

Timo Korpela

KAAPELISUOJAPUTKITUSTEN SUUNNITTELU, RAKENTAMINEN JA KÄYTTÖ

KAAPELISUOJAPUTKITUSTEN SUUNNITTELU, RAKENTAMINEN JA KÄYTTÖ

Timo Korpela
Opinnäytetyö
Kevät 2015
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma, yhdyskuntatekniikan suuntautumisvaihtoehto

Tekijä(t): Timo Korpela

Opinnäytetyön nimi: Kaapelisuojausputkitusten suunnittelu, rakentaminen ja käyttö

Työn ohjaaja(t): Terttu Sipilä, Oulun ammattikorkeakoulu; Kai Mäenpää, Oulun kaupunki; Tapio Siikaluoma, Oulun kaupunki; Mika Jutila, Oulun kaupunki

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2015 Sivumäärä: 51 + 2 liitettä

Kaapelit ovat välttämätön osa tiedonsiirto- ja sähkönjakeluverkkoa. Kaapeleita asennetaan jatkuvasti lisää niin uusille kuin vanhoillekin asuinalueille. Kaivutyöt ovat kalliita, liikennettä haittaavia ja ne vähentävät katualueen viihtyisyyttä. Ne sekoittavat myös rakennekerroksia ja saattavat katkaista tai vaurioittaa jo olemassa olevia sähkö- ja datakaapeleita. Mikäli suuria kaivutöitä voisi korvata kaapelin asentamisella valmiiseen kaapelisuojausputkeen eli varausputkeen, näiltä haitoilta vältyttäisiin. Oman lisänsä tuo tietomallien tulo myös infrarakennusalueelle. Kaapelireitit tulee huomioida tietomallien laatimisessa.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli laatia ohjeistus katualueelle ja siltoihin sijoitettavien kaapelisuojausputkien suunnitteluun, rakentamiseen ja käyttöön. Lisäksi tarkoituksena oli tutkia, millaisia maksuja operaattoreilta kannattaisi periä kaapelireittien rakentamiskustannusten kattamiseksi.

Tässä opinnäytetyössä esitettyjen ohjeistusten laatimiseksi perehdyttiin jo rakennettujen katu- ja siltakohteiden suunnitelmiin sekä toteutukseen. Työn eri vaiheissa hyödynnettiin runsaasti kaapelisuojausputkiin, katusuunnitteluun, verkostorakentamiseen ja paikkatietojärjestelmiin liittyviä lähteitä, kuten standardeja, suunnitteluohjeita ja valmistajien materiaaleja. Työhön saatiin monipuolista näkökulmaa keskustelemalla niin operaattoreita, rakennusurakoitsijaa kuin kaupunkiakin edustavien asiantuntijoiden kanssa.

Opinnäytetyöhön kerättyjä ohjeita voidaan hyödyntää tulevaisuudessa uusien varausputkitusten suunnittelu-, rakennus- ja käyttöönottovaiheissa. Oulun kaupungille esitettiin ehdotus operaattoreilta perittävistä varausputkien käyttömaksuista.

Asiasanat: kaapeliverkot, sähköverkot, tietoverkot, optiset kuidut, kaapelisuojaus, kadunrakennus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Civil engineering, Municipal engineering

Author(s): Timo Korpela

Title of thesis: Engineering, designing and operation of cable pipes

Supervisor(s): Terttu Sipilä, Oulu University of Applied Sciences; Kai Mäenpää, City of Oulu; Tapio Siikaluoma, City of Oulu; Mika Jutila, City of Oulu

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2015 Pages: 51 + 2 appendices

This thesis was made for Oulu University of Applied Sciences as a part of degree programme in civil engineering. Orderer of the thesis was city of Oulu. Data transmission and power distribution systems are very important part of the infrastructure. Cable installation works causes damages to the existing cables and for the structural layers of the street. The cable works are also expensive. It is possible that a part of these digging works can be replaced by using reserved cable pipes.

The aim of the thesis was to make guidelines for the design, construction and operation for the cable pipes in the streets and bridges. It was also important to find out what kind of payments is reasonable to charge for the cable owners. The representatives of the teleoperator, engineering company and construction company have been interviewed for this thesis. The situation of the other cities have been explored by a survey. Other important sources have been written documents, such as laws and standards.

As a result of this thesis, the cable pipes should be installed with the other street works. The cable pipes must be a part of the street designing and the modeling of infrastructure. It is important to take care of many things when cable pipes installed. The introduction of reserved cable pipe needs authorization from the city of Oulu.

Keywords: networks, power grids, optical fibres, cable protection, street construction

ALKULAUSE

Tähän työhön on koottu asioita, joita on otettava huomioon, kun rakennetaan valmiita kaapelireittejä eli suojaputkituksia tulevaisuuden tarpeita varten. Osa työläistä, hintavista ja liikennettä haittaavista kaivutöistä on mahdollista korvata kadunrakennustöiden aikana asennettavilla varausputkilla. Tässä insinööri-työssä on kartoitettu haasteita ja kokemuksia, joita katualueen varausputkitusten rakentamisesta on saatu. Työ sisältää myös perustietoa infrarakenteista, erityisesti sähkö- ja datasiirtoverkoista.

Kaikelle rakentamiselle on luonteenomaista, että hyvään lopputulokseen pääsemiseksi vaaditaan erityyppisiin tehtäviin erikoistuneita asiantuntijoita. Tämä työ on myös esimerkki yhteistyön tärkeydestä. Haluan kiittää työn tilaajaa, eli Oulun kaupunkia hyvästä ja tärkeästä opinnäytetyön aiheesta. Kaupungin työntekijät ovat ottaneet työtäni varten selvää monista varausputkien käyttöön liittyvistä seikoista. Työn ohjaaja, lehtori Terttu Sipilä on käyttänyt runsaasti aikaa edistääkseen työni etenemistä oikeaan suuntaan. Myös muilta Oulun ammattikorkeakoulun opettajilta olen saanut hyviä näkemyksiä ja vastauksia kysymyksiini sekä valokuvia työn elävöittämiseksi. Teleoperaattori DNA:n aluesuunnittelu-päällikköä Eero Ervastia sekä Kaarlo Peteriä insinööritoimisto Relacomilta haluan kiittää monipuolisesta verkostonrakentamiseen liittyvästä tietämyksestä, jota olen voinut hyödyntää työssäni. WSP Groupin suunnittelijaa Jukka Liinankia kiitän tietomallinnukseen liittyvistä neuvoista, ja Suomen 3M Oy:n asiantuntijaa Mauri Levästä kiitän merkkiantenneja koskevista tiedoista. Kävin henkilökohtaisesti keskustelemassa maarakennusurakoitsija Aappo Laitisen kanssa kaapeliputkitusten rakentamisesta. Haluan kiittää häntä ajastaan sekä saamistani monipuolisesta käytännön tiedosta, jota en olisi kirjallisista lähteistä löytänyt.

Oulussa 10.4.2015

Timo Korpela

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
SANASTO	8
1 JOHDANTO	9
2 KAAPELIT OSANA INFRAA	10
2.1 Katualueelle sijoitetut kaapelit ja järjestelmät	10
2.2 Valokuidun yleistyminen ja nopeat tiedonsiirtojärjestelmät	13
2.3 Suojaputkituksen hyödyt	14
2.4 Verkostonrakennukseen liittyvää lainsäädäntöä ja ohjeita	16
3 KAAPELIPUTKITUSTEN SUUNNITTELU JA RAKENTAMINEN	18
3.1 Varausputkitettavat kohteet	18
3.2 Suunnitteluperiaatteet	20
3.3 Korkeus- ja paikkatietojärjestelmät suunnitelmissa	20
3.4 Infran tietomallinnus	21
3.5 Rakentamisessa huomioitavia asioita	26
3.6 Paikkatietomittaukset työmaalla	32
4 KAAPELIPUTKET SILLOISSA	34
4.1 Kaapelin asentaminen vanhaan siltaan	34
4.2 Varausputket silloissa	36
4.3 Esimerkkikohte: Kiimingin siltatien silta	39
5 ESIMERKKIKOhteita KATUALUEELLA	41
5.1 Kauppurienkatu Rotuaarin kohdalla	41
5.2 Sairaalanrinne	43
5.3 Hiukkavaaran Soittajankangas	44
6 KAAPELIPUTKIEN KÄYTTÖ	46
6.1 Kaapelin asentaminen putkeen	46
6.2 Kaapeliputkien markkinointi operaattoreille	46
6.3 Varausputken käyttömaksu ja käyttöön liittyvät asiat	47
7 YHTEENVETO	50

LÄHTEET

52

Liite 1 Yleiset inframallivaatimukset 2015, luettelo ohjeista

Liite 2 Ohjetaulukko varausputkitusten suunnitteluun, rakentamiseen ja käyttöön

SANASTO

- Koaksiaalikaapeli Korkeataajuuksista sähkömagneettista kenttää siirtävä kaapeli, käytössä kaapelitelevisiojärjestelmissä.
- Masuunihiekka eli MaHk
Raudanvalmistuksen yhteydessä masuunikuonasta valmistettu synteettinen kiviaines, jolla on hyvät kevennys- ja eristysominaisuudet. Masuunihiekalla on taipumus kovettua eli sitoutua hydraulisesti.
- Oktohiekka eli Okto-eriste
Raudanvalmistuksen yhteydessä ferrokromikuonasta valmistettu synteettinen kiviaines, jota käytetään tie- ja katurakentamisessa keveytensä, suodattavuutensa, lämmöneristäväyytensä ja kovettumattomuutensa takia.
- Parikaapeli eli kuparikaapeli
Jo pitkään käytössä ollut puhelin- ja datasiirtokaapeli, joka koostuu toistensa ympäri kierretyistä kuparijohtimista koostuva kaapeleista.
- Sondi
EMS-merkkiantenni, joka voidaan havaita erityisellä hakulaitteella eli sonditutkalla maakerrosten läpi. Yleisimpiä ovat palloantennit, mutta myös putki- tappi- ja rattiantenneja käytetään. Lyhenne EMS tulee englannin kielen sanoista *Electronic Marker System*.
- Valokuitukaapeli
Nopean tiedonsiirron mahdollistava optinen kaapeli, joka sisältää ohuita lasijohtimia, joissa valonsäde kulkee lähes häviöttömästi.

1 JOHDANTO

Datasiirto- ja sähkönjakelujärjestelmiin kuuluvia kaapeleita on aikojen kuluessa sijoitettu runsaasti katualueille. Erityisesti datakaapeleiden määrä katualueella tulee kasvamaan nopean optisen tiedonsiirron eli valokaapeloinnin yleistyessä. Uusia kaapelikaivantoja tehtäessä on varottava vaurioittamasta jo olemassa olevia kaapeleita ja laitteita. Kaivutyöt ovat myös kalliita ja liikennettä haittaavia. Ne myös sekoittavat katujen rakennekerroksia. Mikäli kaivutyön sijasta kaapeli voitaisiin vain sujuttaa kaapelikaivon kautta valmiiseen suojaputkeen, nämä ongelmat vähenisivät.

Opinnäytetyön tavoitteena on laatia ohjeistus siitä, millaisiin kohteisiin varausputkia asennetaan. Lisäksi selvitetään muita varausputkitusten rakentamiseen liittyviä asioita, kuten sijoitus kadun pituus- ja poikkileikkaukseen ja käytettävät putkityypit. Tärkeä osa työtä on tutkia, mitkä ovat toimenpiteet otettaessa varausputki käyttöön, miten käyttökustannuksia peritään ja miten varausputket esitetään tietojärjestelmissä.

Oulun kaupunki on tämän katujen sekä siltojen kaapeliputkituksiin keskittyvän opinnäytetyön tilaaja. Yhdyskunta- ja ympäristöpalvelut ovat käytännössä törmänneet kaapeliverkkojen rakentamiseen liittyviin ongelmiin, jotka olisi mahdollista ratkaista varausputkituksia kehittämällä.

2 KAAPELIT OSANA INFRAA

Katualueelle sijoitetut kaapelit ovat merkittävä osa infrastruktuuria. Luvuissa 2.1 – 2.4 käsitellään sähkö- ja tietoverkkojen sekä muun infran rakennetta, tulevaisuusnäkökohtia, suojaputkituksen hyötyjä sekä verkostojen rakentamista ohjaavaa lainsäädäntöä ja ohjeita.

2.1 Katualueelle sijoitetut kaapelit ja järjestelmät

Katu ei käsitteenä tarkoita pelkästään liikenneväylää, sillä siihen kuuluvat myös katualueelle sijoitetut hyvin monenlaiset laitteet ja järjestelmät. Näiden järjestelmien sijoittamiseen, kunnossapitoon sekä mahdolliseen tulevaisuuden lisärakentamiseen on syytä kiinnittää riittävästi huomiota niin katusuunnittelun kuin myös rakentamisen eri vaiheissa. Sähkönjakelu- sekä tiedonsiirtoverkot ovat tärkeä osa modernia yhdyskuntaa. Toisin kuin pääosa infrastruktuurista, tiedonsiirto- ja sähkönjakeluverkot ovat pääosin yksityisessä omistuksessa. Näihin verkostoihin kuuluvia kaapeleita, jakokaappeja, jatkoksia, kaivoja yms. on aikojen kuluessa asennettu suurissa määrin katualueelle. Lisäksi liikennevalo-, valvontakamera-, pysäköinti-, liikenteenohjaus- yms. järjestelmät tarvitsevat kaapelointeja. (1.)

Tiedonsiirtoverkko koostuu runkoverkosta, joka yhdistää kaupunginlaajuiset alueverkot toisiinsa. Alueverkot puolestaan koostuvat liityntäverkoista, joihin yksittäiset taloudet omine verkkoineen liittyvät. Langaton tiedonsiirtoverkko toimii kiinteän verkon rinnalla. Se koostuu yksinkertaistettusti tukiasemista, jotka tarvitsevat toimiakseen yhteyden kiinteään verkkoon. (2.)

Sähköverkko koostuu valtakunnallisesta 110-400 kilovoltin kantaverkosta, alueellisista suurjännitteisistä jakeluverkoista ja pienjännitteisistä jakeluverkoista, joista kotitaloudet saavat sähkönsä. Kanta- ja suurjännitteiset jakeluverkot sijaitsevat pääasiassa taajamien ulkopuolella, ja ne on toteutettu enimmäkseen ilmajohdoin. Taajamissa ilmajohdot ovat jo harvinaisia, ja sähkönjakelu tapahtuu maakaapeleilla. (3.)

Kaapeleiden lisäksi kaduille on sijoitettu vedenjakelu- ja jätevesiviemäreitä sekä kaukolämpöverkkoja. Sadevedet ja lumien sulamisvedet eli hulevedet on perinteisesti johdettu avo-ojiin sekä jätevesiviemäreihin. Tästä sekaviemärijärjestelmästä ollaan kuitenkin siirtymässä erillisiin hulevesiviemäreihin. (1)

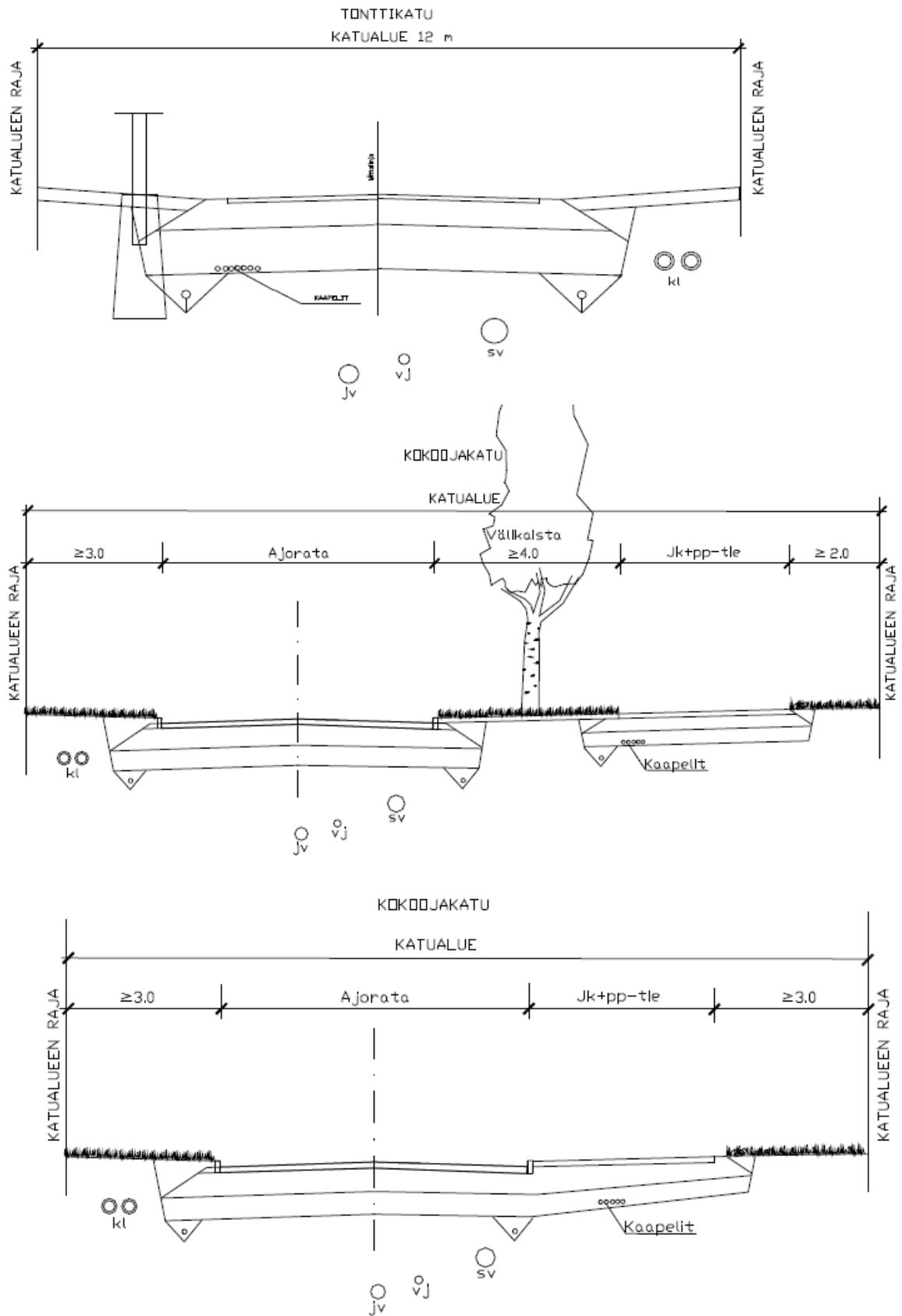
Etelä-Suomen kaupunkeihin on rakennettu kaasuverkko (kuva 1). Kaasuverkkoon johdetaan ulkomailta tuotavaa maakaasua ja mahdollisesti tulevaisuudessa myös kotimaista biokaasua. Kaasua käytetään polttoaineena kotitalouksissa ja sitä myydään tankkausasemilla liikennepolttoaineeksi. (4.)



KUVA 1. Maakaasuverkko suomessa (4)

Uusia järjestelmiä on yhä tulossa. Eräs näistä on automatisoitu jätteenkeruujärjestelmä, joka tekee tuloaan uusille kaupunkialueille. Tällainen järjestelmä on käytössä esimerkiksi Tampereella Vuoreksen asuinalueella. Jätteenkeruuputket sijoitetaan katualueelle, pääsääntöisesti kevyen liikenteen väylien alle. Samaan kaivantoon, jätteenkeruuputken yläpuolelle, asennetaan myös halkaisijaltaan 110 millimetrin suojaputkia. Runkoputken yhteydessä asennetaan kolme suojaputkea, ja kiinteistölle johtavan putken yhteydessä kaksi suojaputkea. (5; 6.)

Oulun kaupungin katusuunnitteluohjeessa erityyppisille kaduille on esitetty tyyppipipoikkileikkaukset, joissa myös kaapeleiden sijoitus on ohjeistettu (kuva 2).



KUVA 2. Kaapeliin sijoitusperiaate Oulun kaupungin katusuunnitteluluohjeen mukaan (7, s.6)

2.2 Valokuidun yleistyminen ja nopeat tiedonsiirtojärjestelmät

Tietoteknologian kehitys on viime vuosina ollut huimaa. Kuluttajat ovat omakseen tietokoneet osaksi työntekoa ja vapaa-aikaansa. Internetiin yhteydessä olevat laitteet, joita tietokoneiden lisäksi ovat mm. erilaiset mobiililaitteet ja älytelevisiot, yleistyvät ja kehittyvät edelleen. Verkkopelien, suoratoistona saatavien elokuvien ja muun viihteen tarjonta on lisääntynyt runsaasti. Työyhteisöt ovat ottaneet omikseen esimerkiksi mahdollisuudet videoneuvotteluun ja muuhun sisällön jakamiseen verkon välityksellä. Kaikki tämä kehitys on luonut tarpeen myös tiedonsiirtoverkon kehittämiseksi. (2.)

Valokuitu on nopeudellaan syrjäyttänyt kupari- eli parikaapeleihin perustuvat ratkaisut uudisrakentamisessa. Se on myös nopeampi ja toimintavarmempi verrattuna langattomiin verkkoihin. Nykyisiä kuparikaapeliverkkoja ei kuitenkaan lähitulevaisuudessa olla poistamassa kokonaan, vaan valokuitu tulee niiden rinnalle. Uusille valokuitukaapeleille arvioitu käyttöikä on 30-50 vuotta. (8.)

Langattomalla tiedonsiirtoverkolla tarkoitetaan 3G- ja uudempia 4G-verkkoja, jotka tarjoavat laajakaistayhteyden langattomasti kuuluvalle alueelle. Pääasialliset langattoman verkon palveluita tarjoavat operaattorit ovat DNA, Sonera ja Elisa. Langaton verkko koostuu tukiasemista eli mastoista, ja ne on kytketty suurikapasiteettisella valokuituyhteydellä tai radiolinkeillä muuhun verkkoon. Kapasiteettitarpeen kasvaessa radiolinkit korvataan kaapeloinneilla. Mastot ovat usein eri operaattoreiden yhteiskäytössä. Runkokaapelit voivat olla yhteisiä, tai eri operaattoreilla voi olla omat kaapelilinjansa. (9.)

Oulun alueella toimii kaksi kaapelitelevisio-operaattoria, DNA Welho ja Sonera. Kaapeli-tv on toteutettu valokuitu- ja koaksiaalikaapeleilla, mutta uudisrakentamisessa käytetään pelkästään valokuitua. (8.)

Verkonhaltijoita ja operaattoreita Oulun alueella

Seuraavassa listassa on eräitä sähkö- ja telealan tärkeitä toimijoita. Lista kuvaa opinnäytetyön laatimisen ajankohdan tilannetta.

- Oulun Energia
- DNA
- Elisa
- TeliaSonera Finland OYJ
- TDC (Yritysverkkojen toimittaja)
- Puolustusvoimat
- Verkko-osuuskunta Oulun seudun laajakaista (OLKA)
- Fingrid OYJ
- Caruna Oy (entinen Fortum Sähkönsiirto)
- Haukiputaan sähköosuuskunta.

Mahdolliset organisaatiomuutokset sekä uusien yritysten perustaminen muuttavat tilannetta tulevaisuudessa. Tietoliikenneoperaattorit eivät yleensä itse suunnittele verkostoja, vaan ovat ulkoistaneet suunnittelun insinööri-toimistoille.

2.3 Suojaputkituksen hyödyt

Opinnäytetyötä tehdessä havaittiin, että suojaputki toimii suojakuorena kaapelille. Kaapeli saattaa vaurioitua roudan aiheuttamien maa-aineksen liikkumisen vuoksi, mutta suurin vaara olemassa olevalle kaapelille ovat kaivutöissä sattuvat vahingot. Suojaputki on kaivettaessa paljon helpompi erottaa kuin yksittäinen kaapeli, lisäksi se suojaa itse kaapelia jonkin verran iskuilta. Sähkökaapelin katkeaminen työmaalla voi aiheuttaa pahimmillaan hengenvaaran sekä sähköjakeluhäiriöitä kuluttajille. Datakaapelin katkeaminen estää tietoliikennettä ja tämä aiheuttaa monenlaisia ongelmia, esimerkiksi taloudellisia menetyksiä. Kaapeleiden, etenkin valokuidun, uudelleenliittäminen voi olla erittäin kallista.

Kaapeliputkituksen asentaminen on investointi, jolla helpotetaan kaapeleiden asentamista myös tulevaisuudessa. Mikäli rakennetulla kadulla ei ole olemassa

varausputkitusta, joudutaan uutta kaapelilinjaa vedettäessä etsimään sopivin sijainti ja pohtimaan paras asennusmenetelmä uudelle kaapelille. Asennusmenetelmiä ovat avokaivannon tekemisen lisäksi auraus, jyrshintä sekä mikro-ojitus. Mikäli taas varausputket on asennettu, kaapeli yksinkertaisesti sujutetaan putkeen jälkikäteen. Parhaimmillaan kaivutöitä ei tarvita lainkaan, mutta usein kaapeliputken pää tai viheralueella oleva kaapelikaivo joudutaan kaivamaan näkyviin. Tämä menettely on kuitenkin ehdottomasti helpompaa, riskittömämpää ja halvempaa kuin koko kaapelin asentaminen kohteeseen, jossa ei ole varausputkea. (10.)

Olemassa olevien kaapelireittien, eli olemassa olevien suojaputkitusten (kuva 3) vuokraaminen omalle kaapelille on suositeltavaa aina, mikäli reitti on saatavissa järkevään hintaan, kohteen rakentaminen todetaan vaikeaksi tai toteutus vaarantaa tarpeettomasti työturvallisuutta. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi vesistöjen tai junaratojen alitukset ja ylitykset. Kaapelireittien vuokraaminen on myös huomionarvoinen vaihtoehto, mikäli on oletettavaa, että oman kaapelireitin rakentaminen aiheuttaa viivästystä hankkeen toteutukselle. (11, s.32.)



KUVA 3. Kaapeleita suojaputkissa keskustassa (12)

2.4 Verkostonrakennukseen liittyvää lainsäädäntöä ja ohjeita

Kaapeleiden sijoitusta ja kaivutöitä ohjaavat lait sekä eri tahojen laatimat ohjeistukset. Tärkeimpiä lakeja ovat maankäyttö- ja rakennusasetus (L10.9.1999/895), tietoyhteiskuntakaari (L 917/2014) ja laki kadun ja eräiden yleisten alueiden kunnossa- ja puhtaanapidosta (L 31.8.1978/669).

Kiinteistön omistaja ja haltija on velvollinen sallimaan yhdyskuntaa tai kiinteistöä palvelevan johdon sijoittamisen omistamalleen tai hallitsemalleen alueelle, jolle sijoittamista muutoin voida järjestää tyydyttävästi ja kohtuullisin kustannuksin. Sama koskee johtoihin liittyviä vähäisiä laitteita, rakennelmia ja laitoksia. (13.)

Ennen kaapeleita vaarantavaan työhön ryhtymistä on vaurioiden välttämiseksi selvitettävä, sijaitseeko työalueella telekaapeleita. Teleyrityksen on annettava työn suorittajalle vaaran välttämiseksi tarpeelliset tiedot ja ohjeet. Kaapeleiden omistajien on velvollisuus huolehtia siitä, että kaapeleita koskevat tiedot on saatavilla yhdestä paikasta digitaalisessa muodossa. Tallennetut tiedot on suojattava kaikilta mahdollisilta tietoturvauhilta. (14.)

Oulun katusuunnitteluohje vaatii kadunrakennustöiden yhteydessä asennettavia kaapeleita ja laitteita varten johtolinjayhdistelmäpiirustuksen, joka toimii myös sijoituslupana. Muualle sijoitettaville laitteistoille täytyy hakea erillinen sijoituslupa Yhdyskunta- ja ympäristöpalveluista. Johtolinjayhdistelmäpiirustus sisältää suunnittelualueen kaikki putket, johdot, kaapelit, laitteistot yms. mukaan lukien liikennevalo-, kameravalvonta-, pysäköinti-, liikenteenohjaus- yms. kaapeloinnit ja putkitukset. Pelkkä sijoituslupa ei ole kuitenkaan lupa aloittaa töitä, vaan tarvitaan myös kaivulupa. (7. s.24)

Kaivulupa on tärkeä dokumentti, kun katualueella on tarkoitus tehdä maarakennustöitä. Luvan saamiseksi on tehtävä ilmoitus työstä kunnalle. Ilmoitukseen on liitettävä selvitys, jossa osoitetaan alueen työnaikainen käyttö, työn kesto, työssä käytettävien laitteiden ja rakenteiden sijoitus sekä tilapäiset liikennejärjestelyt. Selvityksestä on käytävä ilmi myös työstä vastaava henkilö ja hänen pätevyytensä. (15.)

Voidaan todeta, että kaikki kaapeleita, johtoja ja muita laitteita koskevat suunnitelmat ja dokumentit ovat erittäin tärkeitä, jotta riskit rakennustöissä tapahtuviin vaurioitumisiin voidaan minimoida. Kunnollinen dokumentointi helpottaa suuresti myös varausputkien käyttöönottoa. Suunnitelmiin tehtävät muutokset on hyväksyttävä tilaajalla ja merkittävä karttoihin sekä saatettava tietojärjestelmiin.

3 KAAPELIPUTKITUSTEN SUUNNITTELU JA RAKENTAMINEN

Kaapelireittien ja varausputkien sijainnin suunnittelu ja tietomallintaminen on tärkeä osa katusuunnitteluprosessia. Kaapelisuojausputkitus on onnistunut, kun se on suunnitelmien mukainen, oikein dokumentoitu, merkkiantenneja on käytetty oikein eikä siinä ole epäjatkuvuuskohtia. Tulevaisuudessa oikein asennettu varausputki on helppo ottaa käyttöön. Luvuissa 3.1 – 3.6 käydään läpi varausputkituksen suunnitteluun, rakentamiseen, tietomallintamiseen sekä paikkatiedon keruuseen liittyviä asioita.

3.1 Varausputkitettavat kohteet

Oulun kaupungin Yhdyskunta- ja ympäristöpalvelut rakennuttaa ja hallinnoi yleiseen käyttöön tarkoitettuja varausputkia. Oulun Energia rakennuttaa ja hallinnoi sähköverkolle tarkoitettuja varausputkia. Ei ole kuitenkaan tarkoitus, että kaupunki alkaisi rakennuttaa kaapelisuojausputkituksia operaattoreiden puolesta, vaan tavoitteena on täydentää operaattoreiden tekemiä kaapelireittejä ja vähentää vasta valmistuneiden katujen ja saneerauskohteiden auki kaivamista. (10.)

Opinnäytetyötä tehdessä todettiin, että varausputkitus on pyrittävä rakentamaan muiden maanrakennustöiden yhteydessä. Kun jollekin kadulle suunnitellaan saneeraustöitä tai uutta katua suunnitellaan alueelle, on pohdittava, tarvitaanko kohteessa tulevaisuudessa kaapeliputkitusta. Tähän asti suojausputkituksen tarpeellisuutta on Oulussa harkittu tapauskohtaisesti katujen saneeraus- ja rakennusprojektien yhteydessä.

Opinnäytetyön tekemisen aikana kävi ilmi, että varausputkituksen asentamista puoltavat kohteen suuret liikennemäärät, rakenteiden (kuten rakennekerrokset, katukiveykset, uudet päällysteet ja istutukset) monimutkaisuus sekä tieto mahdollisesta tulevasta sähkö- tai tiedonsiirtoverkon lisärakennustarpeesta.

Taulukossa 1 esitelty Oulun kaupungin katuluokitus jakaa kadut sekä muut liikennealueet seitsemään eri luokkaan. Katuluokituksen varsinainen käyttötarkoi-

tus on rakenteen kuormituksen mitoitus ja se perustuu arvioituun raskaan liikenteen määrään rakennusaikana. Käytännössä katuluokitusta voidaan soveltaa muihinkin käyttötarkoituksiin. (7, s.5.)

TAULUKKO 1. Oulun kaupungin katuluokitus (7, s.5)

Katuluokka	Kuvaus
E	Korkealuokkaiset kadut ja torialueet yms. (routanousu max. 10 mm)
1	Vilkkaat pääkadut > 10 000 ajoneuvoa/ vrk:ssa
2	Pääkadut ja kokoojakadut
3	Pientaloalueiden kokoojakadut Kerrostaloalueiden tonttikadut Rivitaloalueiden tonttikadut Teollisuusalueiden kadut <i>(Kerrostaloalueiden kokoojakadut)</i>
4	Pientaloalueiden tonttikadut Rivitaloalueiden lyhyet tonttikadut Teollisuusalueiden lyhyet tonttikadut Raskaiden ajoneuvojen p-alueet <i>(Pientaloalueiden kokoojakadut)</i>
5	Pysäköintialueet, huoltoliikenne, pelastustiet <i>(Pientaloalueiden lyhyet tonttikadut, pienet pysäköintialueet, huoltoliikenne, jk-pptiet, joissa tonttiliittymiä)</i>
6	Kevyen liikenteen väylät <i>(Erilliset kevyen liikenteen väylät)</i>

Opinnäytetyötä tehdessä havaittiin, että katuluokituksen avulla voidaan ratkaista, millaisiin kohteisiin varausputkia kannattaa asentaa. Katujen poikittaisuuntaisten putkien eli alitusputkien lisäksi pitkittäissuuntaisia varausputkia tarvitaan erityisesti korkealuokkaisilla kaduilla, pääkaduilla ja kokoojakaduilla. Tonttikaduilla riittävä ratkaisu on yleensä alitusputkien asennus risteysalueille. Pitkittäissuuntaisia varausputkia ja alitusputkia asennetaan siis luokkiin E, 1, 2 ja 3 kuuluville kaduille, ja pelkkiä alitusputkia luokan 4 kaduille. Varausputkien määrä tulee arvioida tapauskohtaisesti, mutta korkeampi katuluokitus puoltaa yleensä suurempaa putkien määrää.

Katuluokitus ei ole kuitenkaan ainoa putkitusten rakentamiseen vaikuttava asia, vaan niiden tarve tulee edelleen arvioida jokaisen kadunrakennusprojektin yhteydessä tapauskohtaisesti.

3.2 Suunnitteluperiaatteet

Lähtökohtana varausputkitusten ja yleensäkin kaapelireittien suunnitteluun voidaan Oulussa pitää Oulun kaupungin katusuunnitteluohjetta. Kaapeleiden ja putkilinjojen tulisi olla helposti korjattavissa ilman, että muita laitteita rikotaan. Valaistus ja kaapelit sijoitetaan eripuolelle kuin kaukolämpö. Kaapelit pyritään sijoittamaan ensisijaisesti yhdistetyn jalkakäytävän ja pyörätien alle ja kaapelikaivot viheralueelle. Tietoliikenne- ja sähköverkon jakokaapit sijoitetaan puistojen kohdalle tai mahdollisimman lähelle tonttien välistä rajaa. Jakokaappien sijoittamiseen vaikuttavat asemakaavassa esitetyt tonttiliittymien paikat. (7, s.24.)

Liikenneviraston mukaan taajama-alueilla kaapelien sijoittaminen kevyen liikenteen tien alle harkitaan aina tapauskohtaisesti kevyen liikenteen määrän, mahdollisten kiertoteiden, vaihtoehtoisten sijoituspaikkojen ym. perusteella. Vaihtoehtoisten sijoituspaikkojen käyttökelpoisuuteen vaikuttaa myös tiealueelle sijoitetun kasvillisuuden laatu ja määrä. Kaapeliputkia ei koskaan sijoiteta istutusten alle. Mikäli muuten ei ole ohjeistettu, kaapeliputkien sopiva asennussyvyys on katualueella 70 cm. (16, s. 39.)

3.3 Korkeus- ja paikkatietojärjestelmät suunnitelmissa

Oulun kaupunki siirtyi 10.12.2012 uuteen N2000-korkeusjärjestelmään. Vanhoista suunnitelmista täytyy aina varmistaa niissä käytetty korkeusjärjestelmä. Suunnittelun lähtöaineistona käytettävät vanhat suunnitelmat ovat NN- tai N60 -järjestelmissä. NN- ja N2000-korkeusjärjestelmien välinen ero on +0,75 m. (NN + 0,75 = N2000). NN-järjestelmää käytettiin vanhan Oulun alueella. N60- ja N2000-korkeusjärjestelmien välinen ero on +0,40 m (NN + 0,40 = N2000). N60-järjestelmää käytettiin Oulun kanssa liittyneissä kunnissa. Poikkeuksen tekee Yli-li, jossa korkeusero on +0,38. Koordinaattijärjestelmänä käytetään järjestelmää ETRS-GK26. Siihen siirryttiin 9.3.2009. (7, s.27.)

Oulun kaupungilla on käytössään Trimblen (entinen Tekla) XCity –tietojärjestelmä. Tähän karttapohjaiseen järjestelmään tallennetaan mitä erilaisimpia tietoja esimerkiksi rakennuksista, kaduista ja maastoon sijoitetuista laitteista. Tietokantoihin tallennetut tiedot siirtyvät erilaisiin karttoihin, esimerkiksi kaapeliputkien sijaintitiedot näkyvät johtokartassa. Varausputkia koskevia tietoja, joita XCityyn kannattaa merkitä, ovat ainakin putken asennussyvyys, putken väri ja tietosiitä, kenen operaattorin käytössä putki mahdollisesti on. Peruseriaatteena voidaan pitää sitä, että XCityyn tallennettavan kohteen paikkatieto saadaan mitattua riittävän tarkasti. (17.)

Operaattoreilla on kullakin käytössään omat tiedostoformaattimuotonsa, joihin mittaustiedot muunnetaan ja verkkotietojärjestelmät joihin kartoitustiedot tallennetaan. (18.)

3.4 Infran tietomallinnus

Infran tietomallinnus on nyt tekemässä läpimurtoa. Tietomallilla tarkoitetaan rakennuksen tai infrarakenteen digitaalista tietojen kokonaisuutta. Tietomalliin liittyy myös rakennuksen tai rakenteen geometrian määrittäminen ja esittäminen kolmiulotteisesti. Tietomallinnus liittyy koko infrarakennushankkeen elinkaareen, eli lähtötietojen hankintaan, suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon. Kun infrarakenteesta, kuten kadusta, on laadittu tietomalli, sen tietoja voidaan tarkastella eri näkyminä esimerkiksi kolmiulotteisten visualisointien tai kaksiulotteisten piirustusten kautta. Päämääränä on luoda avoin ja yhtenäinen InfraBIM-tietomalli, joka perustuu kansainvälisiin paikkatieto- ja tuotemallistandardeihin sekä kotimaiseen vakionimikkeistöön. (19.)

YIV 2015 eli Yleiset inframallivaatimukset 2015 on ohjekokonaisuus, jonka Rakennustietosäätiön erityispäätoimikunta buildingSMART Finland (bSF) tulee julkaisemaan 5.5.2015. Vaatimukset tarvitaan, koska suurimman infratilaajat ovat ottaneet tavoitteeksi tietomallinnuksen käyttöönoton. Tilaajien ja palvelujen tarjoajien näkemys siitä, miten mallintaminen hankkeen eri vaiheissa tapahtuu. Inf-

ramallivaatimusten tarkoitus on tulla käyttöön yleisinä hankintojen viiteasiakirjoina sekä inframallintamisen ohjeina. Luettelo ohjeista, joita YIV 2015 tulee sisältämään, on esitetty liitteessä 1. (20.)

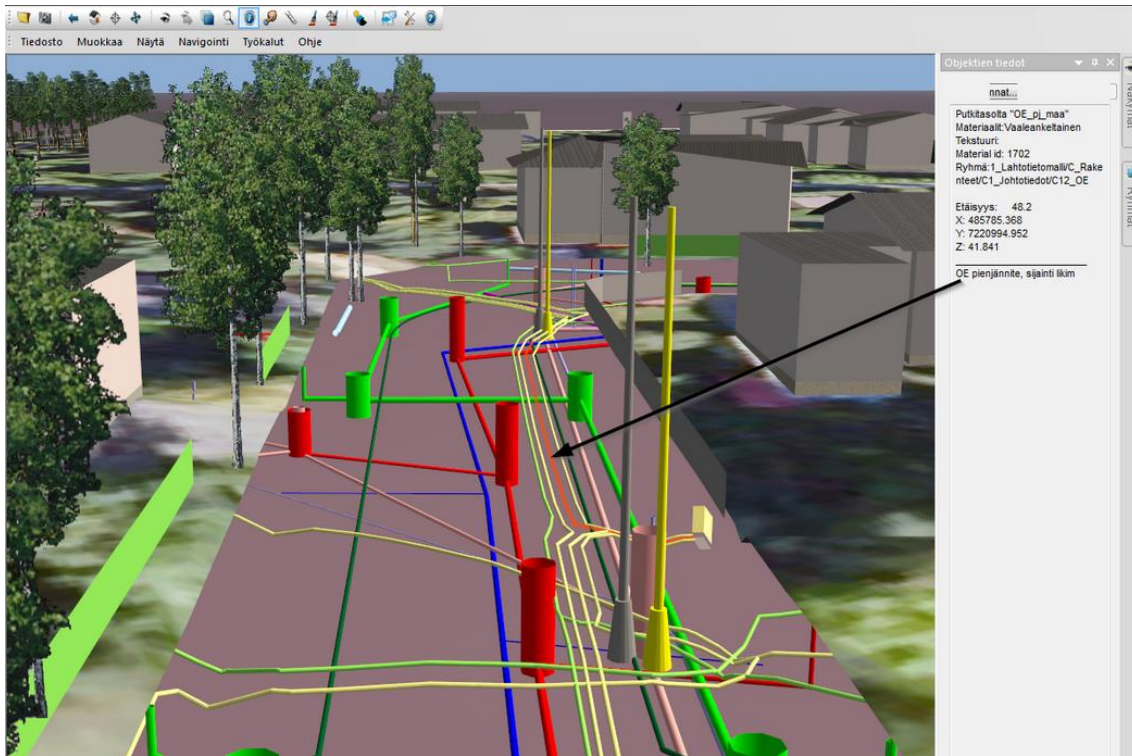
3D-koneohjaus eli työkoneautomaatio on vakiinnuttanut asemansa tärkeäksi osaksi nykyaikaista maanrakennustyötä. 3D-koneohjaus koostuu maanrakennuskoneeseen asennettavasta mittausjärjestelmästä sekä projektikohtaisista 3D-suunnitelmista. Kolmiulotteiset suunnitelmat mittatietoineen ovat näkyvissä järjestelmän näytöllä. Koneohjauksen avulla putket saadaan helpommin oikeaan korkoon. Mikäli putkille tehdään suojatäyttö, sen toteuttaminen on helpompaa ja täyttömassaa kuluu vain suunniteltu määrä. Koneohjaus parantaa siis laatua. Olipa kyse siis koneohjauksen toteuttamista varten laadituista suunnitelmista tai koko kohteen elinkaareen liittyvästä tietomallista, kaapelireitit sekä varausputket liitetään tähän suunnitelmaan. (21.)

Oulun kaupungin katusuunnitteluohjeen mukaan koneohjausmalliin kuuluvat leikkauspohja, salaojakaivannot, rakennekerrokset ja luiskat. Koneohjausmalli tehdään LandXML-muodossa (InfraModel). Käytettävät tiedostoformaatit ovat Novatron ja Scanlaser tai vaihtoehtoisesti jokin muu erikseen sovittu koneohjauslaitteisiin soveltuva tiedostomuoto. Verkostojen putkilinjatiedot (salaojat, vesijohdot, jätevesi- ja hulevesiviemärit ja paineviemärit) toimitetaan GT-formaatissa. Koneohjausmalli tehdään kaduittain, ja aineistot mittaustietoineen toimitetaan tilaajalle erillisellä CD-levyllä ryhmiteltynä. Tilaajalle toimitetaan erillisinä tiedostoina katujen ja kevyen liikenteen väylien varuste- ja laitetiedot, vesijohtovernttiilien koordinaatit, alitusputket, jakokaapit sekä palopostit. (7, s.31.)

Jäälin Notkotien tietomalli

Notkotie on tonttikatu, joka sijaitsee Jäälin taajamassa. Insinööritoimisto WSP Finland on Oulun kaupungin toimeksiannosta toteuttanut tietomallin, jossa näkyvät kadun rakenteet, istutukset sekä yhdyskuntatekniset laitteet ja varusteet (kuva 4). Nykyisten kaapelien sijoitus on arvioitu operaattoreilta saatujen lähtötietojen perusteella, mutta niiden sijaintia ei ole tarkemmitattu. Operaattoreiden

tiedot kaapeleista on tuotettu digitaaliseen muotoon usein työnaikaisista, suuren mittakaavan paperikarttoihin tehdyistä merkinnöistä. Uudet kaapelit sekä yksi kaukolämmölle tarkoitettu putkivaraos näkyvät tietomallissa. (22.)



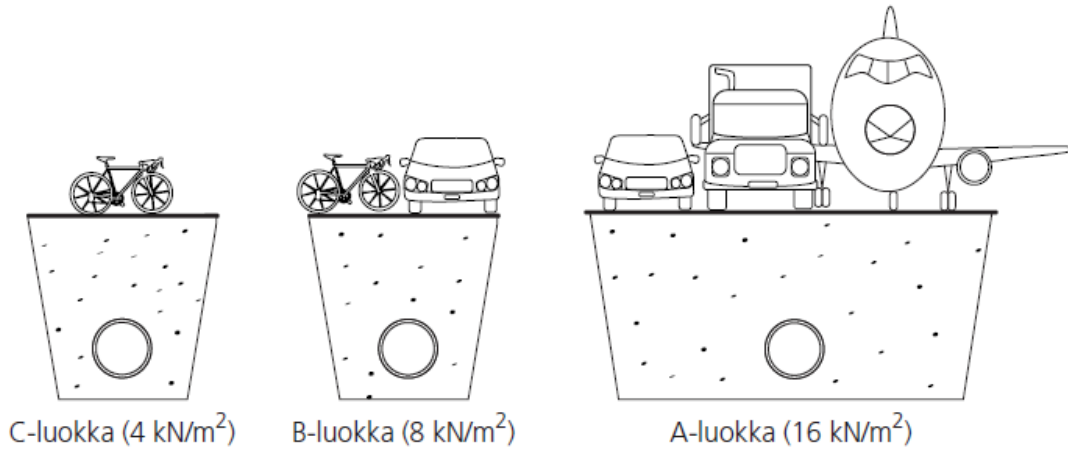
KUVA 4. Kuvakaappaus Notkotien tietomallista (22)

Putkityypit ja niiden ominaisuudet

Muoviset kaapeliputket jaetaan kolmeen lujuusluokkaan, eli SN16A-, SN8B- ja SN4C-luokkiin niiden rengasjäykkyuden SN perusteella. Esimerkiksi SN16A-suojaputken rengasjäykkyys on $1600 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$. Datakaapelinsuojaputken väri on punainen ja sähkökaapelinsuojaputken keltainen. (23, s.2)

A-lujuusluokan putkia käytetään raskaassa käytössä liikennöidyillä alueilla. Niitä käytetään maanvaraisissa putkituksissa ja hiekkasuojatuissa kanavissa raskaan liikenteen alueilla sekä katujen, rautateiden ja teiden alituksissa. B-lujuusluokan putket on tarkoitettu keskiraskaaseen käyttöön maanvaraisputkituksiin raskaan liikenteen alueen ulkopuolelle, kevyen liikenteen väyläalituksiin tai asennettaviksi betonivaippaisiin kanaviin myös raskaan liikenteen alueille. C-lujuusluokan

tuotteita käytetään pääsääntöisesti putkikouruina viheralueiden ja liikennealueiden ulkopuolisten alueiden, kuten esimerkiksi puistojen suojauksessa. Kuvassa 5 on esitetty kaapelisuojarahputkien lujuusluokat ja niiden käyttökohteet. (24. s.3)



KUVA 5. Kaapelisuojarahputkien lujuusluokat (24, s.3)

Teiden alitusputket ovat yleensä oransseja. Harmaita kaapelinsuojarahputkia markkinoidaan yleiskäyttöön sopivina. Eri tehtaat toimittavat putkia useissa eri värisä ainakin tilauksesta, joten mahdollisuudet esimerkiksi jonkin tietyn putki-reitin värikoodaukseen ovat olemassa. (18.)

Lisäksi on olemassa betonisia kaapelikouruja, mutta tavallisessa kadunrakentamisessa käytetään muoviputkia. Oulun keskustassa on joitakin vanhoja kaapeleille tarkoitettuja betonikouruja yhä jäljellä. Betoniseen kaapelikouruun voi kaapelin viedä myös B-lujuusluokan suojarahputkessa. (25; 24, s.3.)

Kaapelikaivo

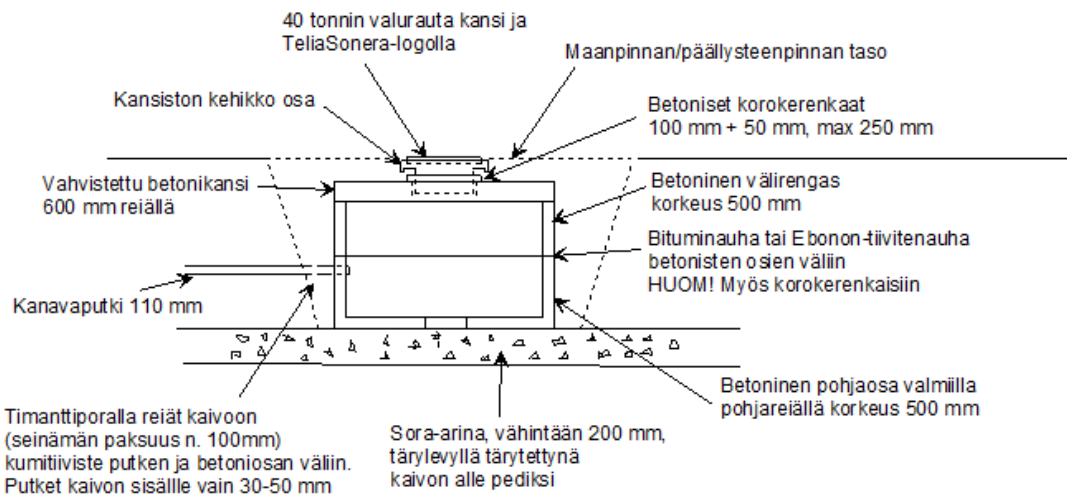
Kaapelikaivo on muovista tai betonista (kuva 6) valmistettu kaivo, johon suoja-putket liitetään. Koska televerkko on pääosin yksityisomistuksessa, operaattorit huolehtivat usein itse myös kaapelikaivojen asentamisesta, huollosta ja käytöstä.



KUVA 6. Betoninen kaapelikaivo Rotuaarilla (26)

Kaapelikaivo pyritään sijoittamaan viheralueelle. Jos kaapelikaivon kansi jää kerrosten alle piiloon, on käytettävä sondia eli merkkiantennia kaivon paikan merkitsemiseen. (7, s.24.)

Soneran ohjeistuksen mukaan betoniseen kaapelikaivoon (kuva 7) tuotaville putkille tehdään reiät joko valmiiksi tehtaalla tai timanttiporalla työmaalla. Timanttireiän poranterän koon on oltava halkaisijaltaan 110 mm:n putkelle 126 mm ja 100 mm:n putkelle 116-117 mm, jotta kuminen tiiviste tiivistäisi putken ja betonisen osan välin kunnolla. Putkien päiden on tulee olla 30-50 mm kaivon sisäpuolella. Kaivon alla tarvitaan murskearinaa, jotta kaivoon kertyvä vesi pääsee pakenemaan pohjareistä. (27, s.1.)



KUVA 7. Soneran ohjeellinen kaapelikaivon poikkileikkaus (27, s.2)

3.5 Rakentamisessa huomioitavia asioita

Tässä työssä perehdytään pääasiassa kaivamalla asennettaviin, muovisiin kaapelinsuojaputkiin. Tavoitetilana voidaan pitää suunnitelman mukaista, yhtenäistä putkilinjaa. Putken asennuksen aikana on seurattava, ettei linjaan tule katkoksia esimerkiksi putkien liitoskohtien peittämissä tai putken litistymisen vuoksi. (25.)

Kaapelisuojaputki päättyy kaapelikaivoon tai muuhun suunniteltuun päättymiskohtaan. Putken päähän mahdollisesti jäävät terävät reunat tulee viimeistellä. Päättöpäät tulpataan putkivalmistajan toimittamilla tulpilla, muovipusseja tai muita epäluotettavia menetelmiä ei tule käyttää. Jotta vetonaru voidaan puhaltaa putkeen paineilman avulla, on putkilinjan oltava tiivis. (28.)

Putkien liittäminen, taivuttaminen ja haaroittaminen

Putkilinjaa voidaan jonkin verran taivuttaa putkivalmistajan ohjeiden rajoissa, mutta tällöin on erityisesti huolehdittava liitoksen tiivyydestä. Valmiiden putki-kaarten avulla voidaan toteuttaa tiivis ja toimiva taivutus. Niitä on saatavilla

useilla eri kaarresäteillä. Mikäli putki haaroitetaan, on käytettävä valmistajan toimittamaa haarakappaletta. Putkien liitoksissa käytetään putkivalmistajan liittomuhveja. Liitos on hyvä varmistaa vielä vahvalla teipillä. (25.)

EMS-merkkiantennien käyttö

Maakerrosten alle piiloon jäävien rakenteiden merkitsemiseen käytetään EMS-antenneja eli sondeja. Merkkiantenneja asennetaan tarvittaessa kaapelireitin epäjatkuvuuskohtiin, eli putkien päihin, mutkiin ja haarakohtiin. Sondi jätetään maahan haluttuun kohteeseen ja sen sijainti kannattaa merkitä myös karttaan. Mikäli merkittävä kohde on hyvin syvällä, tulee sen päälle lisätä maata jotta sondi jäisi noin 70 cm:n syvyyteen. Merkkiantenni voidaan myöhemmin paikallistaa erityisellä hakulaitteella eli sonditutkalla (kuva 8). (29.)



KUVA 8. EMS-antennien etsintälaite EML7 (30.)








Yleisin EMS-antennityyppi on palloantenni (kuva 9). Tappiantenneja käytetään erityisesti jälkiasennuksissa, sillä ne voidaan asentaa esimerkiksi poratun reiän kautta. Rattiantennit ovat jäämässä pois käytöstä. Palloantenni sisältää nestettä, jossa itse antenni kelluu, joten se asettuu aina oikein päin. (31.)



KUVA 9. 3M:n valmistamia erivärisiä EMS-palloantenneja (31)

Antennit eivät sisällä omaa, kuluvaan virtalähdettä. Sondeja etsitään erityisillä hakulaitteilla, jotka lähettävät radioaaltoja. Antennit resonoivat tietyillä taajuuksilla, ja hakulaite havaitsee myös resonanssin. Taulukossa 2 mainitut, eri sovelluksiin tarkoitettut palloantennit ovat paitsi erivärisiä, myös omaavat erilaisen ominaistaajuuden. Uusimpiin RFID-tyyppisiin antenneihin voidaan yhteensopivan hakulaitteen avulla kirjoittaa kohdetta yksilöiviä tietoja. Edistyksellisimmät hakulaitteet ovat GPS-yhteensopivia, joten palloantennien paikkatiedot saadaan tarkasti tietojärjestelmiin. Putkihiiri eli putkisondi on aktiivinen merkkiantenni, jolla voidaan paikantaa putkien päitä hakulaitteen avulla otettaessa putkea käyttöön. (31.)

TAULUKKO 2. EMS-palloantennien värit, sovellukset ja taajuudet (31)

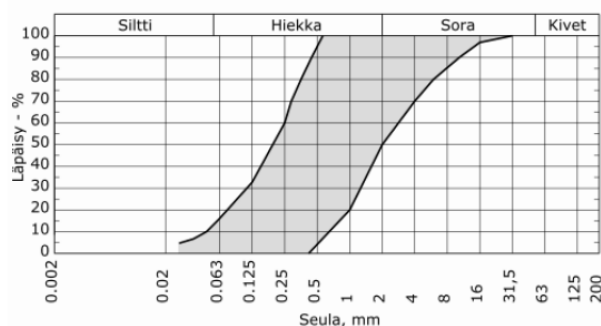
<u>Väri</u>	<u>sovellus</u>	<u>taajuus</u>
	Puhelin	101.4 kHz
	Vesi	145.7 kHz
	Kaasu	83.0 kHz
	Sähkö	169.8 kHz
	Viemäri	121.6 kHz
	Yleis	66.0 kHz
	KTV	77.0 kHz

Todettiin, että Oulun kaupungin asennuttamille varausputkilinjoille sopivin palloantennityyppi on violetti 66,0 kHz:n yleisantenni. Mikäli katualueella tiedetään olevan runsaasti muiden toimijoiden kaapeleita ja näin ollen EMS-antenneja, tulee merkitsemiseen käyttää RFID-tyyppistä antennia. Antenniin voidaan silloin kirjoittaa tieto siitä, että kyseessä on kaupungin hallinnoima varausputki.

Suojaputituksen hiekkasuojaus

Opinnäytetyötä tehtäessä kävi ilmi, että yleensä kaapelisuoja-putket asennetaan leikkauspohjan suodatinkerrokseen. Suodatinkerroksen materiaali on joko tavallinen, hienorakeinen hiekka tai oktohiekkä. Tavalliseen hiekkaan kaapelisuoja-putket asennetaan ilman erityistoimenpiteitä. Mikäli kaapelisuoja-putket asennetaan masuunihiekkakerrokseen tai muualle poikkileikkauksen ylempiin osiin, on käytettävä taulukossa 2 esitetyn rakeisuuskäyrän mukaista suojatäyttöä.

TAULUKKO 3. Suojatäytön hiekan rakeisuuden ohjealue (29, s.2)



Yksittäisten rakeisuustulosten sallittu vaihteluväli, %-yksikköä										
Seula	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16	31,5
Vähintään...enintään	0...15	0...31	0...58	0...93	20...100	50...100	70...100	85...100	95...100	100

Varoitusnauha eli kaapelinsuojanauha

Kaapelinsuojaukseen liittyy olennaisena osana varoitusnauhan käyttö (kuva 10). Nauhaa tulee käyttää myös silloin, kun käytetään kaapelinsuoja-putkea. Varoitusnauha asennetaan noin 0,3 m:n syvyydelle maanpinnasta tai noin kaivannon puoliväliin. Tavoitteena on että suojanauha on myös 0,2 - 0,3 m kaapelin yläpuolella. Energiakaapeleiden varoitusnauha on väriltään keltainen, telekaapeleiden varoitusnauha on väriltään punainen tai keltainen ja kaukolämpöputkien varoitusnauhan väri on violetti. (23; 29.)



KUVA 10. Kaapelisuojanauhan käyttöä (12.)

Sähkö- ja datakaapeliin turvaetäisyydet

Yleiseen viestintään tarkoitettu valokuituun perustuva telekaapeli asennetaan kaivettaessa vähintään 0,1 m etäisyydelle sähkömaakaapelista. Kaivettaessa kaapelit asennetaan rinnakkain vaaditulle etäisyydelle. Tarvittaessa telekaapelissa oleva metallivahvike katkaistaan ennen kaapelin liittämistä arkoihin laitteisiin. Kuparijohtimia sisältävän telekaapelin vähimmäisetäisyys sähkömaakaapelista on 0,3 m. (16, s. 48.)

Pienjännitteinen sähkömaakaapeli voidaan kuitenkin asentaa samaan putkeen datakaapelin kanssa. Mikäli putkessa on riittävästi tilaa, sähkökaapelin ympärille asennetaan halkaisijaltaan pieni sisäputki. (8.)

3.6 Paikkatietomittaukset työmaalla

Paikkatiedon mittaus on tärkeä osa-alue kaikessa rakentamisessa. Kokemusten perusteella erityisesti haasteita tuottaa korkeustiedon eli Z-koordinaatin mittaaminen. Korkeustieto on tärkeä, jotta kaapeliputket saadaan suunniteltuun korkeuteen ja niiden paikallistaminen on tulevaisuudessa helppoa. (10.)

GPS-mittausta voidaan pitää helppona mittaustapana. Se on nykyisin ylivoimaisesti käytetyin mittausten menetelmä, ja laitteiden tarkkuutta pidetään riittävänä. Tarkimmilla mittalaitteilla voidaan päästä muutaman sentin tarkkuuteen, mutta syvissä kaivannoissa ongelmia alkaa esiintyä. Takymetrillä voidaan hallita laajaakin aluetta, mutta takymetrin orientointi eli itse kojeen sijainnin määrittäminen koordinaatistossa on ongelmallista. Korkeusmittaus voidaan suorittaa tarkasti vaaituskoneella, mutta tämänkin mittausten menetelmän tulokset pitäisi jollain keinolla saada sijoitettua koordinaatistoon. (25; 32.)

Kaapeleita asennettaessa toteutuneet sijaintitiedot merkitään karttaan, jonka mittakaava on 1:500. Tämä on hyvä tapa myös varausputkituksia rakennettaessa. Digitaalisista paikkatiedoista ei tule tarkkoja, jos niiden lähteenä käytetään pelkästään työmaalla täydennettyä paperikarttaa. Olemassa olevien kaapeleiden sijaintitietoja on digitalisoitu operaattoreiden tietokantoihin paperikarttojen pohjalta. Pahimmillaan kaapelin paikka voi olla esimerkiksi toisella puolella katuja ja suojaputki kymmeniä metrejä eri kohdassa kuin tietojärjestelmästä tulostetussa kartassa esitetään. Paikkatietomittaukset ovat siis välttämättömiä, paperikarttoja täydennetään varsinaisten mittausten rinnalla. Lisäksi työmaavalokuvien ottaminen asennuksen aikana on nykyään helppoa ja vaivatonta. (16 s. 47; 22.)

Oulussa ei ole ollut yhtenäistä käytäntöä laittaa kaikille kaapeleille eikä suojaputkille korkeuksia toimijoiden eli kaivajien monimuotoisuuden vuoksi. Kaivuuluvat sisältävät aina ehdot, että mittaustiedot on toimitettava kolmella koordinaatilla, mutta mittaustapaa tai vaadittavaa tarkkuutta ei ole ohjeistettu. Korkeustiedon luotettavuus on ollut tapauskohtaista toimijasta riippuen. Vesi-, viemäri-, sadevesijohdoista sekä kaukolämpöjohdoista on saatavilla korkeustiedot. Kuvassa 11 on esitetty itse mittaustyöskentelyä työmaalla. (33.)



KUVA 11. Paikkatietomittaus työmaalla (12)

4 KAAPELIPUTKET SILLOISSA

Maanteille, yksityisteille ja kaduille on rakennettu siltoja ylittämään vesistöjä, maastoesteitä ja liikenneväyliä. Tarvittaessa siltoihin asennetaan sähkö-, data-, liikennevalo-, liikenteenohjaus- sekä tievalaistuskaapeleita. Putkisiltoihin ei asenneta kaapeleita, vaan ne kierretään ulkokautta. Kaapelin asentaminen siltaan on aina huomattavasti edullisempaa kuin kaapelin laskeminen vesistöön. Uusiin siltoihin asennetaan varausputkia. (11, s. 29; 16, s. 34.)

4.1 Kaapelin asentaminen vanhaan siltaan

Kun vanhaa siltaa pitkin vedetään esimerkiksi uusi datakaapeli, operaattori on velvoitettu käyttämään siihen mahdollisesti asennettua kaapelihyllyä, kaapeliputkea tai muuta kaapeleille varattua tilaa. Mikäli jo olemassa olevaa kaapeliputkea tai kourua ei voida käyttää, se tulee vaihtaa uuteen isompaan. Mikäli kaapeleille ei ole varattu mitään erityistä tilaa, on kaapeli kannakoitava siltaan. Tavallisesti joudutaan asentamaan kannellinen, kuumasinkitystä tai ruostumattomasta teräksestä valmistettu kaapelikouru seinä- tai kattokiinnikkeillä (kuva 12). Pienissä silloissa, joissa ei ole liikuntasauvoja, voidaan käyttää U-profiloitua kourua. Kaapelikouru sijoitetaan $\geq 1,0$ m:n etäisyydelle tippuputkilinjasta kannen reunaulokkeen tai –viisteen alapintaan, ei koskaan reunapalkkiin. Kannake ei saa olla kosketuksissa sillan teräsosiin. Kaapelikourun kulmien sekä liikevarojen toteuttaminen on myös ratkaistava. Lyhyissä kehäsilloissa kaapelikouru voidaan asentaa kansilaatan reunaan reunapalkin alle kiinnittämättä sitä reunapalkkiin. (16, s. 34.)



KUVA 12. Siltaan asennettu kaapelikouru

Kokemusten perusteella voidaan sanoa, että kaapelin kannakointi siltaan on varsin kallis ja työläs toimenpide verrattuna varausputkien käyttöönottoon. Kourua asennettaessa henkilönostimen avulla (kuva 13) joudutaan ainakin toinen kaista sulkemaan liikenteeltä töiden ajaksi. Kaapelikouru jää näkyville sillan kylkeen, joten se on altis ilkeivallalle sekä esimerkiksi tulville ja jääpadoille. Se voidaan nähdä myös esteettisenä haittana etenkin historiallisissa silloissa.



KUVA 13. Henkilönostimella varustettu traktori

1.11.2013 Kuorma-autossa ylhäälle jäänyt nosturi katkoi siltaan kannakoituja sähkö- ja datakaapeleita Oulussa Kainuuntielle. Onnettomuus aiheutti vaaratilanteen ja kaapeli-TV:n lähetysten pimenemisen laajalla alueella. (34.)

4.2 Varausputket silloissa

Kaapelihylly soveltuu sekä sähkö- että datakaapelille. Datakaapeleita varten on siltoihin asennettu varausputkia jo 1980-luvulta alkaen. Näitä putkia on myös hyödynnetty. Ellei hankekohtaisesti ole tietoa suuremmasta varausputkien tarpeesta, sillan massiivisiin betonikansiin sijoitetaan kummallekin kannen reunalle 110 mm:n varausputket. Koska tuore betoni ja alumiini reagoivat keskenään, betonin kanssa kosketuksiin joutuvat varausputket eivät saa olla alumiinia. Betoniin laattapalkki- ja kotelopalkkisiltoihin ja betonikantisiin teräspalkkisiltoihin sijoitetaan kaksi läpimitaltaan 110 mm:n varausputkea sillan päihin (kuvat 14 ja 15). Lähtökohtaisesti varausputket on sijoitettava sillan päissä siirtymälaatan alapuolelle. (18; 35. s.87.)



KUVA 14. Kaapeliputkia kehäsillassa (12)



KUVA 15. Varausputkia data- ja sähkökaapeleille

Päällysrakenteen osalle vastaaville kohdille sijoitetaan tarvittavin välein sisäkierretartunnat niin, että kaapelihylly on mahdollista kiinnittää niihin. Myös poikkipalkkeissa ja muissa sillan rakenneosissa varaudutaan kaapelihyllyn asentamiseen. Kaksi- tai useampipalkkisissa silloissa käytetään aina kaapelihyllyä palkkien välissä. (35. s.87.)

Varausputket voidaan johtaa kaapelikaivoihin tai ne voivat päättyä esimerkiksi kiviheitokkeella maisemoituun luiskaan (kuva 16). Tällöin putkenpää on tietysti tulpattava ja päättymiskohdat merkittävä sondeilla. Putket esitetään päättymiskohtineen siltasuunnitelmissa.



KUVA 16. Suojaputkien jatkot sillan päässä (12)

4.3 Esimerkkikohde: Kiimingin siltatien silta

Kiimingin taajama sijaitsee noin 20 km Oulun keskustasta koilliseen (kuva 16). Siltatie ylittää Kiiminkijoen sivu-uoman, jossa ovat kaksi huonokuntoista siltaa puretaan ja tilanne rakennetaan yksi uusi yhdistetty auto- ja kevyen liikenteen silta. Silta on rakenteeltaan palkkisilta, jonka kokonaispituus on 23 m. Oulun Energia ja Oulun Vesi siirtävät ja uusivat katuosan kaukolämpö- ja vesihuoltoverkostoa. (36.)



KUVA 17. Siltatien sillan sijainti (37)

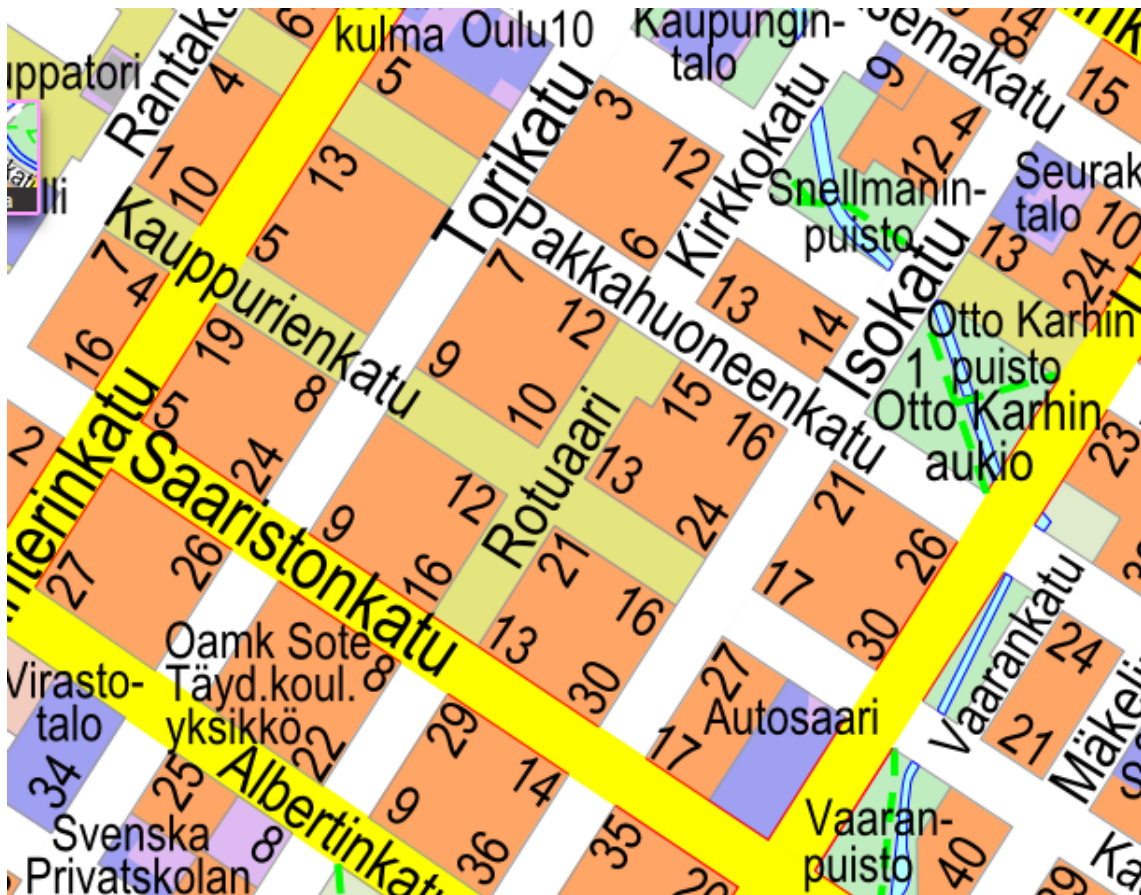
Laatan sisään on suunniteltu valettavaksi kaikkiaan neljä kappaletta halkaisijaltaan 110 mm olevia varausputkia (kuva 18). Sillan pohjoisreunalle asennetaan Soneran ja DNA:n kaapelisuoja-putket sekä yksi varausputki. Eteläreunalle tulee myös varausputki. (36.)

5 ESIMERKKIKOhteita KATUALUEELLA

Esimerkkikohteita varausputkitusten toteutuksesta Oulussa ovat jo rakennetut Kauppurienkatu ja Sairaalanrinne sekä suunnitteluasteella oleva Soittajankangas. Luvuissa 5.1 – 5.3 esitellään kukin esimerkkikohte.

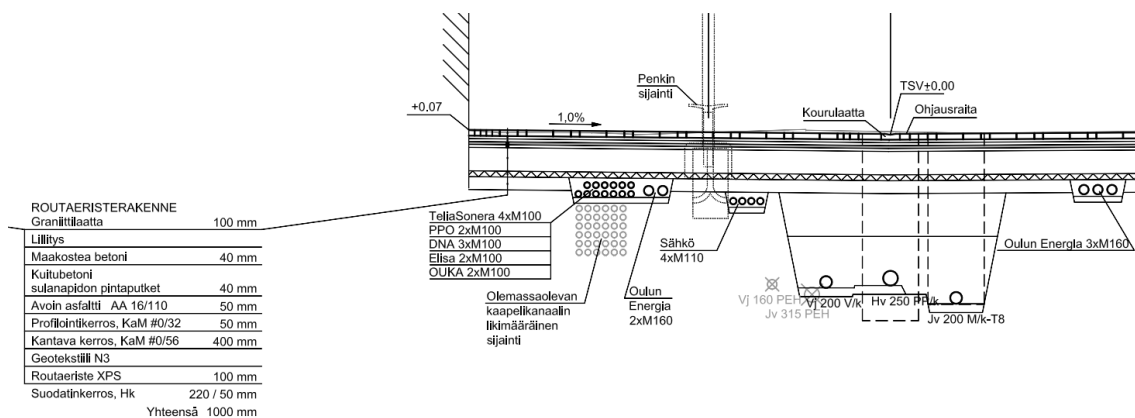
5.1 Kauppurienkatu Rotuaarin kohdalla

Rotuaari on viihtyisä kävelykatu aivan Oulun ydinkeskustassa. Sen muodostavat Kirkkokatu välillä Saaristonkatu-Pakkahuoneenkatu ja osa Kauppurienkatua (37).



KUVA 20. Rotuaari sijaitsee Oulun ydinkeskustassa Kirkkokadun ja Kauppurienkadun risteämäkohdassa (37)

Vuonna 2011 toteutettiin mittava saneeraus, jossa kadun alle asennettiin sulanapitojärjestelmä. Rotuaari onkin ääriesimerkki siitä, miten monimutkainen kadun rakenne voi olla (kuva 21).(38.)



KUVA 21. Kauppurienkadun poikkileikkaus paaluvälillä 60 (39)

Koska vilkas kävelykatu on kivetty graniittilaatoin ja varustettu lämmitysputkilla, vuoden 2011 saneerausurakan jälkeiset maanrakennustyöt olisivat olleet hankalia ja erittäin kalliita. Tämä seikka puoltaa varausputkien järkevyyttä. Vanhan kaapelikanaalin päälle uusia, halkaisijaltaan 100 mm varausputkia ovat kadulle sijoittaneet eri teleoperaattorit ja Oulun kaupunki. Niiden sijoitusta voidaan pitää erittäin järkevänä, sillä kaikki käytössä olevat uudet ja vanhat kaapelinsuojaputket ovat selkeästi samassa nipussa (39).

Oulun energialla on omia 160 mm:n varausputkia molemmin puolin katua. Sähkökaapeliputket erottuvat samaan kaivantoon asennetuista datakaapeliputkista paitsi suuremman halkaisijansa, myös reiluksi jätetyn turvaetäisyyden ansiosta. Keskempänä katua sijaitsevat neljä käytössä olevaa sähkökaapelia 110 mm:n suojaputkissaan, vesijohto sekä hulevesi- ja jätevesiviemärit (39).

5.2 Sairaalanrinne

Sairaalanrinne on katu, joka sijaitsee Kontinkankaalla Oulun yliopistollisen sairaalan ja Kastellin monitoimitalon läheisyydessä (37).



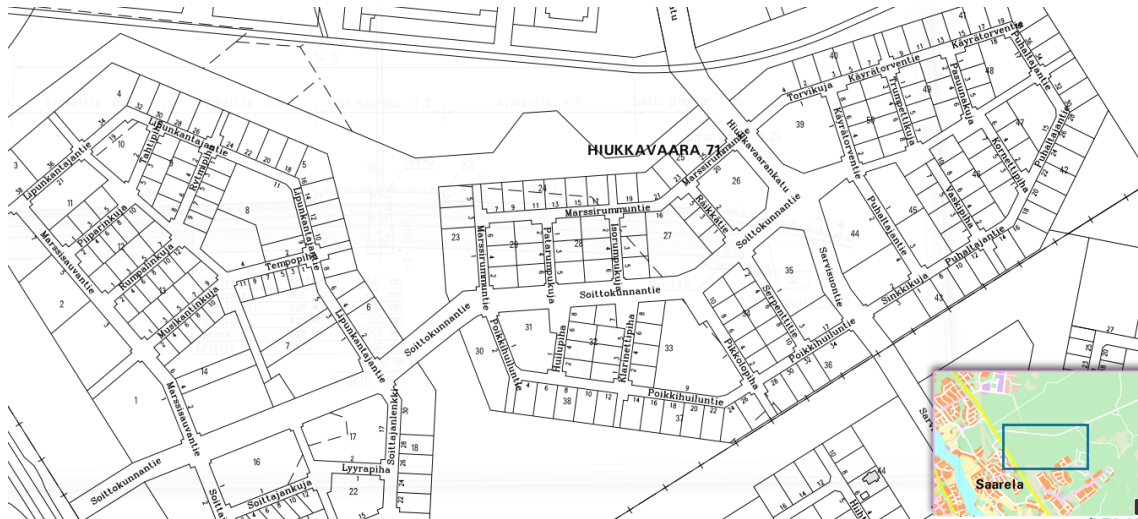
KUVA 22. Sairaalanrinteen sijainti Oulun Kontinkankaalla (37)

Sairaalanrinteen saneeraus valmistui 2014. Saneerauksen yhteydessä kaupunki asensi poikittaissuuntaisia varausputkia eli alitusputkia kahteen eri kohtaan pituusleikkausta. Suojaputket näkyvät kaupungin johtokartassa, mutta urakan aikaisissa työselostuksissa niitä ei mainita. Sairaalanrinteen varausputkien käyttö on ongelmallista, sillä ne on asennettu hyvin syväälle, jopa noin 1,5 m:n syvyyteen. Putkien päät sijaitsevat myös liian keskellä katua, joten putkenpäiden auki kaivaminen olisi hankalaa. Ei ole tiedossa, onko putkien päitä merkitty sondeilla. (41.)

Kohteen tarkastelussa todettiin, että uusissa kadunrakennus- ja saneerauskohdeissa tulisi kiinnittää huomiota ainakin siihen, että putket ovat hyödynnettävissä olevalla syvyydellä (70 cm, ellei muu syvyys ole perusteltu), niiden päät sijaitsevat riittävän pitkällä luiskissa, ne on tulpattu ja merkitty sondeilla. Putket tulee ottaa suunnittelussa, työvaiheissa ja dokumentoinnissa huomioon aivan kuten muutkin kadun rakenteet, laitteet ja varusteet.

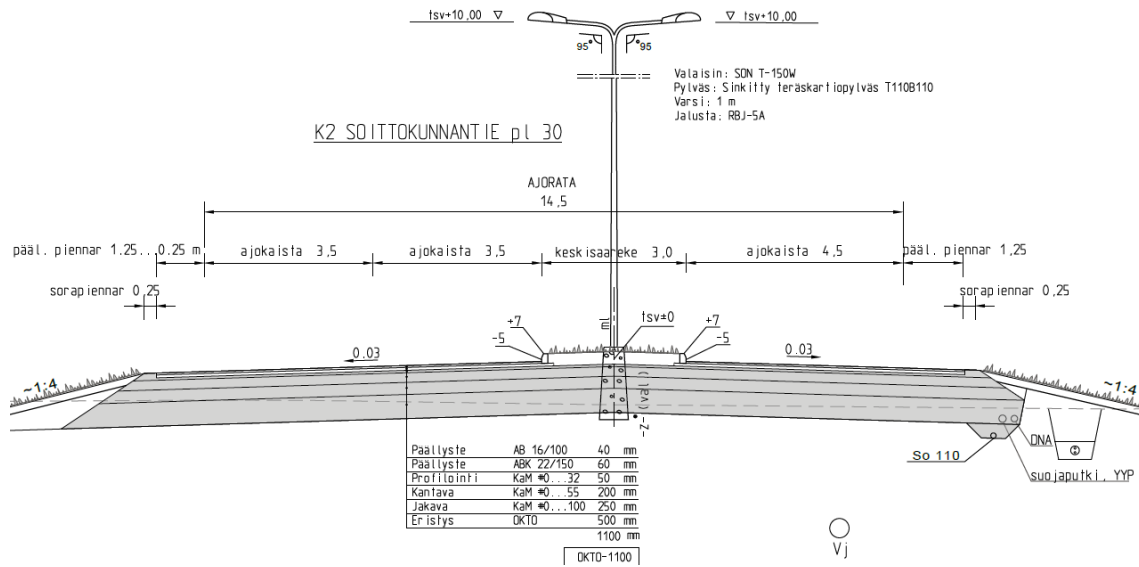
5.3 Hiukkavaaran Soittajankangas

Hiukkavaara on Ouluun rakentuva uusi, tulevaisuudessa noin 20 000 asukkaan kaupunginosa. Soittokunnantie tulee olemaan Hiukkavaaran uuden keskuksen, Soittajankankaan, pääkatu (kuva 23).



KUVA 23. Rakenteilla olevan Soittajankankaan kantakartta (37)

Soittokunnantielle on suunniteltu asennettavaksi sekä DNA:n ja kaupungin suo-
japutkia. Kaupungin ja DNA:n suo-
japutket tullaan sijoittamaan rinnakkain katu-
jen reunoille, eristyskerroksen alaosaan (kuva 24). Katusuunnitelmat ovat lin-
jassa Oulun kaupungin katusuunnitteluohjeessa esitettyjen kaapelien sijoituspe-
riaatteiden kanssa (40).



KUVA 24. Soittokunnantien poikkileikkaus paaluvälillä 30 (40)

6 KAAPELIPUTKIEN KÄYTTÖ

Oulun kaupungin varausputkien käyttöönottoa ja tarvittavia kaivutöitä varten tarvitaan luvat. Sijoittamisoikeudesta ja putken vuokraushinnasta tulee tehdä sopimus. Varausputkista tulee tiedottaa operaattoreita ja niiden dokumentit on pidettävä ajan tasalla. Luvuissa 6.1 - 6.3 tarkastellaan kaapelin asennusta putkeen, putkien markkinointia operaattoreille sekä putkien käyttömaksun keräämistä.

6.1 Kaapelin asentaminen putkeen

Kaapeli asennetaan suoja-putkeen joko maakerrosten alla olevasta, tulpatusta putkenpäästä, kaapelikaivosta tai mahdollisesta vetoaukosta. Kaapelinsujutuksessa lyhyt matka, esimerkiksi kapean kadun alitus voi onnistua pelkästään kaapelia työntämällä, mutta useimmiten on käytettävä apuvälineitä. Yksinkertaisin apuväline on lasikuidusta valmistettu, kelalla oleva jäykähkö tanko eli rassi. Se soveltuu lyhyille vetomatkoille. Pidemmällä matkalla kaapelit vedetään putkeen köyden tai vaijerin avulla. Köysi tai vaijeri saadaan putkeen yleensä puhaltamalla ensin suurella kompressorilla ohut apuköysi putkeen, jolla sitten vedetään varsinainen vetoköysi/vaijeri putkeen. (18.)

Kokemusten perusteella voidaan todeta, että kaapeli saattaa vaurioitua osuessaan putken reunoihin asennustyön aikana. Vaurioiden välttämiseksi asennuksen edistymistä on seurattava ja vetäminen tarvittaessa keskeytettävä. Markkinoilla on erityisiä kaapeliliukasteita, joita voi käyttää vähentämään kitkaa kaapelin ja suoja-putken välillä.

6.2 Kaapeliputkien markkinointi operaattoreille

Kaupungin rakennuttamien varausputkien ei ole tarkoitus syrjäyttää operaattoreiden omaa rakentamista. Olemassa olevista ja tulevaisuudessa rakennettavista varausputkista on kuitenkin tiedotettava operaattoreita ja tarvittaessa niitä on myös markkinoitava. Operaattorit eivät välttämättä ole tietoisia kaupungin asennuttamista putkista. (18.)

Opinnäytetyötä tehtäessä kävi ilmi, että kaapelivarausputkista tiedottaminen on järkevää hoitaa Oulun kaupungin internetsivustolla, joka toimii tiedotuskanavana monenlaisista asioista. Sivuille olisi hyvä saada ajanmukaista tietoa varausputkien olemassaolosta. Tietosuojasta on kuitenkin huolehdittava niin, etteivät kaapelien paikkatiedot ole suoraan kaikkien saatavissa. Tarkkoja tietoja kaapelisuoja-putkista voidaan luovuttaa ainoastaan verkostonrakennustöistä vastaaville, luotettaville yrityksille. Viimeistään siinä vaiheessa, kun operaattori hakee kaivulupaa kaapelin asennusta varten, on tarkistettava, onko kaivualueella käytettävissä varausputkia. Uusien putkitusten paikkatiedot mitataan tarkasti ja tallennetaan tietojärjestelmiin, mutta aikaisemmin rakennetut putkilinjat tulee jälkikäteen kartoittaa tiedottamista varten.

Kaapelisuoja-putkien nimeäminen

Kävi ilmi, ettei putkiin ole ainakaan tähän mennessä tehty mitään merkintöjä, vaikka se olisikin mahdollista esimerkiksi vedenkestävillä kynillä tai kaivertamalla. Putkia on saatavissa erivärisinä, joten ainakin periaatteessa olisi mahdollista toteuttaa jokin tietty reitti jollakin omalla värillään. Värikoodausta on pidetty hyvänä ajatuksena, mutta käytännössä sitä ei ole vielä kokeiltu. Käytännössä putkessa käytettävä väri on esitettävä tällöin suunnitelmissa ja tietojärjestelmissä. On huomioitava, että joitakin värejä voi olla saatavana tehtailta ainoastaan erikoistilauksena.

6.3 Varausputken käyttömaksu ja käyttöön liittyvät asiat

Tällä hetkellä suurin osa kaapelinsuoja-putkista on operaattoreiden itsensä rakentamia. Hinnasto kaapelisuoja-putkien käytöstä on vapaasti saatavilla. Hintataso on Elisalla 0,15 - 0,30 €/putkimetri/kk. Veloituksen minimipituus on Elisan tapauksessa 20 metriä. Tienalituksen sijoitushinta on kaksinkertainen. Yli 2 000 metrin yhtenäinen sijoitus voidaan tarjota kertakorvauksella. Tällöin sopimus tehdään 10 vuodeksi. (11, s.32.)

TeliaSonera Finland perii maksua 0,20 - 0,30 €/putkimetri/kk. Kaapelin sijoitus-oikeus on Teliasonera Finlandilla mahdollista saada myös kadun alitukseen, siltaosuudelle ja kiinteistöön johtaviin putkiin. Näiden veloitus on 0,40 €/m/kk. Kaapelin sijoitusoikeus on mahdollista tehdä myös kertakorvauksella, jolloin hinta tehdään tarjouksen mukaisesti. Kertakorvauksella sijoitusoikeussopimus on voimassa 10 vuotta. (11, s.32)

Kuntien tilanne varausputkien asentamisen suhteen vaihtelee paljon. Monet kunnat ovat asennuttaneet joidenkin kadunrakennusprojektien yhteydessä varausputkia, mutta kustannusten periminen ja ylipäättään putkien käyttöaste on hajanaisempaa. Syksyllä 2014 suoritetun kyselyn perusteella Turussa ja Joensuussa ollaan kenties pisimmällä suojaputkien asentamisessa ja käytössä. Turussa kertamaksu kaapelin sijoittamisesta peritään katuluokituksen mukaan. Maksun suuruus on 20 – 80 €/m. Joensuussa maksu on aina 18 €/m. Suojaputkia on ainakin jossain määrin asennettu ainakin myös Espooseen, Helsinkiin, Lappeenrantaan ja Rovaniemelle. (42.)

Esimerkki hinnan muodostumisesta

Operaattoreiden perimä hinta kaapelin sijoittamisesta on enimmillään 0,30 €/m/kk. Mikäli kaapelireitti vuokrattaisiin kymmeneksi vuodeksi, muodostuisi vuokraukselle hintaa kaavan 1 mukaan laskettaessa seuraavasti:

$$a \times 12 \text{ kk} \times b = c$$

KAAVA 1

a = vuokratkustannusten laskenta-aika (vuosia, ei yksikköä)

b = kaapelin sijoitustaksa $\left(\frac{\text{€}}{\text{m}}\right)$

c = Koko vuokrausajalta kertyvä kustannus $\left(\frac{\text{€}}{\text{m}}\right)$

$$10 \times 12kk \times \frac{0,30 \frac{\text{€}}{m}}{kk} = 36 \frac{\text{€}}{m}$$

Mikäli Oulun kaupunki perisi kaapelin sijoittamisesta kertakorvauksena esimerkiksi 30 €/m/kaapeli, kaapelinomistajalle koituisivat pienemmät kustannukset kuin operaattorin asentaman putken vuokraamisesta. Ei ole tarkoituksenmukaista myydä koko putkea yksittäisen operaattorin käyttöön, joten maksua vastaan tarjotaan ainoastaan sijoitus- ja käyttöoikeuksia. Ydinkeskustassa sijaitsevien putkien käytöstä sekä siltojen varausputkien käytöstä voidaan periä korkeampaa hintaa kuin esimerkiksi tonttikaduille asennettujen putkien käyttämisestä. Lopullisen päätöksen maksujen suuruudesta tekee Oulun kaupunki.

Varausputken käyttöönotto

Varausputkea ei saa ottaa käyttöön ilman lupaa, vaan varausputken käyttöönottoon haetaan lupaa niitä hallinnoivalta taholta. Oulussa operaattorin tulee ottaa yhteys Oulun kaupungin Yhdyskunta- ja Ympäristöpalveluihin. Operaattorille osoitetaan sopiva putki ja putken käyttöönotosta tehdään sopimus. Jos putken pään tai kaapelikaivon esille saaminen vaatii kaivutöitä, operaattorin on haettava myös kaivulupaa. Kaapelin sijainti sekä muut kaapelin tyyppiä ja omistajaa koskevat tiedot on saatettava tietokantoihin.

7 YHTEENVETO

Oulun kaupungin Yhdyskunta- ja ympäristöpalvelut ovat käytännössä törmänneet kaapeliverkkojen rakentamiseen liittyviin ongelmiin, jotka olisi mahdollista ratkaista varausputkituksia kehittämällä. Kun uusia kaapeleita sijoitetaan kaivamalla, vaativa osa työtä on jo olemassa olevien kaapeleiden ja muiden laitteiden varjeleminen rikkoutumiselta. Kaivutyöt ovat myös kalliita, ne haittaavat liikennettä ja sekoittavat katujen rakennekerroksia. Mikäli kaivutyön sijasta kaapeli voitaisiin vain sujuttaa kaapelikaivon kautta valmiiseen suojaputkeen, nämä ongelmat vältettäisiin.

Erityisesti valokuituverkko, joka palvelee nopeaa tiedonsiirtoa, tulee kasvamaan tulevaisuudessa. Kaapelisuojaputkien avulla voidaan tehdä valmiita kaapelireititejä tulevaa verkostonrakentamista varten. Koko kaapelireitin auki kaivamisen sijasta kaapeli vain asennetaan putkeen, jolloin ainoat tarvittavat kaivutyöt ovat putkien päiden etsiminen. Kaikkein edullisimmaksi kaapeliputkitus tulee, kun se tehdään jonkin kadun rakentamisen tai saneerauksen yhteydessä. Pieni työ määrä, mahdollinen suojatäyttö sekä varsin edullinen putken hinta muodostavat kaapelireitin kustannukset.

Oulun kaupungin on mahdollista saada tuloja vuokraamalla putkireititejä operaattoreille. Olemassa olevat putket on kartoitettava ja uudet putkireitit on tallennettava tietojärjestelmiin. Putkien olemassaolosta on mahdollista tiedottaa kaupungin verkkosivuilla. Viimeistään siinä vaiheessa, kun operaattori hakee sijoituslupaa kaapelin asennusta varten, tulee tarkistaa, olisiko kaivutyö mahdollista välttää valmista kaapelireittiä käyttäen.

Tärkein tavoite opinnäytetyössä oli kaapelisuojaputkitusten suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvien periaatteiden selvittäminen. Opinnäytetyössä pyrittiin tutkimaan sitä, miten varausputkista kannattaa tiedottaa, miten niitä hallinnoidaan ja millaisia sijoitusmaksuja kaapelien omistajilta kannattaa periä. Muiden kaupunkien tilannetta varausputkitusten käytöstä ja maksujen perimisestä kartoitettiin kyselytutkimuksella. Lopullinen päätös maksun käyttöönotosta ja sen suuruudesta jää kuitenkin Oulun kaupungin päätettäväksi.

Merkittävä osa tämän opinnäytetyön laatimista on ollut erityyppisten lähteiden yhdistely. Tällaisia lähteitä ovat olleet mm. erilaiset ohjeistukset ja standardit sekä putki- ja merkkiantennivalmistajien tuotekehitystyön tulokset. Ensiarvoisen hyödyllisiä työn onnistumisen kannalta ovat olleet rakennuttajien, urakoitsijoiden sekä suunnittelijoiden havainnot ja kokemukset. Havaittiin, että hyvin erilaisilla toimijoilla on osaamista ja tietoa verkostonrakentamisesta ja suojausputkituksista. Kaupungin, operaattoreiden, suunnittelutoimistojen sekä rakennusliikkeiden keskinäinen yhteistyö on hyvin tärkeää, kun kaapeliputkituksia rakennetaan ja otetaan myöhemmin käyttöön.

Opinnäytetyön liitteenä esitetty ohjetaulukko on tärkeä dokumentti kaikille, jotka työskentelevät kaapelisuojausputkien suunnitteluun, rakentamiseen tai käyttöön liittyvissä tehtävissä. Taulukkoa voi helposti jakaa esimerkiksi suunnittelijoille tai rakennusliikkeille.

LÄHTEET

1. Sipilä, Terttu 2013. T533303 Katutekniikka 3 op. Opintojakson luennot syksyllä 2013. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö.
2. Yritysten ja yhteisöjen laajakaistaratkaisut. Sähköinfo Oy. Saatavissa: http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/tietoliikenneverkot/fi_FI/laajakaistaratkaisuja/. Hakupäivä 16.2.2015.
3. Verkon rakenne. Energiateollisuus ry. Saatavissa: <http://energia.fi/sahko-markkinat/sahkoverkko/verkon-rakenne>. Hakupäivä 16.2.2015.
4. Kaasutietoutta. 2014. Gasum Oy. Saatavissa: <http://www.gasum.fi/Kaasutietoutta/Kaasuverkostot/>. Hakupäivä 1.4.2015.
5. Jätteille ekotehokas putkikeräys. 2014. Tampereen kaupunki. Saatavissa: <http://www.tampere.fi/vuores/palvelut/jatehuolto.html>. Hakupäivä 2.2.2015.
6. Lehti, Tero 2014. Re: Vuoreksen jätteenkeruujärjestelmä. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Timo Korpela. 11.12.2014.
7. Oulun kaupungin katusuunnitteluohje. 2014. Oulun kaupunki.
8. Ervasti, Eero 2015. Re: Insinööriyöhön liittyviä kysymyksiä. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Timo Korpela. 21.1.2015.
9. Ervasti, Eero 2015. Re: Opinnäytetyöhön lisää kysymyksiä. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Timo Korpela. 25.3.2015
10. Mäenpää, Kai 2014. Kunnossapitopäällikkö, Oulun kaupunki. Opinnäytetyöpalaveri 26.9.2014.

11. Kuituverkon asennusmenetelmät. 2014. Liikenne- ja viestintäministeriö. Saatavissa: http://www.lvm.fi/docs/fi/3082174_DLFE-22732.pdf. Hakupäivä 3.1.2015.
12. Erho, Jarmo 2015. Työmaavalokuvat.
13. L 10.9.1999/895 Maankäyttö- ja rakennusasetus.
14. L 917/2014 Tietoyhteiskuntakaari.
15. L 31.8.1978/669 Laki kadun ja eräiden yleisten alueiden kunnossa- ja puhtaanapidosta.
16. Sähkö- ja telejohdot ja maantiet. 2014. Liikennevirasto. Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2014-15_sahko_telejohdot_web.pdf. Hakupäivä 4.1.2015.
17. Ayres, Katja 2006. Tekla Xcity rakennusvalvonnan tukena Oulussa. Rakennettu ympäristö, lehti 2/2006. Saatavissa: http://www.rakennustieto.fi/lehdet/ry/index/lehti/P_243.html. Hakupäivä 1.3.2015.
18. Peteri, Kaarlo 2015. Re: Insinööriyö kaapelisuoja-putkista. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Timo Korpela. 12.1.2015.
19. InfraBIM. 2015. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <http://www.rts.fi/infra-bim/index.htm>. Hakupäivä 11.2.2015.
20. Yleiset inframallivaatimukset 2015 – YIV 2015. Inframallintamisen yhteistyöfoorumi. Saatavissa: <http://www.infrabim.fi/yiv2015/>. Hakupäivä 30.3.2015.
21. Mikä 3D-koneohjaus? 2013. 3d-Koppi Oy. Saatavissa: <http://www.3dkoppi.fi/mika-3d-koneohjaus> Hakupäivä 10.2.2015.

22. Liinanki, Jukka 2015. Re: Jäälin Notkotien tietomallinnus. 29.3.2015.
23. SFS 5608. 1992. Maahan asennettavat kaapelinsuojukset. Rakenne ja koestus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
24. Sähköasennusputket ja kaapelinsuojausjärjestelmät. 2014. Pipelife Finland Oy. Saatavissa: http://www.pipelife.fi/media/fi/Tuote-esitteet/Pipelife_Sahko- ja_kaapelinsuojaustuotteet.pdf. Hakupäivä 27.11.2014.
25. Laitinen, Aappo 2015. Maanrakennus Aappo Laitinen Ky. Keskustelu 4.2.2015.
26. Siikaluoma, Tapio 2015. Työmaavalokuvat.
27. Pikkarainen, Markku – Ruukonen, Pekka 2008. Betonisen kaapelikaivon asennus. TeliaSonera Finland Oyj. Saatavissa: hyvinkaa.fi/Tiedostot/.../Sonera%20kaapelikaivon%20asentaminen.doc. Hakupäivä 1.4.2014.
28. Tripla – sähkö- ja viestintäjärjestelmien suojausputki. Uponor. Saatavissa: <https://www.uponor.fi/ratkaisut/kaapelinsuojaus/tripla-kaapelinsuojausputket-ja-osat.aspx>. Hakupäivä 5.2.2015.
29. InfraRyl osa 2 Järjestelmät ja täydentävät osat 33110 Maakaapeliasennukset. 2012.
30. EMS-antennien etsintälaite EML7. H.Vesala Oy. Saatavissa: <http://www.johtokartoitus.fi/Kuvat/eml7-esite.pdf>. Hakupäivä 5.2.2014.
31. Levänen, Mauri 2015. Re: Opinnäytetyöni kaapelisuojausputkista (varausputkitukset). Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Timo Korpela. 26.3.2015.

32. Tikka, Raimo 2014. Re: Paikkatiedon kerääminen katutyömaalla kaapeli-putkea asennettaessa. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Timo Korpela. 11.11.2015.
33. Kamula, Arto 2015. Re: Paikkatiedon kerääminen katutyömaalla kaapeli-putkea asennettaessa. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Timo Korpela. 27.11.2015.
34. Kaleva 2013. Kuorma-auto katkaisi kuitukaapelin Oulussa - kaapeli-tv poikki huomiseen asti. 2013. Kaleva. Saatavissa: <http://www.kaleva.fi/uutiset/oulu/kuorma-auto-katkaisi-kuitukaapelin-oulussa-kaapeli-tv-poikki-huomiseen-asti/646729/?comments=40#c2955911>. Hakupäivä 15.1.2015.
35. Eurokoodin sovellusohje siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet. 2010. Liikennevirasto. Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2010-23_ncci1_web.pdf. Hakupäivä 11.1.2015.
36. Suunnitelman kortti, Siltatie välillä Keskustie-Raatinharjuntie, katusuunnitelma. 2014. Oulun kaupunki. Saatavissa: <http://oulu.ouka.fi/tekniikka/Suunnitelmat/Projektikortti.asp?ID=788>. Hakupäivä 12.1.2015.
37. Oulun seudun karttapalvelu. Saatavissa: kartta.ouka.fi. Hakupäivä 2.4.2015.
38. Siikaluoma, Tapio 2015. Kaapeleiden suojausputket - opinnäytetyön lähtöaineistoa. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Timo Korpela. 19.1.2015.
39. Kauppurienkatu välillä Torikatu-Kirkkokatu, poikkileikkaus pl 60. 2012. Laatija Sito Oy. Tilaaja Oulun Kaupunki.

40. Soittajankankaan kadut, kevyen liikenteen väylät, ulkoilupolku ja ojat, rakenteelliset tyyppipoikkileikkaukset. 2014. Laatija Ramboll Oy. Tilaaja Oulun kaupunki.
41. Siikaluoma, Tapio 2015. Suunnittelupäällikkö, Oulun kaupunki. Opinnäytetyöpalaveri 20.3.2015.
42. Mäenpää, Kai 2014. Kysely Suomen suurimpien kaupunkien tilanteesta varausputkitusten käytöstä.

Yleiset inframallivaatimukset 2015, luettelo ohjeista

1. Tietomallipohjainen hanke
2. Yleiset mallinnusvaatimukset
3. Lähtötiedot
4. Inframalli ja mallinnus hankkeen eri suunnitteluvaiheissa
5. Rakennemallit; 5.1 Maa-, pohja- ja kalliorakenteet, päälly- ja pintarakenteet, 5.2 Maarakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) laadintaohje, 5.3 Maarakennustöiden toteutumamallin laadintaohje
6. Rakennemallit; 6.1 Järjestelmät
7. Rakennemallit; 7.1 Rakennustekniset rakennusosat
8. Inframallin laadunvarmistus
9. Määrälaskenta, kustannusarviot
10. Havainnollistaminen
11. Inframallin hyödyntäminen eri suunnitteluvaiheissa, infran rakentamisessa sekä infran käytössä ja ylläpidossa

OHJETAULUKKO KAAPELIPUTKITUSTEN SUUNNITTELUA, RAKENTAMISTA JA KÄYTTÖÖNOTTOA VARTEN

Kaapelien sijoitus poikkileikkauksessa	Tonttikaduilla kaapelit sijoitetaan eri puolelle katua kuin kaukolämpö. Kokoojakaduilla kaapelien sijoitus on ensisijaisesti jk+pp –tien alla. Kaapelien tulee olla mahdollisimman helposti korjattavissa.
Kaapelikaivojen sijoitus	Kaapelikaivot pyritään sijoittamaan viheralueelle. Istutettaville alueille ei sijoiteta laitteistoja.
Varausputken asennussyvyys	Kaapelisuoja-putki asennetaan leikkauspohjaan suodatin-kerrokseen, jos varausputki ei tällöin jää liian syväälle myöhempää käyttöönnottoa ajatellen. Optimaalinen asennussyvyys on 70 cm. Tarvittaessa käytetään suojatäyttöä.
Varausputkien tarpeellisuus	Varausputkien tarve arvioidaan tapauskohtaisesti. Tarpeen arvioinnissa pyritään ennakoimaan tulevaa verkostonrakentamista. Alitusputkia ja kadun pitkittäisuuntaisia varausputkia asennetaan pääasiassa katuluokkien E- ja 1-3 – luokkiin kuuluville kaduille, eli korkealuokkaisille kaduille, pääkaduille ja kokoojakaduille. Alitusputkia kannattaa asentaa risteysalueille myös 4-luokkaan kuuluville kaduille eli tonttikaduille. Mitä korkeampi katuluokka on, sitä enemmän putkia todennäköisesti tarvitaan. Mikäli operaattorit ovat halukkaita asentamaan varausputkia, samaan linjaan kannattaa asentaa ainakin 2 kpl varausputkia kaupungin toimesta.
Varausputken väri	Sähkökaapelille käytetään keltaista ja datakaapelille punaista suoja-putkea. Varausputket ovat joko harmaita, tai

	tietylle putkireitille suunnitelmassa osoitetun värin mukaisia.
Merkinnät varausputkissa	Varausputkiin voidaan tarvittaessa merkitä kohdetta yksilöiviä tietoja veden- ja kulutuksenkestävällä kynällä.
Varausputken mahdolliset päättymiskohdat	Varausputki suunnitellaan päättyväksi joko kaapelikaivoon tai riittävän kauas tien luiskaan, jotta suoja-putki voidaan ottaa käyttöön.
Putken päättäminen kaapelikaivoon	Putki viedään kaapelikaivon sisään valmiiksi tehdystä, tai timanttiporalla poratusta reiästä. Liitos tiivistetään kumitiivisteellä, jotta kaapelikaivoon ei pääse vettä.
Putken päättäminen luiskaan	Putken päättymiskohdan on sijaittava riittävän kaukana luiskassa käyttöönottoa varten. Putken pää tulpataan putki-valmistajan tulpalla, ei esimerkiksi muovipussilla. Päättymiskohta on merkittävä sondilla.
Käytössä oleva korkeusjärjestelmä	Uusissa suunnitelmissa korkeusjärjestelmä on N2000. Vanhoista suunnitelmista on varmistettava, mitä korkeusjärjestelmää on käytettävä.
Käytössä oleva paikkatietojärjestelmä	ETRS-GK26
Korkeusmittausten suorittaminen	Korkeusmittaus on helpointa GPS-mittauksella, mutta riittävästä tarkkuudesta on huolehdittava. Syvissä kaivannoissa voi tulla ongelmia. Eräät EMS-antennien hakulaitteet pystyvät mittaamaan korkeuden antennista, ja sijoittamaan sen koordinaatistoon. Vaaituskoneella voidaan mitata tarkkoja korkoja, mutta niiden sijoitus koordinaatistoon on työlästä.

Paikkatietomittausten suorittaminen	GPS-mittaus on helpoin mittaustapa, jos huolehditaan siitä, että riittävään mittaustarkkuuteen päästään. Tarkkoja paikkamittauksia voidaan tehdä myös takymetrillä. Takymetrimittaus vaatii koneen orientoimisen eli sijoittamisen käytettävään koordinaatistoon.
Käytettävän EMS-antennin eli sondin tyyppi	Uudisrakentamisessa käytetään EMS-palloantenneja. Datakaapelille käytetään oranssia 101,4 kHz:n antennia, sähkökaapelin antennin tyyppi on punainen 169,8 kHz:n antenni. Yleisantenni on väriltään violetti ja taajuudeltaan 66,0 kHz. Kun samaan kaivantoon tulee useita antenneja, käytetään RFID-tyyppisiä antenneja. Antennin muistisiruun tallennetaan tällöin kohdetta yksilöiviä tietoja, esimerkiksi: VARAUSPUTKI OUKA.
Sondien sijoittaminen	Sondeja käytetään merkitsemään putken päät, haaroitukset, kaapelikaivot, ja muut epäjatkuvuuskohdat.
Käytettävä putkityyppi	Sopiva putken halkaisija on 110 mm. A-lujuusluokan putkia käytetään raskaasti liikennöidyillä alueilla sekä katujen alituksissa. B-lujuusluokan putkia käytetään raskaan liikenteen alueen ulkopuolella ja kevyen liikenteen väylien alituksissa. C-lujuusluokan tuotteita käytetään pääsääntöisesti putkikouruina viheralueilla ja liikennealueiden ulkopuolisilla alueilla.
Suunnitelmista poikkeaminen varausputkia asennettaessa	Kaikki muutokset suunnitelmiin on hyväksyttävä tilaajalla. On huolehdittava, että Oulun kaupungin tietokannoissa näkyy lopullinen, toteutunut putken linjaus. Paikkatieto mitataan lopullisella paikallaan sijaitsevasta kaapelireitistä. Lisäksi muutokset merkitään työmaalla paperikarttoihin.

Varausputken haaroittaminen	Haaroitus tehdään suunniteltuun kohtaan putkivalmistajan toimittamaa haarakappaletta käyttäen. Haaroituskohta merkitään sondilla.
Putkien liittämisen toisiinsa	Putkiliitokset toteutetaan putkivalmistajan toimittamilla liitoskappaleilla. Liitoksia on hyvä vahvistaa vahvalla teipillä, jotta epäjatkuvuuskohtia ei liitoskohtiin pääse syntymään.
Putken taivuttaminen	Putkea voidaan taivuttaa valmistajan ohjeiden mukaisesti. Isoissa taivutuksissa käytetään putkivalmistajan toimittamaa taivutuskulmaa.
Putken kaltevuus	Putki on asennettava vähintään yhden prosentin kaltevuuteen.
Varoitusnauha eli kaapelisuoja-nauha	Varoitusnauha asennetaan noin 0,3 metrin syvyydelle maanpinnasta tai noin kaivannon puoliväliin. Energiakaapeleiden varoitusnauha on väriltään keltainen, telekaapeleiden varoitusnauha on väriltään punainen tai keltainen, ja kaukolämpöputkien varoitusnauhan väri on violetti.
Sähkö- ja data-kaapelin turva-etäisyydet	Valokuitukaapelin etäisyys sähkökaapeliin: 0,1 m Kuparikaapelin etäisyys sähkökaapeliin: 0,3 m Pienijännitteinen sähkökaapeli voidaan asentaa samaan putkeen telekaapelin kanssa, mutta sähkökaapelin ympärille on hyvä asentaa lisäksi halkaisijaltaan pieni sisäputki.

Varausputkien markkinointi operaattoreille	Valmistuneista varausputkilinjoista tiedotetaan Oulun kaupungin Internet-sivuilla. Kun joku operaattori hakee sijoituslupaa kaapelilleen, tarkistetaan vielä, olisiko kaivutyö mahdollista korvata varausputkea käyttämällä.
Varausputken käyttöönotto	Operaattorin tulee ottaa yhteys Oulun kaupungin Yhdyskunta- ja Ympäristöpalveluihin. Operaattorille osoitetaan sopiva putki ja putken käyttöönotosta tehdään sopimus. Jos putken pään tai kaapelikaivon esille saaminen vaatii kaivutöitä, operaattorin on haettava myös kaivuulupaa. Kaapelin sijainti sekä muut kaapelin tyyppiä ja omistajaa koskevat tiedot on saatettava tietokantoihin.
Kaapelin asennus putkeen	Kaikkein lyhimmat matkat saattavat onnistua pelkästään työntämällä. Lasikuidusta valmistettu rassi soveltuu lyhyille vetomatkoille. Pidemmällä matkalla kaapelit vedetään putkeen köyden tai vaijerin avulla. Köysi tai vaijeri saadaan putkeen yleensä puhaltamalla ensin suurella kompressorilla ohut apuköysi putkeen, jolla sitten vedetään varsinainen vetoköysi/vaijeri putkeen. Putken sijainti voidaan asennustyön yhteydessä paikallistaa putkisondin eli putkihiiren avulla.