



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

KAUKOLÄMPÖVERKON PERUSKORJAUSTEN KUSTANNUSTEN MÄÄRITYS

TEKIJÄ: Aleksi Eskola

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Energiatekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä Aleksi Eskola	
Työn nimi KAUKOLÄMPÖVERKON PERUSKORJAUSTEN KUSTANNUSTEN MÄÄRITYS	
Päiväys	26.04.2016
Sivumäärä/Liitteet	25
Ohjaaja(t) Ritva Käyhkö, Markku Kosunen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Kannuksen Kaukolämpö Oy, Seppo Jylli	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tässä opinnäytetyössä selvitetään Kannuksen Kaukolämpö Oy:n kaukolämpölämpöverkon kunnossapitokustannukset peruskorjausten osalta, käyttämällä hyväksi aikaisemmin rakennettujen ja peruskorjattujen verkostojen kustannuksia.</p> <p>Tarkoituksena on kehittää laskentamallit verkoston peruskorjaamiseen eri tyyppisissä ratkaisussa. Näiden laskelmien avulla olisi tarkoitus pystyä määrittämään etukäteen tietyn verkosto-osuuden kustannukset ja työn määrä, jolloin peruskorjauksen voi suunnitella paremmin talouden sekä työskentelyn ajoittamisen kannalta. Laskelmia voisi myös käyttää vertaillen vaihtoehtoisia rakentamistapoja peruskorjattavan verkoston tilalle.</p> <p>Työssä kehitellyllä kustannuslaskentamallilla voidaan tehokkaasti määrittää tulevien korjausten ja uudisrakennuksen materiaalikustannuksia ja haarukoida työkustannuksia. Mallilla voidaan tuottaa materiaaleille tilauslista, etenkin liitosmateriaalien määrän arviointia työkalu helpottaa huomattavasti. Aputyökalun tuottama hyöty tehostuu ajan kanssa, kun tulevista projekteista saadaan enemmän tietoa ja kustannusmuuttujia voidaan päivittää tarkemmaksi. Toimeksiantajalla on nyt toimiva työkalu kaukolämpöverkon peruskorjauskustannusten, sekä uusien kaukolämpöverkon osien kustannusten määrittämiseen, koska uudisrakentamisen kustannukset eivät suuresti poikkeaa korjauskustannuksista.</p> <p>Kustannuslaskentamallia voidaan käyttää yleisesti kaukolämpö-alalla apputyökaluna, kunhan kukin käyttäjä muuttaa kustannusmuuttujat vastaamaan omia kustannuksiaan.</p>	
Avainsanat Kustannuslaskentamalli, Kaukolämpö, Kaukolämpöverkko	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Technology			
Author Aleksi Eskola			
Title of Thesis Determining the costs of district heating piping system renovation.			
Date	26.04.2016	Pages/Appendices	25
Supervisor(s) Ritva Käyhkö, Markku Kosunen			
Client Organisation /Partners Kannuksen Kaukolämpö Oy, Seppo Jylli			
<p>Abstract</p> <p>In this bachelor's thesis the renovation costs of district heating piping system of Kannuksen Kaukolämpö Oy are determined, by using information from previous renovation and building projects. Also calculation models for different kind of piping system renovations were created to determine the value and monetary savings of these projects. From these models the amount of labour and the costs for materials can be determined and the best moment for renovation can be selected. Calculation models can be used when compared to alternative renovation solutions.</p> <p>With this calculation model the costs of renovation and building projects of the district heating pipeline can easily be estimated. The material list can be created by using the model, especially the estimation of needed joint materials is easier. The benefit of the model increases with time, when the available knowledge of renovation and building project costs increases. The client now have a working calculation model to determine the renovation and building costs of district heating pipeline. This model can be used generally as a calculation tool in district heating industry, the cost variables have to be adjusted to suit each users need.</p>			
Keywords Pipeline, District Heating, Calculation Model.			

SISÄLTÖ

1	TYÖN ESITTELY	6
2	TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY	6
3	KAUKOLÄMMITYS.....	6
4	LÄMMÖN SIIRTO JA JAKELU.....	7
4.1	Lämmönsiirto kaukolämpöverkossa	7
4.2	Kaukolämpöjohdot	8
4.2.1	Yleistä	8
4.2.2	Johtojen nimilyhenteet	8
4.2.3	Kiinnivaahdotetut johdot.....	9
4.2.4	Yksiputkijohto 2Mpuk	10
4.2.5	Kaksiputkijohto Mpuk	10
4.2.6	Virtausputket ja putkenosat	11
4.2.7	Suojakuori ja eristys.....	11
4.2.8	Liitosrakenteet	11
5	KAUKOLÄMPÖVERKON KUNNOSSAPIDON PERUSTEET.....	12
5.1	Tavoite.....	12
5.2	Käsitteet.....	12
5.3	Verkon kunnossapito	13
5.3.1	Verkon kunnonvalvoja ja huoltotoiminta	13
5.3.2	Maanalaiset johdot	13
5.3.3	Avojohdot.....	14
6	KAUKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄN PERUSPARANTAMINEN	14
6.1	Yleistä.....	14
6.2	Uudistava perusparantaminen.....	15
6.3	Korvaava perusparantaminen	15
6.4	Ulkopuolisista syistä johtuva perusparantaminen.....	15
6.5	Perusparantamisen kustannukset.....	15
7	KANNUKSEN KAUKOLÄMPÖ OY:N KAUKOLÄMPÖVERKKO.....	16
8	KANNUKSEN KAUKOLÄMPÖ OY:N KAUKOLÄMPÖVERKON KUNNOSSAPITO	17
8.1	Nykyinen tilanne	17
8.2	Korjaukset talvella.....	17

8.3	Korjaukset kesällä	17
8.4	Vuodenajan vaikutus korjauskustannusten muodostumiseen	17
9	KUSTANNUSLASKENTAMALLI	18
9.1	Kustannuslaskentamallin esittely	18
9.2	Hintakooste-välilehti.....	18
9.3	Materiaalit-välilehti.....	18
9.4	Tietosivu	19
9.5	Putkikoko-välilehdet	21
10	TAVOITTEIDEN SAAVUTTAMINEN	24
	LÄHTEET	25

1 TYÖN ESITTELY

Työn toimeksiantaja Kannuksen Kaukolämpö Oy tuottaa kaukolämpöä yksityishenkilöille ja yrityksille. Tällä hetkellä toimeksiantajalla ei ole toimivia metodeja kaukolämpöverkon peruskorjauskustannusten selvittämiseen. Opinnäytetyössä kehitetyllä kustannuslaskentamallilla toimeksiantaja voi laskea korjauskustannuksia sekä selvittää korjaustapahtumien optimiajankohdat ja valita parhaan korjausmetodin. Työ helpottaa aikataulutusta sekä budjetin valmistelua.

2 TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY

Kannuksen Kaukolämpö Oy tuottaa vuodessa n.40GWh kaukolämpöä erillistuotantona Kannuksen kaupungin taajama-alueella oleville asutuksille ja yrityksille. Suurin osa tuotetaan käyttämällä kotimaisia polttoaineita ja näistä suurin osa on uusiutuvia. Pääpolttoaineena toimii puru, metsätähdehake, kuori ja turve. Myös raskasöljyä käytetään, pääasiassa häiriötilanteissa ja huippukuormilla. Sen osuus on n.1% vuosituotannosta.

Tuotantolaitteina on kiinteiden polttoaineiden osalta 2 MW etupesäarinakattila, 6,5 MW leijupetikattila, 5 MW kekoarinakattila ja 2 MW savukaasupesuri. Raskasöljykattiloita on 2,4 MW, 4 MW sekä 8 MW kattilat. Näiden lisäksi siirrettävällä lämpökeskuksella on 1 MW ja 2 MW kevytöljykattilat.

Yrityksen omistavat Kannuksen kaupunki(64,9 %), Korpelan Voima,paikallinen energiayhtiö (34,25 %) ja Pouttu Oy, lihanjalostustehdas (0,85 %). Yritys työllistää vakituisesti kuusi työntekijää;toimitusjohtajan, sihteerin, työpäällikön, sähköasentajan sekä kaksi laitosmiestä. Liikevaihto on noin 2 miljoonaa euroa.

3 KAUKOLÄMMITYS

Kaukolämmitys on rakennusten ja käyttöveden lämmittämiseen tarvittavan lämmön keskitettyä tuotantoa ja julkista jakelua asiakkaina oleville kiinteistöille. Kaukolämmitykselle on myös ominaista, että sitä varten organisoitu toiminta toteutetaan liiketoiminnan muodossa.

Aluelämmitys puolestaan on yleensä pienempimuotoista keskitettyä lämmön tuotantoa ja jakelua yksityiseen tai esimerkiksi tuotantoyhtymän osakkaiden omaan käyttöön, mutta toimintaan ei liity liiketoimintaa.Tuotanto ja jakeluteknologia voi olla hyvinkin samanlaista kuin kaukolämmityksessä. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 25)

Kaukolämmityksen tyypillisiä ominaisuuksia ovat:

- Lämpö tuotetaan keskitetyssä kohteessa (yhdessä tai useammassa) ja jaetaan verkon välityksellä asiakkaille
- Siirtoaineena on vesi tai höyry
- Asiakkaina ovat asuintalot (kerrostalot, pientalot), teollisuus, liikerakennukset ja julkiset rakennukset
- Asiakkaat käyttävät lämpöä rakennuksen tilojen ja käyttöveden lämmitykseen (Kaukolämmön käsikirja 2006, 25)

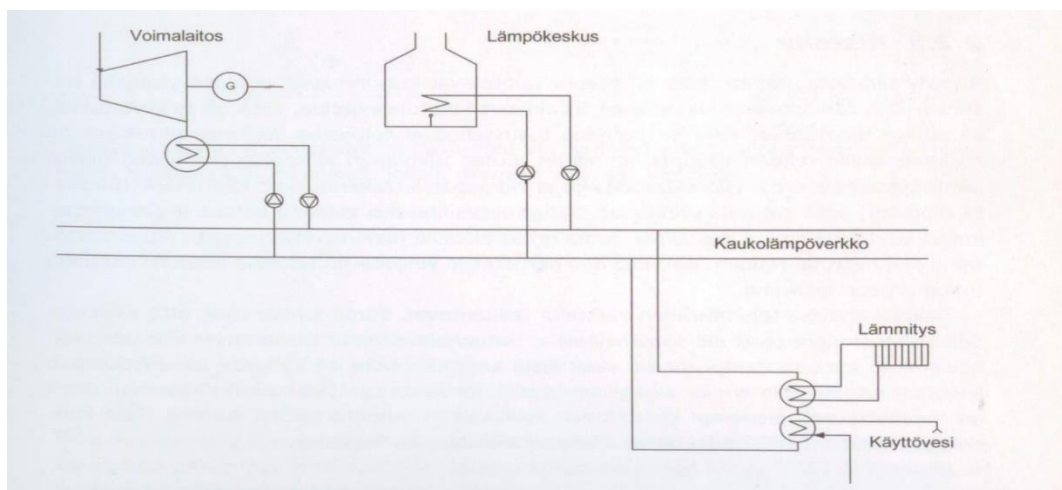
Kaukolämmitys on Suomessa merkittävin lämmitysmuoto. Kaukolämpöä on saatavissa kaikissa kaupungeissa ja isommissa taajamissa. Valtakunnallisesti kaukolämmön osuus lämmitysenergian kulutuksesta on noin 50 prosenttia ja suurimmissa kaupungeissa 80...90 prosenttia. Suomessa lähes 80 prosenttia kaukolämmöstä perustuu kaukolämmön ja sähkön yhteistuotantoon. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 5)

4 LÄMMÖN SIIRTO JA JAKELU

4.1 Lämmönsiirto kaukolämpöverkossa

Vesikaukolämmityksessä lämpö siirtyy putkissa kiertävän veden mukana. Samaa vettä kierrätetään yhä uudelleen lämmön kuljettajana. Luovutettuaan lämmön asiakkaan kiinteistöön vesi palaa lämmityslaitokselle uudelleen lämmitettäväksi. Suomessa kaukolämpöenergia siirretään kaksiputkijärjestelmällä, joka toimii maksimissaan 120 °C lämpötilalla. Korkeiden lämpötilojen käyttö lisää meno- ja paluulämpötilojen eroa suurentaen näin siirtokapasiteettia ja pienentäen pumppauskustannuksia. Korkeiden lämpötilojen käyttö mahdollistaa pitkät siirtoetäisyydet voimalaitoksilta käyttökohteisiin.

Vesikaukolämpöjärjestelmä muodostuu kokonaisuudesta (Kuva 1), jonka pääosina ovat lämpöä tuottavat lämmityslaitokset, lämmön siirtämiseen tarvittava putkisto eli kaukolämpöverkko ja lämmön vastaanottoon ja jakeluun tarvittavat asiakkaan laitteet. Kaukolämpövesi saadaan liikkeelle lämmityslaitosten pumppujen avulla. Vettä lämmitetään voimalaitosten lämmönsiirtimissä tai lämmityslaitosten kattiloissa ja jäähdytetään asiakkaiden lämmönsiirtimissä tai suoraan lämmönkulutuskojeissa, joista se palaa lämmöntuotantolaitokselle uudelleen lämmitettäväksi (Kaukolämmön käsikirja 2006, 43, 137)



Kuva 1. Kaksiputkijärjestelmän periaatekuva. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 43)

4.2 Kaukolämpöjohdot

4.2.1 Yleistä

Kaukolämmössä käytetyt johdot ryhmitellään kanavarakenteen mukaan. Jatkossa on esitetty eri rakennevaihtoehtoja, mutta pääasiassa on keskitytty kiinnivaahdotettuun johtojärjestelmään, joka on nykyisin lähes yksinomaan käytetty johtotyyppi.

Kaikkien johtojen mitoitus muovisia virtausputkia lukuunottamatta perustuu 1,6 MPa (16 bar) suunnittelupaineeseen sekä $< 120\text{ °C}$ käyttölämpötilaan. Käyttöaineena on käsitelty kaukolämpövesi.

Normaaleissa käyttökohteissa ja olosuhteissa johtoelementtien sekä niiden valmisosien teknisen käyttöiän ja pitkäaikaisen lämpötilakestävyyden tulee olla vähintään 30 vuotta jatkuvassa käyttölämpötilassa 120 °C , vähintään 50 vuotta jatkuvassa käyttölämpötilassa 115 °C ja yli 50 vuotta tätä alemmassa käyttölämpötilassa. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 137)

4.2.2 Johtojen nimilyhenteet

Yleisesti käytettyjen johtojen nimilyhenteitä ovat:

Muovisuojakuorirakenteet (Mpuk, 2 Mpuk, Mpul, 2Mpul, Mpe, Mmv, 2Mmv)

M = eristys- tai johtoelementin yleensä polyeteenimuovinen ulkokuori
-lämpöeristeet

pu = polyuretaanivahto

pe = vaahdotettua polyeteeni

mv = mineraalivilla

-rakenne

k = kiinnivaahdotettu

l = putket liikkuvat (Kaukolämmön käsikirja 2006, 137)

4.2.3 Kiinnivaahdotetut johdot

Kiinnivaahdotetuissa kaukolämpöjohdoissa (Mpuk, 2 Mpuk) on polyuretaanieristeellä liitetty kiinteästi yhteen virtausputki ja polyeteenisuojakuori. Kiinnivaahdotettu johtotyyppi tuli Suomessa käyttöön 1970-luvun puolivälissä ja se syrjäytti nopeasti muut käytössä olleet johtotyypit. 1980-luvun jälkeen käytännössä kaikki johdot on rakennettu tällä johtotyypillä. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 138)

Johtoon kuuluu täydellinen osavaliokoima liitostarvikkeineen:

- suorat putkieleментit
- vakiokulmaelementit 30°, 45°, 60°, 90°
- nousukulmaelementit
- haarayhde-elementit ja haarayhteet
- kiintopiste-elementit
- venttiilielementit ja yhdistelmäventtiilit
- liitokset
- asennustarvikkeet (Kaukolämmön käsikirja 2006, 138)

Kiinnivaahdotetun johdon hyviä puolia ovat mm:

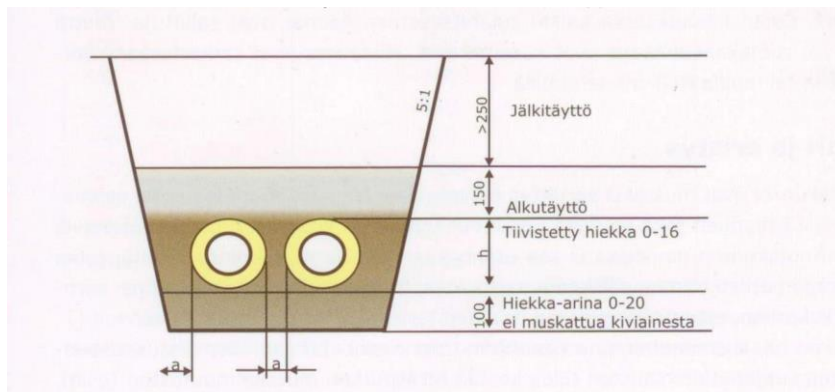
- virtausputki, kova polyuretaanieriste ja suojaputki muodostavat yhdessä elementin, jota on helppo käsitellä
- johdon ympärillä olevan maan painuminen ei aiheuta muutoksia johdon toiminnassa
- elementtien valmistusta on helppo valvoa ja pitää laatu tasaisena
- suojakuoren tai eristeen rikkoitumisesta mahdollisesti johtuva virtausputken korrosio rajoittuu rikkoitumiskohtaan
- eri valmistajien elementit ovat yhteensopivia (Kaukolämmön käsikirja 2006, 138)

Huonoista puolista voidaan mainita, että:

- toimintaperiaatteen vuoksi virtausputken lämpötila- ja lämpötilaliikkeitä rajoittavien rajoitusten hankaloittaa johdon asennusta
- virtausputkessa esiintyy käyttöolosuhteissa huomattavia jännityksiä, jotka on otettava huomioon suunnittelussa
- muovisuojaputki on betonia heikompi suoja ulkopuolista viottamista vastaan (Kaukolämmön käsikirja 2006, 139)

4.2.4 Yksiputkijohto 2Mpuk

Yksiputkijohdossa on erilliset meno- ja paluujohdot joissa virtausputki ja polyeteenisuojakuori on polyuretaanieristeellä liitetty kiinteästi yhteen (Kuva 2). Yksiputkijohtoa valmistetaan yleensä kokoluokissa DN 20...DN 600, mutta tarvittaessa DN 1200 asti. Putken pituus on kokoluokasta riippuen 6, 12, 16 tai 18 m. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 139)



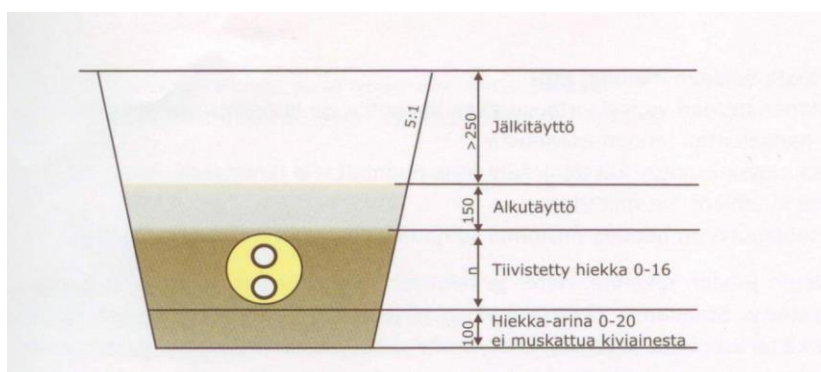
Kuva 2. 2Mpuk havainnekuva (Kaukolämmön käsikirja 2006)

4.2.5 Kaksiputkijohto Mpuk

Kaksiputkijohdossa on sekä meno- että paluupuolen virtausputket ja yhteinen polyeteenisuojaputki liitetty polyuretaanieristeellä kiinteästi yhteen (Kuva 3). Lämpöhäviön vähentämiseksi menopotki on sijoitettu paluuputken alle. Kaksiputkijohtoa valmistetaan yleensä kokoluokissa DN 2x20...DN 2x200. Putkien pituus on luokasta riippuen 6 tai 12m.

Kaksiputkisen johdon materiaalitarve on pienempi kuin yksiputkisen ja jatkosten tekeminen vähentyy puoleen. Kaksiputkijohdon lämpöhäviöt ovat pienemmät kuin vastaavan yksiputkisen.

(Kaukolämmön käsikirja 2006, 139)



Kuva 3. Mpuk havainnekuva (Kaukolämmön käsikirja 2006)

4.2.6 Virtausputket ja putkenosat

Virtausputkina käytetään hitsattuja tai saumattomia teräsputkia. Virtausputkena saattaa joustavissa johdoissa olla myös kupariputkia tai korrugoitu ohutseinäinen teräsputki. Muovivirtausputkia voidaan käyttää, kun veden lämpötila on enintään 90 °C.

Teräsosien valmistuksessa käytettävien putkenosien materiaalien pitää vastata putkimateriaaleja. Osien hitstauksessa kaikki sulahitsausmenetelmät ovat sallittuja, mutta kaarihitsaus tai suojakaasuhitsaus ovat suositeltavia. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 140)

4.2.7 Suojakuori ja eristys

Ulkoiset suojakuoret ovat mustaksi värjättyä polyeteeni. Ne ovat putkielementin valmistusmenetelmästä riippuen joko valmiita polyeteeniputkia tai eristyksen päälle valettavia suojakuoria. Suojakuoren pinnoissa ei saa esiintyä uurteita ja muita pintavirheitä, jotka voivat heikentää putken toiminnallisia ominaisuuksia.

Eristeenä käytetään polyuretaania, joka valmistetaan sekoittamalla lisäaineita sisältävä polyoliseos isosyanaatin kanssa. Valmiin elementin lämmönjohtavuuden täytyy vanhentamattomana olla < 0,033 W/mK. Nykyisillä syklopentaania paisutusaineena käytävillä uretaaneilla elementtien lämmönjohtavuus on n. 0,026...0,029 W/mK. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 140)

4.2.8 Liitosrakenteet

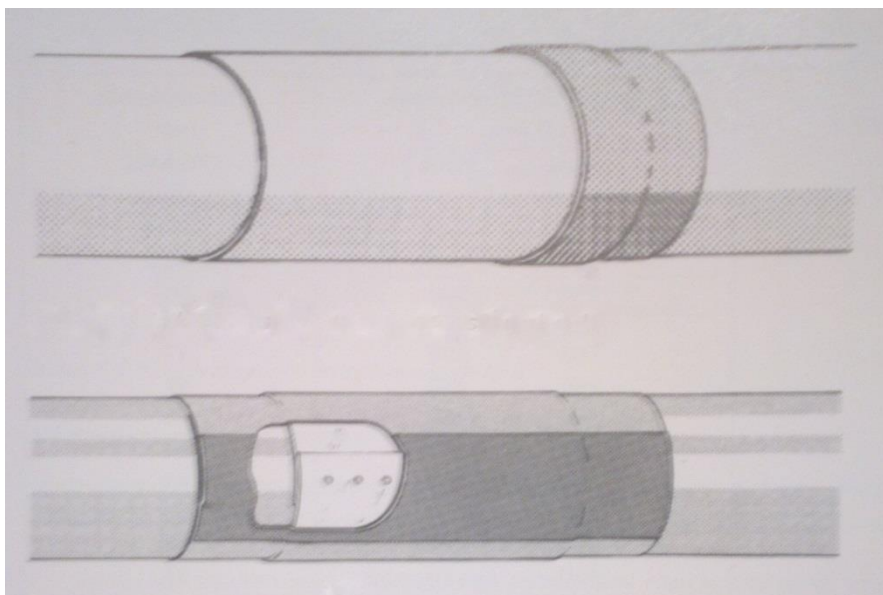
Kiinnivaahdotetun johdon jatkokset toteutetaan polyetenisen jatkosholkin tai peltijatkoksen avulla kutiste- ja hitsausliitoksina tai mekaanisina kiilamuhviliitoksina (Kuva 4):

- holkkijatkokset ja kutisteliitokset saumalapulla
- peltijatkokset ja kutisteliitokset saumalapulla
- holkkijatkokset sähköhitsauksella
- kiilamuhvijatkokset (Kaukolämmön käsikirja 2006, 141)

Jatkoseristeenä käytetään polyuretaania, joka valmistetaan työmaalla erillisten vaahtopakkauksien avulla tai konevaahdotuksena. Valmiiden eristekourujen käyttö rajoittuu lähinnä erikoiskohteisiin (pienet rakennuskohteet, kuumat teräsputkipinnat jne.). (Kaukolämmön käsikirja 2006, 141)

Eristyksen valmistuksessa asennuspaikalla on otettava huomioon:

- asennuspaikan ja liitospintojen lämpötila
- raaka-aineiden lämpötila
- liitospintojen kuivuus
- raaka-aineiden sekoittaminen
- jatkosten esilämmitys (Kaukolämmön käsikirja 2006, 141)



Kuva 4. Ylempänä holkkijatkos ja kutisteliitokset saumalapulla, alempana peltijatkos ja kutisteliitos saumalapulla. (Kaukolämmön käsikirja 2006)

5 KAUKOLÄMPÖVERKON KUNNOSSAPIDON PERUSTEET

5.1 Tavoite

Kaukolämpöjärjestelmän kunnossapidon tavoite on ylläpitää tuotanto- ja jakelukapasiteettia laatujärjestelmän mukaisesti optimikustannuksin. Tarkoituksena on:

- vikaantuvuuden estäminen
- käytettävyyden parantaminen
- häviöiden pienentäminen
- käyttökustannusten alentaminen
- laatujärjestelmän vaatimusten täyttäminen
- ympäristöohjelman vaatimusten täyttäminen
- laitteiston iän pidentäminen
- ongelmakohtien kartoittaminen
- perusparannattavien kunnossapitokohteiden selvittäminen
- vikojen ja vaurioiden korjaaminen (Kaukolämmön käsikirja 2006, 347)

5.2 Käsitteet

Kunnossapitoon sisältyvät seuraavat käsitteet:

- huoltotoiminta, jossa puhdistusten, voitelun määräaikaivaihtojen, maalausten ja pinnoitusten avulla estetään vikaantuminen ja huonontuminen
- kunnonvalvonta, jossa mittauksin ja tarkastuksin pyritään havaitsemaan alkava vika ja korjaamaan se ennen merkittäviä seurausvaikutuksia (Kaukolämmön käsikirja 2006, 141)

Lisäksi kunnossapitoon voidaan sisällyttää osa korjausrakentamisesta, jossa laitteiden annetaan tietoisesti käydä, kunnes ne vaurioituvat tai ovat muusta syystä rikkoutuneet. Koneet ja laitteet korjataan ilman käyttökeskeytyksiä väliaikaisesti odottamaan laajempaa perusparantamista tai uudistamista. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 347)

Myös vaikutusalueiltaan suppeat korjaukset kuuluvat usein kunnossapidon alueelle.

Kunnossapitojärjestelmän osia ovat:

- oma organisaatio henkilöineen ja ulkopuoliset urakoitsijat
- henkilöstön toimintarutiinit ja menettelytavat
- työkalut, tarvikkeet, huoltoautot
- varaosat ja niiden hankintaohjeet
- dokumentointi ja kunnossapidon tietojärjestelmät
- tiedonkulku ja tiedottaminen (Kaukolämmön käsikirja 2006, 347)

5.3 Verkon kunnossapito

5.3.1 Verkon kunnonvalvoja ja huoltotoiminta

Verkon kunnonvalvontaa ja huoltotoimintaa varten verkkotietojen on oltava riittävästi dokumentoituna. Johtotiedoista on ilmentävä johtojen tarkka sijainti, rakennusaika, rakennetyyppi, mahdollinen urakoitsija ja johdon varusteet. Kaivoluetteloista ja kaivokorteista on ilmentävä kaivon sijainti ja putkistokuva, rakenne, varusteet kuten pumput, tyhjennykset, ilmaukset, sulut jne. Kunnonvalvonta ja huoltotoiminta kaukolämpöverkossa rajoittuvat yleensä vain kaivoihin, avojohtoihin ja mittauskeskuksiin, koska maanalaisten johtojen osalta se on vaikeaa.

Kaukolämpöverkon korjaamisen ja perusparantamisen toteuttaminen voidaan jakaa kahteen eri koulukuntaan. Toinen koulukunta kannattaa kunnonvalvonnan ja huoltotoiminnan lisäksi perusparantamista, kun taas toinen kannattaa korjaavaa kunnossapitoa, joissa toimenpiteisiin ryhdytään vasta ongelmien ilmetessä. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 348)

5.3.2 Maanalaiset johdot

Maanalaisten johtojen kuntoa ja tilaa pitää valvoa, jotta voidaan määritellä kunnossapitotoiminnan ja perusparannustoiminnan määrä. Vähimmäisedellytyksenä pidetään tietoa toteutuneista tunnusluvuista, niiden kehittymisestä ja vastaamista vertailuluvuista. Tietoa tuottavat mm. lisävesiseuranta ja kaivotarkastukset. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 348)

Maanalaisten johtojen kunto valvotaan:

- tunnusluvuilla
- kaivojen säännöllisillä tarkastuksilla
- lisäveden menekin valvonnalla
- riskialueiden kartoituksilla
- salaojituksen ja viemäröinnin huolloilla

- erillisillä lämpökamerakuvauksilla
- rasituskokeilla
- virtausputken seinämäpaksuusmittauksilla
- johtojen kosteudenvilvontajärjestelmällä (Kaukolämmön käsikirja 2006, 348)

Kaukolämpöverkon kunnan ja tiiveyden paras mittari on lisäveden menekki. Lisäveden valmistamista ja sen syöttämistä verkkoon on seurattava jatkuvasti.

Riskialueiden kartoituksella pyritään saamaan selkeä kuva verkon riskikohteiden sijainnista ja laadusta. Riskikartoitusta hyödynnetään kunnossapidossa ja perusparannuksessa.

Kaukolämpöverkon lämpökamerakuvaus kannattaa suorittaa vain rajatuille osille verkkoa.

Perusteluna on esim. linjan kriittisyys lämmön siirron kannalta.

Kiinnivaahdotetuissa johdoissa on mahdollista käyttää sähköistä kosteudenvilvontaa, jonka käyttö ei Suomessa ole kuitenkaan yleistä. Vilvonta antaa hälytyksen, mikäli johtorakentaassa on kosteutta.

Vuotokohta voidaan tämän jälkeen paikallistaa kaapelitutkalla. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 349)

5.3.3 Avojohtot

Avojohtojen varusteiden, eristysten ja tukirakenteiden kunto on helppo tarkistaa. Ennakkohuoltotöitä ovat lähinnä eristysten ja suojapäällysteen kunnontarkistus sekä kannatin- ja tukirakenteiden tarkastukset ja pinnoitekorjaukset. Tukirakenteiden pinnoitekorjaukset ovat suurin avojohtojen huoltokohde, joskaan sekään ei vaadi vuosittaisia toimenpiteitä. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 350)

6 KAUKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄN PERUSPARANTAMINEN

6.1 Yleistä

Viimeiseisen viiden vuoden aikana on kaukolämpömarkkinoiden kasvu Suomessa ollut noin 2% vuodessa, vaikka kaukolämmön rakennustoiminnassa uudisrakennusinvestointien osuus kaukolämpöalan kokonaisinvestoinneista on ollut hitaasti laskeva. Samaan aikaan kaukolämpöjärjestelmien keskimääräisen käyttöiän noustessa on perusparannustoiminnan suhteellinen osuus rakennus- ja investointitoiminnasta kasvanut. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 356)

Perusparannustoimintaan sisältyvät seuraavat käsitteet:

- uudistava perusparantaminen
- korvaava perusparantaminen
- ulkopuolisista syistä johtuva perusparantaminen (Kaukolämmön käsikirja 2006, 356)

Perusparantamisen tunnusmerkkeinä ja selkeimpänä erona korjausrakentamiseen pidetään perusparannustyön suunnitelmallisuutta, ei niinkään yksittäisen työkohteen kokoa. Näin määriteltynä perusparantamistoiminta on uudisrakennustöiden rinnalla osa laitosten vuotuisesta rakennusohjelmasta. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 356)

6.2 Uudistava perusparantaminen

Uudistavalla perusparantamisella tarkoitetaan perinteistä perusparannuskohdetta, jossa huonokuntoinen järjestelmän osa tai yksittäinen johto-osuus korvataan uudella, pääasiassa samaa käyttötarkoitusta palvelevalla osalla tai uudella johdolla. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 356)

6.3 Korvaava perusparantaminen

Korvaavalla perusparantamisella tarkoitetaan sellaista uudisrakennus- ja perusparannuskohteen väliin sijoitettavaa rakennuskohdetta, jossa uuden järjestelmän rakentamisella korvataan sekä vanhan, käytöstä poistettavan osan tai johdon käyttötarkoitus että toteutaan mahdollisesti uusia, muuttuneen rakennusympäristön luomia käyttötarkoituksia. Useimmiten tämänkaltaiset rakennuskohteet luokitellaan lämpölaitosten tilastoinnissa puhtaiksi uudisrakennuskohteiksi. Maantieteellisesti korvaavan johdon ei siis tarvitse sijoittua lähellekkään alkuperäistä johtoa. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 356)

6.4 Ulkopuolisista syistä johtuva perusparantaminen

Ulkopuolisista syistä johtuva perusparantamisen alkusyy on riippumaton itse kaukolämpötoiminnasta. Tällaisia syitä voivat olla kaavamuutokset, tietyt ym. rakennushankkeet, jotka edellyttävät myös maanalaisten yhdyskuntarakenteiden muuttamista. Kuten korvaavassa perusparantamisessakin, myös tämän perusparantamisen alaryhmän työmenelmät ja perusparannuksista aiheutuvat kustannukset vastaavat lähes täysin uudisrakentamista. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 356)

6.5 Perusparantamisen kustannukset

Perusparantamisen kustannusten käsittely yleisellä tasolla on varsin hankalaa, sillä yksittäisen työkohteen parannuskustannuksiin vaikuttavat lukuisat työkohteen ominaispiirteistä ja parannettavan osan tai johdon toimintakunnosta riippuvat tekijät.

Mitä suurempi perusparannustyö on, sitä alhaisemmat ovat myös kohteen yksikkökustannukset. Pelkästään johtojen lämpöhäviöiden vähentämiseen tähtäävät perusparannukset ovat äärimmäisen harvoin vain energiataloudellisesti perusteltavissa. Verkon eristysteknisten ominaisuuksien kehittäminen on kuitenkin lisätekijä, joka on aina otettava huomioon yksittäisen työkohteen suoritusajankohtaa tai työn laajuutta määriteltäessä.

Työkohteen koon minimointi ja investointien ajallinen viivyttäminen johtaa useimmiten myös taloudellisesti edullisempaan ratkaisuun, mikäli vielä lisäksi oletetaan, että parantamatta ei jätetä sellaista työkohteeseen välittömästi liittyvää osuutta, jonka arvoitu jäljellä oleva käyttöikä on alle viisi vuotta. Tosin mitä lyhyemmän osuuden parantamista tarkastellaan, sitä kannattavammaksi kertaparannus luonnollisesti muodostuu, mutta samalla sovellettavien työmenetelmien merkitys tehokkuuden kannalta kasvaa (Kaukolämmön käsikirja 2006, 357)

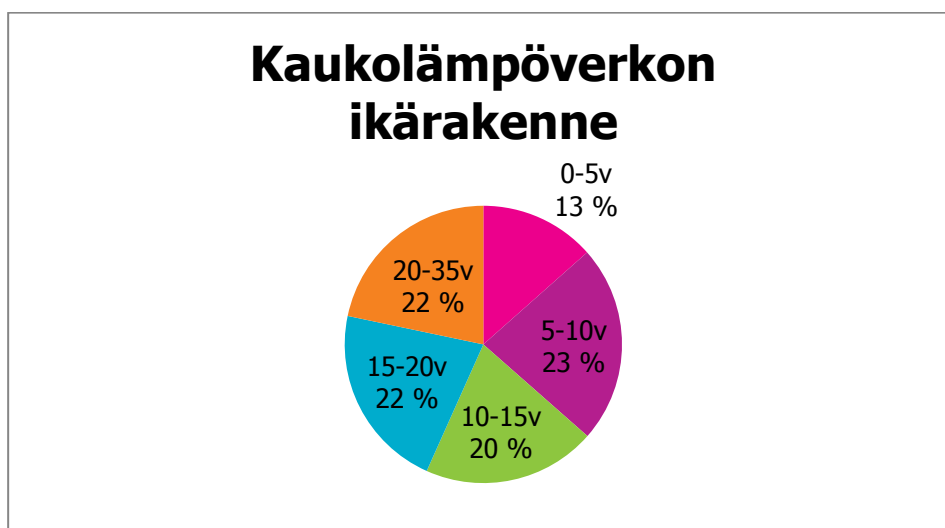
7 KANNUKSEN KAUKOLÄMPÖ OY:N KAUKOLÄMPÖVERKKO

Kannuksen kaukolämpöverkko koostuu runkolinjasta DN200-DN100 jota on noin 6,5 km, sivulinjoista DN80-DN65 joita on noin 6,4 km ja taloliittymistä DN50-DN20 joita on noin 26,3 km (Taulukko 1). Kaikki linjat ovat rakennettu kiinnivaahdotetuista putkista, betonielementtikanavia ei Kannuksessa ole käytetty.

Taulukko 1. Kaukolämpöverkon putkipituudet (Kannuksen Kaukolämpö Oy putkitilastot 2016)

TYYPPIKOHTAISET PUTKIPITUUDET						
Tyyppi	Meno		Paluu		Yhteensä	
	Lukumäärä, kpl	Pituus, m	Lukumäärä, kpl	Pituus, m	Lukumäärä, kpl	Pituus, m
DN020	226	5 209.3	226	5 209.3	452	10 418.6
DN025	122	4 555.0	122	4 555.0	244	9 109.9
DN028	23	640.2	23	640.2	46	1 280.4
DN032	31	1 032.0	31	1 032.0	62	2 064.1
DN040	128	5 913.4	128	5 913.4	256	11 826.9
DN050	149	6 507.4	149	6 507.4	298	13 014.7
DN065	43	3 529.8	43	3 529.8	86	7 059.6
DN080	46	3 158.7	47	3 159.7	93	6 318.4
DN100	47	3 623.7	47	3 623.7	94	7 247.5
DN125	23	1 707.1	23	1 707.1	46	3 414.2
DN150	13	918.0	13	918.0	26	1 836.1
DN200	2	303.9	2	303.9	4	607.7

Suurin osa verkosta on rakennettu 1990-luvun aikana tai jälkeen, mutta tietyt linjan osuudet ovat 1980-luvulta (Kaavio 1). Eritoten vanhemmat linjan osuudet joissa on käytetty vanhempia rakennusmenetelmiä, etenkin jatkosten osalta, ovat osoittautuneet vuotoherkiksi.



Kaavio1. Kaukolämpöverkon ikärakenne (Kannuksen Kaukolämpö Oy putkitilastot 2016)

8 KANNUKSEN KAUKOLÄMPÖ OY:N KAUKOLÄMPÖVERKON KUNNOSSAPITO

8.1 Nykyinen tilanne

Tällä hetkellä toimeksiantaja suorittaa pääasiassa korjaavaa kunnossapitoa kaukolämpöverkolle. Tarve kunnossapidolle määritetään kaukolämpöveden menekin avulla. Talvisin suoritetaan kaukolämpöverkon järjestelmällistä vuotokohtien paikallistamista. Vuoden aikana suoritetaan jonkin verran kaivotarkastuksia.

8.2 Korjaukset talvella

Kaukolämpöverkon talvikorjaukset suoritetaan pääasiallisesti vuodon etsinnällä ja väliaikaisella tukkimisella. Ensin vuoto paikallistetaan maanpinnan sulien paikkojen avulla, jotka sattuvat kaukolämpölinjan kohdalle. Seuraavaksi paikallistettu kohta avataan maansiirtokoneiden avulla ja linja korjataan laittamalla väliaikainen korjauspanta vuotokohtaan päälle (Kuva 5). Pysyvä vuotokohtaan korjaus suoritetaan kesäaikaan, jolloin myös määritetään tarvittava suurempi korjaustarve.



Kuva 5. Vuodon korjaus talvella väliaikaisella pannalla

8.3 Korjaukset kesällä

Kesäisin suoritetaan suuremmat kaukolämpöverkon korjaustyöt. Ottamalla huomioon talvella tehdyt paikkaukset ja linjan ikä, määritetään tarve uudistavalle tai korvaavalle perusparantamiselle.

8.4 Vuodenajan vaikutus korjauskustannusten muodostumiseen

Talvikorjausten kustannukset nousevat suhteessa korkeammaksi kesään verrattuna, maan jäätymisen ja asiakkaiden lämmitystakuun takia. Sopimusten mukaan lämmityskauden aikana (talvi) asiakkaiden lämmityskatkot eivät saa nousta kohtuuttomiksi.

9 KUSTANNUSLASKENTAMALLI

9.1 Kustannuslaskentamallin esittely

Kaukolämpöverkon korjauksessa käytettävä kustannuslaskentamalli on tehty Excel-taulukkaan. Malli on rakennettu siten että käyttäjän tarvitsee vain sijoittaa rakennettavan putkiosuuden pituus, kulmien, haarojen ja venttiilien lukumäärä. Rakentamisesta johtuvat työkustannukset lasketaan mallissa automaattisesti edellä mainittujen muuttujien avulla.

Malli koostuu työn ja materiaalien osuuksista. Mallissa on useampia tiedonsyöttösiivuja joista lopulliset kustannukset ja materiaalimäärät siirtyvät koostesivuille; Kustannukset ja Materiaalit. Taulukosta löytyy myös Tietosivu, joka koostuu hintatiedoista ja tarvittavista teknisistä tiedoista. Mallista löytyy välilehdet eri putkidimensioille, kulmille, venttiileille ja työmäärälle.

9.2 Hintakooste-välilehti

Hintakooste- välilehdelle kerätään kaikki kustannukset eri putkikoko-välilehdiltä. Kustannukset on jaoteltu materiaali, työ ja maanrakennus kustannuksiin (Kuva 6).

KUSTANNUKSET	
Materiaalit	8739,83 €
Työ	
Maanrakennus	
Yhteensä:	8739,83 €

Kuva 6. Koostesivu 1 tiedot

9.3 Materiaalit-välilehti

Materiaalit-välilehdelle kerätään tarvittavat materiaalit putkikoko välilehdiltä. Materiaalit välilehti toimii tarvittaessa tilauslistana, sillä siinä näkee tarvittavat putkenosat sekä liitostarvikkeet. Välilehti on jaoteltu materiaaleihin, joihin sisältyy putket,haarat,venttiilit sekä liitososat (Kuva 7 & Kuva 8).

Putket		Liitostarvikkeet	
2 Mpuk		Mpuk	
DN 200	0 kpl	DN 200+200	0 kpl
DN 150	0 kpl	DN 150+150	0 kpl
DN 125	0 kpl	DN 125+125	0 kpl
DN 100	0 kpl	DN 100+100	0 kpl
DN 80	0 kpl	DN 80+80	0 kpl
DN 65	0 kpl	DN 65+65	0 kpl
DN 50	0 kpl	DN 50+50	0 kpl
JOP		DN 40+40	0 kpl
DN 28	0 kela(a)	DN 25+25	0 kpl
DN 20	0 kela(a)		
		Kutiste	0,00 m
		Saumalappu	0 kpl
		Pelti	0 kpl
		Polyoli	0 l 0 20 L kanisteria
		Isosyvanaatti	0 l 0 20 L kanisteria

Kuva 7. Materiaalit välilehti näkymä, putkiosien ja liitostarvikkeiden osalta

Haarat												
2Mpuk	Haara											
Runko	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	
DN 50					0							
DN 65					0	0						
DN 80					0	0	0					
DN 100					0	0	0	0				
DN 125					0	0	0	0	0			
DN 150					0	0	0	0	0	0		
DN 200					0	0	0	0	0	0	0	
Mpuk	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	
DN 25	0											
DN 40	0			0								
DN 50	0			0	0							
DN 65	0			0	0	0						
DN 80	0			0	0	0	0					
DN 100	0			0	0	0	0	0				
DN 125	0			0	0	0	0	0	0			
DN 150	0			0	0	0	0	0	0	0		
DN 200	0			0	0	0	0	0	0	0	0	
Kulmat						Venttiilit						
	Kulma 30°		Kulma 45°		Kulma 60°		Kulma 90°			Sulku		
DN 200	0	0	0	0	0	0	0	0	DN 200	0	0	
DN 150	0	0	0	0	0	0	0	0	DN 150	0	0	
DN 125	0	0	0	0	0	0	0	0	DN 125	0	0	
DN 100	0	0	0	0	0	0	0	0	DN 100	0	0	
DN 80	0	0	0	0	0	0	0	0	DN 80	0	0	
DN 65	0	0	0	0	0	0	0	0	DN 65	0	0	
DN 50	0	0	0	0	0	0	0	0	DN 50	0	0	
Mpuk									Mpuk			
DN 200+200	0	0	0	0	0	0	0	0	DN 200+200	0	0	
DN 150+150	0	0	0	0	0	0	0	0	DN 150+150	0	0	
DN 125+125	0	0	0	0	0	0	0	0	DN 125+125	0	0	
DN 100+100	0	0	0	0	0	0	0	0	DN 100+100	0	0	
DN 80+80	0	0	0	0	0	0	0	0	DN 80+80	0	0	
DN 65+65	0	0	0	0	0	0	0	0	DN 65+65	0	0	
DN 50+50	0	0	0	0	0	0	0	0	DN 50+50	0	0	
DN 40+40	0	0	0	0	0	0	0	0	DN 40+40	0	0	
DN 25+25	0	0	0	0	0	0	0	0	DN 25+25	0	0	

Kuva 8. Materiaalit välilehden näkymä, haaraosien ja kulmien osalta

9.4 Tietosivu

Tietosivu-välilehti toimii lähtötietosivuna, jolle sijoitetaan kaikki laskentaan tarvittavat muuttuvat tiedot, kuten hintatiedot jokaiselle eri osalle (Kuva 9), työn hinnat sekä tekniset mitat jotka voivat muuttua jos putkien eristepaksuuksia muutetaan jossain vaiheessa. Teknisiin mittoihin sisältyy putkien halkaisijat ja eristevaahdon tarve (Kuva 10).

PUTKISTOMATERIAALIT							
2Mpuk							
	Putki hinta /lm	Kulma 30° /kpl	Kulma 45° /kpl	Kulma 60° /kpl	Kulma 90° /kpl	Sulkuventtiili (kaivo) /kpl	Sulkuventtiili (maa) /kpl
DN 200	72	250	250	250	250		
DN 150	33,4	207,6	207,6	207,6	187,4	0	0
DN 125	32	163,6	163,6	163,6	144,6	0	0
DN 100	26,8	96,6	96,6	96,6	96,6	0	0
DN 80	18,5	75,1	75,1	75,1	75,1	0	0
DN 65	15,1	58,7	58,7	58,7	58,7	0	0
DN 50	12,6	53,8	53,8	53,8	53,8	0	0
DN 40	10,4	48,1	48,1	48,1	48,1	0	0
JOP 28	18,43						
JOP 20	14,38						
Mpuk							
	Putki hinta/12m	Kulma 30°/kpl	Kulma 45°/kpl	Kulma 60°/kpl	Kulma 90°/kpl	Sulkuventtiili (kaivo)	Sulkuventtiili (maa)
DN 200+20	130	700	700	700	700		
DN 150+150	97,3	524,8	524,8	524,8	483,2		
DN 125+125	79,5	350	350	350	350		
DN 100+100	53,6	248,6	248,6	248,6	248,6		
DN 80+80	39,4	176,6	176,6	176,6	176,6		
DN 65+65	31,4	148,5	148,5	148,5	148,5		
DN 50+50	25,3	122,5	122,5	122,5	122,5		
DN 40+40	18,3	94,1	94,1	94,1	94,1		
DN 25+25	16,3	85,9	85,9	85,9	85,9		
Työkustannukset							
	Työ(€/m)	maanrakennus (€/m)			Työ(€/m)	maanrakennus (€/m)	
2Mpuk				Mpuk			
DN 200	103	130		DN 200+200	0	0	
DN 150	76	130		DN 150+150	80	80	
DN 125	52	133		DN 125+125	70	70	
DN 100	23	93		DN 100+100	60	60	
DN 80	79	111		DN 80+80	50	50	
DN 65	58	108		DN 65+65	32	31	
DN 50	51	87		DN 50+50	27	26	
JOP 28	95	68		DN 40+40	26	26	
JOP 20	42	58		DN 25+25	24	24	

Kuva 9. Lähtötieto-välilehden näkymä ,ylempänä putkiosien hintoja ja alla työkustannusten muuttuvia hintatietoja

PUTKIMITAT		Eristevaahdon tarve			
	Suojakuori ulkohalkaisija/mm		Polyoliil	isosyanaattiil	
DN 200	400	2Mpuk	DN 200	0,36	1,13
DN 150	315		DN 150	0,6	0,75
DN 125	280		DN 125	0,5	0,62
DN 100	250		DN 100	0,42	0,53
DN 80	200		DN 80	0,24	0,34
DN 65	180		DN 65	0,22	0,28
DN 50	160		DN 50	0,19	0,23
DN 200+20	710	Mpuk	DN 200+20	3,63	4,53
DN 150+150	560		DN 150+150	2,34	2,87
DN 125+125	500		DN 125+125	1,87	2,32
DN 100+100	400		DN 100+100	1,22	1,53
DN 80+80	315		DN 80+80	0,76	0,95
DN 65+65	280		DN 65+65	0,61	0,76
DN 50+50	250		DN 50+50	0,5	0,62
DN 40+40	200		DN 40+40	0,33	0,7
DN 25+25	180		DN 25+25	0,28	0,35

Kuva 10. Lähtötieto välilehden näkymä tarvittavista teknisistä tiedoista

9.5 Putkikoko-välilehdet

Putkikoko-välilehdet toimivat sivuina joille laitetaan lähtötietoina linjan rakentamiselle tarvittavat tiedot, jotka on aikaisempien suunnittelutietojen perusteella määritelty, joko maastossa mittaamalla tai karttamittauksilla. Tarvittavia tietoja on linjan pituus metreinä, sekä käytettävien kulma- ja haaraosien ja sulkuventtiilien määrä (Kuva 11).

Jokaiselle käytettävälle putkidimensiolle on erillinen välilehti selkeyttämään laskentamallin käyttöä, välilehtiä ovat seuraavat:

- 2Mpuk DN 200,150,125,100,80,65,50
- Mpuk DN 200,150,125,80,65,50,40,25
- Joustoputki 28,20

Lähtötiedot		
Pituus	0	m
Kulmat		
30°	0	kpl
45°	0	kpl
60°	0	kpl
90°	0	kpl
Venttiilit		
Sulkuventtiili	0	kpl
Haarat		
DN 200	0	kpl
DN 150	0	kpl
DN 125	0	kpl
DN 100	0	kpl
DN 80	0	kpl
DN 65	0	kpl
DN 50	0	kpl

Kuva 11. Laskemiseen tarvittavat lähtötiedot

Putkikoko-välilehdelle tulee erittely tarvittavista materiaaleista ja liitosmateriaaleista. Nämä tiedot siirtyvät Materiaalit välilehdelle (Kuva 12).

Liitosten määrä	Materiaali tarve	
0 kpl	Putket (tarkka)	0,0 kpl
	Putket (tarve)	0
	Kulmat	
	30°	0 kpl
	45°	0 kpl
	60°	0 kpl
	90°	0 kpl
	Venttiilit	
	Sulkuventtiili	0 kpl
	Haarat	
	DN 200	0 kpl
	DN 150	0 kpl
	DN 125	0 kpl
	DN 100	0 kpl
	DN 80	0 kpl
	DN 65	0 kpl
	DN 50	0 kpl
	Liitosmateriaalit	
	matto	0,00 m
	nauha	0 kpl
	pelti	0 kpl
	polyoli	0 l
	isosyanaatti	0 l

Kuva 12. Lähtötietojen perusteella laskettavat materiaalit

Putkikoko-välilehdelle tulee myös erittely sekä putkiosien ja liitosmateriaalien hinnoista (Kuva 13).

Materiaalikustannukset	
Putki	0 €
Kulmat	
30°	0 €
45°	0 €
60°	0 €
90°	0 €
Venttiilit	
Sulkuventtiili	0 €
Haarat	
DN 200	0 €
DN 150	0 €
DN 125	0 €
DN 100	0 €
DN 80	0 €
DN 65	0 €
DN 50	0 €
Liitosmateriaalit	
matto	0,00 €
nauha	0,00 €
pelti	0 €
polyoli	0,00 €
isosyanaatti	0,00 €

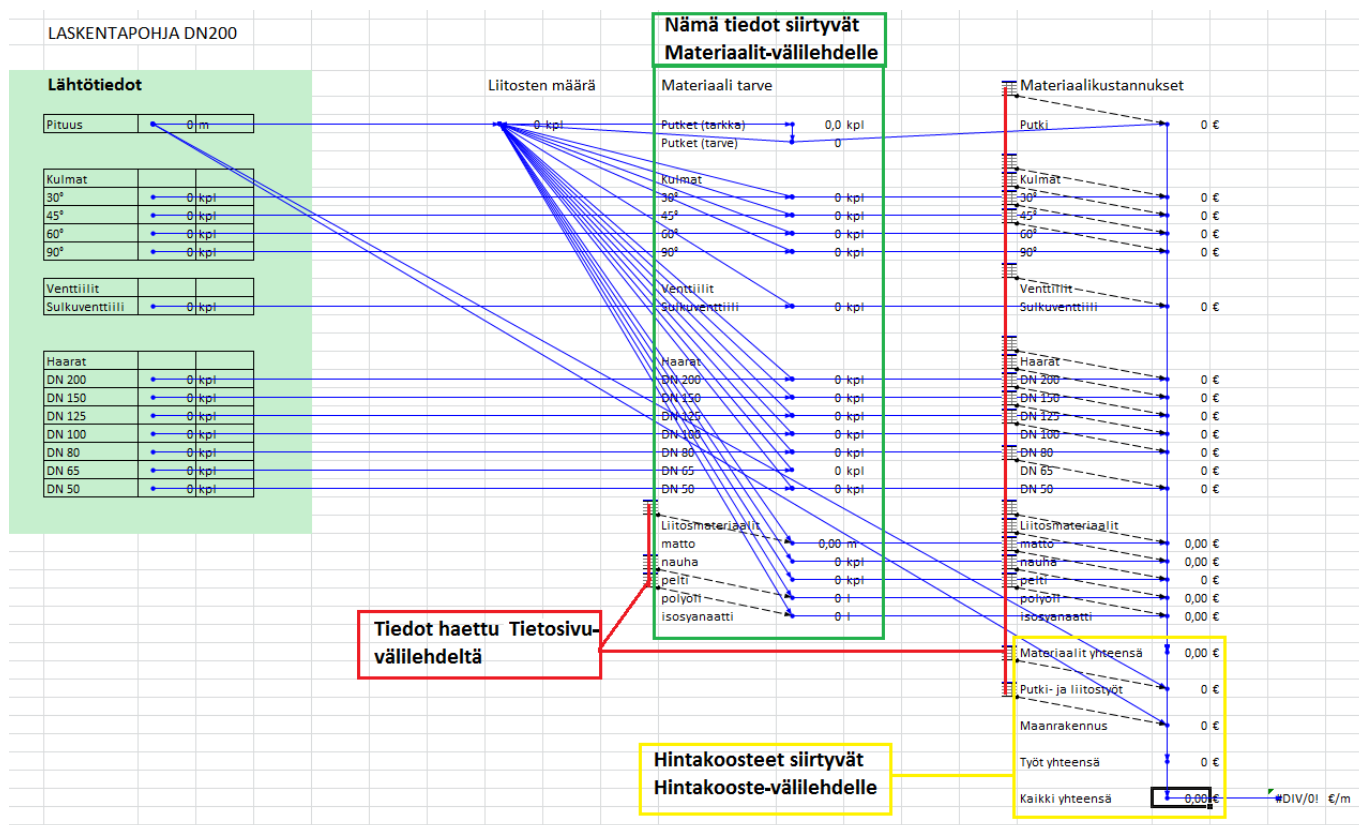
Kuva 13. Lähtötietojen perusteella laskettavat materiaalien hintatiedot eriteltyinä.

Hinnat jaotellaan materiaaleihin, putki- ja liitostöihin, maanrakennuskustannuksiin ja näiden yhteissumma myös lasketaan. Nämä tiedot siirtyvät hintakooste välilehdelle (Kuva 14).

Materiaalit yhteensä	0,00 €		
Putki- ja liitostyöt	0 €		
Maanrakennus	0 €		
Työt yhteensä	0 €		
Kaikki yhteensä	0,00 €	#DIV/0!	€/m

Kuva 14. Hintakoosteet

Kuvassa 15 on havainnollistettuna kuinka putkikoko välilehden laskenta toimii ja miten tiedot siirtyvät toisten välilehtien välillä. Vihreällä merkatut tiedot siirtyvät Materiaalit-välilehdelle. Keltaisella merkatut tiedot siirtyvät Hintakooste-välilehdelle. Punaisella merkatut tiedot haetaan Lähtötieto-välilehdeltä.



Kuva 15. Putkikoko välilehden (DN 200) havainnollistamiskuva

10 TAVOITTEIDEN SAAVUTTAMINEN

Työn tavoitteena oli toimittaa toimeksiantajalle apuväline jolla voi määrittää korjauskustannuksia, valita sopivan ajankohdan sekä korjausmetodin.

Tällä kustannuslaskentamallilla voidaan tehokkaasti määrittää tulevien korjauksien ja uudisrakennuksen materiaalikustannuksia ja haarukoida työkustannuksia. Mallilla voidaan tuottaa materiaaleille tilauslista, etenkin liitosmateriaalien määrän arviointia työkalu helpottaa huomattavasti. Laskentamallin tuottama hyöty tehostuu ajan kanssa, kun tulevista projekteista saadaan enemmän tietoa ja kustannusmuuttujia voidaan päivittää tarkemmaksi. Toimeksiantajalla on nyt toimiva työkalu kaukolämpöverkon peruskorjauskustannusten, sekä uusien kaukolämpöverkon osien kustannusten määrittämiseen, koska uudisrakentamisen kustannukset eivät suuresti poikkea korjauskustannuksista.

Mallia voi käyttää yleisesti kaukolämpö-alalla aputyökaluna, kunhan kukin käyttäjä muuttaa kustannusmuuttujat vastaamaan omia kustannuksiaan.

LÄHTEET

Energiateollisuus 2006. Kaukolämmön käsikirja.

Seppo Jylli, Kannuksen Kaukolämpö Oy putkitilastot 2016.