

OPINNÄYTETYÖ
HENRI ANNALA 2011

KAUKOLÄMPÖRAKENTAMISEN TYÖOHJE
MAARAKENNUSURAKOITSIJALLE



Rovaniemen
ammattikorkeakoulu
University of Applied Sciences

KONE- JA TUOTANTOTEKNIKOIDEN
KOULUTUSOHJELMA

ROVANIEMEN AMMATTIKORKEAKOULU
TEKNIikka JA LIIKENNE
Kone- ja tuotantotekniikoiden koulutusohjelma

Opinnäytetyö

**Kaukolämpörakentamisen työohje
maarakennusurakoitsijalle**

Henri Annala

2011

Työn ohjaaja

Tapani Rantapirkola

Hyväksytty _____ 2011 _____

Tekijä	Henri Annala	Vuosi	2011
Työn nimi	Kaukolämpörakentamisen työohje maarakennusurakoitsijalle		
Sivu- ja liitemäärä	38 + 5		

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä yleispätevä työohje kaukolämpöverkon maarakennusurakoitsijalle. Työssä kerrotaan kaukolämmön tuottamiseen käytettävistä menetelmistä yleisimmät, sekä käydään läpi kaukolämpöverkoston rakentamisen työvaiheita maarakennusurakoitsijan näkökulmasta. Työssä käsitellään kirjallisuuden avulla yleisimmät kaukolämmön tuotantomenetelmät ja siihen käytetyt polttoaineet, joita on mm. turve, kivihiili ja metsähake. Näiden lisäksi työssä käsitellään kokemusten, haastattelujen ja kirjallisuuden avulla kaukolämpöverkon rakentamiseen liittyviä töitä.

Työssä käsitellään kaukolämpöverkoston rakentamista Rovaniemellä. Kaukolämpöverkkoon rakennetaan uutta runkolinjaa ja pienempiä taloliittymiä. Kesällä 2010 Rovaniemelle rakennettiin uutta kaukolämpölinjaa noin 7000m. Kaukolämpölinjojen rakentamiseen liittyy monia eri ja työvaiheita tapauskohtaisesti monia eri ulkoisia tekijöitä, kuten liikenne ja maanalaiset johdot. Opinnäytetyö antaa tietoa mitä kaikkea kaukolämpö työmaalla voidaan joutua tekemään ja miten työ on suositeltavaa tehdä.

Kaukolämmitys on taajama-alueilla yleisin lämmitysmuoto ja uusia linjoja rakennetaan paljon. Kaukolämpölinjat rakennetaan Suomen kaukolämpöyhdistyksen määräysten ja paikallisen energiayhtiön rakennusmääräysten mukaan.

Avainsana: kaukolämmitys Suomessa, kaukolämpölinjojen rakentaminen, työturvallisuus

Author	Henri Annala	Year	2011
Subject of thesis	District Heating Construction Work Instructions for Construction Contractor		
Number of pages	38 + 5		

The aim of this Bachelor's Thesis was to write construction work instructions for a construction contractor. The work describes the most common methods of producing district heating. In addition, the district heating network construction stages of construction from the contractor perspective are discussed. The most common methods for the production of district heating are presented with the help of literature and the most commonly used fuels i.e. peat, coal and wood chips are introduced. In addition the work deals with experiences, interviews and literature using the district heating network construction-related jobs.

This thesis examines the district heating network construction in Rovaniemi. A new trunk line and the lower house connections will be built for the district heating network. About 7000 meters of new district heat lines were built in Rovaniemi in the summer of 2010. The construction of district heating includes a number of different stages. The thesis provides information on what needs to be done on the site and how the district heat line work is advisable to do.

District heating is the most common form of heating in urban areas and more new lines are built. District heating lines are built by the Finnish District Heating Association and according to the local energy company's building regulations.

Key words: district heating in Finland, construction of district heating lines, safety

Sisältö

OPINNÄYTETYÖ	1
KUVIOLUETTELO	1
TAULUKKOLUETTELO	1
KUVALUETTELO	2
1. Johdanto	3
2. Kaukolämpö yleisesti	4
2.1 Kaukolämmitys Suomessa.....	4
2.2 Kaukolämmön hyödyt ja haitat.....	5
3. Kaukolämmössä käytettäviä polttoaineita	6
3.1 Yleistä.....	6
3.2 Polttoaineiden valikoima.....	8
3.3 Puupolttoaineet.....	10
3.4 Pala- ja jyrshintäturve.....	11
3.5 Hiilipolttoaineet.....	11
4. Kaukolämpö verkon rakentaminen	12
4.1 Perusteet.....	12
4.2 Urakointi.....	13
5. Kaukolämpö kaivannot	13
5.1 Kaivantojen mitoitus.....	13
5.2 Kaivannon mitoittamisen soveltaminen.....	16
6. Kaivutöiden aloittaminen	18
6.1 Lupa-asiat.....	18
6.2 Kaupungilta tarvittavat luvat.....	18
6.3 Urakoitsijalta vaadittavat toimenpiteet ennen kaivuun aloittamista.....	19
6.4 Kaapeli- ja johtonäytöt.....	19
6.5 Kaukolämpöjohdon ja kaapelijohdon risteäminen.....	21
7. Turvallisuus	22
7.1 Kaapelit ja muut johdot.....	22
7.2 Liikenne.....	23
7.3 Työturva ja ensiapu.....	26

8. Kaukolämpö kaivamiseen liittyvät muut työt.....	27
8.1 Vesi	27
8.2 Salaojitus ja suodatin kangas.....	28
8.3 Kallio	29
8.4 Tienalitus poraamalla	30
9. Viimeistelytyöt	31
9.1 Kaivot	31
9.2 Täyttö	32
9.3 Mittaukset.....	33
10 Esimerkki linja	34
11. Yhteenveto.....	36
LÄHTEET.....	37
Liite 1. Yhteystietoja.....	39
Liite 2. Rakennuskuva	40
Liite 3. Liikenteenohjaussuunnitelma	41
Liite 4. Liikenteenohjaussuunnitelma	42
Liite 5. Liikenteenohjaussuunnitelma	43

KUVIOLUETTELO

Kuvio 1. Lämmityksen markkinaosuudet vuonna 2007. (Energiateollisuus)	5
Kuvio 2. Kaukolämmön ja siihen liittyvän sähkön tuotantoon käytetyt polttoaineet vuonna 2009. (Energiateollisuus)	6
Kuvio 3. Lämmön ja sähkön tuotanto bioenergiälähteistä (MOTIVA)	7
Kuvio 4. Kaukolämmityksen energialähteet. (Koskelainen ym. 2006, 260).	9
Kuvio 5. MPUK-JOHTO. Kanavan tyypipiirustus. (Rovaniemen Energia. 2010, 18).	14
Kuvio 6. 2MPUK-JOHTO. Kanavan tyypipiirustus. (Rovaniemen Energia. 2010, 19).	15
Kuvio 7. Energiateollisuuden ohje kaukolämpöjohdon ja kaapelijohdon risteilystä. (Rovaniemen Energia. 2010, 20).	22

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Hiililaatujen ECE-luokitus taulukko (Koskela ym. 2006, 274).	11
Taulukko 2. MPUK - Johdon mitoitus taulukko (Rovaniemen Energia. 2010, 18).	14
Taulukko 3. 2MPUK – Johdon mitoitus taulukko. (Rovaniemen Energia. 2010, 19).	15

KUVALUETTELO

Kuva 1. Rovaniemen Energian kaukolämpökaivanto kesänä 2010 (Kuva: Henri Annala).	12
Kuva 2. Putkiasentajalle on jätetty reilusti työtilaa, myös putkien sivuille (Kuva: Henri Annala).	16
Kuva 3. Kaivannon seinämiltä pudonneita kiviä, jotka tulee poistaa ennen täyttöä (Kuva: Henri Annala).	17
Kuva 4. Kaapelimerkinnoista otettu kuva (Kuva: Henri Annala).	21
Kuva 5. Vahingoitettu 20MV kaapeli (Kuva: Henri Annala).	22
Kuva 6. Useita kaapeleita pienellä alueella (Kuva: Henri Annala).	23
Kuva 7. Näkyvästi suojattu kaivanto kevyenliikenteenväylän reunassa (Kuva: Henri Annala).	24
Kuva 8. Rovaniemellä vilkasliikenteisen Rovakadun kevyenliikenteenväylälle kaivettu linja on suojattu työmaa-aitauksella (Kuva: Henri Annala).	25
Kuva 9. Rovaniemellä Vaaratien tienkatko ja väliaikaisten siltojen asennus (Kuva: Henri Annala).	26
Kuva 10. Kaukolämpö kaivantoon kaivettu pumppauskuoppa. Vesi ohjataan kaivannossa yhteen reunaan, johon on sijoitettu pumppua varten muovi putkesta tehty kaivo. (Kuva: Henri Annala).	28
Kuva 11. Kaukolämpö kaivantoon asennettu suodatinkangas ja salaojitus (Kuva: Henri Annala).	29
Kuva 12. Tienalitus poraamalla (Kuva: Henri Annala).	31
Kuva 13. Erillisvalua vaativa haaroitus kaivo (Kuva: Henri Annala).	32

1.Johdanto

Opinnäytetyön aiheena oli esitellä kaukolämpöverkon rakentamiseen kuuluvia työvaiheita. Käsittelen opinnäytetyössäni kaukolämpöä yleisesti, kaukolämmön polttoaineita, kaukolämpörakentamisen urakointimuotoja, sekä perehdyn tarkemmin kaukolämpörakentamisen rakennusurakoitsijan työtehtäviin. Valitsin kyseisen aiheen, koska olen kiinnostunut kaukolämpörakentamisesta ja siihen liittyvistä töistä.

Työni esimerkkikohteena on Destia Oy:n tekemä kaukolämpörakennusurakka Rovaniemen alueella, jossa toimin työnjohtajana kesällä 2010. Rovaniemellä kaukolämpöverkkoa rakennuttaa Rovaniemen Energia Oy. Kesällä 2010 uutta kaukolämpölinjaa rakennettiin noin 7000m. Kaukolämpölinjoja rakennettiin niin vilkkaimpaan ydinkeskustaan kuin entisen maalaiskunnan alueen hiljaisemmille asuinalueille.

Kaukolämpöverkon rakentaminen on monivaiheista työtä. Maarakennus urakoitsijalle erityisiä haasteita tuottaa liikenne, rakennukset ja niiden läheisyydessä toimiminen sekä maanalaiset kaapelijohdot ja viemäröinnit. Kaukolämpö on Suomen suurin lämmitysmuoto ja kaukolämpöön siirtyviä talouksia ja kiinteistöjä tulee jatkuvasti lisää.

2. Kaukolämpö yleisesti

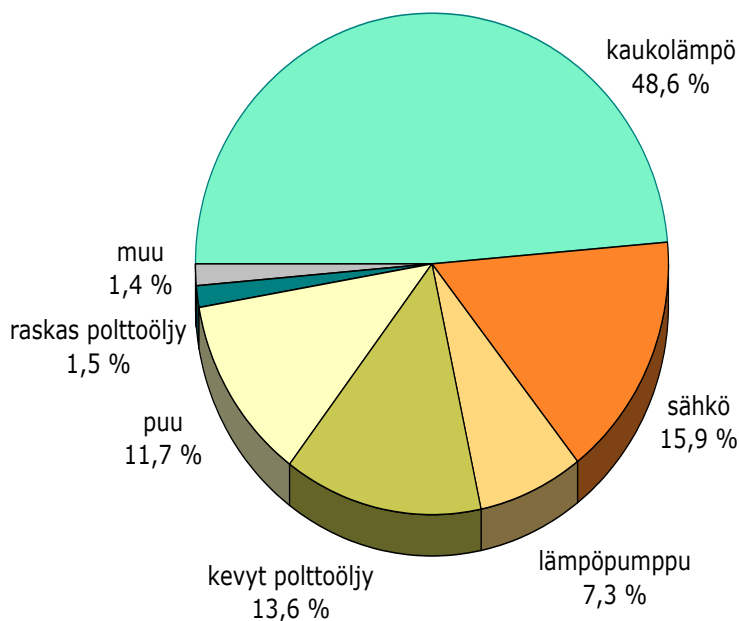
2.1 Kaukolämmitys Suomessa

Suomalaisessa yhteiskunnassa tarvitaan sähköä ja lämpöä. Niistä riippuvaisia ovat niin teollisuus kuin yksityiset kuluttajatkin. Sähkön ja lämmön tuottamiseen tehokas tapa on niiden yhteistuotanto, missä sähköä tuottaessa syntyy sivutuotteena lämpöä. Tämä lämpö voidaan ottaa talteen ja myydä kuluttajille. Yhteistuotantoa kannustetaan kasvattamaan koko Euroopan energiahuollossa. Ilmastonmuutoksen ja CO₂-päästöjen vähentäminen onkin yksi merkittävä kannustin yhteistuotannon kehittämisen kannalta. (Koskelainen ym. 2006, 25).

Suomen lämmitysmarkkinat poikkeavat monessa suhteessa useimmista EU-maista. Maamme pohjoinen sijainti ja siitä seuraava kylmä ilmasto asettaa omat ehtonsa lämmityksen tarpeelle. Kaukolämmöllä onkin jo nykyisin erittäin keskeinen merkitys kaupunkien ja taajama-alueiden lämmityksessä. Kaukolämpö on Suomen yleisin lämmitysmuoto ja sitä on tarjolla lähes kaikissa kaupungeissa ja taajamissa. Kaukolämmityksen markkinaosuus lähestyy jo 50 %:ia Suomen lämmitysmarkkinoista (Kuva 1). Kaukolämmöllä lämpiävissä taloissa asuu noin 2,3 miljoonaa Suomalaista. Yli 90 prosenttia asuinkerrostaloista, noin puolet rivitaloista ja valtaosa maamme julkisista ja liikerakennuksista on kaukolämmitettyjä. (Koskelainen ym. 2006, 25).

Suomeen tuotetusta sähköstä noin kolmasosa tuotetaan yhteistuotannolla ja yli 70 % kaukolämmöstä tuotetaan yhteistuotannolla. Tämän lisäksi teollisuudessa, esimerkiksi sellu- ja paperiteollisuudessa, merkittävä osa energiasta tuotetaan lämmön ja sähkön yhteistuotannolla. Yhteistuotantosähköstä vajaa puolet tuotetaan teollisuuden voimalaitoksissa ja reilu puolet yhdyskuntien kaukolämpövoimalaitoksissa. (Energiateollisuus. 2011).

Lämmityksen markkinaosuudet v. 2007



Kuvio 1. Lämmityksen markkinaosuudet vuonna 2007. (Energiateollisuus).

2.2 Kaukolämmön hyödyt ja haitat

Kaukolämpö on energiatehokas ja ekologinen tapa tuottaa lämpöä, lisäksi kaukolämpö on asiakkaalle helppokäyttöinen ja luotettava lämmitysmuoto. Suurin osa kaukolämmöstä tuotetaan yhteistuotannolla, mikä hyödyttää erityisesti sähköntuotantoa. Kaukolämmön tuotantoprosessissa voidaan hyödyntää muiden teollisuuden prosessien jätelämpöä. (Energiateollisuus).

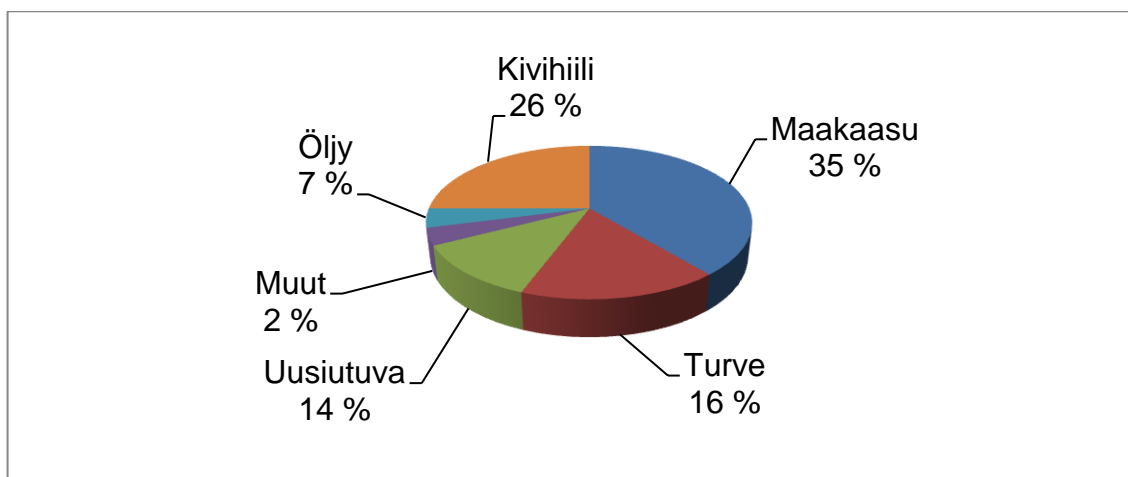
Kaukolämmön suurimmat ongelmat ovat sen myynnin aloittamiseen tarvittavat suuret investoinnit verkoston rakentamisessa ja siitä johtuva pitkä takaisinmaksuaika. Kaukolämpöä tuotetaan ympäri vuoden, mutta sillä on suuret kulutusvaihtelut vuodenaikojen välillä, jolloin kesäkuukausina tuotannosta suurin osa menee hukkaan. Ongelmana on myös, ettei kaukolämmitys sovi harvaan asutetulle alueelle, suurien rakennuskustannuksien takia sekä suurien siirtohäviöiden takia. (Koskelainen ym. 2006, 25-26).

3. Kaukolämmössä käytettäviä polttoaineita

3.1 Yleistä

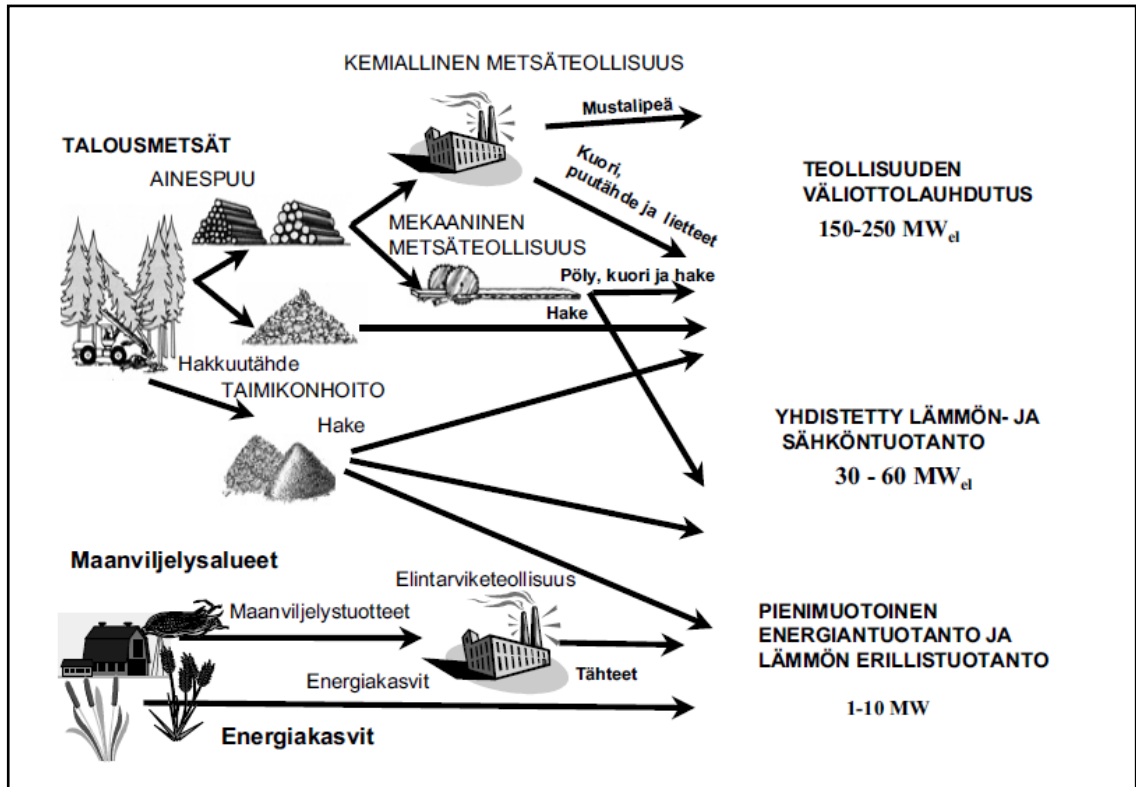
Kaukolämmön tuotannossa käytettäviä polttoaineita ovat maakaasu, kivihiili, turve, öljy sekä enenevässä määrin puu ja muut uusiutuvat energialähteet, kuten biokaasu. Suurin osa kaukolämmöstä saadaan yhteistuotantolaitoksista ja teollisuuden ylijäämälämpönä. Nykyisin myös kaatopaikoilla syntyvät biokaasut osataan ottaa tehokkaasti kaukolämmön tuotannon polttoaineeksi. Pienimillä paikkakunnilla, missä teollisuus ei ole kovin suurta joudutaan lämpöä tuottamaan pelkkää lämpöä tuottavissa lämpölaitoksissa. Pienien lämpölaitosten polttoaineina käytetään usein puuta ja muita uusiutuvia polttoaineita. (Energiateollisuus).

EU:n energialähteiden käytön taakanajon mukaisesti, energian tuotannossa uusiutuvia energialähteitä tulee käyttää 38 % kaikesta polttoainekulutuksesta vuonna 2020. Se tarkoittaa, että myös kaukolämmön tuotannossa täytyy lisätä uusiutuvien polttoaineiden käyttöä. Uusiutuvien polttoaineiden käyttöä tuleekin lisätä saatavuuden ja logististen rajojen mukaan alueittain. (Energiateollisuus).



Kuvio 2. Kaukolämmön ja siihen liittyvän sähkön tuotantoon käytetyt polttoaineet vuonna 2009. (Energiateollisuus).

Bioenergian tuotantomahdollisuudet ovat erittäin suuret ja mahdollistaisivat jopa nykykäytön kaksinkertaistamisen. Tuotannon kasvu edellyttää kuitenkin bioenergian kilpailukyvyyn säilymistä ja paranemista muihin polttoaine- ja energialähteisiin verrattuna. (Motiva).



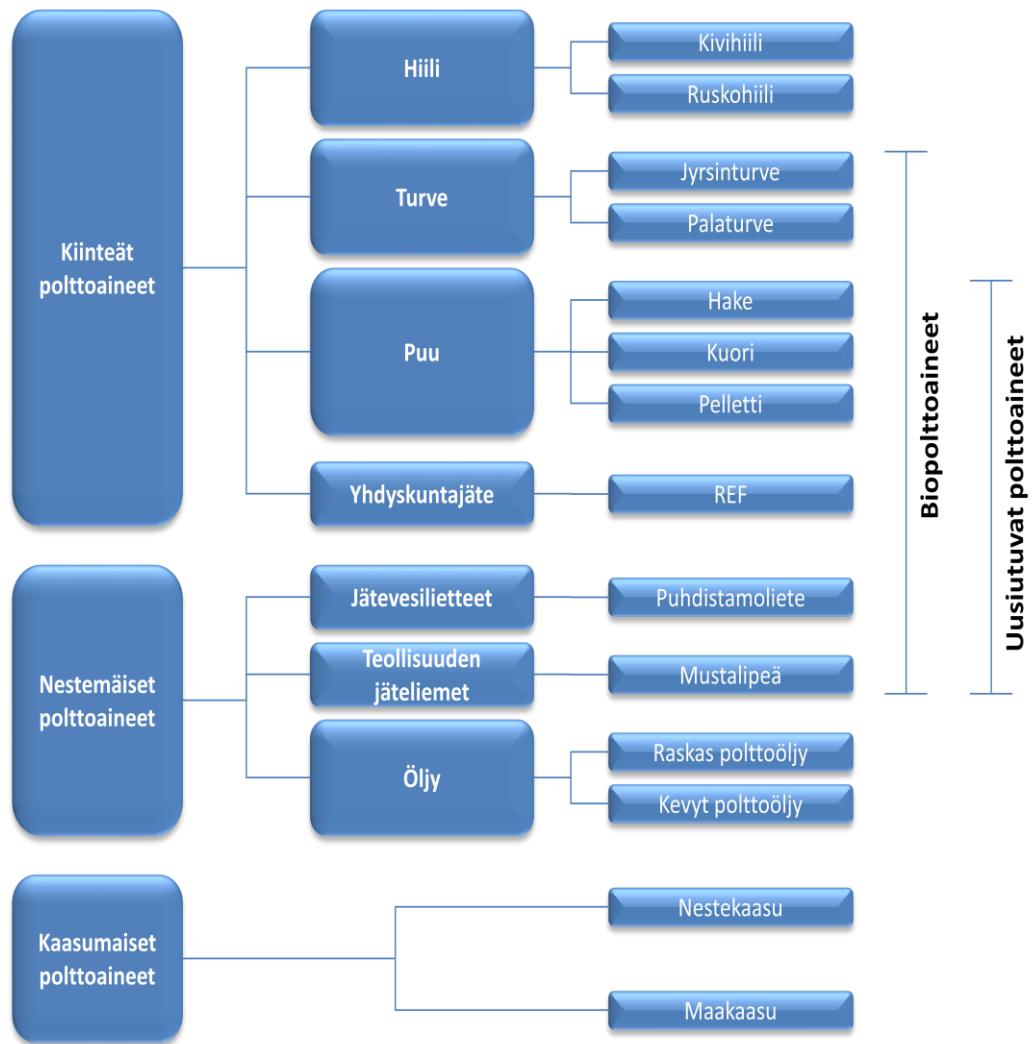
Kuvio 3. Lämmön ja sähkön tuotanto bioenergiälähteistä (MOTIVA).

3.2 Polttoaineiden valikoima

Energian tuotannon pitkäjänteisyys, tuotettavien energiamäärien suuruus ja pyrkimys mahdollisimman edulliseen energian hintaan asettavat polttoaineille vaatimuksia:

- Polttoainevarojen pitää riittää suunniteltuun käyttöön pitkällä tähtäyksellä. Samalla myös varmistettava polttoaineen saatavuus tai sen varastointimahdollisuudet käyttöpaikalla.
- Polttoaineen kustannusten ja sitä kautta tuotetun energian hinnan täytyy olla kilpailukykyinen. Kilpailukykyä on vertailtava paikallisesti muihin käytettävissä oleviin vaihtoehtoihin.
- Polttoaineen aiheuttamat päästöt eivät saa ylittää sallittuja rajoja.

Yleisimmät käytetyt polttoaineet on koottu kuvaan 4. Ne on jaoteltu käsittelyominaisuuksien perusteella kiinteisiin, nestemäisiin ja kaasumaisiin polttoaineisiin. (Koskelainen ym. 2006, 259-262).



Kuvio 4. Kaukolämmityksen energialähteet. (Koskelainen ym. 2006, 260).

3.3 Puupolttoaineet

Suomi kuuluu maailman johtaviin teollisuusmaihin puuraaka-aineen ja puuenergian hyödyntäjänä. Energian tuotanto ei ole ensisijainen puiden käyttökohde, vaan suurin osa menee raaka-aine tuotantoon. Metsäteollisuuden jätteinä syntyy suuria määriä hukkarunkopuuta, latvusmassaa ja ohutta kokopuuta. Nämä puuainekset käytetään energiantuotantoon. Bioenergian vuosituotanto vastaakin lähes 6 miljoonaa öljytonnia, mikä on merkittävä osuus primäärienergian kulutuksesta. (Koskelainen ym. 2006, 270).

Metsähakkeiden tuotantomäärät ovat toistaiseksi kuitenkin hyvin pieniä. Nykyisten metsävarojen puolesta uudishakkuiden määrä voi pysyä nykyisellään eli noin 0,2 Mtoe/vuosi. Sen sijaan harvennusten määrää tulisi lisätä. (Koskelainen ym. 2006, 270). Puupolttoaineiden käyttö ja harvennusten määrän kasvu hyödyttäisi monia. Yleensäkin bioenergian käyttö pitää ja tuo työpaikkoja Suomeen, jolloin siitä saatavat taloudelliset hyödyt pysyisivät Suomessa. Bioenergia ei kuitenkaan pysty kovin hyvin kilpailemaan muiden polttoaineiden kanssa.

Teollisuuslaitoksille jalostettavaksi kuljetettu puuaines sisältää 13...14 % tuotantoon kelpaamatonta kuorta, joka joudutaan erottamaan puusta kuorimalla ja kuivattamaan ennen kuin se kelpaa polttoaineeksi. Kuorta poltetaan teollisuudessa noin 650 000 toe. Sen lisäksi polttoaineeksi otetaan yleensä sahausjätteet ja muu tuotantoon kelpaamaton jätepuu. Puuta käytetään teollisuuden polttoaineena noin 900 000 toe, josta osa menee sähkön ja osa lämmön tuotantoon. (Koskelainen ym. 2006, 271)

3.4 Pala- ja jyrshintäturve

Turve on hyvin yleinen yhteistuotannon polttoaine ja sitä käytetäänkin suurimmassa osassa sisämaata. Turve on pääpolttoaineena monissa sisämaan lämmitysvoimalaitoksissa. Turpeen rinnalla käytetään kasvavassa määrin myös puuta. Turvetta käytetään myös puuta pääpolttoaineena käyttävissä kattiloissa tuki- ja täydennyspolttoaineena. Mikäli puuta ei ole riittävästi saatavilla tai sen laadussa ilmenee ongelmia, turvetta voidaan käyttää varapolttoaineina. Kylmimpinä aikoina turpeella varmistetaan riittävä lämmönkehitys. Vuoden 2005 kaukolämpöön ja siihen liittyvään sähköntuotantoon turvetta käytettiin 16,8 %. (Koskelainen ym. 2006, 272)

3.5 Hiilipolttoaineet

Energiantuotannoissa käytetään useita hiililaatuja, mutta suomen voimalaitoksissa poltetaan yleensä kivihiihtä. Kivihiihilaaduista on olemassa kansainvälinen ECE-luokitus, joka jakaa ne kymmeneen pääryhmään hiilen haihtuvien aineiden määrän ja lämpöarvon perusteella. Yleensä hiili poltetaan Suomessa pölynä, joksi soveltuvat parhaiten runsaasti haihtuvia aineita sisältävät hiilet eli laadut 6-9. Hiililaadut 3–5 sopivat pölypolttoon tyydyttävästi ja hiililaadut 1-2 huonosti. (Koskela ym. 2006, 274)

Taulukko 1. Hiililaatujen ECE-luokitus taulukko (Koskela ym. 2006, 274).

Koodi numero	Haihtuvat aineet [%]	Lämpöarvo [MJ/kg]	Nimitys
0	0 ... 3		Koksi
1	3 ... 10		Antrasiitti
3	10 ... 14		Antrasiittinen hiili
4	14 ... 20		Laiha hiili
5	20 ... 28		Koksihiili
6	28 ... 33		Kaasuhiili
7	Yli 33	Yli 32,4	Kaasuliekkhiili
8	Yli 33	32,4 ... 30,1	Kaasuliekkhiili
9	Yli 33	30,1 ... 25,5	Kaasuliekkhiili
10	Yli 33	Alle 25	Kaasuliekkhiili

4. Kaukolämpö verkon rakentaminen

4.1 Perusteet

Kaukolämpöverkko rakennetaan taajama alueille tai niiden läheisyyteen maan alle. Rakentamiseen kuuluu maa- ja betonirakennustyöt, putkityöt ja lämpöeristystyöt. Kaukolämpöverkosta rakennettaessa on siis huomioitava, että kaukolämpö johtoa vietäessä taajama-alueella olevalle asiakkaalle voi liikenteen sekaan ja asiakkaan pihalle tulla suuriakin kaivantoja.



Kuva 1. Rovaniemen Energian kaukolämpökaivanto kesänä 2010 (Kuva: Henri Annala).

4.2 Urakointi

Kaukolämpö verkon rakentaminen jakaantuu yleensä kolmeen erilliseen urakkaan, rakennusurakka, erityiselementti- ja putkiurakka sekä lämpöeristysurakka. Kukin urakoitsija on joko suorassa sopimussuhteessa rakennuttajaan tai alistussuhteessa rakennusurakoitsijaan. Kaukolämpötöiden suoritusjärjestys on seuraava:

1. maarakennus- ja betonityöt (rakennusurakoitsija)
2. eristyelementti- ja putkityöt (putkiurakoitsija)
3. lämpöeristystyöt (erityisurakoitsija).

Kaukolämpöjohtotöiden rakentaminen voidaan hoitaa siten, että työt annetaan yksityisen urakoitsijan tai itsenäisen työsuorittajan suoritettavaksi kokonaisu- tai yksikköhintaurakkana. Kaukolämpöyritykset voivat suorittaa työn myös omana työnä. (Kaukolämmön käsikirja. 2006, 184). Rakennustavan valinta on paikkakuntakohtainen ja riippuu suurimmaksi osaksi kaukolämpörakentamisen laajuudesta ja tarjolla olevista urakoitsijoista. Rovaniemen Energia on rakennuttanut jo kahdeksankymmentäluvun lopulta kaukolämpöverkkonsa yksikköhintaurakkana, johon kuuluu maarakennus- ja betoniurakka, eristyelementti- ja putkiurakka sekä lämpöeristys urakka erikseen. (Springare, 09.02.2011)

5. Kaukolämpö kaivannot

5.1 Kaivantojen mitoitus

Kaivannot mitoitetaan Suomen kaukolämpöyhdistyksen (SKY) määritelmän mukaan riippuen kyseiseen kaivantoon asennettavan putken suuruudesta.

Kaivannon mitoituksessa käytetään kaavaa:

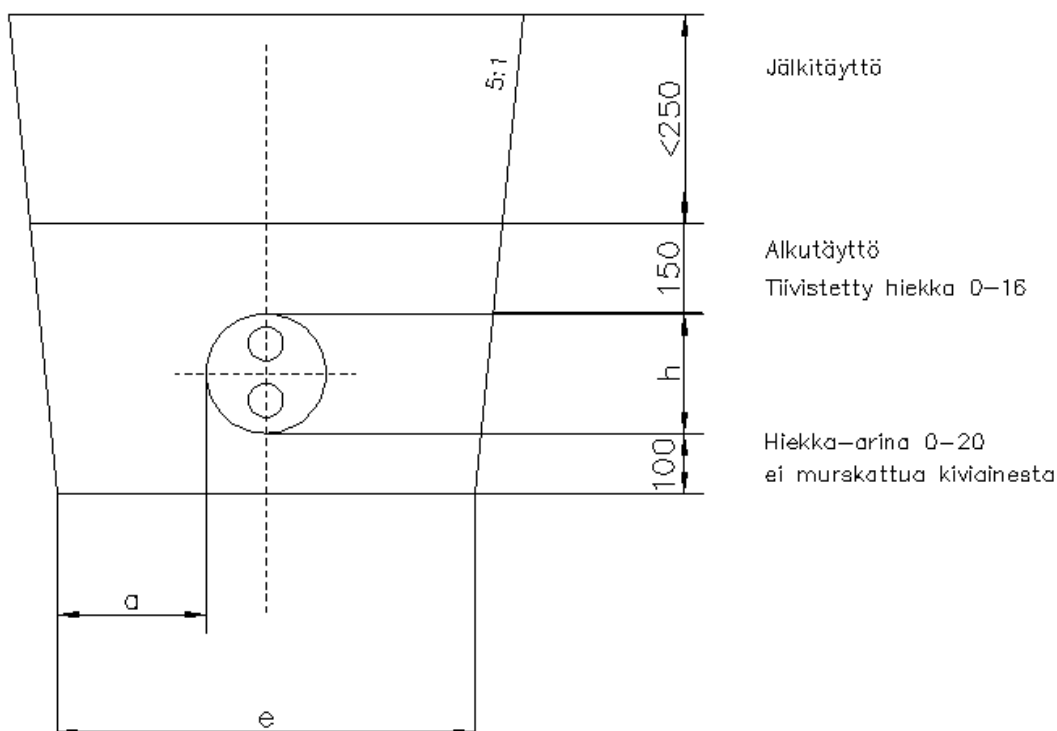
$$\text{maxH} = 700\text{mm} + h + 150\text{mm}$$

missä:

maxH = kaivannon syvyys kaivannon pohjalta alkuperäiseen maanpintaan

h = Kaukolämpöputken ulkohalkaisija

Kanavan mitoituksessa apuna ovat Suomen kaukolämpöyhdistyksen Mpuk- ja 2Mpuk kanavien tyyppi- ja tyypipiirustukset. (Rovaniemen Energia. 2010, 19).



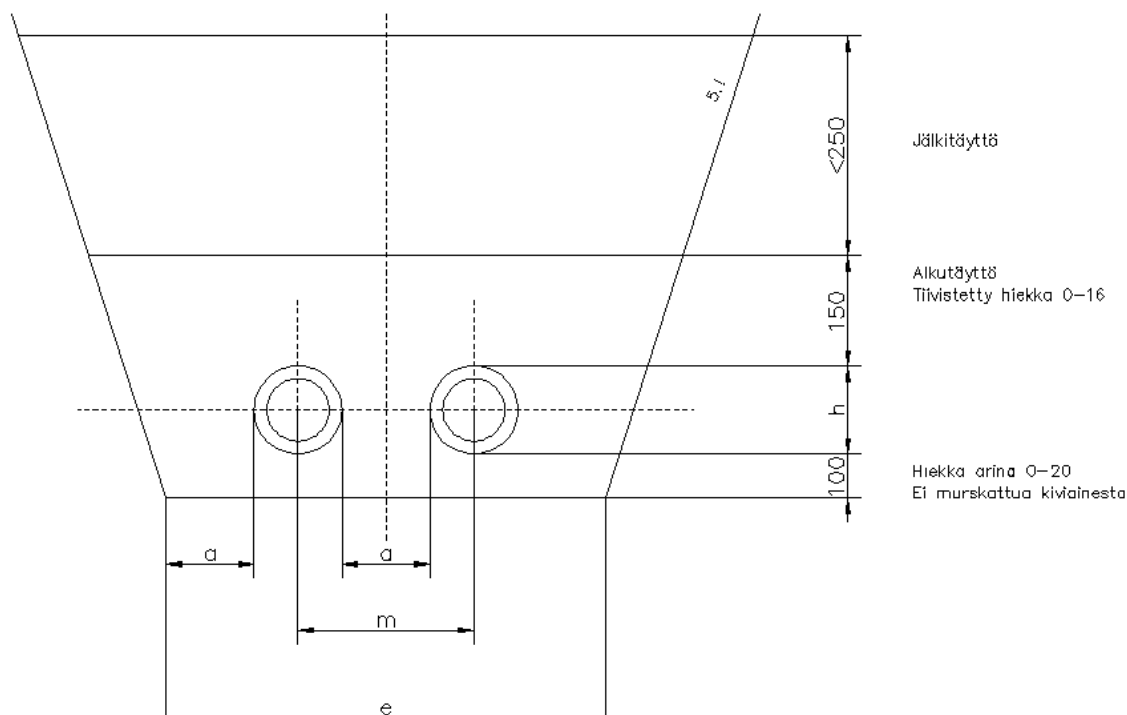
Kuvio 5. MPUK-JOHTO. Kanavan tyypipiirustus. (Rovaniemen Energia. 2010, 18).

Taulukko 2. MPUK - Johdon mitoitus taulukko (Rovaniemen Energia. 2010, 18).

DN	Elementti m ³ /m	Putket		Kanava			Kaivu m ³ /m	Pinta 1) m ² /m	Pinta2) m ² /m
		du	m	h	e	a			
25	0,015	33,7	52,7	140	540	200	0,52	0,80	1,20
40	0,025	48,3	67,3	180	580	200	0,58	0,85	1,25
50	0,031	60,3	80,3	200	600	200	0,65	0,88	1,28
65	0,049	76,1	96,1	250	650	200	0,70	0,99	1,39
80	0,062	88,9	113,9	280	680	200	0,75	1,03	1,43
100	0,099	114,3	149,3	355	755	200	0,91	1,14	1,54
125	0,126	139,7	179,7	400	800	200	1,00	1,20	1,60
150	0,159	168,3	208,3	450	850	200	1,11	1,27	1,67

Pinta 1) = Kaivannon pinta

Pinta 2) = Kaivannon pinta + asfaltti 200mm kaivannon reunojen yli



Kuvio 6. 2MPUK-JOHTO. Kanavan tyypipiirustus. (Rovaniemen Energia. 2010, 19).

Taulukko 3. 2MPUK – Johdon mitoitus taulukko. (Rovaniemen Energia. 2010, 19).

DN	Elementti m ³ /m	Putket		Kanava			Kaivu m ³ /m	Pinta 1) m ² /m	Pinta2) m ² /m
		Du	m	h	e	a			
25	0,025	33,7	275	125	700	150	0,62	0,99	1,39
40	0,031	48,3	290	140	730	150	0,65	1,03	1,43
50	0,040	60,3	310	160	770	150	0,70	1,07	1,47
65	0,051	76,1	330	180	810	150	0,76	1,12	1,52
80	0,063	88,9	350	200	850	150	0,79	1,17	1,57
100	0,098	114,3	400	250	950	150	0,95	1,29	1,69
125	0,123	139,7	430	280	1010	150	1,05	1,36	1,76
150	0,156	168,3	465	315	1080	150	1,16	1,45	1,85
200	0,251	219,0	600	400	1400	200	1,60	1,80	2,20
250	0,318	273,0	650	450	1500	200	1,80	1,92	2,32
300	0,393	323,9	700	500	1600	200	2,00	2,04	2,44
400	0,623	406,4	830	630	1860	200	2,60	2,35	2,75
500	0,791	508,0	910	710	2020	200	2,99	2,54	2,94
600	1,005	610,0	1000	800	2200	200	3,47	2,76	3,16

Pinta 1) = Kaivannon pinta

Pinta 2) = Kaivannon pinta + asfaltti 200mm kaivannon reunojen yli

5.2 Kaivannon mitoittamisen soveltaminen

Kaivanto tulee kuitenkin tehdä siten, että siitä on mahdollisimman vähän haittaa ympäristölle, liikenteelle ja että siitä ei ole vaaraa kaivannossa työskenteleville. Suomen kaukolämpöyhdistyksen määräykset kaivantojen mitoituksista ovat vähimmäisvaatimuksia. Kaukolämpöä rakennettaessa Rovaniemen korkeudella maa on usein toukokuun lopulla vielä routainen, jolloin kaivanto on tehtävä laajemmaksi kuin minimiarvoilla, jotta aukaistu maa ei päivän lämmitessä ala sortua. Minimimitaan kaivettu kaivanto on usein kaukolämpöputkien liittäjälle ahdas, jolloin sortuman sattuessa alle jäämisen vaara on suuri. Suomen kaukolämpöyhdistyksen minimivaatimuksen mukaan kaukolämpöputken ja kaivannon seinämän väliin tulee jäädä tilaa pieniä linjoja tehtäessä (DN25-DN150) 150mm ja suurempia linjoja (DN200-DN600) 200mm. Kaukolämpöputken hitsaajan liittäessä putkia ulkoreunoilta hän joutuu laittamaan hitsaus välineet ja päänsä putken ja kapean seinämän väliin. Kaivantoa tehtäessä on myös huomioitava mahdollisten kivien poisto kaivannon seinämillä, joka myös leventää kaivantoa.



Kuva 2. Putkiasentajalle on jätetty reilusti työtilaa, myös putkien sivuille (Kuva: Henri Annala).

Kaukolämpöurakan ollessa yksikköhintainen, urakoitsija saa yleensä maksun €/kaivumetri. Hinta on sovittu urakkasopimuksessa. Kaivantojen kaivaminen ylisuuriksi, jää urakoitsijan kustannukseksi. Kustannukset koostuvat kaivannon suurentamisesta johtuvasta lisäkaivuista ja ylimääräisen maa-aineksen poistamisesta työmaalta. Oman suositukseni mukaan kaivannon ja kaukolämpö putken seinien väliin olisi hyvä jättää vähintään 200mm, mikäli ylisuuren kaivannon tekeminen on tilan puitteissa mahdollista, eikä siitä koidu haittaa ympäristölle.

Kaivantoa levennettäessä kaivinkoneen käytön aiheuttama kustannus on niin pieni, että sitä ei mielestäni kannata huomioida. Lisäkaivuuta tulee 7 % / metri, jolloin maa ainesta on kuljetettava $0,128\text{m}^3/\text{m}$ enemmän. Murskeiden ominaismassat vaihtelevat kivilaaduista ja kosteusprosentista riippuen 1,35 - 1,6 T / irtokuutio.

esim. $0,128\text{m}^3/\text{m} \times 1,6 \text{ T}/\text{m}^3 \approx 0,20 \text{ T}/\text{m}$

Käytettäessä 10T kantavaa kuorma-auto

$$\rightarrow 10\text{T} / 0,20 \text{ T}/\frac{\text{T}}{\text{m}} = 50\text{m}$$

Ylimääräinen kuorma tulisi siis ajaa noin 50 kaivumetrin välein. Näin ollen, kaivannosta aiheutuvat kustannukset urakoitsijalle kuorman siirtomatkasta riippuen jäävät vähäisiksi. Hieman suuremmaksi tehty kaivanto on myös rakentajalle etu, jos sääolosuhteet uhkaavat kaivantoa sortumariskillä. Urakoitsijalle jää paremmin tilaa korjata mahdolliset sortumat.



Kuva 3. Kaivannon seinämiltä pudonneita kiviä, jotka tulee poistaa ennen täyttöä (Kuva: Henri Annala).

6. Kaivutöiden aloittaminen

6.1 Lupa-asiat

Maarakennusurakoitsijan kanssa suoritetaan katselmus johtoreitillä. Katselmuksessa päätetään toimenpiteistä ennen työn aloittamista, kasviston suojelusta, puiden ja pensaiden hävittämisestä/siirroista/uudelleen istutuksesta, asfaltin, reunakivien, sidekivien poistosta sekä varastoinnista, aitojen ja porttien uudelleen rakentamisesta tai suojelusta jne. (Koskelainen ym. 2006, 189).

On suositeltavaa ottaa valokuvia ennen töiden aloittamista kaukolämpölinjaa koskevista alueista mahdollisen ympäristön entisöinnin helpottamiseksi. Usein kaikkia vanhoja reunakiviä, puita/pensaita, aitoja ja muita linjalta poistettavia asioita ei saada eikä kannata asentaa uudelleen niiden epäkunnon vuoksi. Valokuvista voidaan todeta, että uusien asentaminen on ollut kaikkien osapuolien eduksi.

6.2 Kaupungilta tarvittavat luvat

Kaikki katualueella tapahtuvat kaivuutyöt ovat luvanvaraisia. Rakennuttajan on haettava kunnalta kaukolämpöjohdolle sijoituslupa, mikä hoidetaan Rovaniemen kaupungin teknisten palveluiden virastolta tekemällä heidän kanssaan kaukolämpöjohdon sijoittamissopimus. Sijoittamissopimuksen saamiseksi rakennuttajan edustajan ja kaupungin edustajan on käytävä katsomassa, mihin johto tarkalleen sijoitetaan maastossa. Rakennuttajan on myös tehtävä erillinen ilmoitus kunnalle kaduilla ja yleisillä alueilla tehtävistä rakennus töistä. Rakennuttajan on myös tehtävä maankäyttösopimus maanomistajan tai maanhaltijan kanssa. (Mäkinen. 26.01.2011.)

6.3 Urakoitsijalta vaadittavat toimenpiteet ennen kaivuun aloittamista

Ennen töiden aloittamista on urakoitsijan huolehdittava kaikista työn vaatimista ilmoituksista ja suoritettava seuraavat toimenpiteet:

- sovittava tilaajan kanssa kyseisen linjan kaivuun aloittamisesta ja hankittava linjan piirustukset tilaajalta(Liite 2).
- hankittava selvitykset johtoreitillä ennestään olevista johdoista ja kaapeleista(Liite 1).
- hankittava työnaikaisen liikenteen järjestelyn edellyttämät luvat tilapäisistä liikennejärjestelyistä, liikennemerkit ja tehtävä liikennejärjestelyistä suunnitelma (Liite 3-5).
- huolehdittava työmaan merkitsemisestä ja suojaamisesta.
- pidettävä tarvittavat katselmukset kiinteistöissä, piholla, sekä katu- ja jalkakäytävä alueilla.
- ilmoitettava kiinteistöille mahdollisista melu- ja liikennehaitoista (joissain tapauksissa rakennuttaja tekee ilmoitukset, koska heillä on tarkemmat tiedot rakentamisen aikatauluista).
- hankittava tarvittavat varasto- ja työmaa-alueet.
(Rovaniemen Energia. 2010, 8).

6.4 Kaapeli- ja johtonäytöt

Maarakennusurakoitsijan on ennen kaivutöiden aloittamista selvitettävä johtolinjalla jo entuudestaan kulkevat johdot ja kaapelit. Kaukolämpö kaivannot ovat yleensä routarajan yläpuolella, joten vesi- ja viemäriinjat ovat hyvin harvoin kaukolämpölinjojen tiellä. Rovaniemen energian suunnittelijat ottavatkin vesi- viemäriinjat huomioon, jotta kaukolämpölinjat eivät satu karojen, ylösventikohtien, tarkistus- tai venttiilikaivojen kohdalle.

Rovaniemen alueella kulkee maanalaisia kaapeleita, kuten vanhoja telekaapeleita sekä laajakaista-, lennätin-, antenni-, sähkö-, puolustusvoimien kaapeleita ja TDC:n tietoliikennekaapeleita. Näistä kaapeleista maarakennus urakoitsijan on otettava selvitys ennen töiden aloittamista. Kaapelien näytöt saadaan maksutta soittamalla kyseessä olevan yhtiön työnjohdolle. Tonteilla olevien kaapeleiden näytöstä vastaa tontin omistaja tai haltija. (Liite 1).

Kaapelien näyttäminen maastosta on kaapelin omistajille velvollisuus, ja se on kaapelinäytön tilaajalle maksutonta. Kaapelinäyttö on kuitenkin tilattava kolmea (3) arkipäivää ennen työn aloittamista. Hätä- ja kiireellisissä tapauksissa kaapelinäytön saa nopeammin, mutta siitä peritään kunkin firman omakohtainen maksu. (Kaisanlahti. 9.2.2011)

Kaapelit näytetään maastoon merkkamalla ne kunkin kaapelityypin ominaisella värillä. Maarakennusurakoitsijan edustajan tulee vastaanottaa kaapelinäyttö henkilökohtaisesti. Yleensä kaapelinäytön vastaanottaminen on työnjohdon tehtävä, koska vastaanottajan tulee tietää tarkasti, mistä uusi kaukolämpö linja vedetään. Kaapelien näyttämisen jälkeen vastuu kaapelien varomisesta on urakoitsijalla. Kaapeli näytöistä on syytä ottaa valokuvia, jos jokin ulkoinen osapuoli turmelee mallimerkinnyt esim. vesisade tai liikenne, niin on helpompi muistaa kaapelien sijainnit.

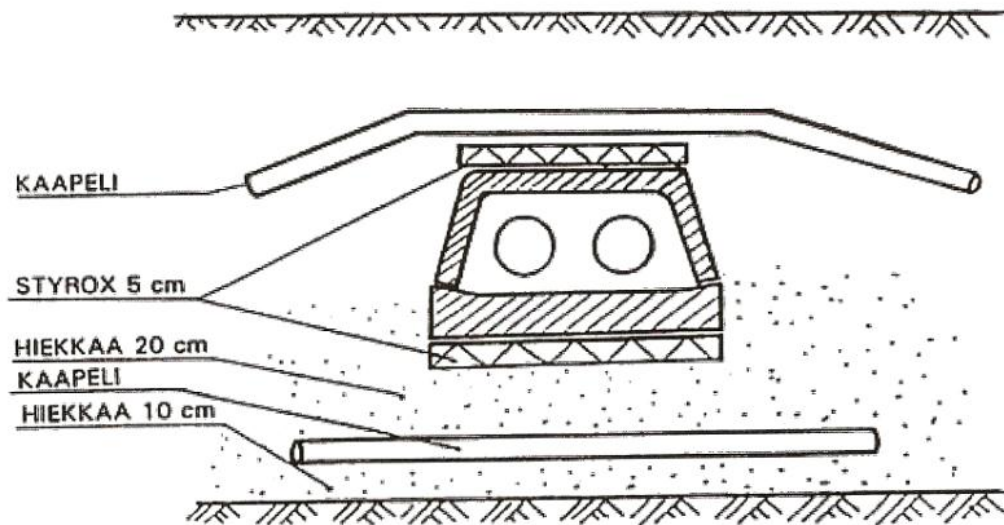
Yleisimmät Rovaniemellä esiintyvät kaapelimerkinnyt ovat tietoliikenne ja sähkökaapelien merkinnät. Oranssilla merkityt ovat yleensä Soneran tietoliikennekaapelit ja sinisellä merkityt Rovaniemen verkon sähkökaapelit.



Kuva 4. Kaapelimerkinnöistä otettu kuva (Kuva: Henri Annala).

6.5 Kaukolämpöjohdon ja kaapelijohdon risteäminen

Risteily lämpöjohdon kanssa tehdään johtojen keskinäisestä korkeusasemasta, asennussyvyydestä ja muista olosuhteista riippuen joko ylä- tai alapuolelta. Kaapelin haitallinen lämpötilan nousu voidaan pyrkiä estämään alla olevan kuvan mukaisella ratkaisulla (kuva 12). Jos risteämässä ei ole tilaa kuvan mukaiseen ratkaisuun, kaapeli voidaan asentaa lähemmäksi lämpöjohtoa.



Kuvio 7. Energiateollisuuden ohje kaukolämpöjohdon ja kaapelijohdon risteilystä. (Rovaniemen Energia. 2010, 20).

7. Turvallisuus

7.1 Kaapelit ja muut johdot

Kaapelinäytöillä on erityinen tärkeys. Taajama-alueilla kulkee maanalaisina kaapeleina suuriakin voimavirtajohtoja, jotka ovat hengenvaarallisia vahingoittuessaan.



Kuva 5. Vahingoitettu 20MV kaapeli (Kuva: Henri Annala).

Kaapeleita voi myös olla useampia samassa kaivannossa, vaikka näyttäjä merkitsisi vain yhden viivan maastoon. Kaapelien etsintälaitteet ovat sen verran epätarkkoja, että niillä ei voi eritellä, kuinka monta kaapelia kyseisessä kohdassa kulkee. Kaapelien näyttäjällä voi olla tieto kaapeleiden määrästä, jos ne ovat merkitty kartalle. Useimmiten Rovaniemen alueella ainakin antennikaapelit eivät näy kartoilla. Kaapeli merkinnöissään voi olla heittoa +/- 500mm. (Artsola, 22.01.2011).



Kuva 6. Useita kaapeleita pienellä alueella (Kuva: Henri Annala).

7.2 Liikenne

Katu- ja tiealueilla sijaitsevilla työkohteilla on liikenteen aiheuttamat vaarat aina otettava huomioon. Liikennealueilla työskentelevillä henkilöillä tulee olla näkyvä suojavaatetus. Kaivoissa ja kaivannoissa työskenneltäessä liikenne voi aiheuttaa vaaratilanteita, joten työmaa- tai työskentelyalue on rajattava selvästi. (Koskelainen ym. 2006, 407).

Hyvin rajattu ja suojattu kaivanto on sellainen, ettei ulkopuolinen jalankulkija pääse sinne huomaamattaan ja kaivannon rajausta näkyy selvästi myös pimeällä. Autoilijoita varten on järjestettävä selkeä kiertoreitti riittävän kaukaa kaivannosta. Vaaratilanteiden ehkäisemiseksi on myös pidettävä työmaa siistinä, jotta esimerkiksi kaivannon ympärille varisseet irtokivet eivät pääse sinkoutumaan ohikulkevien autojen renkaista. Työympäristön epäjärjestyksestä johtuvat esineisiin satuttamiset ja kompastumiset yms. ovat yleisiä tapaturmien syitä. Työmaata rajattaessa onkin syytä käyttää heijastimellisia sulkupylväitä, lippusiimaa ja huomiovaloja. Vilkkaimmilla kaduilla, koulujen ja päiväkotien läheisyydessä on hyvä käyttää työmaa-aitauksia.



Kuva 7. Näkyvästi suojattu kaivanto kevyenliikenteenväylän reunassa (Kuva: Henri Annala).



Kuva 8. Rovaniemellä vilkasliikenteisen Rovakadun kevyenliikenteenväylälle kaivettu linja on suojattu työmaa-aitauksella (Kuva: Henri Annala).

Rovaniemen Energian kaukolämpöurakassa rakennusurakoitsija hoitaa liikennejärjestelyt. Katu- ja jalkakäytävä alueella tehtäessä töitä on työntekijöillä oltava tieturva 1 suoritettu ja työnjohdolla tieturva 2 (Kaisanlahti). Urakoitsijan on tehtävä liikennemerkeistä, tiesuluista ja niiden valaisusta suunnitelma, joka on hyväksyttävä poliisilaitokselle ja palokunnalle (Liite 2). (Rovaniemen Energia. 2010, 8.) Kaukolämpöverkkoa rakennettaessa tulee usein lyhyitä tienkatkaisuja, joista on aina ilmoitettava pelastuslaitokselle, palokunnalle ja sairaankuljetukselle (Liite 1). Ilmoitusta tehtäessä on osattava antaa tarkka tien katkaisupaikka ja tarkat kellonajat, moneltako työ alkaa ja mihin aikaan tie on jälleen liikennekäytössä (Kaisanlahti).



Kuva 9. Rovaniemellä Vaaratien tienkatko ja väliaikaisten siltojen asennus (Kuva: Henri Annala).

7.3 Työturva ja ensiapu

Työntekijöiltä vaaditaan työturva 1 ja vähintään hätäensiapukortit (Kaisanlahti). Rovaniemen Energia edellyttää urakoitsijoiden työnjohdolta työturva 2 kurssin olevan suoritettu. (Rovaniemen Energia. 2010, 23)

Tieturva 1 on tietöiden liikenteen järjestely- ja turvallisuuskoulutus. Tieturva on koulutusohjelma, jolla Tiehallinto maanteiden tienpitäjänä varmistaa tiellä työskentelevien perehdytyksen työpaikan liikenteen aiheuttamiin vaaratekijöihin. (Lehtonen – Tuhola. 2009, 5.)

Tavoitteena on lisätä sekä työnjohdon että erityisesti työntekijöiden liikenne- ja työturvallisuuteen liittyvää asiantuntemusta. Tavoitteena on myös yhdenmukaistaa työmaiden liikenteenohjausta ja opastaa tiellä tehtävissä töissä turvallisten työmenetelmien käyttöön. (Lehtonen – Tuhola. 2009, 5.)

Tieturva 2 on tiellä tehtävien töiden vastuuhenkilöiden turvallisuuskurssi. Tiehallinto edellyttää tiellä tehtävän työn suunnitteluun, johtamiseen ja valvontaan osallistuvilta henkilöiltä turvallisuustiedoissa pätevyysvaatimuksia, jotka kyseinen henkilö täyttää Tieturva 2 koulutuksen käytyään ja läpäistyään kurssikokeen. (Lehtonen – Tuhola. 2009, 5.)

Hätäensiapukoulutuksen tavoitteena on antaa valmiudet toimia hätätilanteessa henkeä pelastavasti, ennen ammattiavun saapumista. Koulutus sisältää monipuolisen koulutuksen henkeä pelastavaan välittömään ensiapuun. (Pirkanmaan ensihoitokoulutus.)

8. Kaukolämpö kaivamiseen liittyvät muut työt

8.1 Vesi

Kaukolämpö kaivannot kaivetaan yleensä niin mataliksi, ettei maan sisästä tule vettä. Joissakin tapauksissa saattaa joitakin sadevesisuonia kuitenkin puhjeta. Puhjenneen sadevesisuonen kohdalle on kaivettava hieman normaalia syvämpi kuoppa, johon vesi voi kertyä, lähtemättä kulkeutumaan kaivantoa pitkin. Kuoppaan kertynyt vesi voidaan pumpata kaukolämpökaivannosta uppopumpulla. Rovaniemen kaukolämpö urakassa veden poistaminen kaivannoista kuuluu rakennusurakoitsijalle (Kaisanlahti 14.2.2011).

Sadevesi on pyrittävä estämään kulkeutumasta kaukolämpökaivantoa pitkin. Kaukolämpökaivannot kaivetaan usein kiinteistöjen anturan alalaitaa vasten, jolloin on vaarana, että kaivannossa virtaava vesi pääsee valumaan kiinteistön rakenteisiin ja kivijalan alle aiheuttaen rakennukselle haittaa. Kaivettaessa viettävän maan alapuolelle sadevesiä voi valua kaukolämpökaivantoon suuria määriä. Suoraan kaivantoon satavaa vettä ei pystytä estämään. Viettävää maata pitkin virtaavien sadevesien pääsyä kaivantoon voidaan estää rakentamalla veden virtausta ohjaavia patoja. Pato voidaan rakentaa käyttämällä kaivannosta nostettuja maa-aineksia tai öljysoramaista ebanoli soraa.



Kuva 10. Kaukolämpö kaivantoon kaivettu pumppauskuoppa. Vesi ohjataan kaivannossa yhteen reunaan, johon on sijoitettu pumppua varten muovi putkesta tehty kaivo. (Kuva: Henri Annala).

8.2 Salaojitus ja suodatin kangas

Salaojituksen tarve harkitaan tapauskohtaisesti. Kaivettaessa märässä maastossa, missä pohjaveden pinta ylittää tai voi ylittää johdon tasolle, on suositeltavaa asentaa kaukolämpö kaivantoon salaojitus ja suodatin kangas, jotta vesi saadaan kulkemaan hallitusti kaivannossa ja pohja kantavaksi kaukolämpö putkien asentamista varten. Kaukolämpö linjalla kulkeva vesi aiheuttaa myös johon lämpöhäviöitä. (Koskelainen ym. 2006, 190).

Salaojat asennetaan pohjasepelikerrokseen ja ympäröidään salaojahiekalla. Salaojituksen ja suodatinkankaiden asennus ei yleensä kuulu normaaliin kaivutyön suorittamiseen. Salaojien asentamisesta maksetaan erillinen yksikköhintojen mukainen korvaus. Suodatinkankaan käytöstä ja leveydestä sovitaan erikseen ja maksetaan sovitun leveyden mukainen neliömäärä/kanavametri. (Rovaniemen Energia. 2010, 8).



Kuva 11. Kaukolämpö kaivantoon asennettu suodatinkangas ja salaojitus (Kuva: Henri Annala).

8.3 Kallio

Kaukolämpölinjan tiellä oleva kallio tai suuri kivi, on asia, jota ei pystytä suunnitteluvaiheessa välttämättä ennakoimaan. Kallion tai suuren kiven paljastuessa kaukolämpölinjalta on sovittava rakennuttajan edustajan kanssa jatkotoimenpiteistä. Yleensä tehdään rakennuttajan edustajan läsnä ollessa koe kaivauksia, jotta saadaan selville, onko linjaan mahdollista tehdä muutoksia. Linja muutoksen ollessa mahdotonta tai epäkannattavaa toteuttaa, rakennusurakoitsija suorittaa louhintatyön.

8.4 Tienalitus poraamalla

Kaukolämpölinjojen alittaessa vilkasliikenteisiä kanta-, valta- tai rautateitä, joita hallinnoi tiehallinto, ei voida tien alitusta hoitaa normaali syvyyteen kaivamalla. Aivan kaikki tiehallinnon hallinnoimat tiet eivät edellytä poraamista vaan kukin tapaus arvioidaan erikseen. Porausta vaativat sellaiset tiealueet, joihin pelätään kaukolämpölinjan aiheuttavan rakenteellisia muutoksia, joista voi tienkäyttäjille aiheutua vaaraa. Esimerkiksi 100km/h nopeusrajoitetulla ajotiellä, maata lämpimämpi kaukolämpölinja voi aiheuttaa pieniä kuoppia tai muita routavaurioita, jotka voivat olla erittäin vaarallisia suurilla nopeuksilla käytävillä tienkäyttäjille. Kyseisissä tien alituksissa on kaukolämpöjohto vietävä tierakenteiden alapuolelle poraamalla. Tien alitusporaus suunnitelmat ja tiehallinnolta haetut luvat hoitaa tilaaja. Poraus on erikoistyö, jonka hoitaa erikseen tilatut ammattilaiset. (Kaisanlahti 17.2.2011).

Päästäkseen tierakenteiden ali, on rakennettava poralaitteelle porauskuoppa. Myös porauskuoppien rakennuskuvat hoitaa tilaaja. Kuvissa on tarkkaan määritelty porauskuopan mitat, pohjan kaltevuus maaston nähden ja pohjan rakenne. Kaivannot ovat kokoluokkaa 5m x 10m ja 2-3m syviä (Kuva 12). Pohjan on oltava kova koska poralaitteet ovat raskaita ja aiheuttavat kovaa tärinää ollessaan käytössä. Pohjalle tehdäänkin yleensä noin 500mm paksu murske peti, joka tiivistetään erityisellä huolellisuudella. Pohjan on myös pysyttävä oikeassa kaltevuudessa, jotta poranterä osuu oikeaan ennalta määrättyyn paikkaan tien toisella puolella.

Jokainen tienalitus poraamalla on tapauskohtaisesti suunniteltu, ja jokaiseen tapaukseen on erikseen laaditut rakennuskuvat. Poralaite kairaa maahan kaukolämpölinjan vaatiman kokoista reikää ja syöttää samalla rautaista suojaputkea maahan. Porausporukan poistuttua suojaputkeen syötetään kaukolämpöjohto.



Kuva 12. Tienalitus poraamalla (Kuva: Henri Annala).

9. Viimeistelytyöt

9.1 Kaivot

Kaukolämpölinjoille asennetaan sulkuventtiilikaivoja. Kaivojen asennus kuuluu maarakennusurakoitsijalle. Kaivot asennetaan alkutäytön jälkeen putkielementtien venttiilien kohdalle. Esitäyttöhiekkaan sovitetaan painekyllästetyt aluspuut, joiden päälle asennetaan kaivoelementti tai kaivonrenkas. (Rovaniemen Energia. 2010, 23).

Kaivojen kansina käytetään kahta erilaista valurautakantta. Kiinteä valurautakansi asennetaan kiinni kaivonrenkaaseen tai korotusrenkaaseen kumibituminauhaa käyttäen. Näitä kansia käytetään asfaltoimattomilla alueilla. Toista kansityyppiä kutsutaan kelluvaksi kanneksi. Tässä kansityypissä on 125mm liukuva korotushela. Se asennetaan kaivonpäälle irralliseksi, muutamia senttejä tulevaa asfalttipintaa alemmaksi. Myöhemmin kaivu aluetta asfaloidessa asfaltointi ryhmä nostaa liukuvan kannen asfaltin pinnan tasalle ja asfaltoivat sen paikalleen.

Kaukolämpölinjoilla voi myös esiintyä erillisvalua vaativia kaivoja ja kaivon asennuksia. Erillisvalukohtia esiintyy pääasiassa suojaputkirakenteisissa kanavissa mm. taite-, tasaus-, haaroitus-, ilmanpoisto - yms. erikoiskohtissa. Erillisvalukohtat tehdään kutakin tapausta varten erikseen laadittujen piirustusten mukaan. (Rovaniemen Energia. 2010, 23).



Kuva 13. Erillisvalua vaativa haaroitus kaivo (Kuva: Henri Annala).

9.2 Täyttö

Kaivannot täytetään Suomen Kaukolämpö ry:n määräysten mukaisesti (kuviot 2 ja 3). Hiekka-arinaan käytetään 0-20mm raekokoon seulottua hiekkaa ja alkutäyttöön 0-16mm raekokoon seulottua hiekkaa. Hiekka tiivistetään kunnolla ennen jälkitäyttöä. (Rovaniemen Energia. 2010, 19).

Kevyenliikenteenväylien jälkitäyttöön käytetään 0-32mm raekokoon seulottua mursketta, ja ajoväylille 0-52mm seulottua mursketta. Murske tiivistetään huolellisesti. Jälkitäytön tiivistys on suositeltavaa tehdä n. 150-200mm paksuisen täytön välein. Jos alueelle tulee asfaltointi, kannattaa täyttö suorittaa vanhan asfaltin reunan pinnankorkeudelle asti ja tehdä kestopäällysteen pohjatyöt vasta vähän ennen asfaltointia. Kaivannon on hyvä antaa painautua itsestään noin kaksi viikkoa ennen asfaltointia, jos se on ympäristön kannalta mahdollista, eikä aiheuta ympäristölle haittaa.

Kaivantojen jälkitäyttöön puisto- ja piha-alueilla on mahdollista käyttää kyseiseltä alueilta kaivetuilla maa-aineksilla. Jos kaivettu maa-aines on helppo varastoida esimerkiksi kaivannon reunoille tai lähialueilla sijaitseville maankaatopaikoille on niitä hyvä käyttää jälkitäytössä. Kaivannon reunoille ei kuitenkaan kannata kaikkia kaivettuja maita varastoida sillä kaivannon jälkitäyttöön ei mene kuin noin kolmannes kaivetuista maista. Maa-aineksien seassa ei saa olla suuria kiviä, kantoja, savea ym. muita epäpuhtauksia.

Nurmikot ja istutukset kunnostetaan alkuperäiseen kuntoon ja ne hyväksytetään alueen omistajalla tai kunnallisteknisen osaston hyväksymällä tavalla. Nurmetukset, istutukset ja kestopäällysteenpohjatyöt hoitaa maarakennusurakoitsija. Kiinteistöjen liittymisjohtojen kaivannoille tehdään karkea soratäyttö, viimeistelytyöt huolehtii asiakas. (Rovaniemen Energia. 2010, 23).

9.3 Mittaukset

Mittaustyöt hoitaa maarakennusurakoitsijan työnjohto. Urakkasopimuksessa on sovittu kaukolämpörakentamiseen liittyvistä töistä yksikköhintaluettelo. Erilaisia mittauskohteita on paljon, joten työmaista on syytä pitää huolellista työmaapäiväkirjaa.

10 Esimerkki linja

280m pitkän Kaukolämpölinjan teko Kemijoen itäpuolentielle kesällä 2010. Linja oli aikataulutettu tehtäväksi 13.9.10 – 27.9.10 välisenä aikana. Rovaniemen energialta oli saatu kyseisen linjan rakennuskuvat jo urakan alussa. Kaukolämpölinjan suunnittelija ja mittamies kävivät merkkäämassa linjan maastoon jo kahdeksan päivää ennen suunniteltua aloitusta. Samalla suoritimme linjaa koskevan katselmuksen ja sovimme linjalle tehtävistä muista töistä. Kaukolämpö linja tulisi kulkemaan kaupungin omistaman metsittyneen tontin ja kevyenliikenteenväylän laidoilla, joten linjalla oli mm. suoritettava raivaustöitä. Lisäksi kaukolämpölinja tulisi alittamaan Kemijoen itäpuolentien, jonka alitus suoritetaan poraamalla.

Kaapeli näyttö tilattiin jo samana päivänä kuin linja merkattiin, sillä olimme sopineet tilaajan kanssa, että linja voidaan aloittaa aikataulusta poiketen hieman aiemmin, jos muut työt valmistuvat odotettua aiemmin. Linjalla oli kaapeleita Rovakairalla ja Soneralla. Kävin ottamassa kaapelinäytöt vastaan, jolloin pystyin olemaan varma siitä, että kaapelinäyttäjä on merkannut oikealle alueelle. Otin myös muutamia kuvia sellaisista paikoista missä kaapelimerkintä oli piirretty heinikkoon.

Kun liikennejärjestelyt, liikennejärjestelysuunnitelmat (Liitteet 3-5), kaapelinäytöt ja lupa tilaajalta aloittaa työt olivat kunnossa, aloitimme kaivuutyöt. Kaivuryhmään kuului 22T tela-alustainen kaivinkone, kuorma-auto ja ammatti rakennusmies. Työ aloitettiin 8.9.10 tekemällä porauskuopat (Kuva 12). Maat kyseisellä alueella olivat hyvät, joten porauskuoppien tekemiseen ei mennyt kuin kaksi työpäivää. Pelkäsimme että porauskuoppien tekemiseen voisi vierähtää useita työpäiviä, koska linja sijaitsee Pöyliövaaran rinteessä, jolloin oli suuri vaara, että vettä tulisi maita pitkin. Porausryhmäkin saatiin paikalle seuraavan viikon maanantaina 13.9.10. Porattavaa linjaa oli 32 metriä minkä poraamiseen meni n. 10 tuntia.

Kaivuuryhmä jatkoi porauskuoppien tekemisen jälkeen normaalia linjan kaivamista. Linjalle tuli DN80 2Mpuk, jonka mukaan määräytyi kaivannon koko (Kuvio 6). Kaikki linjalla kulkevat kaapelit olivat ajotien ja kevyenliikenteenväylän laidassa, joten jo porauskuoppia tehdessä kaapelit saatiin esille eikä niistä tarvinnut huolehtia enää loppu linjaa kaivaessa. Uusi kaukolämpölinja liittyi vanhaan runkolinjaan noin 70m päässä porauskuopasta ja lämmitettävään kohteeseen Kemijoen itäpuolentien toisella puolella noin 180m päässä. Koska kaivanto kaivettiin tyhjälle tontille, missä ei kaapeleita tai muitakaan esteitä ollut, kaivanto saatiin valmiiksi kahdessa päivässä. Pystyimme myös käyttämään tyhjää tonttia kaivettujen maiden varastopaikkana, jolloin täyttövaiheessa lopputäyttömaat olivat kaivannon vieressä. Kaivuun ollessa valmis suojasimme kaivannon lippusiimoilla, aitasimme porauskuopat ja lisäsimme kaivantoon arinahiekan (Kuvio 6).

Huomioitavaa linjan kaivamisessa vesisateiden varalle oli, että rakennus mihin kaukolämpö liitettiin, oli linjaan nähden ylöspäin viettävässä mäessä, joten linjan pystyi kaivamaan valmiiksi seinän laitaan asti. Seinästä noin kahden metrin päähän oli styroksista tehty routaeristys, mikä poistettiin huolellisesti ja ehjänä, jotta se voitiin asentaa täyttövaiheessa takaisin. Putkiurakoitsija pääsi töihin seuraavaksi.

Putkiurakoitsija sai työnsä tehdyksi kolmessa päivässä. Sillä aikaa kaivuuporukka oli tekemässä uusia linjoja. Porauskuoppiin ja kaivetulle linjalle oli tehty mahdollisten sateiden varalta pumppauskuoppia, joista vesi saataisiin poistettua. Vettä olikin yhtenä yönä satanut vähän, joten se käytiin poistamassa. Hitsaus saumojen ja eristeiden tarkastuksien jälkeen, saimme luvan aloittaa linjan täyttämisen.

Linjan täyttö vei kolme päivää. Linja oli suurimmaksi osaksi metsässä joten lopputäyttöön riitti pelkkä karkea soratäyttö. Porauskuopat ja tienlaidat täytettiin ensin Suomen Kaukolämpöyhdistyksen määräysten mukaan (Kuvio 6). Tien penkereiden tiivistämiseen käytimme 300kg painavaa jyrää ja viimeistelytyönä tien laitamille ajettiin multaa ja istutettiin heinän siemenet. Ylöskaivetuista maa-aineksista ylimääräiset ajoimme varastopaikkaamme tulevia täyttöjä varten. Linjan ollessa täytetty ja tilaajan tarkistuksien jälkeen hyväksytty, jatkoimme seuraaviin kohteisiin.

11. Yhteenveto

Tehdessäni ja valmistellessani opinnäytetyötäni olen tutustunut kaukolämmön tuotantomenetelmiin ja kaukolämpöverkoston rakentamiseen. Olen myös tutustunut niitä koskevaan kirjallisuuteen ja perehtynyt tarkemmin kaukolämpöverkon rakentamiseen käytännössä.

Kaukolämmitys on suurin lämmitysmuoto Suomessa ja uusia linjoja rakennetaan paljon lisää. Kaukolämpölinjojen rakentamiseen on olemassa Suomen kaukolämpöyhdistyksen asettamat määräykset ja paikkakuntakohtaiset määräykset. Kuitenkin kaukolämpö rakentamiseen kuuluu paljon töitä, joita ei ole vain yhtä oikeaa tapaa tehdä, vaan työmaat on arvioitava tapauskohtaisesti. Kaukolämpörakentamiseen omat haasteensa tuo liikenne ja ympäröivä infrastruktuuri. Niiden tuomia haasteita ja töitä ei aina voi ennalta tietää, mutta niihin voidaan varautua kun tiedetään mitä voi olla tulossa.

LÄHTEET

Energiateollisuuden julkaisu. Sähkön ja kaukolämmön yhteistuotanto. Osoitteessa

http://www.energia.fi/fi/kaukolampo/yhteistuotanto/yhteistuotannon_edut.
10.2.2011

Energiateollisuuden julkaisu. Lämmityksen markkinaosuudet vuonna 2007. Osoitteessa <http://www.energia.fi/fi/kaukolampo/kaukolampo>. 10.2.2011

Energiateollisuuden julkaisu. Kaukolämmityksen hyödyt. Osoitteessa <http://www.energia.fi/fi/kaukolampo/kaukolampo>. 10.2.2011

Energiateollisuuden julkaisu. Kaukolämmityksessä käytettävät polttoaineet. Osoitteessa <http://www.energia.fi/fi/kaukolampo/kaukolampo>. 10.2.2011

Haastattelu. Kaisanlahti Pekka. Työpäällikkö, Destia Oy

Haastattelu. Springare Arto. Rakentamispäällikkö, Rovaniemen Energia.
26.01.2011

Haastattelu. Mäkinen Anneli. Toimialapäällikkö, Rovaniemen Energia.
26.01.2011.

Haastattelu. Artsola Kimmo. Sähköasentaja, Rovakaira. 22.01.2011.

Kari Lehtonen – Esko Tuhola 2009. Tieturva 1. tietöiden liikenteen järjestely- ja turvallisuuskoulutus. Tiehallinnon julkaisu. Osoitteessa

http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2200019-v-09_tieturva_1.pdf. 31.01.2011

Kari Lehtonen – Esko Tuhola 2009. Tieturva 2. Tiellä tehtävien töiden vastuuhenkilöiden turvallisuus kurssi. Tiehallinnon julkaisu. Osoitteessa http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2200010-v-09_tieturva_2.pdf. 31.01.2011

Koskelainen Lasse – Saarela Rauli – Sipilä Kari 2006, 25, 26, 189, 190, 259-262, 270, 271-274, 407. Suomen lämmitysmarkkinat. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki: Energiateollisuus ry:n julkaisu.

Motivan julkaisu. Bioenergian tuotantomahdollisuudet. Osoitteessa <http://www.motiva.fi/files/249/biopolttoaineet-kaukolampo.pdf>. 19.01.2011

Pirkanmaan ensihoito koulutuksen julkaisu. Hätäensiapu koulutus. Osoitteessa http://www.koulutus.fi/Haetaeensiapukoulutus_123839.htm. 31.01.2011

Rovaniemen Energia. Kaukolämpöverkon maarakennus- ja betonityöt urakka- ja työohje. 2010, 8, 19, 20, 23.

Kuvio 1.

Kaukolämmityksessä käytetyt polttoaineet vuonna 2008. Energiateollisuuden julkaisu.v Osoitteessa http://www.energia.fi/fi/kaukolampo/kaukolampo/tuotanto_ja_polttoaineet. 10.2.2011

Kuvio 2.

Kaukolämmössä käytettävät polttoaineet. Energiateollisuuden julkaisu. Osoitteessa http://www.energia.fi/content/root%20content/energiateollisuus/fi/kaukolampo/kirjasto/julkaisut/liitteet/julkaisuk1_03_04072007.pdf. 19.01.2011

Kuvio 3.

Lämmityksen markkinaosuudet vuonna 2009. Motivan julkaisu. Osoitteessa <http://www.motiva.fi/files/249/biopolttoaineet-kaukolampo.pdf>. 19.01.2011

Kuvio 4.

Koskelainen Lasse – Saarela Rauli – Sipilä Kari 2006, 260. Kaukolämmityksen energianlähteet. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki: Energiateollisuus ry:n julkaisu.

Kuvio 5.

Rovaniemen Energia. Kaukolämpöverkon maarakennus- ja betonityöt urakka- ja työohje ohje. 2010, 18.

Kuvio 6.

Rovaniemen Energia. Kaukolämpöverkon maarakennus- ja betonityöt urakka- ja työohje ohje. 2010, 19.

Kuvio 7.

Rovaniemen Energia. Kaukolämpöverkon maarakennus- ja betonityöt urakka- ja työohje ohje. 2010, 20.

Taulukko 1.

Koskelainen Lasse – Saarela Rauli – Sipilä Kari 2006, 274. Hiililaatujen ECE-luokitus. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki: Energiateollisuus ry:n julkaisu.

Taulukko 2.

Rovaniemen Energia. Kaukolämpöverkon maarakennus- ja betonityöt urakka- ja työohje ohje. 2010, 18.

Taulukko 3.

Rovaniemen Energia. Kaukolämpöverkon maarakennus- ja betonityöt urakka- ja työohje ohje. 2010, 19.

Liite 1. Yhteystietoja

Kaapelinäyttöjen yhteystiedot Rovaniemellä

Sähkökaapelit:

(kantakaupungin alue) Rovaniemen Verkko .
(ent. maalaiskunnan alue) Rovakaira Oy.

0201 52 5831
020 756 6333

Puhelin-, lennätin-, ym. kaapelit:

Sonera ja TDC (Johtotieto Oy).

0800 12600 tai
www.johtotieto.fi

DNA.

044 425 4350

Puolustusvoimat.

029 9800

Tienkatko ilmoitukset

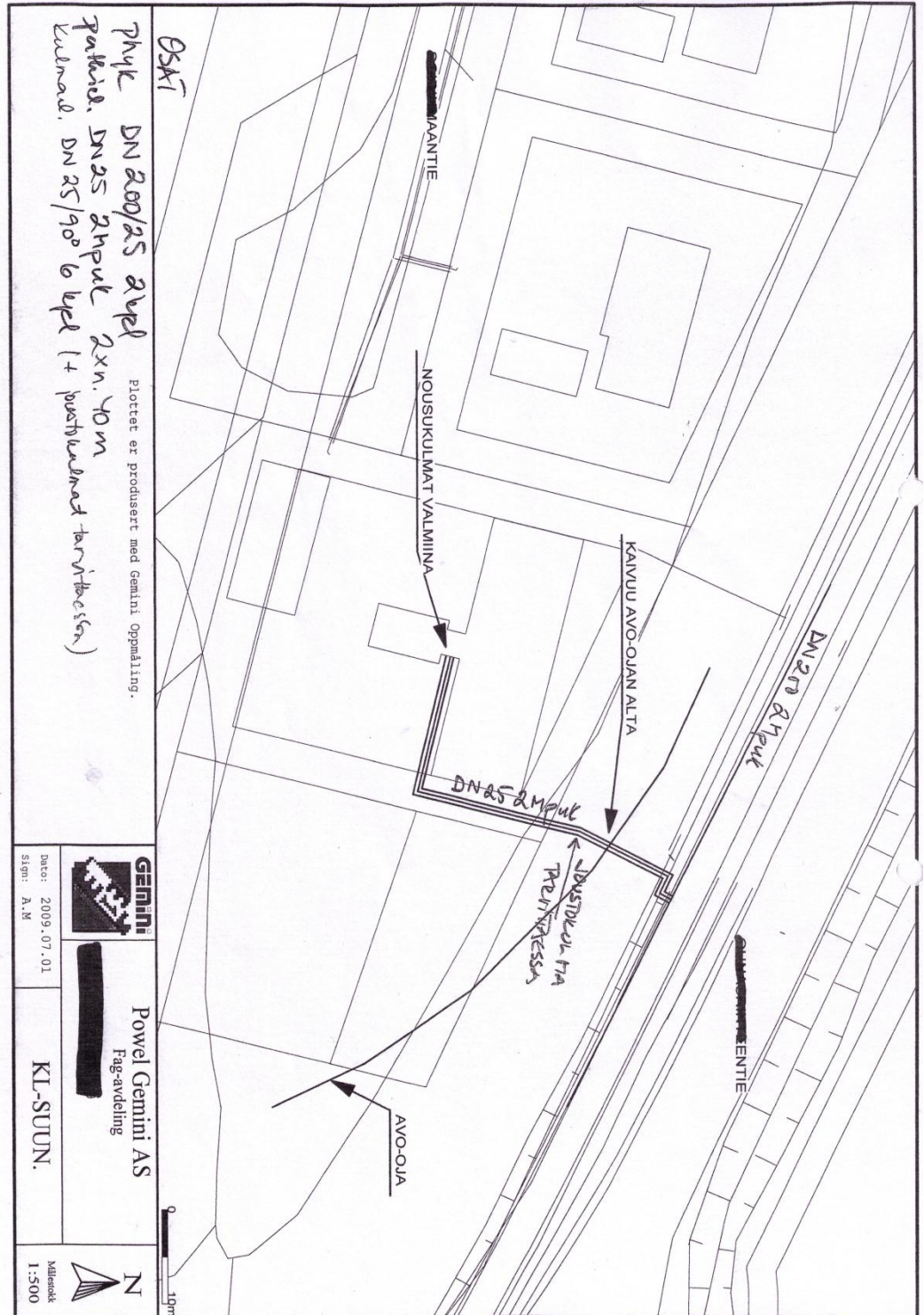
Sairaankuljetus.

0400 917 190

Pelastuslaitos.

0201 31 1264

Liite 2. Rakennuskuva



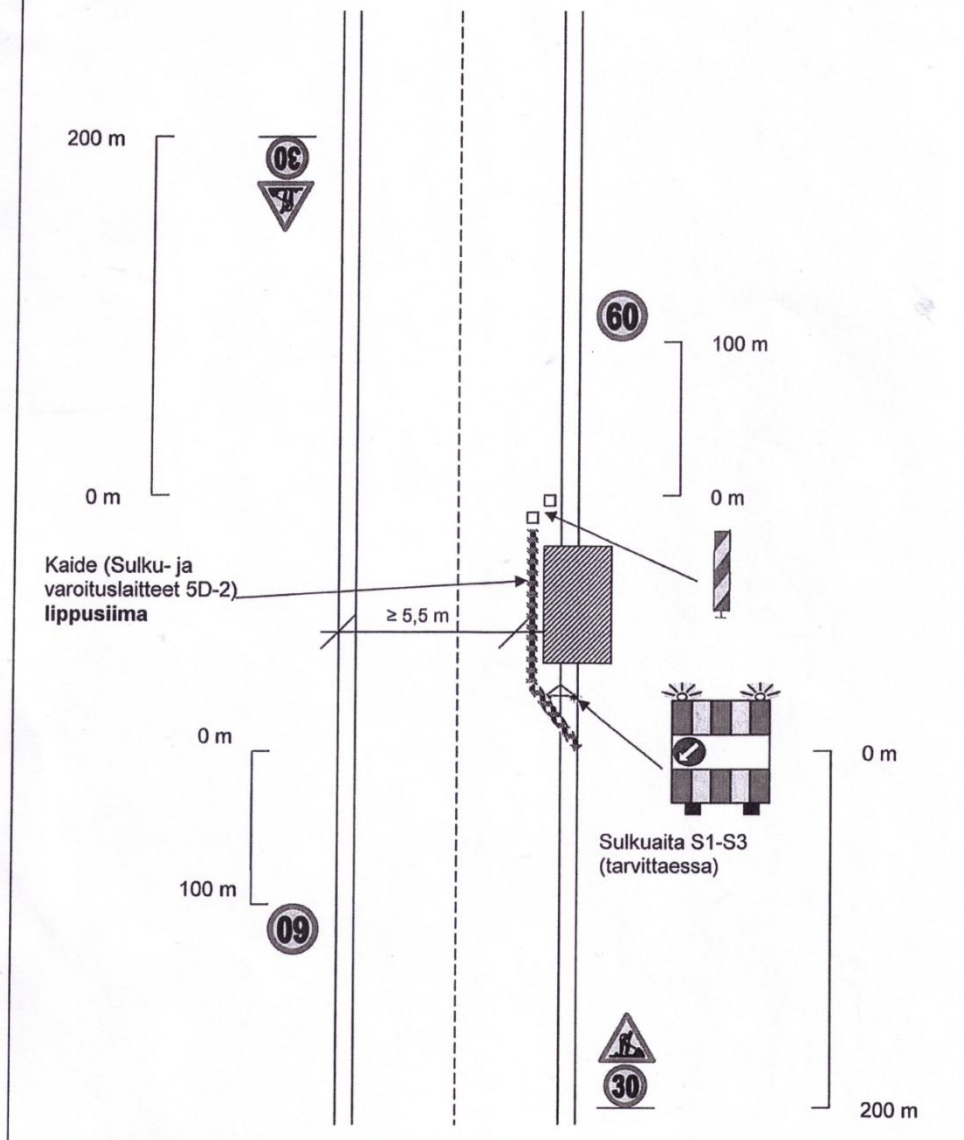
Liite 3. Liikenteenohjaussuunnitelma

ROVANIEMEN ENERGIA OY

LIIKENTEENOHJAUSSUUNNITELMA

Projekti, urakkaosa Rovaniemen Energia Oy, Kemijoen Itäpuolentie	
Laatija Destia	Pvm. 3.5.2010
Hyväksyjä	Pvm.

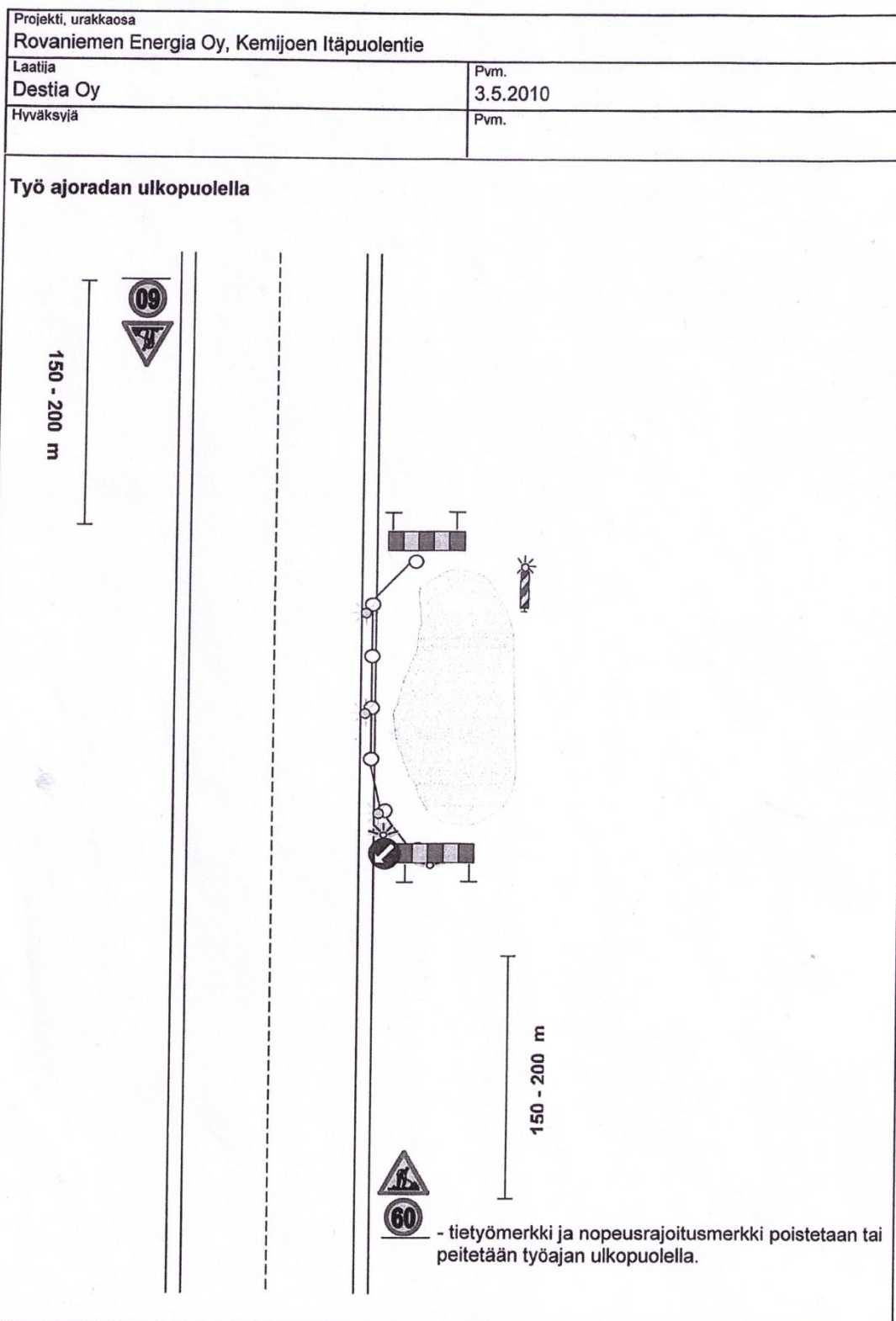
Kaista osittain suljettu 60 km/h → 30 km/h (30 km/h tarvittaessa)



Liite 4. Liikenteenohjaussuunnitelma

ROVANIEMEN ENERGIA OY

LIIKENTEENOHJAUSSUUNNITELMA



Liite 5. Liikenteenohjaussuunnitelma

ROVANIEMEN ENERGIA OY

LIIKENTEENOHJAUSSUUNNITELMA

