetelmissä on mahdollisuus kustannussäästöihin. Tilanteissa, joissa operaattori vastaa optisen kuidun tuomisesta asuinhuoneistoihin, syntyy tarpeettomia maatöitä. Rakennukseen tulee myös suuri määrä läpivientejä ja ulkokaapelien vaihtoja sisäkaapeliksi. Suurten maatöiden ja useiden rakenteisiin tehtävien läpivientien takia taloyhtiöiden päätöksenteko voi olla hankalaa.

Tutkimuksellisessa opinnäytetyössä perehdyttiin poikkeuksiin, joita Traficomien määräys 65 E/2022 kiinteistön sisäverkoista sallii tilanteissa, joissa operaattori vastaa optisen kuidun tuonnista asuinhuoneistoihin. Tavoitteena oli tuottaa toimeksiantajan käyttöön valmis tuotteisto kustannustehokkaan talokaapeloinnin toteuttamiseksi taloyhtiön tontin alueella.

Teoreettiselle rivitalokiinteistölle luotiin suunnitelma, jossa vältettiin turhia maatöitä ja läpivientejä rakennuksen ulkoseinään. Ratkaisu perustui keskitettyyn ulkokaapelien vaihtoon sisäkaapeliin rakennuksen seinällä ja kaapelointiin rakennuksen yläpohjassa. Suunnitelmissa esitettiin kolme vaihtoehtoa verkkomallin toteuttamiseksi erilaisilla tuotteilla. Vaihtoehtoisista suunnitelmista esiteltiin kustannuslaskelmat, joita analysointiin. Mikroputkitekniikalla ja valmislittimillä toteutettu vaihtoehto osoittautui edullisimmaksi. Tulos oli odotettu huomattavan työajan säästön takia. Kustannuslaskenta suoritettiin luottamuksellisella tiedolla.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Nestor Cables Oy, joka valmistaa tietoverkon komponentteja ja kaapeleita. Yritys on merkittävä kaapeliverkkoteknologiaan keskittynyt toimija pohjoisessa Euroopassa.

Asiasanat: talokaapeli, valokuitu, sisäverkko, mikroputkitekniikka

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
Electrical Systems

PITKÄNEN, TOMMI:
Improving the Internal Networks of Housing Associations
The Network Structures of Terrace Houses

Bachelor's thesis 44 pages, appendices 3 pages
May 2024

Internal networks have caused slowness for the superfast data networks in the housing associations. The housing associations have been unwilling to invest in the internal networks in recent years. The Traficom regulation 65 E/2022 set high standards for the internal networks inside building. The regulation allowed exceptions if the operator brought optical fibre to the apartments. The purpose of this thesis was to find a cost effective way to build the fibre optic networks.

The thesis was created with three product and cabling plans for a fictive terrace house. The solution was based on a situation in which the operator was responsible for the optical cable. The operator brought the optical cable from the distribution cabinet centralized to the wall box on the exterior wall. The wall box connected the outdoor cable to the indoor cable. The indoor cable was installed through the interior roof to the apartments. Microducts and prefabricated connectors were found to be the cheapest option in the cost accounting. The result was expected because the solution saved working time.

The client of the thesis was Nestor Cables Oy which manufactures cables and components for the data networks. The company is a major player in the field of cable network technology in Northern Europe.

Key words: building cable, optical fibre, internal network, microduct technology

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	VAATIMUKSET TALOYHTIÖIDEN OPTISELLE KAAPELOINNILLE ...	7
	2.1 FTTX-termistö	7
	2.2 Sisäverkkojen rakenne	7
	2.3 FTTH-liittymät.....	8
	2.4 Yleinen viestintäverkko ja FTTH-liittymät	8
	2.5 Vaatimukset sisäverkon suorituskyvylle	9
	2.6 Sisäkaapeleiden paloturvallisuus	10
	2.7 Laitetilat.....	10
	2.7.1 Talojakamo ja alijakamot	11
	2.7.2 Kotijakamot.....	11
	2.8 Kaapelointi ja liittämistarvikkeet	12
	2.9 Mittaukset ja tarkastukset.....	13
	2.10 Dokumentointi.....	14
	2.10.1 Suunnitteludokumentointi.....	14
	2.10.2 Tarkastuspöytäkirjat	14
	2.10.3 Loppudokumentointi ja asiakirjojen säilytys	15
3	TYYPILLISET RAKENTEET OPTISELLE KAAPELOINNILLE	16
	3.1 Kaapelointi asuntokohtaisesti suoraan talojakamolta.....	16
	3.2 Kerroskohtainen kaapeli ja kerroskohtaiset kaapeloinnit.....	17
	3.3 Kaapelointi FTTH-sovellusta hyödyntäen.....	17
4	OPTINEN KAAPELOINTI RAKENNUKSEN ULKOPUOLELLA	19
	4.1 Talokaapelointi ilman mikroputkia	19
	4.2 Talokaapelointi osittain mikroputkitekniikalla.....	24
	4.3 Talokaapelointi kokonaan mikroputkitekniikalla	28
5	KUSTANNUSTEN JAKAANTUMISEN VERTAILU	32
	5.1 Talokaapelointi ilman mikroputkia	33
	5.2 Talokaapelointi osittain mikroputkitekniikalla.....	35
	5.3 Talokaapelointi kokonaan mikroputkitekniikalla	37
6	POHDINTA	40
	LÄHTEET	41
	LIITTEET	42
	Liite 1. Kustannusten jakaantuminen ilman mikroputkia	42
	Liite 2. Kustannusten jakaantuminen osittain mikroputkilla	43
	Liite 3. Kustannusten jakaantuminen kokonaan mikroputkilla.....	44

LYHENTEET JA TERMIT

APC	Angled Physical Contact, liittimen vino hionta
FTTB	Fibre to the Building, kuitu rakennukseen
FTTH	Fibre to the Home, kuitu kotiin
FTTX	Fiber to the x, kuitu paikkaan x
IP	Ingress Protection, sisäänmenon suojaus
LC	Lucent Connector, LC-liitin
MICE	ympäristöluokitus (Mechanical, Ingress, Climatic/Chemical and Electromagnetic)
MPO	Multi-Fiber Push On, monikuituliitin
OS	Single Mode Fibre Category (OS1a, OS2), kategoria yksimuotokuidulle
PLC	Planar Lightwave Circuit, planaarinen valoaaltopiiri
PnP	Plug and Play, kytke ja käytä
PON	Passive Optical Network, passiivinen optinen verkko
SC	Subscriber Connector, SC-liitin
SML	Single Mode Fiber Long Range, pitkän kantaman yksimuotokuitu

1 JOHDANTO

Tutkimuksellisessa opinnäytetyössä perehdytään taloyhtiöiden optisen sisäverkon kustannustehokkaaseen toteutukseen. Teoriaosuudessa käsitellään liikenne- ja viestintävirasto Traficomien uutta määräystä 65 E/2022 kiinteistön sisäverkoista. Lisäksi teoriaosuudessa esitellään yleisesti käytössä olevia rakenneratkaisuja pienten ja keskisuurten taloyhtiöiden optisille sisäverkoille.

Tutkimuskohteena opinnäytetyössä on kuvitteellisen rivitalokohteen sisäverkon toteutustapa. Rivitalolle suunnitellaan kolme eri vaihtoehtoa sisäverkon toteuttamisesta optisella kuidulla. Suunnitelmissa hyödynnetään Traficomien sisäverkko määräyksen sallimia poikkeuksia. Tutkimuksen tavoitteena on tuottaa toimeksiantajan käyttöön valmis tuotteisto kustannustehokkaaseen sisäverkkojen toteuttamiseen. Työssä pohditaan, millä menetelmillä ja tuotteilla kokonaisuus on järkevää toteuttaa. Opinnäytetyön lopputuloksena esitetään kustannusten jakaantumisen vertailu kolmen eri vaihtoehdon välillä.

2 VAATIMUKSET TALOYHTIÖIDEN OPTISELLE KAAPELOINNILLE

Taloyhtiöiden optista kaapelointia käsitellessä oleellisin määräys on liikenne- ja viestintäviraston määräys kiinteistön sisäverkoista ja teleurakoinnista. Määräys perustuu suurimmilta osin yleiskaapeloinnin standardisarjaan EN 50173. Traficom määräystä laadittaessa on hyödynnetty ST-kortistoa ja kuultu lausuntoja alan yrityksiltä. Määräyksen taustalla on laki 917/2014 sähköisen viestinnän palveluista. (Perustelumuuisto 65E/2022, 4.) Lain tarkoituksena on varmistaa viestintäverkkojen ja -palveluiden laatu, toimintavarmuus ja edullisuus. (Laki sähköisen viestinnän palveluista 917/2014, 1§).

Traficom uuden määräyksen keskeisimpiä yleiskaapelointiin liittyviä muutoksia ovat FTTH-poikkeuksen (Fibre to the Home) laajentaminen, ulkokaapelin tuomisen salliminen sisätiloihin ja kytkentäluetteloiden siirtyminen loppudokumentointiin. (Perustelumuuisto 65E/2022, 26.)

2.1 FTTX-termistö

Traficom sisäverkkomääräystä käsitellessä FTTX-termien (Fiber to the x) ymmärtäminen on tärkeää. Termin viimeinen kirjain määrittää, minne asti ulkoisen viestintäverkon ja sisäverkon rajapinta ulottuu. Sisäverkkomääräys pohjautuu FTTB-ratkaisulle (Fibre to the Building), jonka tarkoitus on päättää operaattorin valokuitukaapeli rakennuksen talojakamoon. Määräys sallii poikkeuksia FTTH-ratkaisulle, jossa kuitu tuodaan huoneistolle asti omakoti-, rivitalo- ja kerrostalorakennuksissa (Nestor Cables Oy 2023, 9.)

2.2 Sisäverkkojen rakenne

Sisäverkkomääräys määrittelee asuinkiinteistöjen sisäverkolle tähtimäisen rakenteen. Tähtimäisen sisäverkon tulee olla muuntojoustava. Mahdollisiin muutoksiin ja laajennustarpeisiin on varauduttava käyttötarkoituksen huomioiden. Määräys velvoittaa asentamaan jokaiseen kiinteistöön talojakamon ja tarvittavan määrän alijakamoita. (Määräys 65 E/2022, 6.)

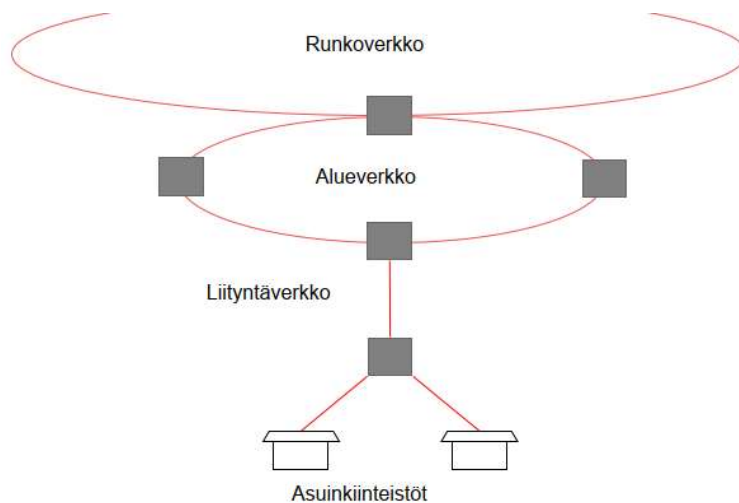
Sisäverkon ja yleisen viestintäverkon liittämiskohta on talojakamossa. Tarkempi rajapinta sijaitsee talojakamon paneelissa. Paneeliin on päätetty runkokaapeloinnin liitin- ja liitinadapteriyksiköt, jotka ovat osa sisäverkkoa. Talojakamoon asennettavien operaattorin aktiivilaitteiden osalta rajapinta on sopimuksen varainen. (Määräys 65 E/2022, 6.)

2.3 FTTH-liittymät

FTTH-liittymien osalta sisäverkkomääräyksessä on mahdollisuuksia säästää asennuskustannuksissa aikaa ja rahaa. Asennuksilla, joita tehdään FTTH-poikkeusta hyödyntäen, tarkoitetaan viime vuosina yleistynyttä tapaa tuoda talokaapeli rakennuksen ulkopuolella suoraan huoneistoihin. Poikkeus on ollut voimassa kirjoitushetkellä kuusi vuotta ennen uusinta sisäverkkomääräystä. Kustannuksia hillitsee erillisen talojakamotilan pois jäänti, sillä huoneiston sisällä kuidut päätetään pieneen päätekoteloon. Kirjoitushetkellä uusimmassa määräyksen versiossa huoneistoihin ei ole pakollista asentaa parikaapelointia, jos kiinteistöön on saatavilla FTTH-liittymiä. Uusi sisäverkkomääräys ei edellytä enää vanhan puhelinverkon tarkastusta, ja se voidaan poistaa kiinteistön omistajan niin halutessa. Poikkeuksen hyödyntäminen on lisääntynyt merkittävästi mikroputkitekniikalla rakennettavien taajamaverkkojen yleistyessä. FTTH-poikkeusta hyödynnettäessä kiinteistön omistajan on saatava kirjallinen todistus yhdeltä paikalliselta teleyritykseltä FTTH-liittymien saatavuudesta. (Perustelumuistio 65E/2022, 53-54.)

2.4 Yleinen viestintäverkko ja FTTH-liittymät

FTTH-liittymien suunnitteluun vaikuttaa sisäverkkomääräyksen lisäksi yleistä viestintäverkkoa käsittelevä Traficomien määräys 54 C/2021. Määräyksessä yleinen viestintäverkko jaetaan kolmeen osaan runkoverkkoon, alueverkkoon ja liityntäverkkoon (kuvio 1). FTTH-liittymiä käsiteltäessä määräys vaikuttaa alue- tai runkoverkon ja rakennuksen sisäverkon väliseen liityntäverkkoon. Opinnäytetyössä käsitellään ainoastaan asuinkiinteistön ja katujakamon välistä talokaapelilla toteutettavaa yhteyttä. Määräyksen mukaan katujakamon ja asuinhuoneiston välisen kaapeloinnin ja koteloiden tulee noudattaa standardin SFS-EN 50174-3 mukaisia vaatimuksia. Yksityisellä tonttialueella ei kuitenkaan ole pakollista noudattaa standardin kaivamiseen liittyviä määräyksiä. (Määräys 54 C/2021, 14.)



KUVIO 1. Periaatekuvio asuinkiinteistöjen liittymisestä yleiseen viestintäverkkoon.

2.5 Vaatimukset sisäverkon suorituskyvylle

Asuinrakennuksen optiselle kaapeloinnille asetetaan vaatimuksia hitsaus- ja jatkosliitosten liitosvaimennusten osalta. Sisäverkkomääräyksessä mekaanisella kuitujatkoksella tarkoitetaan liitinadapterin ja liittimen liitoskohtaa. Liitosvaimennus tarkoittaa liitoskohdassa tapahtuvia häviöitä. Hyvän LC- (Lucent Connector) tai SC-liittimen (Subscriber Connector) vaimennus on alle 0,2 dB. (Nestor Cables Oy 2023, 52.) Nousukaapeloinnin pysyvän siirtotien raja-arvot selviävät alla olevasta taulukosta 1.

TAULUKKO 1. Optisen kaapeloinnin pysyvän siirtotien vaimennuksia (Määräys 65 E/2022, 9).

Aallonpituus (nm)	Matka (m)	Kuitujatkos (kpl)	Vaimennus (dB)
1310/1550	≤ 250	0	1,2
1310/1550	> 250 ja ≤ 500	0	1,4
1310/1550	≤ 500	1	+ 0,2

Yleiskaapeloinnin eri rakenneosien tulee täyttää standardin SFS-EN 50173-1 mukainen MICE-ympäristöluokitus (Mechanical, Ingress, Climatic/Chemical and Electromagnetic). Standardi asettaa pysyvälle siirtotielle suorituskykyvaatimuk-

sia. Lisäksi luokitus huomioi mekaanisen, koteloinnin IP-luokan (Ingress Protection), ilmastollisen ja kemiallisen luokan sekä sähkömagneettisen luokituksen. Ympäristöluokkia on 1–3, joista suurin kestää eniten räsitystä. Kaikille osajärjestelmille määritellään oma luokituksensa. (Perustelumuuisto 65E/2022, 91-92.)

2.6 Sisäkaapeleiden paloturvallisuus

Kaapeleiden paloturvallisuudesta säädetään Euroopan unionin rakennustuoteasetuksessa. Asetuksen mukaiset paloluokitukset määritellään SFS-EN 13501-6 standardissa. Standardissa kaapeleiden paloluokat jaetaan seitsemään luokkaan (A_{ca} , $B1_{ca}$, $B2_{ca}$, C_{ca} , D_{ca} , E_{ca} ja F_{ca}). Paloluokista A_{ca} on lähes kokonaan palamaton ja F_{ca} luokkaan kuuluvat kaikki kaapelit, joiden palo-ominaisuuksia ei tunneta. Luokissa A-F käytetään kaapelien savunmuodostukseen, palavien pisaroiden ja osien sekä palamiskaasuihin liittyviä lisämääreitä. Paloluokista ja lisämääreistä tarkemmin edellä mainitussa standardissa. (Perustelumuuisto 65E/2022, 80.)

Traficomien sisäverkkomääräys määrää noudattamaan SFS 6000-5-52 standardia tietoliikennekaapeloinneissa. FTTH-liittymien kannalta olennaista on, että standardi sallii palo-ominaisuuksiltaan tuntemattoman F_{ca} -luokan ulkokaapelin tuonnin rakennuksen ulkopuolelta jakamoon ilman pituusvaatimuksia. Tällaista kaapelia ei saa viedä kuitenkaan palo-osastosta toiseen. (Perustelumuuisto 65E/2022, 82.)

2.7 Laitetilat

Talajakamon asentaminen kiinteistöön määritellään pakolliseksi määräyksessä, mikäli talokaapeli päätetään talojakamoon. Suunnittelijalla on vapaus valita tarpeellinen määrä ali- ja kerrosjakamoita kohteeseen. Kotijakamon asentaminen kaikkiin pysyvään asumiseen tarkoitettuihin huoneistoihin on pakollista. (Määräys 65 E/2022, 12.)

2.7.1 Talojakamo ja alijakamot

Traficom määräys velvoittaa talojakamon suunnittelussa, sijoituksessa, mitoituksessa ja sen toteuttamisessa seuraavia asioita:

- Jakamon liityntä- ja sisäverkkokaapeloinnilla pitää olla turvalliset ja järkevät kaapelireitit.
- Tilassa tai sen läheisyydessä tulee olla mahdollisuus sijoittaa yleiseen viestintäverkkoon kuuluvia laitteita.
- Sisäverkkojen huolto ja ylläpito tulee olla mahdollista.
- Tilassa on hyvä ilmanvaihto, lämpötila ja kosteus.
- Tulevaisuuden tarpeisiin tulee olla varaukset.

Näiden lisäksi talojakamolle tulee asentaa vähintään neljä 10 A pistorasiaa. Ali- ja kerrosjakamoissa ei tarvitse huomioida ulkoiseen viestintäverkkoon liittyviä asioita. Määräys velvoittaa säilyttämään jakamoon liittyvän dokumentoinnin sen läheisyydessä samassa tilassa. (Määräys 65 E/2022, 12.)

2.7.2 Kotijakamot

Kotijakamossa tulee noudattaa samoja vaatimuksia, kuin ali- ja kerrosjakamoisakin. Optinen nousukaapelointi päätetään kotijakamossa kannelliseen päätökoteloon. Jatkossuojia käytettäessä niille pitää olla kotelon sisällä pidike. Kotijakamoon on kytkettävä yksi asuinhuoneistoon menevä parikaapeliyhteys. (Määräys 65 E/2022, 13.) Esimerkki kotijakamosta alla olevassa kuvassa (kuva 1).



KUVA 1. Asuinhuoneiston kotijakamo (Kuva: Alekski Ventola).

2.8 Kaapelointi ja liittämistarvikkeet

Koko runkokaapelointi eli alue- ja nousukaapelointi on toteutettava kategorian OS2 (Single Mode Fibre Category) yksimuotokuidulla. Liittimille määräys asettaa vaatimuksen APC-hionnasta (Angled Physical Contact) ja LC- tai SC-tyyppin liittimestä. APC-hionnan tunnistaa liittimen vihreästä väristä (kuva 2). Vanhempaa SC-tyyppin liittintä suositellaan käytettäväksi vain saneerauskohteissa. LC/APC tai SC/APC-liittimien tulee olla vaimennusluokan B mukaisia. Heijastusvaimennusluokan tulee olla yksi. Vaimennus- ja heijastusvaatimusluokan vaatimukset varmistetaan kahdesta satunnaisesti valitusta liittimestä. (Nestor Cables Oy 2023, 59.)



KUVA 2. Esimerkki APC-hiotusta häntäkuidusta (Nestor Cables n.d.).

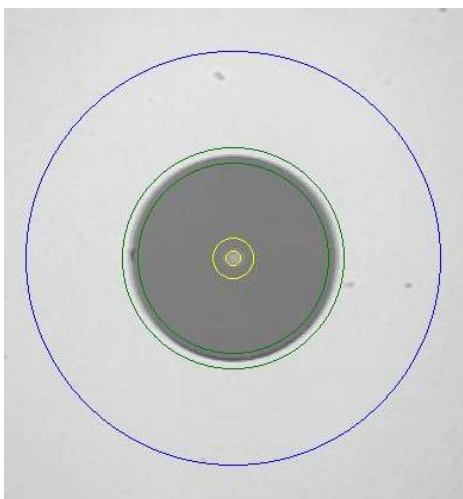
Talo- tai alijakamosta tuodaan kotijakamoon vähintään neljä yksimuotokuitua. Traficomien määräys velvoittaa asentamaan kategorian 6 parikaapelin, mikäli kiinteistöön ei ole todistettavasti saatavilla FTTH-liittymiä. Kuidut on päätettävä talo- ja kotijakamossa päätepaneeliin tai -kotelon liitinadaptereihin. Mikäli kiinteistöön tulee alijakamoita niillä, yhdistetään talojakamolta tulevat kuidut kotijakamoille lähteviin kuituihin. (Määräys 65 E/2022, 14.)

Optisessa aluekaapeloinnissa pelkästään talo- ja alijakamon väliseen yhteyteen tulee vähintään kuusi kategorian OS2 yksimuotokuitua. Lisäksi tulee huomioida yksimuotokuidut talojakamolta alijakamon kautta kotijakamoille. Näitä kuituja tarvitaan yhteensä neljä kappaletta. (Nestor Cables Oy 2023, 128-129.)

2.9 Mittaukset ja tarkastukset

Rakennetun tai kunnostetun verkon vaatimustenmukainen toimivuus ja rakenne on varmistettava ennen käyttöönottoa. Toimivuus ja suorituskyky varmistetaan standardin EN 61280-4-2 mukaisilla mittalaitteilla, joiden tulee olla kalibroituja. Mittalaitteena voidaan käyttää tehomittaparia tai valokaapelitutkaa. Sisäverkkosennuksista tarkastetaan kaapelitiet, kaapelointi ja laitetilat. Tarkastuksissa kiinnitetään erityistä huomiota dokumentoinnin oikeellisuuteen ja asennusten laatuun. Lisäksi varmistetaan sähkönsyötön, maadoituksen ja potentiaalintasauksen oikeanlainen toteutus. (Määräys 65 E/2022, 15.)

Liitinten ja liittinpäiden puhdistaminen on pakollista ennen mitta- ja kytkentäkuitujen kytkemistä. Määräys 65 E/2022 velvoittaa käyttämään SFS-EN 61300-3-35 mukaista kuitumikroskooppia optisten liittimien puhtauden varmistamiseen. Liittinpäissä ei saa näkyä naarmuja eikä virheitä. (Määräys 65 E/2022, 15.) Standardi määrittelee perusteet liitinten hyväksymiselle tai hylkäämiselle. Kuitumikroskoopin tulee näyttää 250 µm laajuudella näkökenttä ja siinä tulee erottua 2 µm leveydeltään tai halkaisijaltaan olevat virheet. Laitteen suurennos pitää olla riittävän suuri, mielellään yli 200-kertainen. (Nestor Cables Oy 2023, 195.) Kuvassa (kuva 3) on esitetty puhtaan ja naarmuttoman liittimen kuva.



KUVA 3. Kuitumikroskoopin kuva tietokoneella (Kuva: Tommi Pitkänen).

2.10 Dokumentointi

Traficomien määräyksessä dokumentointi jakaantuu kolmeen osaan tarkastuspöytäkirjoihin, suunnittelu- ja loppudokumentointiin. Loppudokumentointi pitää sisällään asiakirjoja suunnitteludokumenteista ja tarkastuspöytäkirjoista.

2.10.1 Suunnitteludokumentointi

Suunnitteludokumentoinnin vaiheessa luodaan tarvittavat johtokaaviot rakennettavasta tai kunnostettavasta sisäverkosta. Suunnitelmiin tulee numeroida ja merkitä tietoliikennesivuston huoneistokohtainen sijainti. Mahdollinen olemassa oleva verkko ja liityntäkaapeleiden sisään tuloreitit merkitään suunnitelmiin. Komponenttien esimerkkityypit ja laitteet on myös ilmoitettava suunnitelmissa. (Määräys 65 E/2022, 16.)

2.10.2 Tarkastuspöytäkirjat

Työn tilaajalle tuotetaan asennusten valmistuttua tarkastuspöytäkirjat sähköisesti tai paperisena. Pöytäkirja luovutetaan tilaajalle ennen sisäverkon käyttöönottoa. Tarkastuspöytäkirjan tulee sisältää mittalaitteiden tulosten lisäksi työn tekijän nimen ja päivämäärän. Testauslaitteisto esitellään mittauspöytäkirjan yhteydessä ja tulokset analysoidaan. Kaapeloinnin rakenteesta ja mitoituksista tulee antaa pöytäkirjan mukana yksityiskohtainen selvitys. (Määräys 65 E/2022, 17.)

2.10.3 Loppudokumentointi ja asiakirjojen säilytys

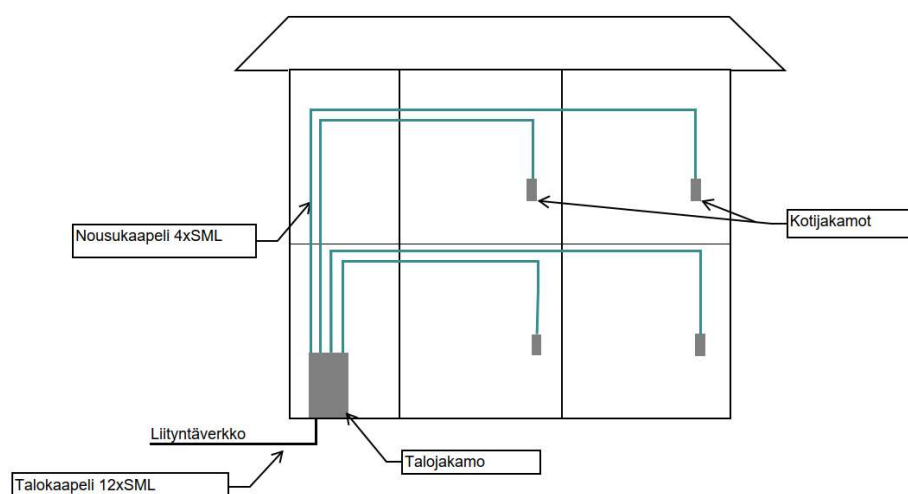
Suunnitteludokumentointi ja tarkistuspöytäkirjat sisältyvät osaksi loppudokumentointia. Loppudokumentointiin kuuluvat myös valokuvat jakamoista, joilla voidaan myöhemmin varmistua asennusten määräystenmukaisuudesta. Kotijakamoista riittää kuitenkin kuva yhdestä jakamosta. Muutostilanteissa dokumentointia on päivitettävä Traficomien määräyksen edellyttämällä tavalla. Asiakirjojen säilytys voidaan toteuttaa paperisena dokumentoidun jakamon välittömässä läheisyydessä tai sähköisenä nopeasti löydettävässä paikassa. Säilytys on kiinteistön omistajan tai haltijan vastuulla. (Määräys 65 E/2022, 18.)

3 TYYPILLISET RAKENTEET OPTISELLE KAAPELOINNILLE

Pienen tai keskisuuren taloyhtiön optinen kaapelointi voidaan toteuttaa monella tavalla. Kaapeloinnin rakenne riippuu siitä, onko käytössä FTTB- vai FTTH-liittymä. Traficomien määräys 65 E/2022 ei aseta tähtimäisen rakenteen ja talojakamion lisäksi sisäverkon rakenteelle muita vaatimuksia. Määräys velvoittaa asentamaan neljä yksimuotokuitua kotijakamoihin ja kuusi yksimuotokuitua kerroskohtaisiin alijakamoihin talojakamolta. Alijakamoita ei ole pakko käyttää kiinteistön sisäverkossa vaan ne voidaan korvata haaroituskoteloilla. Kaapelointi voidaan toteuttaa myös suoraan talojakamolta kotijakamoille. (Nestor Cables Oy 2023, 126-127.)

3.1 Kaapelointi asuntokohtaisesti suoraan talojakamolta

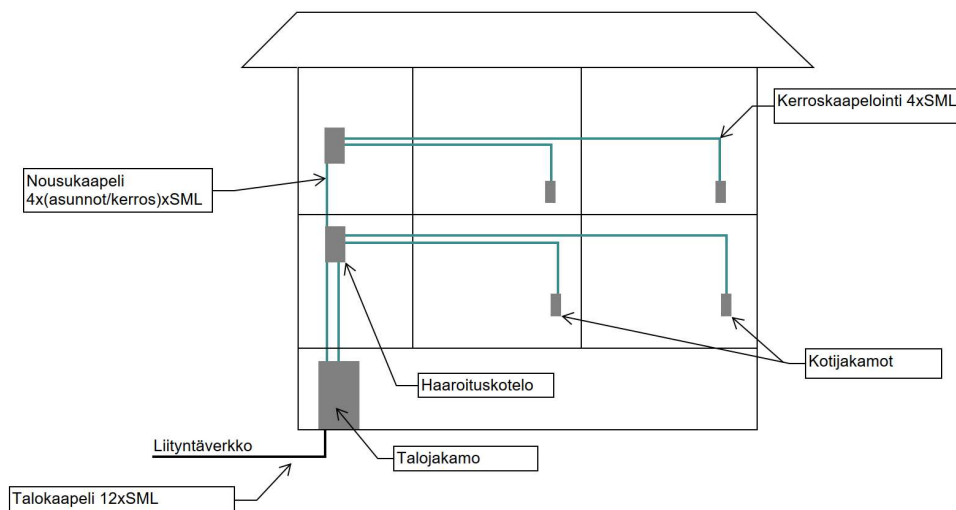
Rivitaloon ja pieneen kerrostaloon yksi tapa toteuttaa sisäverkko on kaapeloida nelikertaisella kuitukaapelilla talojakamolta suoraan kotijakamoille (kuvio 2). Kuvion SML-lyhenne (Single Mode Fiber Long Range) tarkoittaa yksimuotokuitua, jonka kuidun päällysteen halkaisija on 250 μm . Asennustapa edellyttää hyviä kaapelireittejä eli riittävästi johtoteitä ja riittävän suuria läpivientejä. Kaapelit voidaan varustaa valmiilla liittimillä, jolloin kuidun päättämistöiltä säästytään. Kiinteistön koon kasvaessa kuitukaapelien määrä kaapelireiteillä kasvaa suureksi. (Nestor Cables Oy 2023, 127.)



KUVIO 2. Kaapelointi suoraan huoneistoihin.

3.2 Kerroskohtainen kaapeli ja kerroskohtaiset kaapeloinnit

Nousujohtoreitti voidaan toteuttaa pienemmällä määrällä yksittäisiä kaapeleita asentamalla kerroskohtaiset haaroituskotelot (kuvio 3). Haaroituskoteloilta tuodaan riittävä määrä kuituja kaapelissa. Sopiva kuitumäärä on neljä kertaa asuntojen määrä kerrosta kohti. Jokaiselle kerroksen asunnolle tuodaan kerroskaapeloinnilla nelikertainen kuitukaapeli. Kustannuksia lisää kerroskohtaisen kuitujatkoksen tekeminen haaroituskoteloon. Haaroituskotelo lisää kuitenkin muunneltavuutta sisäverkoissa. Talo-, kerros- ja kotijakamolla voidaan käyttää valmiiksi päätettyjä liittimiä, jolloin jatkosta ei tarvita. (Nestor Cables Oy 2023, 128.)

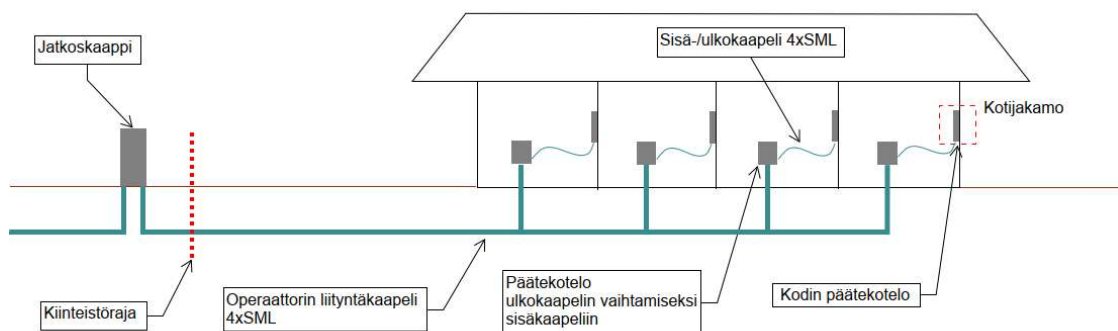


KUVIO 3. Kaapelointi haaroituskotelon kautta huoneistoihin.

3.3 Kaapelointi FTTH-sovellusta hyödyntäen

Taloyhtiön optinen kaapelointi voidaan toteuttaa tuomalla jatkoskaapilta lähtevä talokaapeli huoneiston ulkoseinälle. Ulkoseinälle asennetaan jatkoskotelo, jossa huoneistoon menevä talokaapeli vaihdetaan sisäkaapeliksi. Talokaapelina huoneistoille käytetään 4xSML-yksimuotokuitua. Huoneiston sisälle tulee kodin päätekotelo. Kodin päätekoteloon päätetään 2-4 kuitua riippuen optisen yhteyden rakennuttavasta operaattorista. Päätekotelo voidaan asentaa huoneiston kotijakamoon tai seinälle, mikäli kotijakamo ei ole. Ulkoisen viestintäverkon ja

sisäverkon rajapinta on kodin päätekotelon liittimissä. Yleisesti teleoperaattoreiden käytössä oleva ratkaisu on esitetty alla olevassa kuviossa (kuvio 4).



KUVIO 4. Kaapelointi FTTH-tekniikalla rivitaloon.

4 OPTINEN KAAPELOINTI RAKENNUKSEN ULKOPUOLELLA

Taloyhtiön sisäverkkorakenteesta on mahdollista tehdä normaalia huomattavasti kevyempi FTTH-poikkeusta hyödyntäen. FTTH-poikkeuksessa operaattori vastaa talokaapelien tuomisesta huoneistojen kotijakamoihin, joilta osin Traficomien 65/E/2022 sisäverkkomääräystä ei tarvitse noudattaa. Kotijakamo toimii tilanteessa samanaikaisesti talojakamona. Ulkoisen liityntäverkon ja huoneiston sisäverkon raja kulkee huoneiston pääteketelossa. Traficomien sisäverkkomääräyksen sallimaa FTTH-sovellusta hyödynnettäessä määräys koskee operaattorin asentaman pääteketelon jälkeisiä asennuksia.

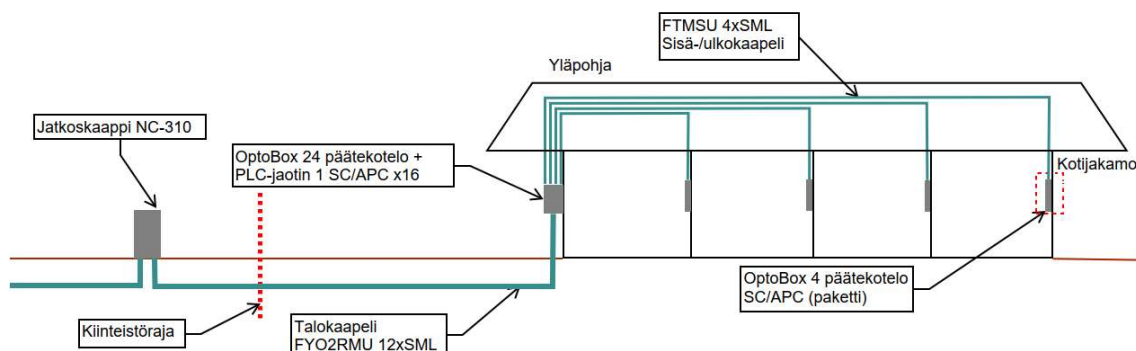
Edellisessä luvussa esiteltiin rivitaloihin yleinen tapa tuoda optinen valokaapeli ulkoseinän kautta huoneistoon. FTTH-ratkaisun ongelma on kalliit valokaapeli- ja maatyöt valokuituliittymää tarjoavalle operaattorille. Turhia materiaalikustannuksia aiheuttaa myös jokaisen huoneiston kohdalle rakennuksen ulkoseinälle asennettava pääteketelo ulkokaapelin vaihtamiseksi sisäkaapeliin.

Materiaali- ja työkustannusten vähentämiseksi jatkosketelo voidaan sijoittaa keskitetysti rakennuksen ulkoseinälle. Huoneistokohtaisten sisä-/ulkokaapelien tuonti huoneistojen talojakamoihin hoidetaan rakennuksen yläpohjan kautta. Huoneistossa oleva pääteketelo voidaan sijoittaa kotijakamoon. Keskitetty läpivienti ulkoa rakennuksen yläpohjaan helpottaa taloyhtiön päätöksen tekoa, kun ulkoseinälle tehtävien läpivientien ja jatkosketeloiden määrä pienenee. Ratkaisu voidaan toteuttaa kaapeleilla ilman mikroputkia, kokonaan mikroputkitekniikalla tai niiden yhdistelmällä. Tarkastelu aloitetaan tontin rajalla olevalta yleisen viestintäverkon jakokaapin jatkoskasetilta tai -levyltä.

4.1 Talokaapelointi ilman mikroputkia

Ilman mikroputkia rakennettavassa ratkaisussa optinen maakaapeli hitsataan jakokaapin jatkoslevylle. Talokaapelina toimiva maakaapeli päätetään toisesta päästä myös hitsaamalla talon seinällä olevaan pääteketeloon. Rakennuksen yläpohjan kautta lähtevät huoneistokaapelit hitsataan jaottimeen. Ulko- ja sisäkäyttöön soveltuva kaapeli tuodaan rakennuksen yläpohjan kautta huoneistoihin.

Yläpohjaan asennettava kaapeli on valmiiksi tehtaalla päätetty huoneiston päässä oleviin kodin päätekoteloihin. Ratkaisun rakennemalli on nähtävissä alapuolella (kuvio 5).



KUVIO 5. Talokaapelointi ilman mikroputkia.

Maakaapelilla toteutettavan talokaapelin lähtöpisteenä toimii Nestor Cablesin valokuitukaapeleiden jatkoskaappi NC-310. Jatkoskaapin sisäosassa on jatkosmoduuli 96 kuituliitokselle. Kaapin kapasiteetti on yhteensä kolme jatkosmoduulia. Kuvassa malli jatkoskaapista ja -levystä (kuva 4).



KUVA 4. Jatkoskaappi NC-310 (Juliander 2024).

Talokaapelointi FTTH-tekniikalla on mahdollista toteuttaa metallittomalla 12-kuituisella maakaapelilla. Nestor Cablesin FYO2RMU-valokuitukaapeli (kuva 5) voidaan asentaa suoraan tai auraamalla maahan kiinteistölle asti. Asennus kanaavaan on myös mahdollista. Kaapelia ei tarvitse maadoittaa metallittoman rakenteensa takia. Kaapelin kestävyys saavutetaan kuitulujitemuovista tehdyillä FRP-tangoilla. Valokuitukaapelin rakenne löytyy alla olevasta. (Nestor Cables Oy n.d.)



KUVA 5. FYO2RMU-kaapeli (Juliander 2024).

Talokaapeli päätetään Nestor Cablesin NesCon-tuotesarjan Optobox 24 päätte-koteloon (kuva 6). Kotelo asennetaan rakennuksen seinälle sopivalle työskente-lykorkeudelle. Päätekotelo on ulkokäyttöön suunniteltu lukittava kotelo. Kotelo on mahdollista saada valmiiksi esikalustettuna, jolloin asentajan tehtäväksi jää kuitujen päättäminen häntäkuituihin.



KUVA 6. Optobox 24 päätekotelo (Juliander 2024).

Häntäkuitujen ja sisä-/ulkokaapelin välissä käytetään jaotinta, koska FTTH-liitymissä käytetään passiivisia komponentteja hyödyntävää PON-tekniikkaa (Passive Optical Network). PON-tekniikka tarkoittaa, ettei operaattorin keskuspään ja asiakaspään välillä tarvita aktiivilaitteita. Päätekotelossa oleva jaotin jakaa yhden kuidun valotehon useampaan kuituun. Toiseen suuntaan jaotin yhdistää usean kuidun signaalit yhdelle kuitulle. Yläpuolella olevassa ratkaisussa (kuvio 5) on käytetty Nestor Cablesin 1x16 PLC-jaotinta (Planar Lightwave Circuit) (kuva 7). Jaotin kytketään SC/APC-liittimellä adapterilevyn liitinadapterille. Jaottimelta lähtevät huoneistokaapelit hitsataan PLC-jaottimeen suoraan kiinni. Useilla PLC-jaottimilla 12-kuituisesta liityntäkaapelista on mahdollista saada jaettua 192 kuitua. Vaimennus 1x16 jaottimella on 14 dB. (Nestor Cables Oy 2023, 63-64.)



KUVA 7. 1x16 PLC-jaotin (Juliander 2024).

Kaapelointi ulkoseinältä välikaton kautta asuinhuoneistoihin toteutetaan sisä- ja ulkokäyttöön soveltuvalla Nestor Cablesin FTMSU-valokuitukaapelilla. Kaapelissa on neljä kuitua ja se on metalliton. Kaapelin paloluokka on C_{ca} eli sisäkäyttöön soveltuva. Rakennuksen yläpohjassa kaapelia on helppoa käsitellä kokonsa vuoksi. Kaapeli on vahvistettu lasikuitulangoilla, jotka toimivat kaapelin lujitteena. Rakennekuva kaapelista on esitetty alla (kuva 8).



KUVA 8. FTMSU-kaapelin rakennekuva (Juliander 2024).

Nestorin NesCon-tuotesarjan Optobox 4 toimii FTMSU-kaapelin valokuitujen kodin päätekotelona (kuva 9). Optobox 4 on saatavilla valmiiksi päätetyllä FTMSU-

kaapelilla, jolloin vältetään kuidun päättämistyöt huoneiston kotijakamossa. Päätekotelo varustetaan SC/APC-liittimillä niiden helpomman käsiteltävyyden vuoksi.

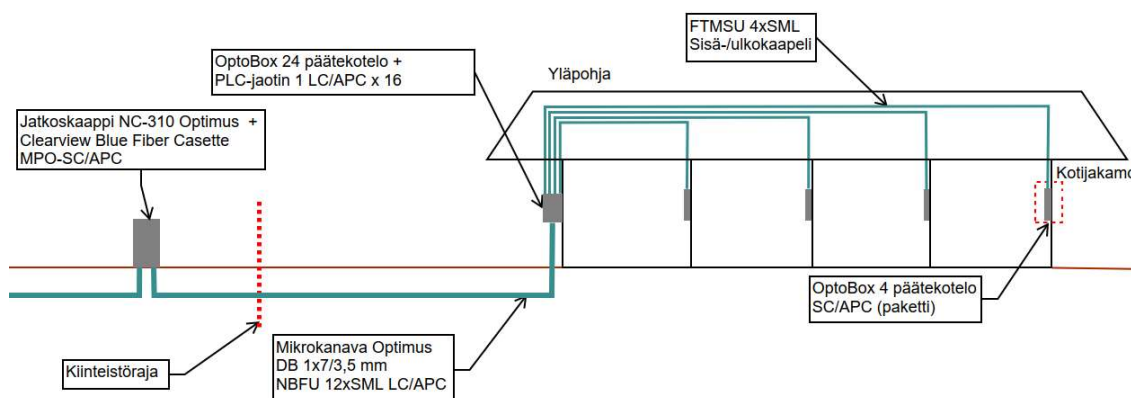


KUVA 9. Päätekotelo Optobox 4 (Juliander 2024).

4.2 Talokaapelointi osittain mikroputkitekniikalla

Talokaapelointi voidaan toteuttaa osittain mikrokanavatekniikalla, jolloin jatkoskaapilta lähtevät talokaapelit kytketään jatkoskasettiin. Jatkoskaapin tarkoituksena on jakaa talokaapelit rakennuskohtaisesti jatkoskasetin avulla. Jatkoskaapilta alkava talokaapelointi puhalletaan mikrokanavaan, joka päättyy ulkojatkoskoteloon. Kaapelointi ulkojatkoskotelolta huoneistojen sisäpäätekoteloille toteutetaan ilman mikroputkia ulko- ja sisäkäyttöön soveltuvalla kaapelilla. Ratkaisu on suunniteltu osittain PnP-ratkaisulla (Plug and Play) valmisliittimiä hyödyntäen. Jatkoskasetin ansiosta hitsausten tekeminen vältetään jakokaapin päässä. Sisä-

/ulkokaapelin hitsaus tarvitsee edelleen suorittaa ulkopäätekotelon jaottimella edellisen ratkaisun tavoin. Verkkomallin rakenne on esitetty alla olevassa kuviossa (kuvio 6).



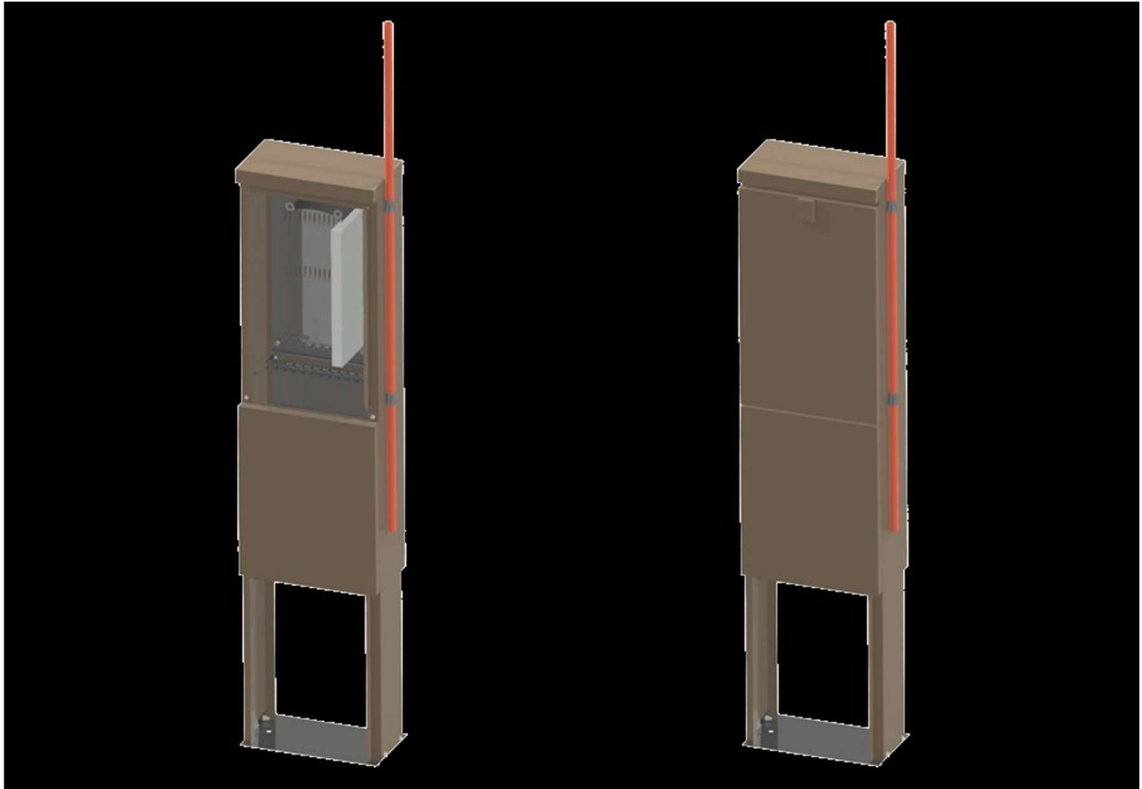
KUVIO 6. Talokaapelointi osittain mikroputkitekniikalla.

Jatkoskaapin syöttökaapelina käytetään Clearfieldin 12-kuituista puhallettavaa FieldShield-kaapelia. 12-kuituinen valokaapeli päätetään pääteasettiin koottavalla MPO-monikuituliittimellä (Multi-Fiber Push On) (kuva 10). Puhalluksen aikana kaapelissa on muovinen suoja, joka suojaa kaapelin ferruleta. Palvelinympäristöstä tutun MPO-liittimen etuja on pieni koko ja suuri liitännätiheys. (Nestor Cables Oy 2023, 57). Syöttökaapeli puhalletaan jatkoskaapille Nestor Cablesin Optimus DB 4x14/10 mm mikrokanavassa.



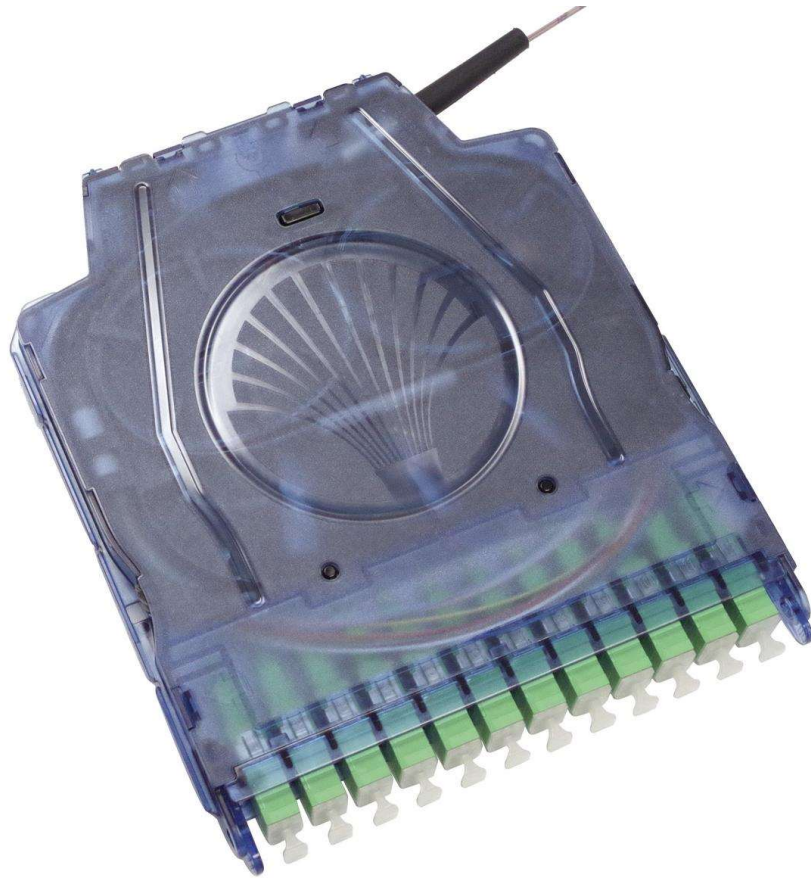
KUVA 10. Koottava FieldShield MPO-liitin (Clearfield n.d.).

Jatkoskaappi NC-310 Optimus on Nestorin mikrokanaville suunnittelema jatkoskaappi (kuva 11). Optimus-tuotesarjan jatkoskaapissa on erikseen mikrokanaville suunniteltu kiinnityskampa. Kiinnityskampon avulla mikrokanavien asennus voidaan hoitaa ilman työkaluja. Jatkoskaappiin on saatavilla metallilevy jatkoskasettien kiinnittämiseksi.



KUVA 11. Jatkoskaappi NC-310 Optimus (Juliander 2024).

Jatkoskaapissa MPO-liittimellinen syöttökaapeli päätetään Clearfieldin Clearview tuotesarjan BlueFiber-kasettiin (kuva 12). Kasetti toimii jatkoslevyn tavoin 12-kuituiselle syöttökaapelille. Kasettiin on mahdollista liittää 12–24 talokaapelia, jolloin isompi rakennusmäärä ei ole ongelma. SC/APC-liittimillä kasetin kapasiteetti on 12 ja LC/APC Duplex-liittimillä 24.



KUVA 12. Clearview Blue Fiber Casette (Clearfield, n.d).

Jatkoskaapilta rakennuksen seinällä olevalle jatkoskotelolle puhalletaan Nestor Cablesin NBFU 12xSML-kaapeli (kuva 13). Kaapeli puhalletaan Optimus DB tuotesarjan 1x3/7,5 mikrokanavaan. Puhallettavassa kaapelissa on koottava LC-liitin, joka päätetään Optobox 24-ulkopäätetekotelon adapterilevyille (kuva 14). Ratkaisussa päätetekotelon sisälle tulee mikroputkettomasta vaihtoehdosta tuttu 1x16 PLC-jaotin. Jaotin liitetään hitsaamalla ulkoseinän päätetekotelolla huoneistoille lähteviin FTMSU-kaapelin kuituihin. FTMSU 4xSML-kaapeli asennetaan rakennuksen yläpohjan kautta huoneistoihin. Kaapeli on päätetty valmiiksi tehtaalla Optobox 4-päätetekoteloon. Ylimääräinen FTMSU-kaapeli voidaan varastoida rakennuksen yläpohjaan siistille kiepille.



KUVA 13. NBFU-kaapelin puhaltaminen mikrokanavaan (Juliander 2024).



KUVA 14. NBFU-kaapelin koottava LC/APC-liitin ennen puhallusta (Juliander 2024).

4.3 Talokaapelointi kokonaan mikroputkitekniikalla

Kokonaan mikroputkitekniikkaa hyödyntävässä ratkaisussa alkuosa ulkoseinällä olevalle päätekotelolle asti on vastaava kuin edellisessä. Ratkaisu on suunniteltu toteutettavaksi kokonaan ilman valokuitujen jatkamistöitä Plug and Play-ratkaisulla. Ulkoseinän päätekoteloon sisälle tulevat uutena ratkaisuna pienet kelat, joihin voidaan varastoida ylimääräiset kaapelit. Jokaisen ulkoseinän päätekotelon



KUVA 15. 1x16 WaveSmart Ruggedized Splitter (Clearfield n.d.).

Jaottimen lisäksi Flexboxiin asennetaan Clearfieldin FieldShield StrongFiber Drop Wheel (kuva 16). Plug and Play-ratkaisuun suunniteltu tuote sisältää pienet kelat, joihin on valmiiksi asennettu FieldShield StrongFiber-valokuitukaapelit. Pienten kelojen tarkoituksena on varastoida ulkoseinän ja huoneistojen päätetekoteloiden väliset ylimääräiset kaapelit. Kelalle mahtuvan kaapelin suurin pituus on 60 m. Kelat asennetaan niille tarkoitettuun kannatintelineeseen. Teline sisältää valitun mallin mukaan 4–16 paikkaa keloille. Jaottimelta tulevat SC/APC-liittimelliset kaapelit asennetaan telineessä oleviin liitinadaptereihin. Vastaavasti kelojen SC/APC-liittimelliset kaapelit kytketään telineen liitinadaptereihin.



KUVA 16. Flexbox-jatkoskoteloon asennettu FieldShield StrongFiber Drop Wheel (Clearfield n.d.).

FieldShield StrogFiber-kaapeli asennetaan Clearfieldin Plenum 10/6 mm mikroputkeen (kuva 17). Jokaiselle huoneistolle on siis asennettava oma yksittäinen mikroputkensa. Mikroputki soveltuu ulko- ja sisäkäyttöön, jonka vuoksi se on tehty helpommin käsiteltäväksi. StrogFiber-kaapeli asennetaan Plenum-mikroputkeen vetämällä.



KUVA 17. FieldShield Plenum 10/6 mm mikroputki (Clearfield n.d.).

Huoneiston Optobox 4- päätetekelolla StrongFiber-kaapelille tehtäväksi jää normaali vedonpoisto ja liittimen asennus. Kaapelissa on siis vetovaiheessa ferrulen päällä muovisuojaus, joka poistetaan koottavan SC/APC-liittuimen tieltä (kuva 18). Liitin päätetään päätetekelossa olevaan SC/APC-liitinadapteriin.

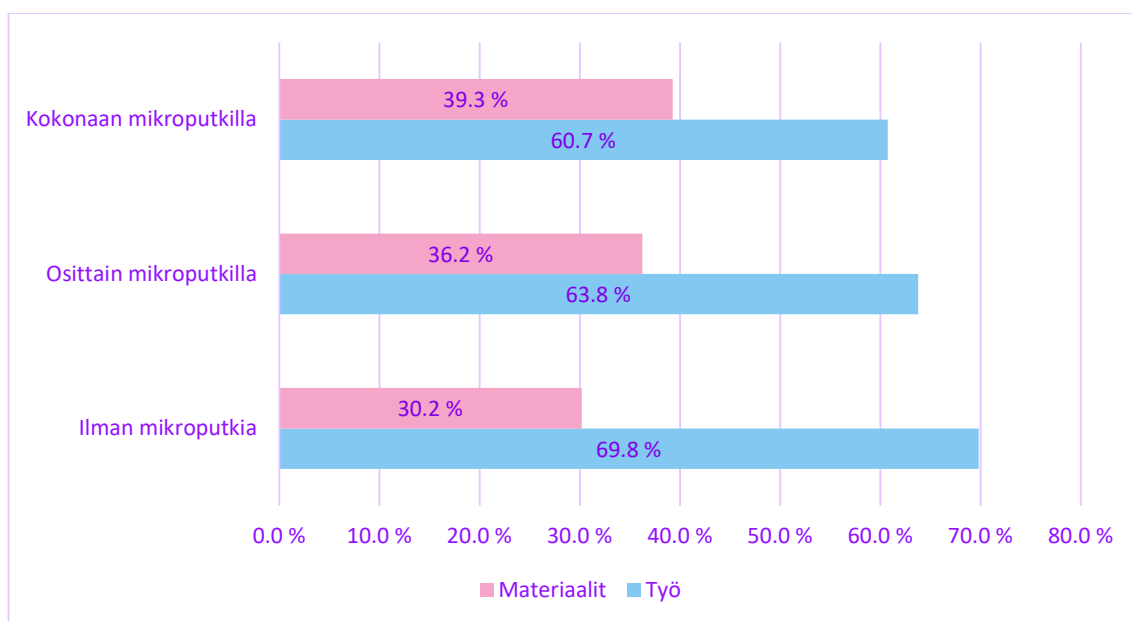


KUVA 18. Koottava SC/APC liitin (Clearfield n.d.).

5 KUSTANNUSTEN JAKAANTUMISEN VERTAILU

Opinnäytetyön lopuksi tehdään kustannusten jakaantumisen vertailu materiaali- ja työsuoritekustannuksista. Laskelma tehdään 12 huoneistoa sisältävälle rivitalokiinteistölle. Kaapelointia tontin alueella on 30 m ja rakennuksen yläpohjassa enintään 30 m. Vertailussa on mukana kaikki kolme suunnitelmaa eli kaksi mikroputkilla tehtävää vaihtoehtoa ja yksi ilman mikroputkia toteutettu ratkaisu.

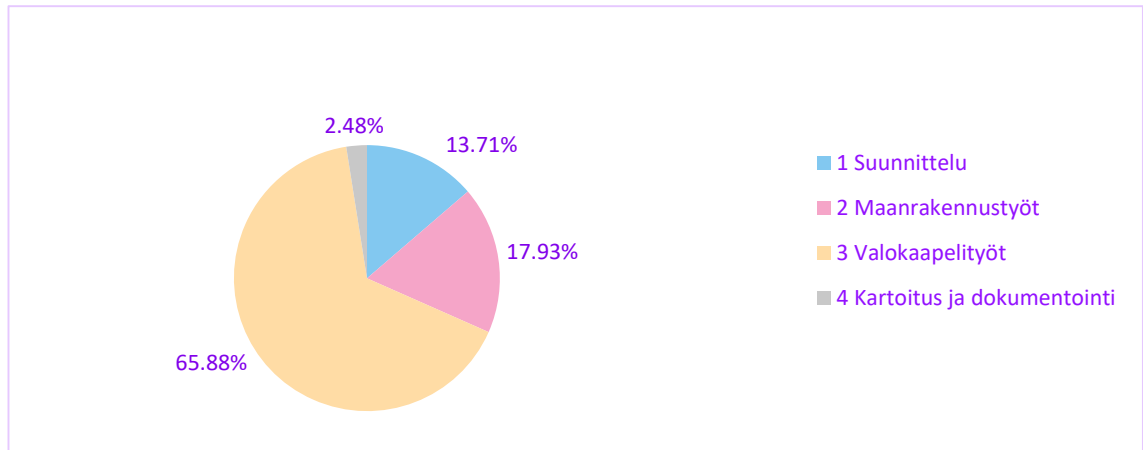
Alapuolella olevassa kuviossa on esitetty työn ja materiaalien kokonaiskustannusten jakaantuminen prosentuaalisesti eri vaihtoehdoissa (kuvio 8). Kuvioista voidaan huomata työn osuuden olevan suurin ilman mikroputkia tehtävässä ratkaisussa. Materiaalien osuus taas on pienin ilman mikroputkia tehtävässä ratkaisussa, mutta suurin kokonaan mikroputkilla tehtävässä ratkaisussa. Osittain mikroputkilla tehtävän talokaapeloinnin kokonaiskustannukset jäävät kahden muun vaihtoehdon puoliväliin.



KUVIO 8. Kustannusten jakaantuminen eri ratkaisuihin.

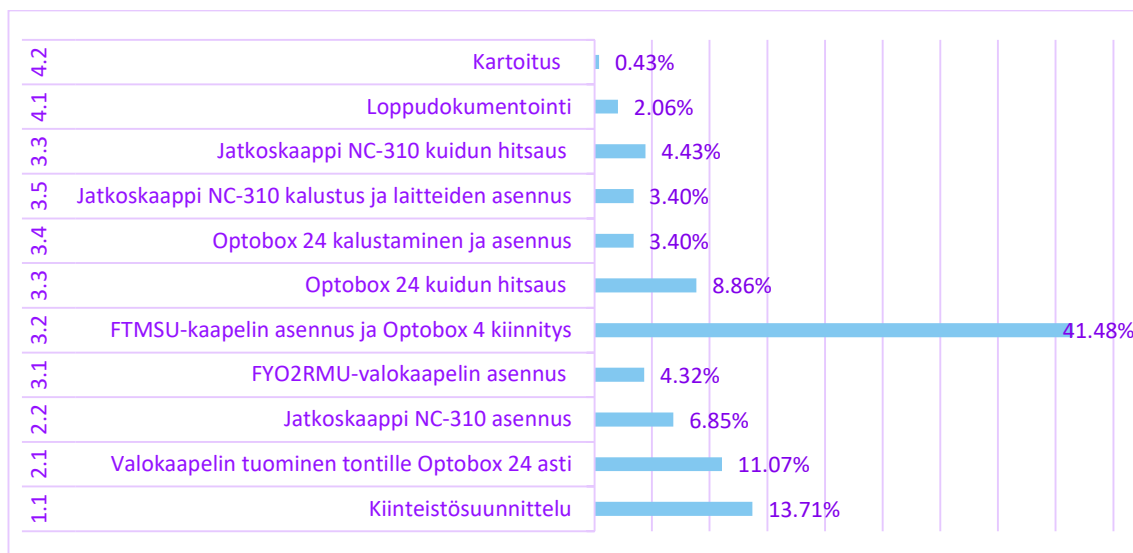
5.1 Talokaapelointi ilman mikroputkia

Kaapelien asennus- ja päättämistyöt muodostavat suurimman osan noin 66 % työkustannuksista ilman mikroputkia tehtävässä vaihtoehdossa. Maanrakennustyöiden kustannukset ovat 18 % ja suunnittelun osuus 14 %. Dokumentoinnin ja kartoituksen osuus kokonaiskustannuksista on pienin noin 3 %. Työsuoritteiden kustannukset löytyvät alla olevasta kuviosta (kuvio 9).



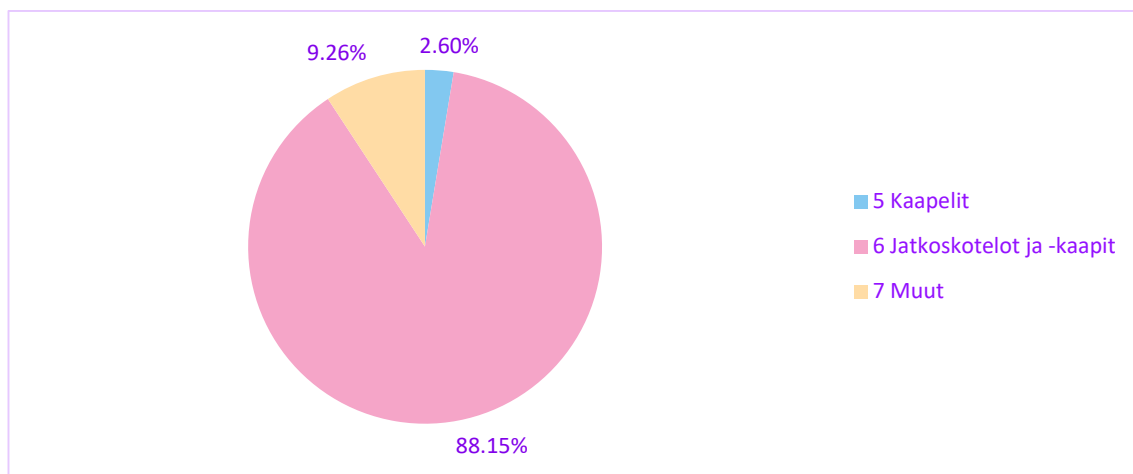
KUVIO 9. Työsuoritteiden kustannukset koottuna kategorioihin.

Työsuoritteita tarkemmin tarkasteltaessa kaapelin asennus yläpohjassa ja kodin päätekotelon asentaminen aiheuttavat eniten kustannuksia. Työtunteihin on laskettu mukaan kuitujen tutkaaminen valokaapelitutkalla lähimmälle kuitujatkokselle asti. Maakaapelin valmistelu ja hitsaustyöt aiheuttavat 17 % kokonaiskustannuksista. Tarkemmat tiedot työsuoritteiden kustannusten jakaantumisesta löytyvät alla olevasta kuviosta (kuvio 10).



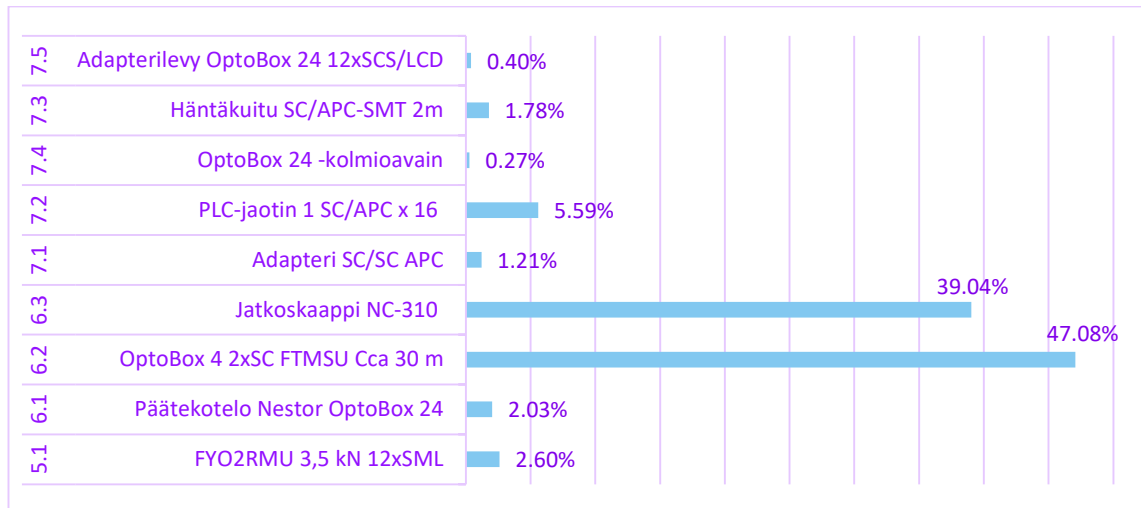
KUVIO 10. Työsuoritteiden kustannukset eriteltyinä.

Materiaalikustannukset ovat pienimmät ilman mikroputkia tehtävässä ratkaisussa. Kustannuksista lähes 90 % muodostavat jatkoskotelot ja -kaapit. Kaapelien osuus on 3 % kokonaiskustannuksista. Muihin 9 % kustannuksiin sisältyvät jatkoskoteloihin ja -kaappeihin asennettavat materiaalit. Materiaalien kustannukset löytyvät alla olevasta kuviosta (kuvio 11).



KUVIO 11. Materiaalikustannukset koottuna keskeisiin kategorioihin.

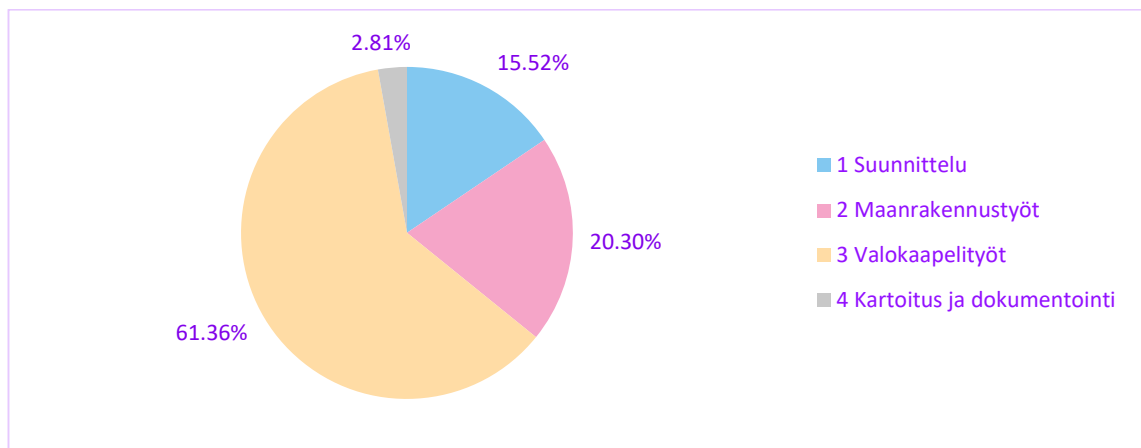
Suurin osa materiaalikustannuksista jakaantuu jatkoskaapin ja kodin päätekoteloiden välille. Jatkoskoteloiden suuri määrä nostaa niiden osuutta kokonaiskustannuksista. Lisäksi tulee huomioida, että hintaan sisältyy huoneiston päästä valmiiksi päätetty 30 m kaapeli. Ilman mikroputkia tehtävän vaihtoehdon tuotteiden kustannusvaikutukset on eritelty alla (kuvio 12).



KUVIO 12. Materiaalikustannukset eriteltyinä.

5.2 Talokaapelointi osittain mikroputkitekniikalla

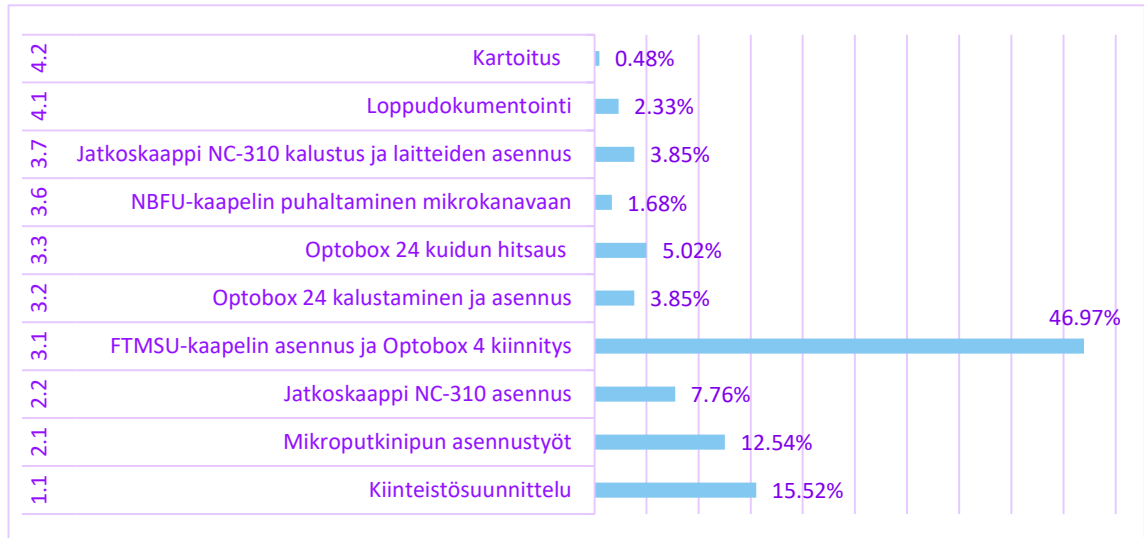
Osittain mikroputkillä tehtävässä ratkaisussa valokaapelitöiden osuus on 61 %. Valokaapelitöiden osuus pienenee noin 4 % verrattuna ensimmäiseen vaihtoehtoon. Ero johtuu siitä, että kuituhitsausten määrä vähenee. Maanrakennustöiden, suunnittelun sekä kartoituksen ja dokumentoinnin kustannukset kasvavat, koska työsuoritteiden kokonaiskustannukset pienenevät. Työsuoritteiden kustannusosuudet ovat nähtävissä alla (kuvio 13).



KUVIO 13. Työsuoritteiden kustannukset kategorioittain.

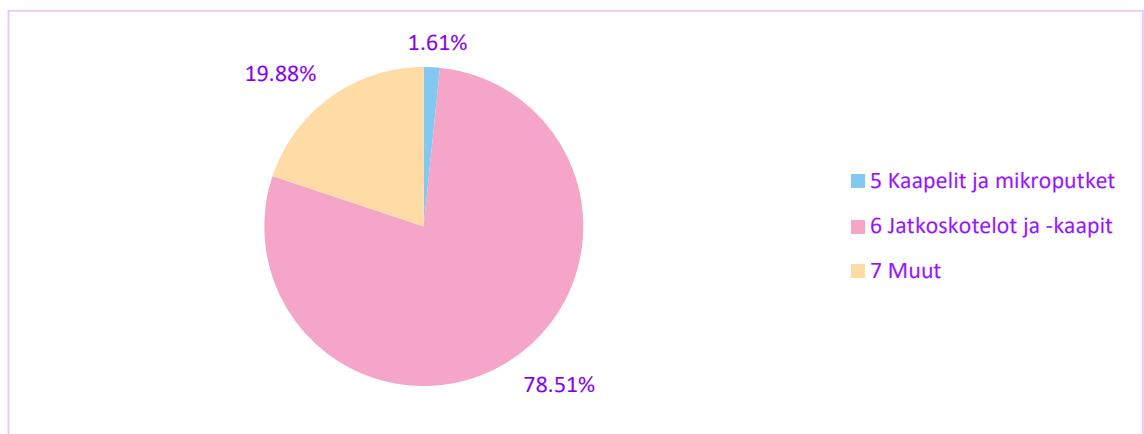
Tarkemmin työsuoritteita tarkasteltaessa kuituhitsausten määrä vähenee, sillä jatkoskaapin päässä ei tarvitse tehdä hitsauksia. Puhallettavalla LC/APC-liitti-

mellä varustettu NBFU-kaapeli mahdollistaa hitsausten pois jäännin myös rakennuksen ulkoseinän päätetekotelolla. Työsuoritteet eriteltyinä alla olevassa kuviossa (kuvio 14).



KUVIO 14. Työsuoritteiden osuudet eriteltyinä kokonaiskustannuksista.

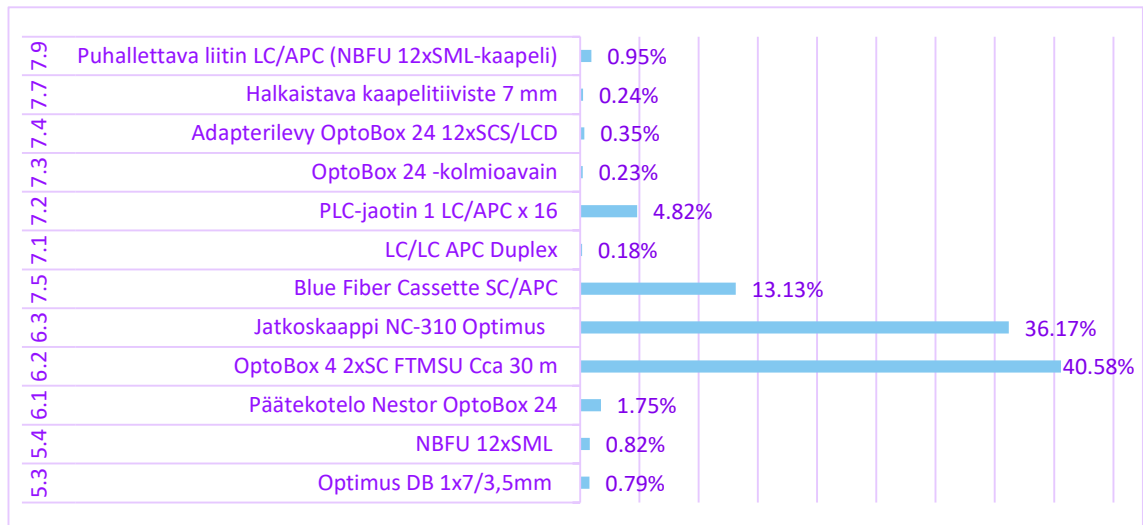
Materiaalikustannuksissa muiden materiaalien osuus kasvaa kaksinkertaiseksi noin 20 % verrattuna edelliseen ratkaisuun. Kokonaiskustannusten noustessa jatkoskoteloiden ja -kaappien sekä kaapelien ja mikroputkien osuudet pienenevät. Materiaalikustannukset löytyvät alapuolella olevasta kuvioista (kuvio 15).



KUVIO 15. Materiaalikustannukset koottuna keskeisiin kategorioihin.

Yksittäisiä tuotteita tarkasteltaessa jatkoskasetin osuus kokonaiskustannuksista on 13 %. Jakokaapille asennettava jatkoskasetti on tavallista jatkoslevyä kalliimpi tuote. Säästöä tulee kuitenkin työajassa, sillä talokaapelien liittäminen kasettiin

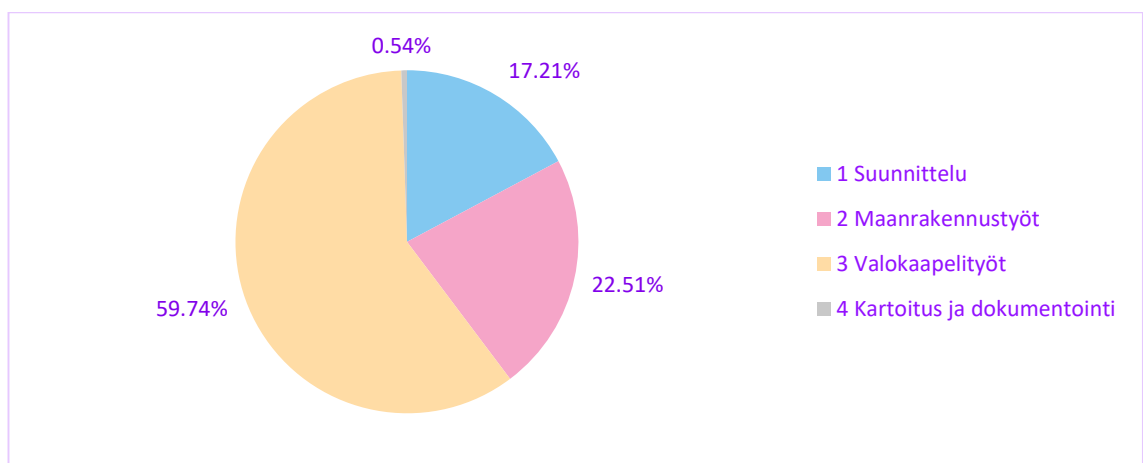
on normaalia jatkoslevyä nopeampaa. Mikroputkitekniikan käyttö muuttaa myös hieman materiaalikustannusten jakaantumista. Materiaalikustannusten jakaantuminen on nähtävissä alapuolella (kuvio 16).



KUVIO 16. Materiaalikustannukset eriteltyinä.

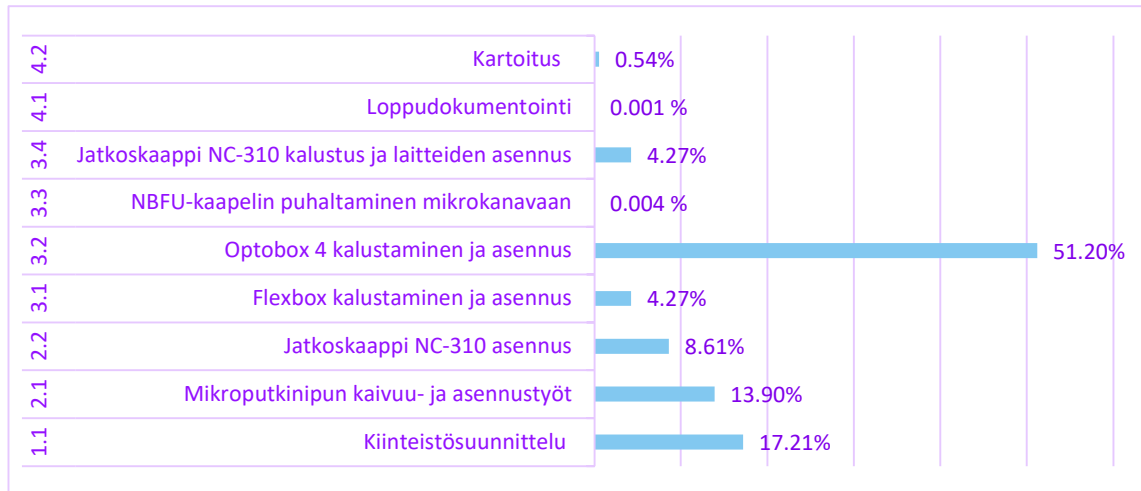
5.3 Talokaapelointi kokonaan mikroputkitekniikalla

Kokonaan mikroputkitekniikalla tehtävällä ratkaisulla työsuoritteiden osuudet ovat pienimmät kokonaiskustannuksista. Valokaapelitöiden kustannukset laskevat noin 60 %. Vastaavasti suunnittelun kustannusten osuus nousee noin 17 % ja maanrakennustöiden 23 %. Työsuoritteiden kokonaiskustannukset kategorioitain on nähtävissä alla olevasta kuviosta (kuvio 17).



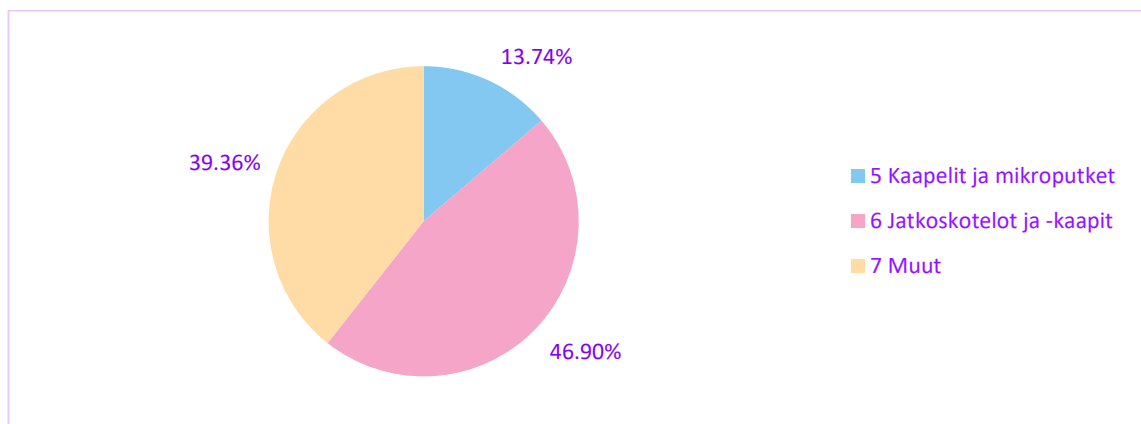
KUVIO 17. Työsuoritteiden kustannukset kategorioitain.

Työsuoritteiden kustannuksia pienentää hitsausten pois jäänti ulkopäätetekotelolla. Kustannukset pienenevät noin 5 % verrattuna edelliseen osittain mikroputkilla tehtävään ratkaisuun. Optobox 4 kalustaminen ja asennus nimellä kulkevaan työsuoritteeseen kuuluu myös mikroputkien asentaminen rakennuksen yläpohjaan. Lisäksi päätetekoteloiden työsuoritteet sisältävät kuitujen tutkimuksen lähimmälle kuitujatkolle. Työsuoritteiden tarkemmat erittelyt ovat nähtävissä alla olevasta kuviossa (kuvio 18).



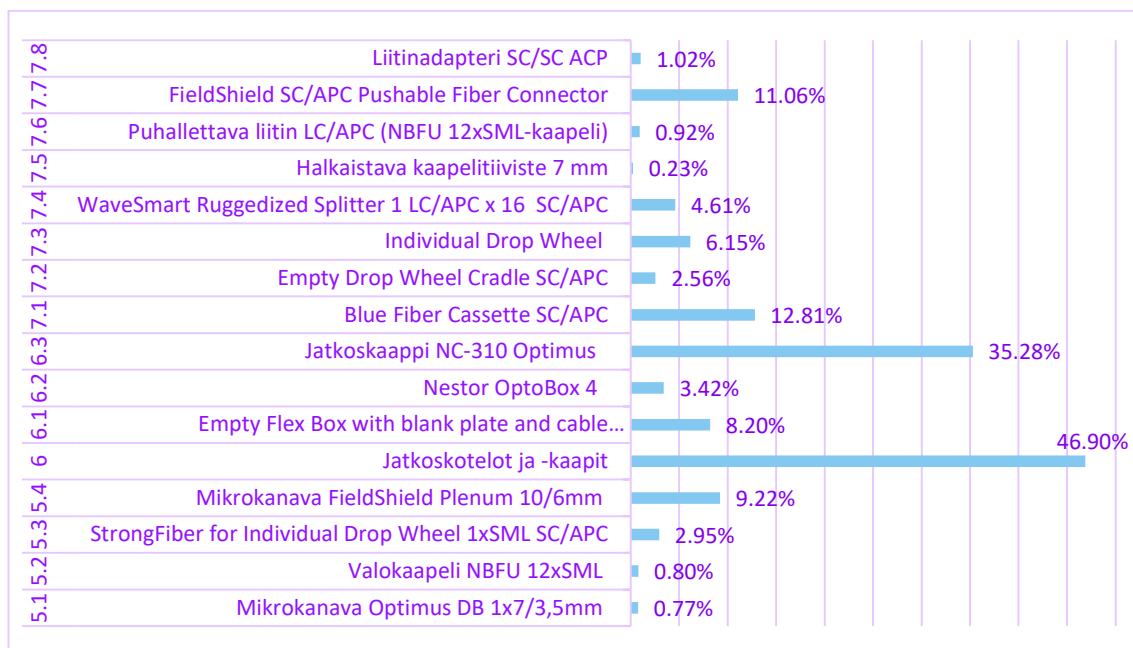
KUVIO 18. Työsuoritteiden kustannukset eriteltyinä.

Materiaalikustannusten pääkategorioita tarkasteltaessa jatkoskoteloiden ja -kaappien osuus kasvaa noin 47 % osuuteen. Vastaavasti muiden kategorioiden kustannukset pienenevät kokonaiskustannusten noustessa. Materiaalikustannukset kategorioittain alla olevassa kuviossa (kuvio 19).



KUVIO 19. Materiaalien kustannukset kategorioittain.

Materiaalikustannusten erittelystä voidaan huomata tarvittavien tuotteiden määrän kasvaneen, joka luonnollisesti nostaa kustannuksia. Suurimman osan kustannuksista muodostuu edellisten ratkaisuiden tavoin jatkoskotelosta. Huomion arvoista on myös, että rakennuksen yläpohjaan asennettava palo-ominaisuksiltaan parannettu mikrokanava on normaalia mikrokanavaa arvokkaampaa. Materiaalikustannukset eriteltyinä ovat nähtävissä alla olevassa kuviossa (kuvio 20).



KUVIO 20. Materiaalien kustannukset eriteltyinä.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön teoriaosuuden tarkoituksena oli perehtyä rivitalojen sisäverkkojen suunnitteluun vaikuttavaan Traficomien määräykseen ja sen sallimiin poikkeuksiin. Työn tavoitteena oli tuottaa toimeksiantajan käyttöön kolme vaihtoehtoista suunnitelmaa rivitalon sisäverkon toteuttamiseen. Suunnitelmien tarkoituksena oli tuottaa valmis tuoteisto yrityksen käyttöön. Lopuksi tarkoituksena oli suorittaa kustannusvertailu eri ratkaisuiden välillä.

Työn tuloksena saatiin suunnitelma kustannustehokkaasta verkkomallista, joka voidaan toteuttaa kolmella eri vaihtoehdolla. Ratkaisu voidaan toteuttaa kokonaan kaapeleilla ilman mikroputkia, talon ulkoseinän jatkoskotelolle asti mikroputkilla ja kokonaan mikroputkitekniikalla. Suunnitelmien pohjalta laadittiin materiaalistaus kustannuslaskennan tekemiseksi. Lopputuloksena työstä saatiin vertailu kustannusten jakaantumisesta Excel-tiedostona. Suunnitelmissa esiintyvän jatkoskaapin tarpeellisuutta on hyvä arvioida kriittisesti kohde kohtaisesti. Jatkoskaappi komponentteineen lisäsi kustannuksia merkittävästi. Laskelman olisi voinut tehdä myös ilman jatkoskaappia.

Suunnitelmissa on hyvä huomioida, ettei niitä koske sisäverkon määräykset. Talokaapelista vastaa yhteyden rakentava operaattori ja kaapeli kuuluu ulkoiseen viestintäverkkoon. Ulkoisen viestintäverkon kaapelointia koskevat omat määräyksensä, jotka ovat lievempiä. Suunnitelman ottaminen käytäntöön alan yrityksissä vaatii konkreettisia esimerkkejä rakennustavalla saatavista kustannus- ja aikasäästöistä.

Toimeksiantaja saa suunnitelmat käyttöönsä, ja voi hyödyntää niitä asiakkailleen tarjoamiensa valmiiden tuotepakettiensa kehittämiseen. Työ pyrkii vastaamaan kysymyksiin taloyhtiöiden tontin alueella tapahtuvasta optisesta kaapeloinnista, joka jää usein epäselväksi. Työ on alan suunnittelijoille ja opiskelijoille tarkoitettu tietopaketti erityisesti kiinteistön ympärillä, mutta myös sen sisäpuolella tapahtuvasta kaapeloinnista. Työ antaa hyvät lähtökohdat suurten kerrostalojen sisäverkkojen kustannustehokkaalle suunnittelulle. Alan opiskelijoiden kannattaa hyödyntää aihetta esimerkiksi opinnäytetyössään.

LÄHTEET

Clearfield. n.d. Fiber Optic Products. Viitattu 25.3.2024.

<https://www.nestorcables.fi/kaapelitietoutta/kirjat-ja-julkaisut>

Laki sähköisen viestinnän palveluista. 7.11.2014/917. Viitattu 11.1.2024.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140917>

Juliander, K.-M. Asiakaspalvelupäällikkö. 2024. Kuvia opinnäytetyöhön. Sähköpostiviesti 26.3.2024.

Määräys 54 C/2021 viestintäverkkojen ja -palvelujen varmistamisesta sekä viestintäverkkojen synkronoinnista. Traficom 17.6.2021. Viitattu 28.3.2024

<https://www.kyberturvallisuuskeskus.fi/sites/default/files/media/regulation/M%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ys%20viestint%C3%A4verkkojen%20ja%20palvelujen%20varmistamisesta%20sek%C3%A4%20viestint%C3%A4verkkojen%20synkronoinnista.pdf>

Määräys 65 E/2022 kiinteistön sisäverkoista ja teleurakoinnista. Traficom 21.12.2022. Viitattu 11.1.2024.

<https://www.traficom.fi/fi/sisaverkot?toggle=M%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ys%2065%20kiinteist%C3%B6n%20sis%C3%A4verkoista%20ja%20teleurakoinnista>

Määräyksen 65 E/2022 perustelut ja soveltaminen. Traficom 21.12.2022. Viitattu 11.1.2024.

<https://www.traficom.fi/fi/sisaverkot?toggle=M%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ys%2065%20kiinteist%C3%B6n%20sis%C3%A4verkoista%20ja%20teleurakoinnista>

Nestor Cables Oy. 2023. FTTX Optiset liitäntäverkot. Viitattu 11.1.2024. Vaatii käyttöoikeuden.

<https://www.nestorcables.fi/kaapelitietoutta/kirjat-ja-julkaisut>

Nestor Cables Oy. n.d. Tuotteet. Viitattu 25.3.2024.

<https://www.nestorcables.fi/kaapelitietoutta/kirjat-ja-julkaisut>

LIITTEET

Liite 1. Kustannusten jakaantuminen ilman mikroputkia

Nro	Projektin vaihe/työsuorite/materiaali	Määrä	Yksikkö	yht./100%
1	Suunnittelu			13.71 %
1.1	Kiinteistösuunnittelu	4	h	13.71 %
2	Maanrakennustyöt			17.93 %
2.1	Valokaapelin tuominen tontille Optobox 24 asti	30	m	11.07 %
2.2	Jatkoskaappi NC-310 asennus	1	kpl	6.85 %
3	Valokaapelityöt			65.88 %
3.1	FYO2RMU-valokaapelin asennus	2	kpl	4.32 %
3.2	FTMSU-kaapelin asennus ja Optobox 4 kiinnitys	12	kpl	41.48 %
3.3	Optobox 24 kuidun hitsaus	24	kpl	8.86 %
3.4	Optobox 24 kalustaminen ja asennus	1	h	3.40 %
3.5	Jatkoskaappi NC-310 kalustus ja laitteiden asennus	1	h	3.40 %
3.3	Jatkoskaappi NC-310 kuidun hitsaus	12	kpl	4.43 %
4	Kartoitus ja dokumentointi			2.48 %
4.1	Loppudokumentointi	390	m	2.06 %
4.2	Kartoitus	30	m	0.43 %
	Materiaalit			
5	Kaapelit			2.60 %
5.1	FYO2RMU 3,5 kN 12xSML	30	m	2.60 %
6	Jatkoskotelot ja -kaapit			88.15 %
6.1	Päätetekelo Nestor OptoBox 24	1	kpl	2.03 %
6.2	OptoBox 4 2xSC FTMSU Cca 30 m	12	kpl	47.08 %
6.3	Jatkoskaappi NC-310	1	kpl	39.04 %
7	Muut			9.26 %
7.1	Adapteri SC/SC APC	12	kpl	1.21 %
7.2	PLC-jaotin 1 SC/APC x 16	1	kpl	5.59 %
7.4	OptoBox 24 -kolmioavain	1	kpl	0.27 %
7.3	Häntäkuitu SC/APC-SMT 2m	12	kpl	1.78 %
7.5	Adapterilevy OptoBox 24 12xSCS/LCD	1	kpl	0.40 %

Liite 2. Kustannusten jakaantuminen osittain mikroputkilla

Nro	Projektin vaihe/työsuorite/materiaali	Määrä	Yksikkö	
1	Suunnittelu			15.52 %
1.1	Kiinteistösuunnittelu	4	h	15.52 %
2	Maanrakennustyöt			20.30 %
2.1	Mikroputkinipun asennustyöt	30	m	12.54 %
2.2	Jatkoskaappi NC-310 asennus	1	kpl	7.76 %
3	Valokaapelityöt			61.36 %
3.1	FTMSU-kaapelin asennus ja Optobox 4 kiinnitys	12	kpl	46.97 %
3.2	Optobox 24 kalustaminen ja asennus	1	h	3.85 %
3.3	Optobox 24 kuidun hitsaus	12	kpl	5.02 %
3.6	NBFU-kaapelin puhaltaminen mikrokanavaan	30	m	1.68 %
3.7	Jatkoskaappi NC-310 kalustus ja laitteiden asennus	1	h	3.85 %
4	Kartoitus ja dokumentointi			2.81 %
4.1	Loppudokumentointi	390	m	2.33 %
4.2	Kartoitus	30	m	0.48 %
5	Kaapelit ja mikroputket			1.61 %
5.3	Optimus DB 1x7/3,5mm	30	m	0.79 %
5.4	NBFU 12xSML	30	m	0.82 %
6	Jatkoskoteloit ja -kaapit			78.51 %
6.1	Päätetekelo Nestor OptoBox 24	1	kpl	1.75 %
6.2	OptoBox 4 2xSC FTMSU Cca 30 m	12	kpl	40.58 %
6.3	Jatkoskaappi NC-310 Optimus	1	kpl	36.17 %
7	Muut			19.88 %
7.5	Blue Fiber Cassette SC/APC	1	kpl	13.13 %
7.1	LC/LC APC Duplex	1	kpl	0.18 %
7.2	PLC-jaotin 1 LC/APC x 16	1	kpl	4.82 %
7.3	OptoBox 24 -kolmioavain	1	kpl	0.23 %
7.4	Adapterilevy OptoBox 24 12xSCS/LCD	1	kpl	0.35 %
7.7	Halkaistava kaapeliiviste 7 mm	2	kpl	0.24 %
7.9	Puhallettava liitin LC/APC (NBFU 12xSML-kaapeli)	1	kpl	0.95 %

Liite 3. Kustannusten jakaantuminen kokonaan mikroputkilla

Nro	Projektin vaihe/työsuorite/materiaali	Määrä	Yksikkö	yht./100%
1	Suunnittelu			17.21 %
1.1	Kiinteistösuunnittelu	4	h	17.21 %
2	Maanrakennustyöt			22.51 %
2.1	Mikroputkinipun kaivuu- ja asennustyöt	30	m	13.90 %
2.2	Jatkoskaappi NC-310 asennus	1	kpl	8.61 %
3	Valokaapelityöt			59.74 %
3.1	Flexbox kalustaminen ja asennus	1	h	4.27 %
3.2	Optobox 4 kalustaminen ja asennus	12	h	51.20 %
3.3	NBFU-kaapelin puhaltaminen mikrokanavaan	30	m	0.004 %
3.4	Jatkoskaappi NC-310 kalustus ja laitteiden asennus	1	h	4.27 %
4	Kartoitus ja dokumentointi			0.54 %
4.1	Loppudokumentointi	390	m	0.001 %
4.2	Kartoitus	30	m	0.54 %
5	Kaapelit ja mikroputket			13.74 %
5.1	Mikrokanava Optimus DB 1x7/3,5mm	30	m	0.77 %
5.2	Valokaapeli NBFU 12xSML	30	m	0.80 %
5.3	StrongFiber for Individual Drop Wheel 1xSML SC/APC	180	m	2.95 %
5.4	Mikrokanava FieldShield Plenum 10/6mm	180	m	9.22 %
6	Jatkoskotelot ja -kaapit			46.90 %
6.1	Empty Flex Box with blank plate and cable management kit.	1	kpl	8.20 %
6.2	Nestor OptoBox 4	12	kpl	3.42 %
6.3	Jatkoskaappi NC-310 Optimus	1	kpl	35.28 %
7	Muut			39.36 %
7.1	Blue Fiber Cassette SC/APC	1	kpl	12.81 %
7.2	Empty Drop Wheel Cradle SC/APC	1	kpl	2.56 %
7.3	Individual Drop Wheel	12	kpl	6.15 %
7.4	WaveSmart Ruggedized Splitter 1 LC/APC x 16 SC/APC	1	kpl	4.61 %
7.5	Halkaistava kaapelitiiviste 7 mm	2	kpl	0.23 %
7.6	Puhallettava liitin LC/APC (NBFU 12xSML-kaapeli)	1	kpl	0.92 %
7.7	FieldShield SC/APC Pushable Fiber Connector	12	kpl	11.06 %
7.8	Liitinadapteri SC/SC ACP	12	kpl	1.02 %