



Linda Myllymäki

Kaukolämpöverkon rakentamisen laatukäsikirja

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinöörityö

7.3.2024

Tiivistelmä

Tekijä: Linda Myllymäki
Otsikko: Kaukolämpöverkon rakentamisen laatukäsikirja
Sivumäärä: 27 sivua + 1 liite
Aika: 7.3.2024

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Energia- ja ympäristötekniikka
Ammatillinen pääaine: Energiatuotantomenetelmät
Ohjaajat: Lehtori Juha Kotamies
Verkkopäällikkö Teemu Mäki

Insinööriä toteutettiin yhteistyössä Fortum Power and Heat Oy:n kanssa. Työn tavoitteena oli luoda kaukolämpöverkon rakentamisen laatukäsikirja. Käsikirja käsittelee kaukolämmön ja -jäähdytyksen rakentamista, ja se on tarkoitettu kaikkien rakentamisen kanssa tekemisissä olevien henkilöiden hyödynnettäväksi. Lisäksi insinööriä tavoitteena on, että Fortum saisi sitoutettua urakoitsijansa käyttämään laatukäsikirjaa työskentelyssään. Käsikirjan avulla pyritään siihen, että rakentamisen aikaiset virheet vähenevät ja sitä kautta rakentamisesta tulee laadukkaampaa, mikä johtaa myös kaukolämpöverkkojen käyttöä pitenemiseen.

Insinööriä käsitellään kaukolämmön ja -jäähdytyksen tuotantomuotoja, kansallista kaukolämpöstrategiaa, verkon rakentamista yleisellä tasolla, yleisimpiä verkon vaurioita ja niiden syitä, laatu järjestelmää sekä pohditaan lopuksi käsikirjan käytettävyyttä.

Käsikirja koottiin hyödyntämällä verkon rakentamiseen ja sen laatuun liittyviä suosituksia, ohjeistuksia, asetuksia ja standardeja sekä haastatteleamalla kaukolämpöalan parissa työskenteleviä henkilöitä. Käsikirjaa voidaan siis pitää luotettavana materiaalina kaukolämpöverkon rakentamisen laadun parantamiseksi.

Käsikirja on kokonaisuudessaan insinööriä liitteenä. Käsikirja käsittelee Fortumin urakoitsijoiden kannalta kaukolämmön rakentamisen olennaisimpia tekijöitä, kuten maarakennus-, putki- ja eristystöitä. Käsikirjan aihealuetta rajattiin siten, että siinä käsitellään vain maan alle rakennettavia johtoja. Se on myös myöhemmin muokattavissa, joten sitä voi päivittää ohjeistuksien muuttuessa sekä laajentaa tarvittaessa.

Käsikirjassa tärkeimmät tekijät kaukolämpöverkon laadukkaaseen rakentamiseen ovat suunnitelmien, suositusten sekä ohjeistuksien noudattaminen työskentelyssä. Laadua voidaan seurata työnaikaisella valvonnalla ja puuttua tarvittaessa virheellisiin työtappoihin ja kehittää työskentelyä.

Avainsanat: kaukolämpö, kaukojäähdytys, rakentaminen, laatukäsikirja

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check –ohjelmalla.

Abstract

Author: Linda Myllymäki
Title: Quality Handbook for District Heating Construction
Number of Pages: 27 pages + 1 appendices
Date: 7 March 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Energy and Environmental Engineering
Professional Major: Energy Technologies
Supervisors: Juha Kotamies, Principal Lecturer
Teemu Mäki, Senior Manager, Distribution

The engineering thesis was conducted in collaboration with Fortum Power & Heat Ltd. The objective of the thesis was to create a quality handbook for district heating network construction. The handbook covers the construction of district heating and cooling systems, and it is intended for the benefit of all individuals involved in construction activities. Additionally, the objective of the thesis was to ensure that Fortum can engage its contractors to use the quality handbook in their work processes. The aim of the handbook is to reduce construction errors during the construction process, thereby improving the overall quality of construction and contributing to an increased lifespan of district heating networks.

The engineering thesis covers the production methods of district heating and cooling, the national district heating strategy, general aspects of network construction, common network damages and their causes, and finally, the usability of the handbook are discussed in the thesis.

The handbook was compiled by utilizing recommendations, guidelines, regulations, and standards related to network construction and quality, as well as by conducting interviews with individuals working in the district heating sector. Therefore, the handbook can be considered a reliable resource for improving quality.

The handbook is included as an attachment to the engineering thesis. The handbook covers the essential aspects of district heating construction from the perspective of Fortum's contractors, such as earthworks, piping, and insulation work. The scope of the handbook was limited to underground piping. It is also editable later, thus it can be updated when instructions change, and expanded if necessary.

In the handbook, the key factors for the construction of a high-quality district heating network are adhering to the plans, recommendations, and instructions during the work. Quality can be monitored during the work through on-site supervision, and if necessary, incorrect work methods can be addressed and work practices can be improved.

Keywords: district heating, district cooling, construction, quality handbook

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Fortum	2
3	Kaukolämpö	4
4	Kaukojäähdytys	7
5	Kaukolämpöstrategia	10
6	Lämmön- ja jäähdytyksen siirron toimintaperiaatteita	12
6.1	Lämmön jakelujärjestelmä	12
6.2	Lämpötehon siirtyminen putkissa	13
6.3	Lämmön ja jäähdytyksen siirto kuluttajille	13
6.4	Kaukolämpöstrategian vaikutukset lämmönsiirtoon	15
7	Verkon rakentaminen	16
7.1	Rakentamisen vaiheet	16
7.2	Nykyään rakennettavat johtotyypit	17
7.3	Käytöstä poistuneet johtotyypit	18
7.4	Kaukolämpöjohdon sijoittaminen	19
7.5	Rakentamista koskevat ohjeistukset	20
8	Kaukolämpöverkon vauriot	21
8.1	Vauriotekijät	21
8.2	Vaurioiden seuraukset	22
8.3	Vaurioiden ennaltaehkäisy	22
8.3.1	Hitsauksien tarkastus	23
8.3.2	Eristysten tarkastus	23
8.3.3	Kartoitus ja dokumentointi	23
8.4	Kestävä rakentaminen	23
9	Laatujärjestelmä	24
9.1	Laadunvarmistus	24
9.2	Energiäteollisuuden laadunvarmistus	24
9.3	Toiminnan kehittäminen	25

10	Yhteenveto	26
	Lähteet	28
	Liite 1. Kaukolämpöverkon rakentamisen laatukäsikirja	

1 Johdanto

Insinööriyö tehtiin yhteistyössä Fortum Power and Heat Oy:n kanssa. Insinööriyön tarkoituksena oli luoda kaukolämpöverkon rakentamisen laatukäsikirja. Käsikirjaa hyödynnetään tulevaisuudessa verkon rakentamisessa ja sen tarkoitus on kehittää ja varmistaa kaukolämpöyömailla johtojen rakentamisen laatu ja sitä kautta pitkä käyttöikä. Tällä hetkellä verkon laatupoikkeamat näkyvät esimerkiksi kaukolämpövuotoina. Tavoitteena on, että urakoitsijat sitoutetaan työskentelyssään seuraamaan laatukäsikirjaa työn laadun varmistamiseksi. Fortumin kaukolämpöyömaiden urakoitsijat ovat maa-, putki- ja eristysurakoitsijoita.

Kaukolämpöverkon rakentamisen laatukäsikirja toteutettiin keräämällä tietoa muun muassa suosituksista ja ohjeistuksista sekä haastattelemalla kaukolämmön parissa työskenteleviä ammattilaisia. Tällöin laatukäsikirjasta saatiin luotettava ja käytännössä hyödynnettävä.

Insinööriyössä ja laatukäsikirjassa keskitytään kaukolämmön rakentamiseen Suomessa sekä Fortumin Espoon, Kauniaisten ja Kirkkonummen verkon alueen kannalta oleellisiin seikkoihin.

Insinööriyö avaa kaukolämmön ja -jäähdytyksen tuotantoa ja siirron toimintaperiaatteita, kaukolämpöstrategiaa, verkon rakennetta, rakentamisen näkökulmasta yleisimpiä syitä verkon vaurioille sekä laatujärjestelmää.

Käsikirja on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 1, ja siinä käsitellään kaukolämpöverkkojen maarakennusta sekä putki- ja eristystöitä. Näiden lisäksi käsikirjassa käsitellään verkon rakentamista koskevia lupa-asioita, suunnitelmia sekä rakentamiseen liittyvien töiden tarkastusmenetelmiä.

2 Fortum

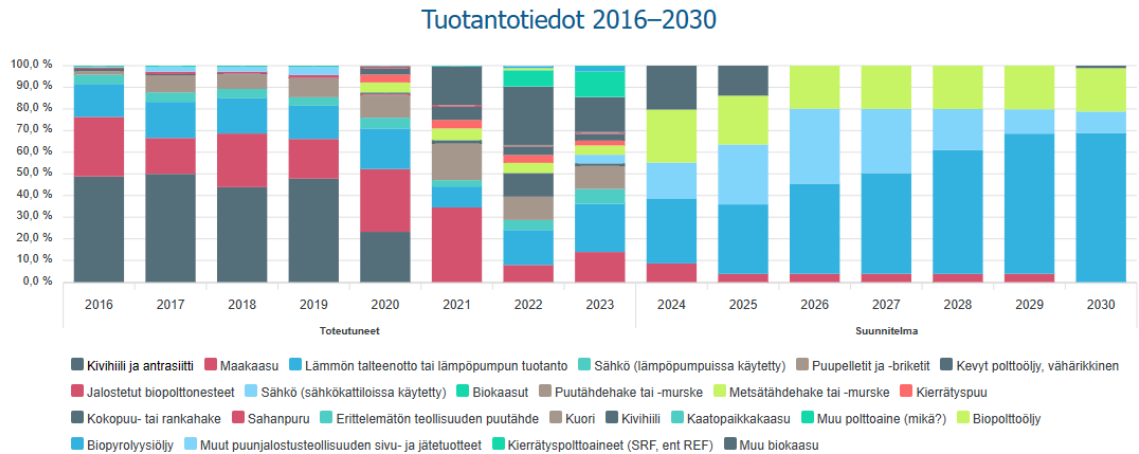
Fortum on energiayhtiö, ja sen ydinliiketoiminta on Pohjoismaissa. Suomessa Fortumin liiketoimintaan kuuluu puhdas sähköntuotanto, kaukolämpö ja -jäähdytys sekä tulevaisuuden älykkäät ratkaisut. Lisäksi Fortum tarjoaa asiantuntijapalveluitaan eri energiayhtiöille sekä energiaintensiiviselle teollisuudelle. [1.]

Fortum tuottaa ja myy kaukolämpöä ja -jäähdytystä teollisuus- sekä yksityisasiakkailleen. Fortum tuottaa lämpöä Espoossa ja Riihimäellä. Espoon laitokset tuottavat lämpöä Espoon, Kauniaisten ja Kirkkonummen alueelle. [1.] Alueiden kaukolämpöverkon pituus on yhteensä lähes 900 km, ja kaukolämpöverkolla toimitetaan lämpöä 250 000 käyttäjälle [2, s. 14].

Fortum pyrkii kasvattamaan puhdasta energian tuottamista useiden eri hajautettujen lämmönlähteiden avulla. Puhdasta lämpöä tuotetaan esimerkiksi päästöttömällä sähköllä, lämpöpumpuilla ja lämpövarastoilla sekä datakeskuksien, jätevesien ja muiden prosessien hukkalämmön hyödyntämisellä. [1.]

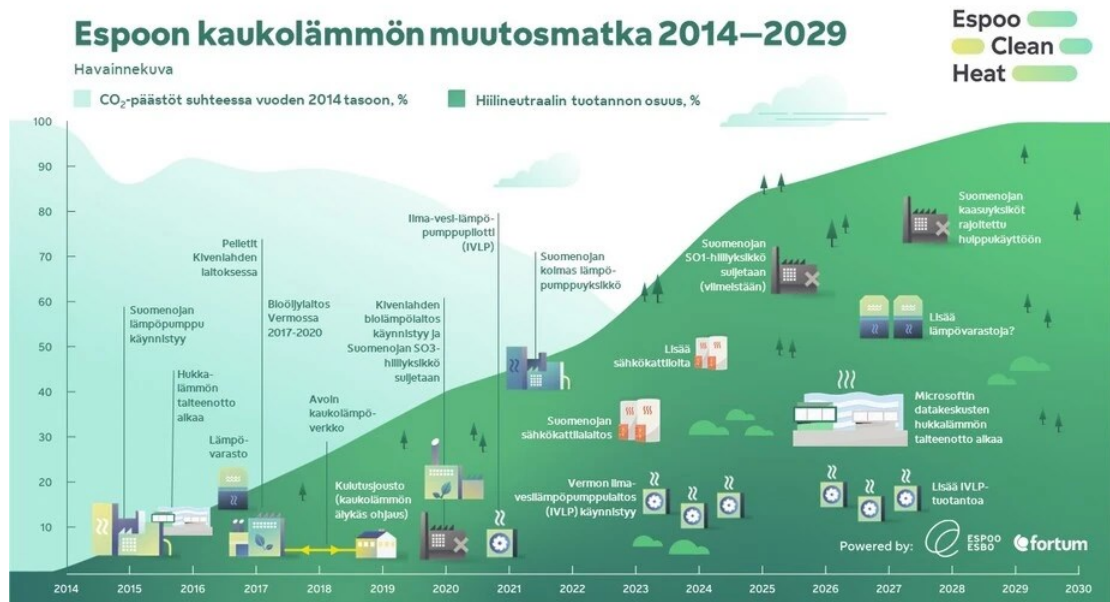
Ajankohtainen esimerkki hukkalämmön hyödyntämisestä on Fortumin ja Microsoftin datakeskushanke. Fortum ja Microsoft ilmoittivat vuonna 2022 yhteistyöstään koskien hukkalämmön hyödyntämistä kaukolämmöksi. Yhteistyön avulla Fortum kerää Microsoftin datakeskuksista hukkalämpöä ja jakaa sitä Espoon, Kauniaisten ja Kirkkonummen alueille. Projektin valmistuessa vuonna 2025 datakeskusten hukkalämmöllä tuotetaan 40 % alueiden lämmityksestä, jolloin yhteensä 60 % alueiden lämmöstä tuotetaan hukkalämmöllä. [3, s. 14.] Hanke tukee Fortumin tavoitetta luopua kivihiilestä vuoden 2025 aikana [1].

Alla olevassa kuvassa (kuva 1) on esitetty Fortumin kaukolämmön toteutuneet sekä suunnitellut tuotantotiedot Espoon, Kauniaisten ja Kirkkonummen alueella. Kuvasta näkee, että fossiilisten polttoaineiden käyttö lämmöntuotannossa on vähentynyt tasaisesti ja hiilineutraali lämmöntuotanto kasvaa. Vuonna 2030 Fortum on suunnitellut tuottavansa kaukolämmöstä noin 70 % hyödyntämällä hukkalämpöä ja lämpöpumpuilla, noin 10 % sähkökattiloilla sekä noin 20 % metsätähdehakkkeella ja -murskeella. [4.]



Kuva 1. Kaukolämmön toteutuneet ja suunnitellut tuotantotiedot 2016–2030 [4]

Alla olevassa kuvassa (kuva 2) on esitetty kaukolämmön tuotannon muutokset Espoossa vuosina 2014–2029. Kuvassa on myös esitetty hiilidioksidipäästöjen väheneminen suhteessa vuoden 2014 tasoon sekä hiilineutraalin tuotannon kasvu vuoteen 2029 mennessä.



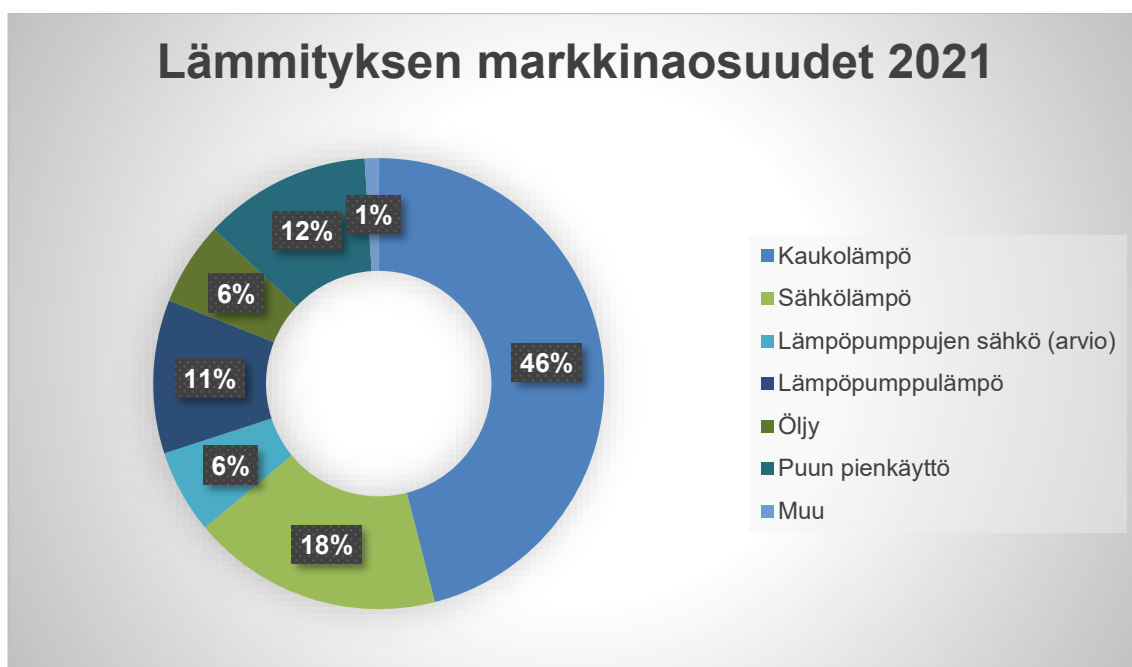
Kuva 2. Espoon kaukolämmön tuotannon muutos vuosina 2014–2029 [5]

Tärkeitä tekijöitä hiilineutraalissa tuotannossa ovat esimerkiksi hukkalämmön talteenoton ja lämpövarastojen lisääntyminen, sähkökattiloiden käyttöönotto sekä ilma-vesi-lämpöpumppujen hyödyntäminen.

3 Kaukolämpö

Suomen kaupungeissa ja taajama-alueilla kaukolämpö on yleisin lämmitysmuoto [6]. Kaukolämmöllä voidaan taata tasainen lämpö kaikkina eri vuoden- ja vuorokaudenaikoina [7]. Lämpöä voidaan saada sähköä ja lämpöä tuottavista voimalaitoksista tai lämpökeskuksista [6]. Monipuolisen lämmöntuotannon ansiosta kaukolämpöverkon on mahdollista olla luotettava, sillä se ei ole riippuvainen tietystä lämmönlähteestä [8]. Lisäksi kaukolämpö on taloudellisempaa tiheästi rakennetuilla alueilla sekä isoissa rakennuksissa [6].

Alla olevassa kuvassa (kuva 3) on eritelty lämmityksen osalta eri lämmitysmuotoja asuin- ja palvelurakennuksissa. Kuvasta näkyy, että valtaosa lämmityksestä tuotetaan kaukolämmöllä. Kuvassa lämpöpumpulla tarkoitetaan lämpöpumpuilla ympäristöstä talteen otettua energiaa, lämpöpumppujen sähköllä tarkoitetaan arviota lämpöpumppujen käyttämästä sähköstä, sähköllä tarkoitetaan lämmönjakolaitteiden ja kiukaiden käyttämän sähkön sekä puu sisältää myös kiukaiden käyttämän puun. [9, s. 4.]



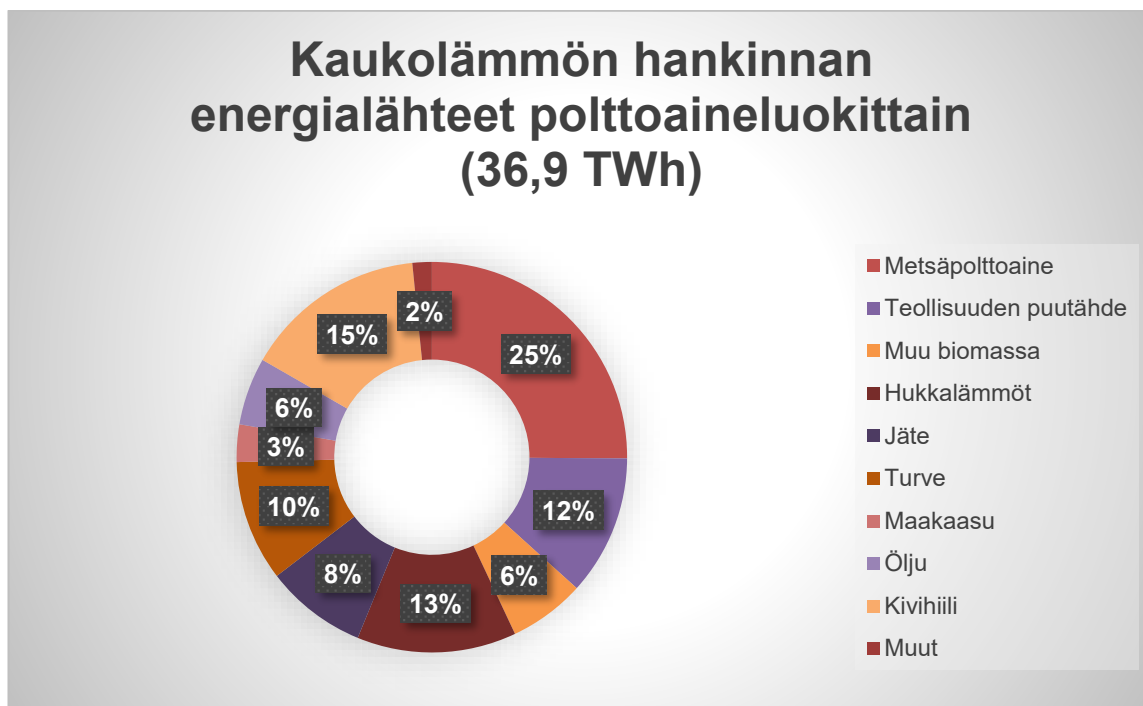
Kuva 3. Lämmitysmuotojen osuudet asuin- ja palvelurakennuksissa Suomessa vuonna 2021 [9, s. 4]

Kaukolämpöä on tuotettu aikaisemmin pääosin polttamalla yhteistuotantolaitoksissa tai lämpökeskuksissa. Tyypillisiä polttoaineita ovat olleet biomassa, kuten puu, maakaasu, kivihiili, turve, öljy sekä biokaasu. Kivihiilen käyttö lopetetaan Suomessa vuoden 2029 loppuun mennessä sekä öljyä käytetään erittäin vähän, vain kovilla pakkasilla sekä varapolttoaineena. Turpeen käyttö tulee myös vähemmään lämmöntuotannossa 2030 mennessä. [6.]

Edellä mainittujen lisäksi lämmöntuotannossa on alettu hyödyntämään enenevässä määrin ympäristöstä, eli maasta, ilmasta ja vedestä saatavaa lämpöä sekä hukkalämpöä. Ympäristöstä lämpö voidaan hyödyntää lämpöpumppujen avulla. Hukkalämpöä voidaan saada esimerkiksi jätevesistä sekä datakeskuksista. [6.]

Alla olevassa kuvassa (kuva 4) on eriteltyä kaukolämmön hankinnan energialähteet polttoaineluokittain vuonna 2022. Kuvasta näkee, että jo suuri osa kaukolämmöstä eli 64 % tuotetaan hiilineutraaleilla menetelmillä. Kuvassa jäte sisältää yhdyskuntajätteen, kierrätyspolttoaineet, purkupuun, kyllästetyn puun,

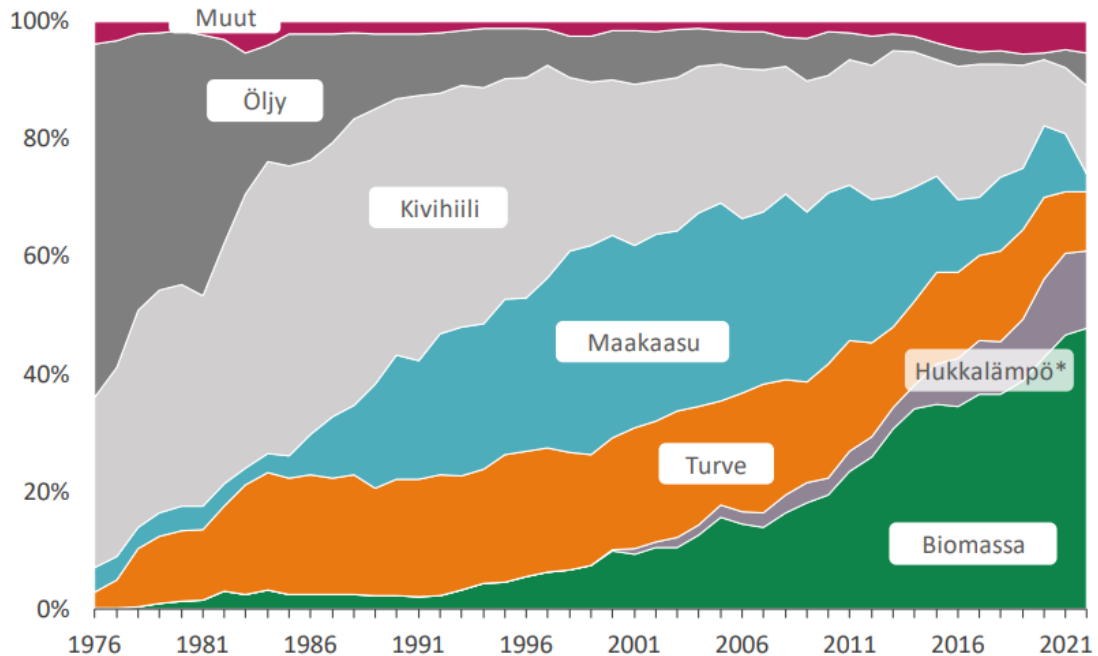
muovijätteet sekä vaaralliset jätteet. Muut biomassat sisältävät muut bioperäiset polttoaineet sekä muut sisältävät sähkön, höyryn ja vedyn. [9, s. 12.]



Kuva 4. Kaukolämmön energialähteet Suomessa vuonna 2022 [9, s. 12]

Vuosi 2022 oli kuitenkin poikkeuksellinen vuosi Suomen energiajärjestelmässä Ukrainan sodan ja Venäjän polttoaineiden tuonnin loppumisen vuoksi. Aikaisemmin maakaasu nimittäin tuotiin lähes kokonaan Venäjältä, mutta sen tuonti lopetettiin vuoden 2022 toukokuussa. Tämän vuoksi maakaasua käytettiin vuonna 2022 selkeästi vähemmän kaukolämmössä kuin aikaisempina vuosina. Kivihiiltä ja öljyä käytettiin pääasiassa korvaamaan maakaasu. Maakaasun lisäksi myös sähkön ja puun sekä muiden polttoaineiden tuonti lopetettiin samana vuonna. Tästä seurasi polttoaineiden ja kaukolämmön hinnan nousu. [9, s. 3.]

Alla olevassa kuvassa (kuva 5) on eritelty kaukolämmön hankinnan energialähteitä vuosina 1976–2021. Kuvassa hukkalämpö sisältää lämpöpumput sekä hukkalämmöt.



Kuva 5. Kaukolämmön hankinnan energialähteet Suomessa vuosina 1976–2021 [9, s. 16]

Kuvasta näkee, että biomassa ja hukkalämmöt ovat korvanneet enenevässä määrin fossiilisia polttoaineita. Biomassan osuus kaukolämmön tuotannossa on kaksinkertaistunut vuoteen 2021 mennessä verrattuna vuoteen 2010 sekä hukkalämmön osuus on kolminkertaistunut samalla aikavälillä.

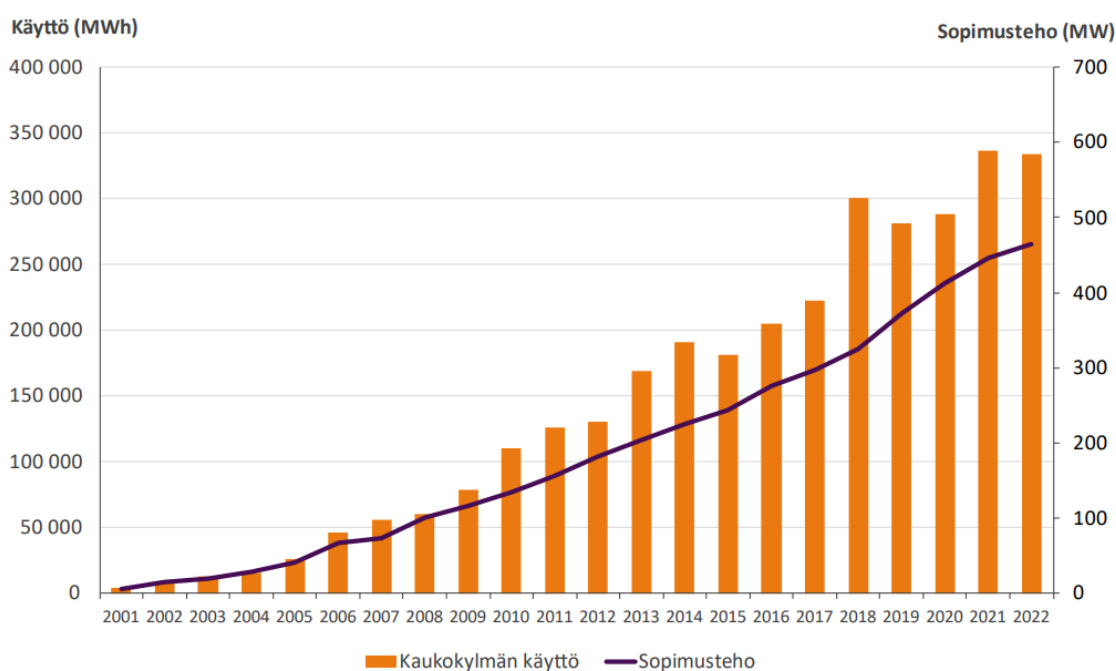
4 Kaukojäähdytys

Kaukojäähdytys sopii kaukolämmön lailla kaikenlaisille kiinteistöille. Sitä voidaan käyttää ilmastoinnin jäähdytykseen sekä teollisuuden prosessien jäähdyttämiseen. [6.]

Kaukojäähdytyksen määrä on kasvanut viime aikoina Suomessa. Jäähdytyksen tarve voi johtua auringon tuottamasta lämmöstä tai rakennuksien sisällä olevista

lämmön lähteistä. Näitä voivat olla tietotekniikka tai muut sähkölaitteet. Jäähdytyksen tarve voi teollisuudessa olla esimerkiksi elintarviketeollisuuden säilytystilojen jäähdytys. [6.]

Alla olevasta kuvasta (kuva 6) nähdään, että kaukojäähdytyksen käyttö on alkanut 2000-luvun alussa ja käyttö on kasvanut 335 GWh:iin saakka vuoteen 2022 mennessä.



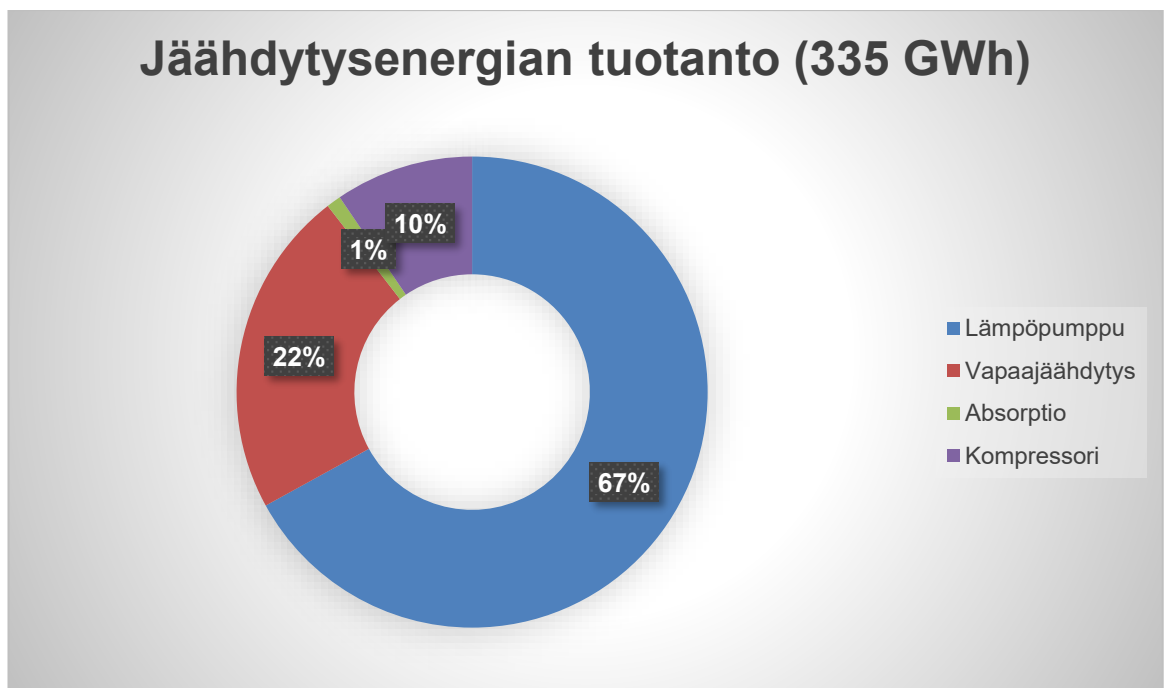
Kuva 6. Kaukojäähdytyksen käyttö- ja sopimusteho Suomessa vuonna 2022 [10]

Kaukojäähdytyksen etuina verrattuna rakennuskohtaisiin jäähdytysratkaisuihin ovat muun muassa kaukojäähdytyksen hiljaisuus, vähäinen tilantarve sekä vähäiset huolto- ja kunnossapitotarpeet [6].

Kaukojäähdytystä tuotetaan kylmäkoneilla, jotka käyttävät jäähdytyksen tuotantoon absorptiojäähdytyskoneita, lämpöpumppuja, kompressoritekniikkaa ja vapaajäähdytystä [11]. Absorptiossa käytetään energiana teollisuuden hukkalämpöä tai yhteistuotantolaitoksissa tuotettua lämpöä, joita ei voi kesäaikaan

vähäisen lämmönkulutuksen takia hyödyntää kaukolämpönä. Vapaajäähdytyksessä hyödynnetään taas esimerkiksi kylmiä meri- tai järvesiä. Jäähdytyksen tuotannossa voidaan yhdistellä eri tuotantotapoja olosuhteiden mukaan siten, että tarvittava jäähdytysenergia voidaan tuottaa edullisimmalla tavalla. Myös jäähdytysenergian varastointi on oleellinen osa järjestelmää ja parantaa toiminnan kannattavuutta, joustavuutta sekä tuo lisävarmuutta energiantarjontaan. [6.]

Alla olevasta kuvasta (kuva 7) nähdään, että noin 90 % kaukojäähdytyksestä tuotetaan hukkaenergiasta, sillä samoilla lämpöpumpuilla tuotetaan usein lämpöä sekä jäähdytystä [10, s. 5].



Kuva 7. Jäähdytysenergian tuotanto Suomessa vuonna 2022 [10, s. 5]

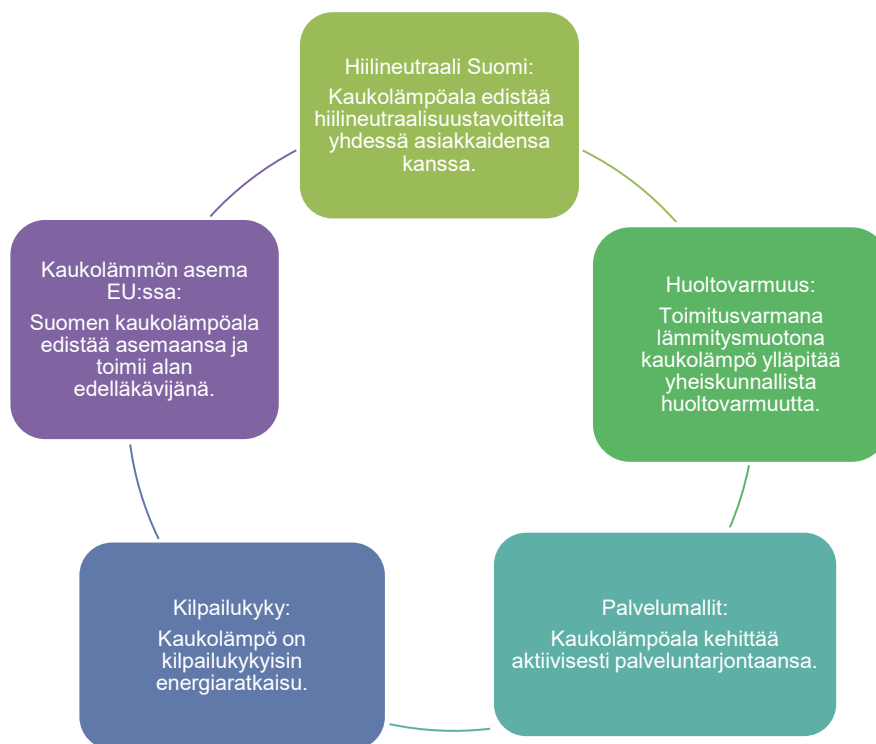
Jäähdytysenergian tuotantomuotojen osuuksien määrät vaihtelevat vuosittain, sillä esimerkiksi vapaajäähdytyksestä saatava teho on riippuvainen vesistöjen sekä ulkoilman lämpötiloista [10, s. 7].

5 Kaukolämpöstrategia

Syksyllä 2023 Energiateollisuus julkaisi kansallisen kaukolämpöstrategian vuodelle 2030 saakka [12, s. 1].

Strategian visiona on, että kaukolämpö on tulevaisuudessa ilmastoneutraalin yhteiskunnan keskeinen tekijä ja asiakkaiden ensisijainen valinta lämmitysmuodoksi. Tavoitteena on myös, että älykkäät ratkaisut yhdistävät kaukolämmön asiakkaita ja yhteistyökumppaneita ja kaukolämpöala pystyy tuottamaan uusia skaalautuvia energiaratkaisuja edistämällä kiertotaloutta. [12, s. 3.]

Kaukolämmön strategisiin tavoitteisiin vuodelle 2030 kuuluu viisi teemaa: hiilineutraali Suomi, huoltovarmuus, palvelumallit, kilpailukyky ja kaukolämmön asema Euroopan unionissa. Alla olevassa kuvassa (kuva 8) on avattu teemojen tavoitteita.



Kuva 8. Kaukolämpöstrategian tavoitteet vuodelle 2030 [12, s. 5]

Strategia sisältää myös konkreettisia toimenpiteitä, jotta jokainen strategian teema saavutettaisiin [12, s. 6–10]. Toimenpiteet on esitetty tarkemmin alla olevassa kuvassa (kuva 9).

Hiilineutraali Suomi

- Energiateollisuus ja toimialat edistävät ja käyvät aktiivisesti keskustelua kestävästä biomassan käytöstä ja CHP:n roolista energijärjestelmässä kun siirrytään hiilineutraaliin kaukolämmön tuotantoon.
- Kaukolämmön merkittävydestä Hiilineutraali Suomi -tavoitteen saavuttamisesta laaditaan kansallinen viestintästrategia.
- Kaukolämpöyhtiöt ja heidän asiakkaiden vuoropuhelua lisätään, jotta yhteistyön merkitys hiilineutralisuuden saavuttamisesta voidaan tuoda esille.
- Kaukolämmön tilastointia kehitetään siten, että erilaiset hukkalämpöjen hyödyntämisen mahdollisuudet voidaan tuoda esille.

Huoltovarmuus

- Kaukolämpöyhtiöt ylläpitävät tai laativat varautumissuunnitelman suuria häiriötilanteita varten.
- Kaukolämpöala ja -toimijat korostavat huoltovarmuustoimenpiteiden merkitystä yhteiskuntavastuun kantamisena.
- Energiateollisuus ja kaukolämmön toimialaryhmä edistävät yhdessä Huoltovarmuuskeskuksen kanssa kaukolämpöalan merkitystä kansallisen huoltovarmuuden varmistajana.
- Kansallisessa viestintästrategiassa tulee olemaan yhtenä teemana "Huoltovarmuus on osa kaukolämpötuotetta".

Palvelumallit

- Kaukolämpöyhtiöt parantavat ja kehittävät asiaksymärrystään esimerkiksi koulutusten avulla
- Kaukolämpöyhtiöt kehittävät asiakassuhteitaan eri ryhmien kanssa esimerkiksi hankkeiden tai tapahtumien avulla
- Palvelujen yhteistyössä huomioidaan erilaiset asiakkaat: valtakunnalliset ja paikalliset

Kilpailukyky

- Kaukolämpöyhtiöt lisäävät hinnoittelun avoimuutta ja ennustettavuutta.
- Kaukolämpöyhtiöt panostavat kaukolämpötuotteensa hintakilpailukykyyn.
- Kaukolämpöyhtiöt viestivät palveluntarjonnastaan ja tulevaisuuden suunnitelmistaan sekä niiden vaikutuksista asiakkaisiin
- Energiateollisuus ja kaukolämpöala edistävät kaukolämmön tasavertaista kohtelua esimerkiksi energialähteiden verotuksessa, uudisrakentamisessa ja E-lukulaskelmissa.

Kaukolämmön asema EU:ssa

- Energiateollisuus ja/tai kaukolämpöala koordinoivat laajapohjaisen näkemyksen kaukolämmön mahdollisuuksista ja merkityksestä ilmastotavoitteiden näkökulmasta.
- Energiateollisuus ja/tai kaukolämpöala laativat yhteistyössä muiden pohjoismaiden kanssa kaukolämmön pohjoisen DHC-visin sekä sille tiekartan.
- Energiateollisuus ja Svenska Energi Företag & EHP laativat DHC-alalle "Säätelykehikon raamit".
- Kaukolämpöala panostaa KL-tutkimukseen kansallisesti ja lisää EU/KV-tutkimusyhteistyötä
- Kaukolämpöala asettaa edustajan Euro Heat & Power toimistoon

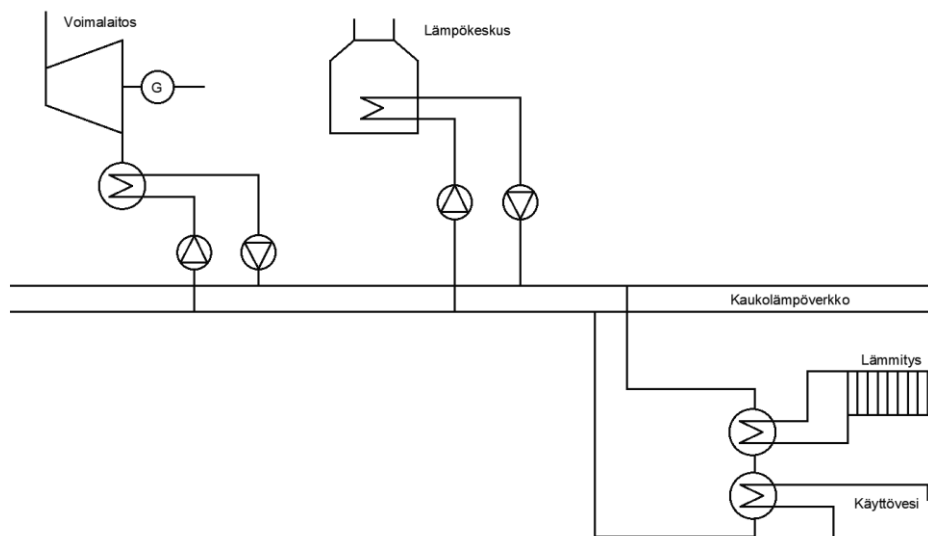
Kuva 9. Konkreettiset toimenpiteet tavoitteiden saavuttamiseksi [12, s. 6–10]

Kaukolämpöstrategian teemoista kaukolämpöverkon rakentamiseen vaikuttaa eniten hiilineutraali Suomi -teema. Teeman vaikutuksista verkon rakentamiseen avataan lisää luvussa 6.4.

6 Lämmön- ja jäähdytyksen siirron toimintaperiaatteita

6.1 Lämmön jakelujärjestelmä

Kaukolämpöväettä on lämmitetty perinteisesti yhteistuotantolaitoksissa ja lämpökeskuksissa. Kaukolämpöverkossa kiertää jatkuvasti sama vesi. Menovesi luovuttaa lämmön kuluttajalle ja paluuvesi lämmitetään uudelleen. [13, s. 43.]



Kuva 10. Perinteinen lämmön jakelujärjestelmä [13, s. 43]

Lämmön jakelujärjestelmä (kuva 10) koostuu kokonaisuudesta, johon kuuluu lämpöä tuottavat laitokset, lämmön siirtämiseen tarvittava kaukolämpöverkko sekä lämmön vastaanottoon ja jakeluun tarvittavat asiakkaiden laitteet [13, s. 43].

Perinteinen lämmönjakelujärjestelmä on muuttunut viime vuosina. Järjestelmä voi sisältää nykyään myös lämpöpumppulaitoksia. Lämpöpumppulaitokset voivat hyödyntää esimerkiksi datakeskusten hukkalämpöä ja tuottaa siten kaukolämpöä. [14.]

6.2 Lämpötehon siirtyminen putkissa

Lämpöteho määritellään kaukolämpöveden ominaislämpökapasiteetin, massavirran, tiheyden, tilavuusvirran sekä meno- ja paluueden lämpötilaerojen avulla. [15, s. 111.]

Kaukolämpöverkosto on putkijärjestelmä, jossa veden virtaus ja paine ovat verrannollisia toisiinsa nähden. Mitä suurempi paine on, sitä suurempi virtaus on. Vedenpaine on voima, joka kohdistuu veteen ja työntää sitä eteenpäin putkistossa. Eli toisin sanoen vesi liikkuu putkistoissa paine-erojen avulla. [16.]

Paine putoaa veden kulkiessa putkiston läpi seuraavien tekijöiden vuoksi: putken ja nesteen välinen kitka, putkiston mekaaniset komponentit sekä muutokset putkiston korkeudessa ja suunnissa [16].

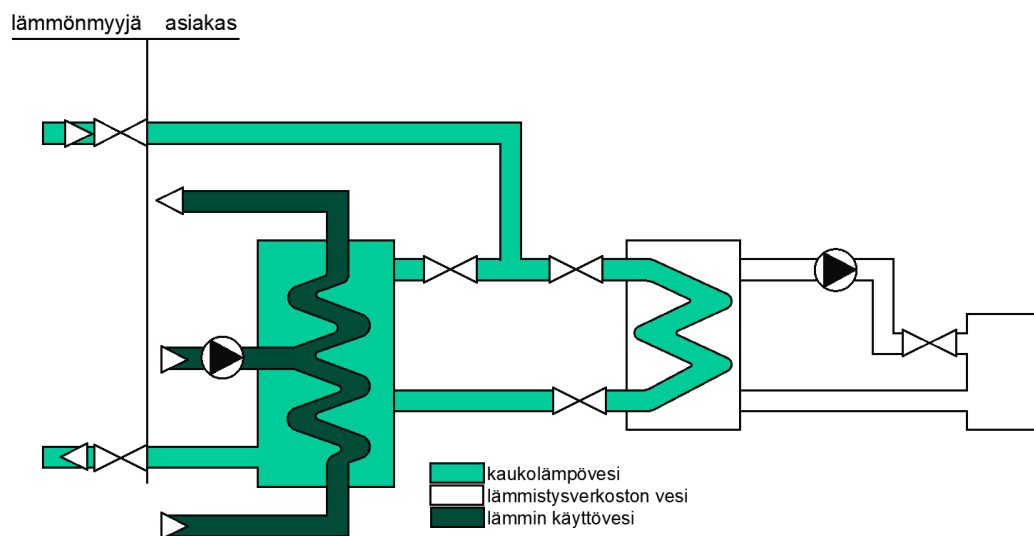
Kaukolämpöverkossa painehäviöt riippuvat siitä, millaiset putket ovat kyseessä. Liityntäjohdoissa eli talojohdoissa painehäviöt ovat yleisesti 2 bar kilometriä kohden sekä verkon latvaosissa 1 bar kilometriä kohden. Runkojohdoissa taas painehäviöt ovat yleisesti 1 bar kilometriä kohden sekä poikkeustapauksissa 2 bar kilometriä kohden. Siirtojohdoissa painehäviöt ovat yleisesti 0,5–1 bar kilometriä kohden. [13, s. 157.] Pumppujen avulla nostetaan putkistoissa virtausta ja sitä kautta painetta [16].

6.3 Lämmön ja jäähtymisen siirto kuluttajille

Lämpö siirretään kiinteistöihin kaukolämpöverkossa kiertävän veden avulla. Lämmin kaukolämpöverkon menopuolella virtaava vesi johdetaan kiinteistön lämmönjakohuoneeseen, jossa lämmönsiirtimen avulla lämpö saadaan siirrettyä

asiakkaalle ja lämmitettyä kiinteistöä, käyttövettä sekä ilmanvaihtoa. Lämmönsiirtimessä lämmön luovuttanut vesi palaa jäähtyneenä paluujohdossa takaisin lämmitettäväksi. [6.] Kaukolämpöverkon menoveden lämpötila on sään ja lämmöntarpeen mukaan 65–115 °C ja paluuv veden lämpötila on 40–60 °C [17]. Rakennusten lämmityslaitteet on mitoitettu rakennusten lämmitystarpeiden mukaan, joten asiakaslaitteet määrittelevät paluuv veden lämpötilan. Paluulämpötila on siis täysin riippuvainen asiakaslaitteista ja niiden säädöistä. [13, s. 66; 18, s. 8.]

Kaukojäähdytyksen toimintaperiaate on verrattavissa kaukolämmitykseen. Jäähdytyksessä asiakkaalta vain siirretään ylimääräinen lämpö energiayrityksen kaukojäähdytysveteen. Kiinteistöt voivat myös hyödyntää kaukolämmitystä sekä -jäähdytystä yhdessä. [6.] Kiinteistöihin kulkeutuva jäähdyttävä vesi on kaukojäähdytysverkossa noin 6 °C, ja kiinteistöistä vesi palaa noin 16 asteisena [11].



Kuva 11. Havainnekuva kaukolämmön siirtymisestä kuluttajalle

Lämmönsiirtimissä tapahtuva lämmönsiirtyminen tapahtuu johtumisen ja konvektion kautta. Johtumisessa lämpöenergia siirtyy kaukolämpö- tai jäähdytysveden ja kuluttajan käyttöveden erottavan seinän kautta. Konvektiossa lämpöenergia siirtyy vedestä seinään ja toisinpäin. Lämmönsiirtimien toiminta

perustuu termodynamiikan toiseen pääsääntöön, jossa lämpö siirtyy aina korkeammasta lämpötilasta alhaisempaan. [19.]

Kaukolämmön näkökulmasta katsottuna lämmön siirtymisprosessi kaukolämpövedestä käyttövedeen on seuraava:

- Lämpöenergia siirtyy kaukolämpövedestä lämmönsiirtimen seinän pinnalle konvektiolla.
- Lämpöenergia siirtyy lämmönsiirtimen seinän pinnan läpi johtumalla.
- Lämpöenergia siirtyy seinän pinnasta kylmään käyttövedeen konvektiolla. [19.]

Kaukojäähdytyksessä lämpöenergia siirtyy käyttövedestä kaukojäähdytysvedeen lämmönsiirtimien avulla. Joten kaukojäähdytyksen lämmönsiirtymisprosessi on päinvastainen kuin kaukolämmön. [19].

6.4 Kaukolämpöstrategian vaikutukset lämmönsiirtoon

Hiilineutraali Suomi -teema näkyy kaukolämpöverkon rakentamisessa maksimikäyttölämpötilan laskuna, mikä vaikuttaa verkon suunnitteluun ja käyttöikään. Isommat vaikutukset teemalla saadaan tuotannon päästöjen vähenemisellä. Päästöjen vähentämiseksi voidaan esimerkiksi optimoida kaukolämmön menoveden lämpötilaa vastaamaan kulloinkin vallitsevaa sekä asiakkaiden lämmön käyttötarvetta. Optimoinnilla on mahdollisuus parantaa kaukolämmön tuotannon ja jakelun kokonaisuutta, pienentää päästöjä sekä varmistaa laadukas ja kustannustehokas lämmitys kaukolämmön asiakkaille käyttäen matalampia lämpötilatasoja. [20, s. 5.]

Menotilan laskemiseen liittyy kuitenkin tiettyjä teknisiä vaatimuksia kaukolämpöverkolle sekä siihen liitetyille asiakaslaitteille. Verkon osalta tekniset vaatimukset kohdistuvat virtauksen muutoksiin, riittävään siirtokapasiteettiin sekä verkon toiminnan seuraamiseen kehittämiseen. Kun menolämpötilaa lasketaan,

kuluttajan asiakaslaitteet vaativat suuremman massavirran, jotta ne voivat saavuttaa saman lämpötehon kuin aikaisemmin. Tämä tarkoittaa sitä, että verkon tilavuusvirran tulee kasvaa. Lisäksi asiakaslaitteiden lämmönsiirtimissä lämpötilaerot pienenevät ja sitä kautta niiden lämmönsiirtokyky heikkenee, ellei lämmönvaihtimen pinta-alaa kasvateta. Kaukolämpöputkissa niiden tehonsiirtokyky on riippuvainen kaukolämpöveden tilavuusvirrasta, mikä taas riippuu putken koosta ja mitoituspaineesta sekä meno- ja paluupuolen lämpötilaerosta. Virtauksen kasvattamisesta seuraa suurempi painehäviö, mikä voidaan kompensoida pumppaustehon kasvattamisella tai paine-eron nostamisella alentamalla paluulämpötilaa. [21, s. 30; 22.] Menoveden lämpötilan laskeminen tulee johtamaan siihen, että tulevaisuudessa putkilinjat mitoitetaan väljemmiksi. Olemassa olevien ahtaiden putkiosuuksien alueilla lämmöntuottajan täytyy paikkakohtaisesti kasvattaa pumppaustehoa, kasvattaa lämpötilaeroa tai investoida uusiin putkilinjoihin [22.]

7 Verkon rakentaminen

Kaukolämpö- ja jäähdytysverkot koostuvat siirto-, runko- ja liittymisjohdoista. Kaikki johdot on mitoitettu niiden siirtotehon perusteella. [13, s. 156.]

Siirtojohdot siirtävät lämpö- ja jäähdytystehon esimerkiksi lämpölaitoksilta ja lämpöpumppulaitoksilta. Siirtojohdoista haarautuu runkojohdot, jotka siirtävät tehoa tietyille alueille tai kaupunginosiin. Runkojohdoista taas haarautuu liittymisjohdot eli talojohdot. Talojohdoilla rakennukset liitetään verkkoon. [13, s. 155–156.]

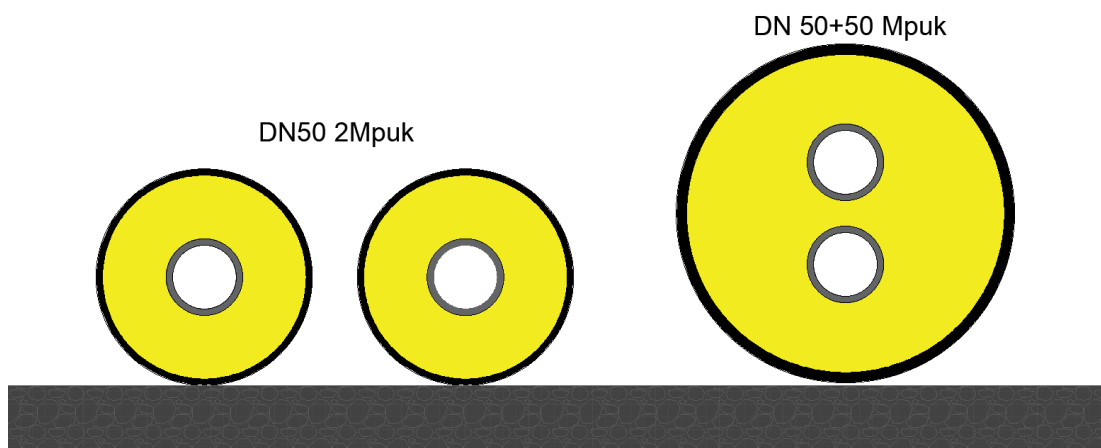
7.1 Rakentamisen vaiheet

Kaukolämpöverkon rakentamiseen kuuluu maarakennus-, putki- sekä eristystyöt. Maarakennustyöt pitävät sisällään kaivannon teon, täyttö- ja jälkityöt sekä muut rakennustekniset työt. Putkitöihin kuuluu putkien asennus- ja hitsaustyöt. Hitsauksen jälkeen putkielementtien liitoskohdat eristetään. [23; 24.]

7.2 Nykyään rakennettavat johtotyypit

Nykyään käytetään kaukolämpöjohtoina kiinnivaahdotettuja johtoja, joissa teräksiset virtausputket on eristetty polyuretaanilla sekä suojattu polyeteenisuojakuorella [17]. Polyuretaania käytetään putkissa usein eristysmateriaalina sen tehokkaan eristyskyvyn, vähäisen painon sekä laajan lämpötilakestävyuden vuoksi [25]. Meno- ja paluuputket voivat joko olla saman tai erillisten suojaputkien sisällä [17].

Kiinnivaahdotetut kaukolämpöjohdot voivat olla joko 2Mpuk- tai Mpuk-rakenteisia. 2Mpuk-johdot ovat yksiputkirakenteisia, jolloin meno- ja paluuvirtausputket ovat molemmat oman erillisen suojakuoren sisällä. [26, s. 1.] Mpuk-johdot ovat kaksiputkirakenteisia, jolloin meno- ja paluuvirtausputket ovat saman suojakuoren sisällä [26, s. 19]. Alla olevassa kuvassa (kuva 12) on havainnollistettu 2Mpuk- ja Mpuk-johtoja 50 mm:n virtausputken halkaisijalla.



Kuva 12. DN50 2Mpuk ja DN 50+50 Mpuk johtojen poikkileikkauskuvat [13, s. 139-140]

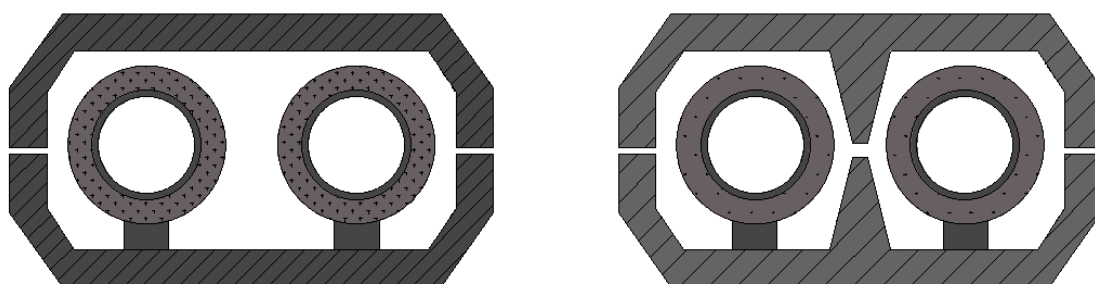
2Mpuk- ja Mpuk-lyhenteissä M tarkoittaa, että johtoelementti on polyeteenisuojakuoren sisällä, pu tarkoittaa, että lämpöeristeenä on polyuretaanivaahtoa ja k tarkoittaa, että putket ovat kiinni eristyksessä [27, s. 8].

Johtojen tehokkaan lämpöeristyksen ansiosta, niiden siirtämän energian lämpöhäviöt ovat jakeluverkoissa noin 8–9 %, isojen kaupunkien verkoissa 5–8 % sekä harvaan asutettujen pienten taajamien verkoissa 10–15 %. Lisäksi kiinnivaahdotettujen johtojen käyttöikä voi ylittää nykyään jopa 100 vuoteen. [17; 28.] Kaukolämpöverkon rakentamisen laatukäsikirjassa keskitytään 2Mpuk-johtoihin, sillä niitä rakennetaan pääasiassa Fortumin verkon alueelle.

7.3 Käytöstä poistuneet johtotyypit

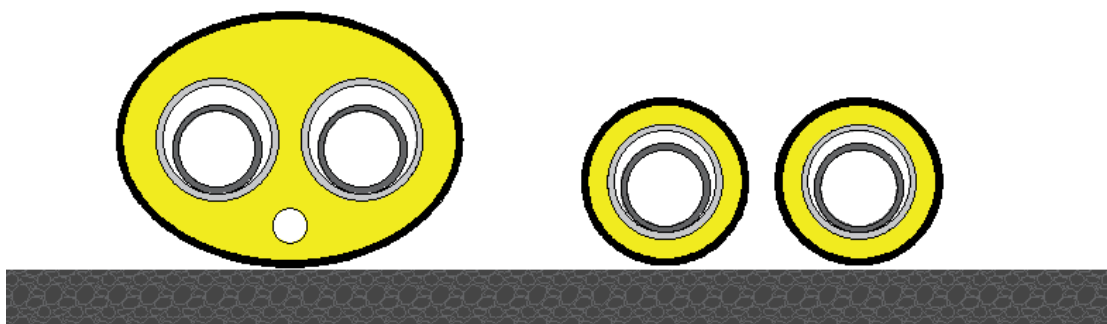
Muita eniten käytössä olleita, mutta sittemmin käytöstä poistuneita johtotyyppejä ovat betonikanavajohdot sekä muovisuojakuorijohdot. Johtoja rakennettiin ennen 1990-lukua, ja niitä on edelleen käytössä. [13, s. 144–145.]

Betonikanavajohdot koostuvat teräksisistä virtausputkista, mineraali- tai polyuretaanieristeistä sekä betonisesta suojakuoresta [13, s. 144]. Alla olevassa kuvassa (kuva 13) on havainnollistettu betonikanavajohtojen poikkileikkauksia.



Kuva 13. Elementtikanavajohtojen poikkileikkaus [13, s. 144]

Muovisuojakuorijohdot koostuvat teräksisistä virtausputkista, lasikuituisista suojaputkista, polyuretaanieristeestä sekä polyeteenisuojakuoresta [13, s. 145]. Alla olevassa kuvassa (kuva 14) on havainnollistettu muovisuojakuorijohtoja.

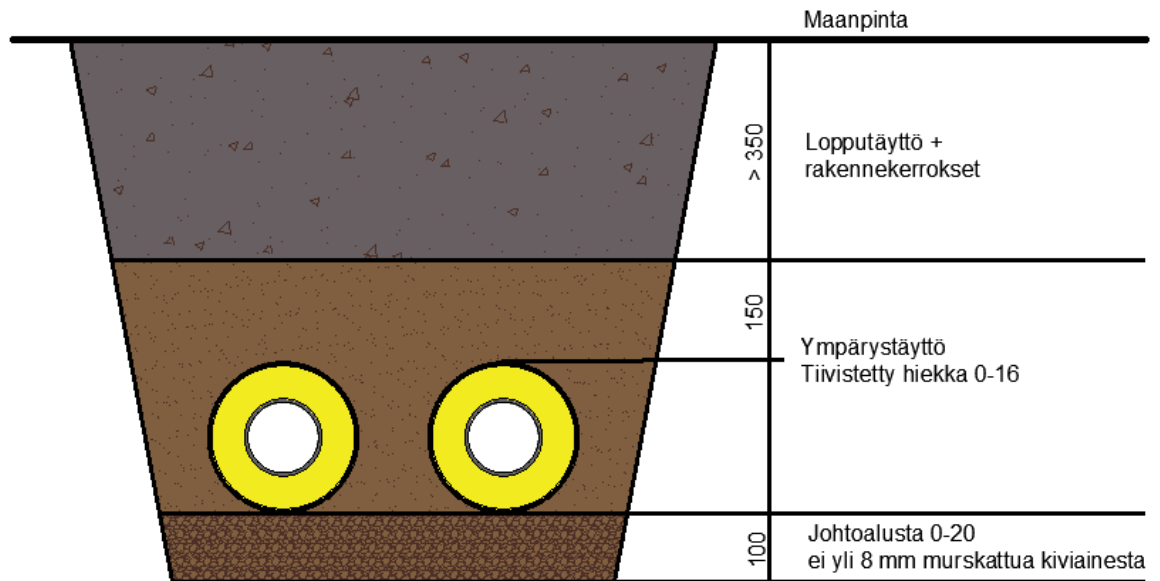


Kuva 14. Muovisuojakuorijohtojen poikkileikkaus [13, s. 145]

Muovisuojakuorijohdoissa virtausputket voivat kiinnivaahdotettujen johtojen lailla olla saman tai erillisen suojakuoren sisällä [13, s. 145].

7.4 Kaukolämpöjohdon sijoittaminen

Kaukolämpöverkon johdot sijoitetaan yleensä 0,5–1 metrin peittosyvyyteen. Johtojen sijainti on usein katujen, jalkakäytävien ja kevyen liikenteen väylien alla tai puistomailla. Lisäksi isoja johtoja sijoitetaan myös tunneleihin tai siltoihin. [17.] Alla olevassa kuvassa (kuva 15) on esitetty 2Mpuk-johtojen kanavan tyyppipoikkileikkauskuva ja kanavan rakennekerrokset.



Kuva 15. 2Mpuk-johdon kanavan tyypipoikkileikkaus [24, s. 45]

Liitteessä 1 on esitetty tyypipoikkileikkauskuva tarkemmilla tiedoilla sekä taukko kaivannon mitoista eri putkikokoluokittain.

7.5 Rakentamista koskevat ohjeistukset

Energiateollisuus on luonut kaukolämpöverkon rakentamiseen liittyviä ohjeistuksia. Ohjeistukset ovat muun muassa suosituksia ja raportteja. Suositukset viittaavat yleensä kansainvälisiin standardeihin. [29.]

Maanrakentamista ohjaa esimerkiksi Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009, InfraRYL:n infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, RIL 263-2014 kaivanto-ohje sekä pääkaupunkiseudun määräykset ja ohjeet koskien yleisten alueiden käyttöä, tilapäisiä liikennejärjestelyitä ja katutöitä. Putkien hitsaustöiden laatua ohjaa standardi SFS-EN-ISO 5817:2023 ja hitsauksien tarkastusta ohjaa Energiateollisuuden tiedote L123-2011 liite 2. Elementtien varastoinnissa, nostossa, asennuksessa ja eristystöissä käytetään valmistajan ohjeistuksia sekä ET:n suosituksia [24, s. 27; 23, s. 7].

8 Kaukolämpöverkon vauriot

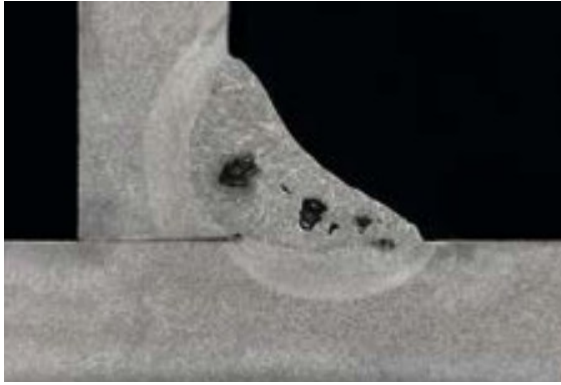
8.1 Vauriotekijät

Kaikissa eri kaukolämpöverkkojen johtorakenteissa esiintyy vaurioita. Vauriot voivat kohdistua tiettyyn johto-osaan tai useampaan eri osaan. Vaurioita voi esiintyä kaivoissa, venttiileissä, virtausputkessa sekä putken suojakuoressa ja eristeessä. [30, s. 3–4.]

2Mpuk-rakenteisissa johdoissa yleisin vauriosyy on epätiivis suojakuoriliitos tai puutteellinen liitoseristys. Tällöin ulkopuolinen vesi aiheuttaa virtausputkeen läpisyöpymän ja sitä kautta vuodon. Muita vaurioiden aiheuttajia on ulkopuolinen väkivalta sekä teräsputkien hitsausvirheet. [30, s. 3.]

Useasti vauriot syntyvät useammasta tekijästä. Tällaisia ovat esimerkiksi virheellinen ympäristäyttyö, maanpainauma tai johdon virheellinen kaltevuus. [30, s. 4.] Johdon virheellinen kaltevuus voi olla esimerkiksi 30–60° kulmat, sillä niitä ei suositella lämpöliikkeiden aiheuttamien nurjahtamisvaarojen vuoksi [24, s. 14]. Usein edellä mainitut yhdistelmät johtavat suojakuoriliitoksen vaurioitumiseen, jolloin lopullinen suojakuoren vaurio ei johdukaan virheellisestä asennuksesta vaan esimerkiksi maanpainaumasta [30, s. 4].

Hitsausvirheet löytyvät useimmiten tavallisista liitoshitsauksista, ja virheet ovat usein huokosia [30, s. 4]. Alla olevassa kuvassa (kuva 16) on esitetty huokokset hitsisaumassa. Syitä huokosten syntyyn voi olla riittämätön kaasusuojaus, kostea elektrodi, railopintojen epäpuhtaudet, kuten ruoste, liian pitkä valokaari tai suuri jännite sekä liian pieni lämmöntuonti [31].



Kuva 16: Huokonen hitsisaumassa [31]

Kiinnivaahdotettujen johtojen epätiivit suojakuoriliitokset ovat pääosin kutisteliitoksissa. Vauriot johtuvat usein työvirheistä, kuten vajavaisesta tai muuten huolimattomasta eristyksestä, vaahdotusreikien puutteellisesta tulppauksesta sekä huonosti asennetuista holkkiliitoksista. [30, s. 4.]

Vauriot voivat siis olla läpisyöpymiä, murtumia tai repeämiä sekä muita hitsaus- ja eristysvirheitä. Läpisyöpymät aiheutuvat ulkopuolisesta vedestä, murtumat ja repeytymät aiheutuvat ulkopuolisista iskuista, kuten kaivuvaurioista tai puutteellisesta lämpöliikkeiden kompensoimisesta, ja hitsaus- ja eristysvirheet aiheutuvat puutteellisista työmenetelmistä. [30, s. 4; 32.]

8.2 Vaurioiden seuraukset

Vaurioiden seurauksia on käsitelty laajemmin liitteen 1 luvussa ”Laatuvirheiden seuraukset”. Laatuvirheistä ja sitä kautta mahdollisista vaurioista voi seurata taloudellisia menetyksiä sekä vahinkoa ympäristölle ja ihmisille [33, s. 6].

8.3 Vaurioiden ennaltaehkäisy

Tärkeä osa laadunvalvontaa ja siten vaurioiden ennaltaehkäisyä on työaikainen valvonta. Työaikaisella valvonnalla voidaan puuttua virheellisiin työtapoihin ja välttää virheiden toistumista. [24, s. 36–37.]

8.3.1 Hitsauksien tarkastus

Kaukolämpöputkien liitoskohtien hitsauksia voidaan tarkastella ainetta rikkomat-
tomilla menetelmillä, eli NDT-menetelmillä, kuten radiografisella tarkastuksella
ja ultraäänitarkastuksella. [23, s. 17.] Tarkastusmenetelmiä käsitellään tarkem-
min liitteen 1 luvussa ”Hitsauksien tarkastukset”.

8.3.2 Eristysten tarkastus

Eristysten kutisteet voidaan tarkastaa silmämääräisesti sekä sormitestillä sekä
vaahdotus voidaan tarkastaa muun muassa tulppanäytteellä tai lämpökameralla
[23, s. 2 ja 12]. Tarkastuksista on kerrottu tarkemmin liitteen 1 luvuissa ”Valmis
kutisteliitos” ja ”Vaahdotuksen tarkastus”.

8.3.3 Kartoitus ja dokumentointi

Kun rakennetaan uutta kaukolämpöjohtoa tai poistetaan vanha käytöstä, tulee
johtorakenteet kartoittaa [24, s. 21]. Ajantasaisella kaukolämpölinjojen doku-
mentoinnilla helpotetaan uusien rakenteiden reitin suunnittelua sekä sijoittelua.
Lisäksi tällä ennaltaehkäistään erilaisten kaivuvahinkojen syntymistä. [27, s. 5.]

8.4 Kestävä rakentaminen

Kestävän rakentamisen tarkoitus on tuottaa pitkäikäisiä sekä energia- ja ympä-
ristötehokkaita rakenteita, jotka ovat turvallisia, terveellisiä ja monikäyttöisiä yli
vuosikymmenen ajan. Rakentamisen elinkaariajatteluun kuuluu rakenteiden
ominaisuuksien sekä ympäristö- ja kustannusvaikutusten arviointi koko raken-
teen elinkaaren ajan. [34.]

Kaukolämpöverkon yleisiin vaatimuksiin kuuluu, että normaaleissa käyttöolo-
suhteissa verkko kestää vähintään 50 vuotta, kun jatkuva käyttölämpötila on
115 °C, ja pidempään, jos käyttölämpötila on alhaisempi [26, s. 2]. Jos elementit

on valmistettu ja varastoitu oikein sekä verkko on rakennettu oikein, niin uusien johtojen käyttöikä voi saavuttaa jopa 100 vuoden käyttöiän [17].

9 Laaturjärjestelmä

Laaturjärjestelmät kattavat kaikki ne toiminnot, joilla yritykset ja organisaatiot määrittelevät omat tavoitteensa, prosessinsa ja resurssinsa, joita tarvitaan tavoiteltujen tulosten saavuttamiseen [35, s. 7].

9.1 Laadunvarmistus

Jotta saadaan rakennettua toimiva kaukolämpöverkko, laadunvarmistamista tulee seurata suunnittelusta takuuajan päättymiseen. Hyvän pohjan laadunparantamiselle tuo jatkuvaluonteinen tarkastus-, seuranta-, testaus- ja katselmustointi. Lisäksi toiminnan asianmukainen dokumentointi sekä dokumentoinnista saadun tiedon hyödyntäminen auttavat laadunparantamisessa. [24, s. 32.]

Laadunvarmistuksen hyvänä apuvälineenä voi toimia laatusuunnitelma, joka sisältää työmaan laadun ohjaus- ja varmistustoimenpiteet. Urakoitsijat laativat työmaita koskevat laatusuunnitelmat ja hyväksyttävät ne tilaajalla ennen töiden aloitusta. [24, s. 32.]

Laatusuunnitelman täytyy sisältää kohteen laaturitavoitteet ja erityispiirteet, projektin organisaation ja vastuunjaon, laadunohjauksen, laaturiskit ja niihin liittyvät ennaltaehkäisevät toimenpiteet, laadunvalvonnan, kokeet ja mittaukset, muut urakoitsijat, hankinnat, työmaiden katselmukset, tarkastukset ja kokouskäytännöt sekä laatusuunnitelman ylläpidon [24, s. 23].

9.2 Energiateollisuuden laadunvarmistus

Energiateollisuus ylläpitää sekä kehittää Suomessa kaukolämpö- sekä kaukojäähdytysverkkojen rakentamista koskevia laadunvarmistuksen menettelytapoja [29].

Energiateollisuus tekee yhteistyötä koskien laadunvarmistusta seuraavin tavoin:

- verkkojen rakentamiseen käytettävien tuotteiden sekä materiaalien standardisoimisessa
- standardin mukaisten tehdasvalmisteisten osien sertifiointi- ja laadunvalmistusmenettelyissä
- johtojen liitostöitä tekevien urakoitsijoiden ja heidän asentajiensa päteväntimenettelyissä
- suositusten sekä asennus- ja työohjeiden ylläpitämisessä ja täydentämisessä laadunvarmistuksen osalta [29].

Energiateollisuus pyrkii laadunvarmistuksella vähentämään verkostovaurioiden syntyä sekä varmistamaan, että verkkoinvestoinnit ovat korkealaatuisia ja käytettäviä [29].

9.3 Toiminnan kehittäminen

Yritykset voivat kehittää omaa toimintaansa sisäisen auditoinnin avulla. Auditoinnissa tarkastellaan toiminnan historiaa, nykytilaa ja tuloksia. Samalla pyritään arvioimaan parannusmahdollisuuksia ja ne raportoidaan kirjallisesti. [36.] Auditoinnilla pyritään todentamaan laatujärjestelmän toimivuutta ja tehokkuutta sekä löytämään puutteet ja vahvuudet. Auditoinnilla pystytään levittämään hyviä toimintatapoja, joilla pystytään auttamaan toiminnan suunnittelussa ja sitouttamaan henkilökuntaa toiminnan kehittämiseen. Parhaimmat tulokset auditoinnista saa, kun se toteutetaan säännöllisesti ja kattavasti. [37.] Standardissa ISO 9000 auditointi on esitetty hyvänä menetelmänä laadunhallintajärjestelmien kehittämiseen. [35, s. 15.]

10 Yhteenveto

Kaukolämmön laadukkaalla rakentamisella on merkitystä taloudellisesti sekä ympäristön, lämmön toimituksen ja turvallisuuden kannalta, joten laadun parantaminen on tärkeää kaikista näkökulmista.

Insinööriyön liitteenä 1 tuotettu kaukolämpöverkon rakentamisen laatukäsikirjan avulla pystytään kehittämään laatua antamalla käsikirja kaikkien rakentamisen kanssa tekemisissä olevien luettavaksi ja sitä kautta lisäämään kaukolämmön rakentamisen osapuolten tietoisuutta rakentamisen laatutekijöistä.

Laatukäsikirjaa voidaan pitää luotettavana lähteenä verkon rakentamiselle, sillä se perustuu pääosin energiateollisuuden tuottamiin ohjeistuksiin koskien kaukolämpöverkkoa. Lisäksi laatukäsikirjaa on täydennetty haastattelemalla kaukolämpöalan ammattilaisia. Käsikirja on tarkoitettu päivitettäväksi dokumentiksi, sillä ohjeistuksien muuttuessa myös muutokset täytyy päivittää käsikirjaan. Käsikirjaan voidaan myöhemmin lisätä esimerkiksi silloissa, tunneleissa sekä sisätiloissa kulkevien johtojen rakentamisen ohjeistuksia.

Käsikirja on käytännössä laaja, ja sen sisäistäminen voi olla haastavaa. Jotta sisäistäminen olisi helpompaa, käsikirjan voi lisätä Fortumin kaukolämpöverkon perehdytysmateriaaleihin ja muokata visuaalisemmaksi. Laatukäsikirjan osuudet voidaan myös jakaa aihealueittain, jolloin urakoitsijat voivat valita heitä koskevat osuudet. Tällöin laatukäsikirja on paremmin saavutettavissa ja varmistetaan, että urakoitsijat perehtyvät siihen. Käsikirjaa voidaan myös hyödyntää Fortumin omien työntekijöiden perehdytysmateriaalina.

Lisäksi laadun seuraamista voidaan kehittää esimerkiksi työmaittain laatulomakkeen avulla, johon on eritelty eri työvaiheita, jotka vaativat tarkempaa tarkastelua. Työvaiheet voivat olla esimerkiksi kaivantojen, hitsisaumojen ja eristysten tarkastus sekä mittaus. Lomakkeeseen voi merkitä näiden työvaiheiden kohdalle, milloin ja kenen toimesta työvaihe on tarkistettu. Lomakkeen avulla varmistetaan, että kaikki tarkastukset tulee tehtyä, ja oikeanlaisen dokumentoinnin avulla lomakkeeseen voi palata tarvittaessa myöhemmin.

Laadunvarmistuslomakkeella voidaan varmistaa myös työnaikaisen valvonnan toteutuminen, mikä on rakentamisen toisen osapuolen eli tilaajan kannalta tärkeää.

Lähteet

- 1 Fortum Suomessa. Verkkoaineisto. Fortum. <<https://www.fortum.fi/tietoa-meista/yhtiomme/fortum-maailmalla/tietoa-toimintamaistamme/fortum-suomessa>>. Luettu 3.2.2024.
- 2 Elämää kaukolämpöverkossa. Verkkoaineisto. Fortum. <<https://www.fortum.fi/elamaakaukolampoverkossa>>. Luettu 3.2.2024.
- 3 Toimitusjohtajan liiketoimintakatsaus 2022. 2023. Verkkoaineisto. Fortum. <<https://www.fortum.fi/files/fortum-toimitusjohtajan-liiketoimintakatsaus-2022/download?attachment>>. Luettu 3.2.2024.
- 4 Kaukolämpöverkon päästöt, Fortum Power and Heat Oy – Espoo. Verkkoaineisto. Paikallisvoima. <[https://www.klpaastolaskuri.fi/paastot/fortum%20power%20and%20heat%20oy%20-%20espoo%20\(2017%e2%80%932022\)/3cc91060c32d8cc627c12bdc6b3653c4/47d1e990583c9c67424d369f3414728e](https://www.klpaastolaskuri.fi/paastot/fortum%20power%20and%20heat%20oy%20-%20espoo%20(2017%e2%80%932022)/3cc91060c32d8cc627c12bdc6b3653c4/47d1e990583c9c67424d369f3414728e)>. Luettu 8.2.2024.
- 5 Espoo Clean Heat. Verkkoaineisto. Fortum. <<https://www.fortum.fi/yrityksille-ja-yhteisoille/lammitys-ja-jaahdytys/kaukolampo/espoo-clean-heat>>. Luettu 8.2.2024.
- 6 Kaukolämpö ja -jäähdytys. Verkkoaineisto. Energiamaailma. <<https://energiamaailma.fi/energiasta/energiantuotanto/kaukolampo-ja-jaahdytys/>>. Luettu 3.2.2024.
- 7 Kaukolämmöllä on Suomessa pitkä historia. 2020. Verkkoaineisto. Armattec. <<https://www.armatec.com/fi/ajankohtaista/uutiset/kaukolammolla-on-suomessa-pitka-historia/>>. Luettu 3.2.2024.
- 8 Piispa, Timo. 2020. Olemme niin tottuneita kaukolämpöön, että sen nerokkuus unohtuu helposti. Verkkoaineisto. Fortum. <<https://www.fortum.fi/tietoa-meista/blogi/forthedoers-blogi/olemme-niin-tottuneita-kaukolampoon-etta-sen-nerokkuus-unohtuu-helposti>>. Luettu 3.2.2024.
- 9 Kaukolämpö 2022. 2023. Verkkoaineisto. Energiateollisuus. <https://energia.fi/wp-content/uploads/2023/11/Kaukolampo_2022.pdf>. Luettu 3.2.2024.

- 10 Kaukojäähdytys 2022. 2023. Verkkoaineisto. Energiateollisuus. <<https://energia.fi/uutiset/kaukojaahdytys-2022-graafeina/>>. Luettu 3.2.2024.
- 11 Kaukolämmön tuotanto uudistuu. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/energiatehokas_pientalo/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/kaukolampo/kaukolammon_tuotanto_uudistuu>. Luettu 3.2.2024.
- 12 Kaukolämpöalan kansallinen strategia 2030. 2023. Verkkoaineisto. Energiateollisuus. <<https://energia.fi/wp-content/uploads/2023/08/kaukolampostrategia-2030-20230830.pdf>>. Luettu 3.2.2024.
- 13 Koskelainen, Lasse; Saarela, Rauli & Sipilä Kari. 2006. Kaukolämmön käsikirja. Energiateollisuus ry. Helsinki: Kirjapaino Libros Oy.
- 14 Fortumin lämpöpumppulaitoksen rakennustyöt käynnistyneet Microsoftin Kirkkonummen datakeskusalueella. 2023. Verkkoaineisto. Fortum. <<https://www.fortum.fi/media/2023/09/fortumin-lampopumppulaitoksen-rakennustyot-kaynnistyneet-microsoftin-kirkkonummen-datakeskusalueella>>. Luettu 8.2.2024.
- 15 Mäkelä, Mikko; Soininen, Lauri; Tuomola, Seppo & Öistämö, Juhani. 2005. Tekniikan kaavasto. 20. painos. Tampere: Tammertekniikka.
- 16 Understanding the relationship between flow and pressure. 2023. Verkkoaineisto. AtlasScientific. <<https://atlas-scientific.com/blog/relationship-between-flow-and-pressure/>>. Luettu 3.2.2024.
- 17 Kaukolämpöverkot. Verkkoaineisto. Energiateollisuus. <<https://energia.fi/energiatietoa/energiaverkot/kaukolampoverkot/>>. Luettu 3.2.2024.
- 18 Kaukolämmön menolämpötilan optimointi. 2021. Verkkoaineisto. Energiateollisuus. <https://energia.fi/wp-content/uploads/2023/08/Kaukolammon_menolampotilan_optimointi_2021.pdf>. Luettu 4.2.2024.
- 19 Lämmönvaihtimen termodynamiikka. Verkkoaineisto. Bangwin. <<https://fi.gascylinderpoland.com/info/piping-considerations-83889430.html>>. Luettu 3.2.2024.
- 20 Kaukolämmön menolämpötilan optimointi, Raportti 2021. 2021. Verkkoaineisto. Energiateollisuus. <https://energia.fi/wp-content/uploads/2023/08/Kaukolammon_menolampotilan_optimointi_2021.pdf>. Luettu 3.2.2024.

- 21 Hynynen, Heikki. 2018. Menolämpötilan alentaminen kaukolämpöverkon kehitystyössä. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu. Aaltodec-tietokanta.
- 22 Mäki, Teemu. 2024. Verkkopäällikkö, Fortum. Espoo. Keskustelu 9.2.2024.
- 23 Kiinnivaahdotettujen kaukolämpöjohtojen liitokset. 2020. Suositus L2/2020. Energiateollisuus.
- 24 Kaukolämpöjohtojen suunnittelu- ja rakentamisohjeet. 2018. Suositus L11/2013. Energiateollisuus.
- 25 Foam. Verkkoaineisto. Urecon. <https://www.urecon.com/learning/components_foam.html>. Luettu 3.2.2024.
- 26 Kiinnivaahdotetut kaukolämpöjohdot. 2020. Suositus L1/2020. Energiateollisuus.
- 27 Kaukolämpö- ja kaukojäähdytysverkon dokumentointi. 2006. Suositus L9/2006. Energiateollisuus.
- 28 Kaukolämpöverkko. Verkkoaineisto. Energiamaailma. <<https://energia-maailma.fi/energiasta/energian-tie-kotiin/kaukolampoverkko/>>. Luettu 3.2.2024.
- 29 Kaukojäähdytys- ja kaukolämpöjohtojen laadunvarmistus. 2016. Verkkoaineisto. Energiateollisuus. <<https://energia.fi/suosituks-et-ja-ohjeet/kauko-jaahdytys-ja-kaukolampojoh-tojen-laadunvarmistus/>>. Päivitetty 30.5.2023. Luettu 3.2.2024.
- 30 Kaukolämpöverkon vaurioutilasto 2019. 2020. Verkkoaineisto. Energiateollisuus. <https://energia.fi/wp-content/uploads/2023/08/Vaurioutilasto_2019.pdf>. Luettu 3.2.2024.
- 31 Yleisimmät hitsausvirheet. Verkkoaineisto. Kemppe. <[https://kemppe.studio.crasman.cloud/pub/Products and Services/Educational materials/Posters/Welding defects/Lores/welding-defects-poster-600x900_lores_FI.pdf?fv=64a8](https://kemppe.studio.crasman.cloud/pub/Products%20and%20Services/Educational%20materials/Posters/Welding%20defects/Lores/welding-defects-poster-600x900_lores_FI.pdf?fv=64a8)>. Luettu 3.2.2024.
- 32 Nousiainen, Timo. 2024. Suunnittelupäällikkö, Fortum, Espoo. Keskustelu 15.1.2024.
- 33 Kaukolämpöverkon suunnitelmallinen perusparantaminen. 2016. Suositus L7/2016. Energiateollisuus.

- 34 Kestävä rakentaminen. Verkkoaineisto. Rakennusteollisuus. <<https://rt.fi/tietoa-alasta/ymparisto-ja-ilmasto/kestava-rakentaminen/>>. Luettu 3.2.2024.
- 35 SFS-EN ISO 9000:2015. Laadunhallintajärjestelmät. Perusteet ja sanasto. Suomen Standardisoimisliitto.
- 36 Sisäinen auditointi. Verkkoaineisto. Sertifiointi. <<https://sertifiointi.com/sisainen-auditointi/>>. Luettu 3.2.22024.
- 37 Auditointi. Verkkoaineisto. Logistiikan maailma. <<https://www.logistiikan-maailma.fi/logistiikka/laatu/auditointi/>>. Luettu 3.2.2024.

Liite 1. Kaukolämpöverkon rakentamisen laatukäsikirja



Linda Myllymäki

02/2024

KAUKOLÄMPÖVERKON RAKENTAMISEN LAATUKÄSIKIRJA

Sisällysluettelo	
KAUKOLÄMPÖVERKON RAKENTAMISEN LAATUKÄSIKIRJA	1
1 JOHDANTO	6
2 Kaukolämpöverkko	6
2.1 Yleiset vaatimukset	6
2.2 Kaukolämpöverkon johtotyypit	7
3 LAADUNVARMISTUS	9
3.1 Työaikainen valvonta	9
3.2 Laatusuunnitelma	9
3.3 Tarkastuksen ja laadunvarmistuksen dokumentointi	10
3.4 Rakennetun johdon valvonta, vastaanotto ja takuu	10
3.5 Laatuvirheiden seuraukset	11
4 SUUNNITELMAT JA KATSELMUKSET	11
4.1 Suunnitelmat	11
4.1.1 Kaukolämpösuunnitelma	11
4.1.2 Turvallisuussuunnitelma	12
4.1.3 Työmaankäytönsuunnitelma	12
4.1.4 Liikenteenohjaussuunnitelma	12
4.1.5 Kaivantosuunnitelma	13
4.1.6 Nostotyösuunnitelma	13
4.2 Katselmukset	14
5 LUPA-ASIAT	14
5.1 Sijoituslupa	14
5.2 Kaivulupa	15
5.3 Liikenneväylien ja vesistöjen alitukset	15
6 MAANRAKENNUS	15
6.1 Vanhan päällysteen leikkaus	16
6.2 Putkikaivantojen tilantarve kaivannon ulkopuolella	16

6.3	Johtoalusta	17
6.4	Seinien tuenta ja luiskakaltevuudet	21
6.5	Salaojitus	21
6.6	Aidat ja kyltit	22
6.7	Sillat	22
6.8	Räjätys- ja louhintatyöt	24
6.9	Johdot ja kaapelit	24
6.10	Täyttö	25
6.11	Jälkityöt	25
6.12	Ympäristö	26
7	BETONITYÖT	27
7.1	Kiintopisteet	27
7.2	Betonikanavan haarajohdot	27
7.3	Erillisvalukohdat	29
7.4	Läpiviennit	29
7.5	Teräsbetonin purkaminen	30
8	PUTKITEKNISET TYÖT	31
8.1	Putkien käsittely ja varastointi	32
8.2	Putkien hitsaustyöt	32
8.2.1	Hitsauspätevyudet	32
8.2.2	Teräsputkien hitsaus	33
8.2.3	Hitsauksien tarkastukset	33
8.3	Esilämmitys	34
8.4	Lämpöliikkeiden kompensointi	35
8.5	Esijännitys	35
9	LIITOSTEN ERISTYSTYÖT	35
9.1	Eristyspaksuudet (2Mpuk)	35
9.2	Käytetyt materiaalit	36
9.2.1	Polyuretaani	36
9.2.2	Isosyanaatti	37
9.2.3	Polyeteeni suojakuoret	37

9.3	Kutisteliitokset	38
9.3.1	Jatkosholkin asennus	39
9.3.2	Jatkospellin kiinnitys	39
9.3.3	Jatkosten tiivistäminen kutisteilla	40
9.3.4	Työvälineet	40
9.3.5	Kutistenauhan katkopituudet ja saumalevyt	41
9.3.6	Kutisteiden asennus	41
9.3.7	Asennus nauhakutisteella ja kutistemuhvilla	42
9.3.8	Kutistettavat holkkiliitokset	44
9.3.9	Sähkömuhvi	44
9.3.10	Valmis kutisteliitos	45
9.4	Liitosten vaahdotus	46
9.4.1	Vaahdotus	47
9.4.2	Vaahdotuksen tarkastus	47
10	VUODONILMAISULANKA	48
10.1	Toimintaperiaate ja edut	48
10.2	Vuodonilmaisulankojen asennus ja dokumentointi	49
10.3	Vuodonilmaisulankajohdon osat ja liitoksen asentaminen	49
11	JOHTOJEN HAAROITUKSET	51
11.1	Esivalmistetut johdonosat	51
11.2	Paineellinen haaroitus	52
11.2.1	Yleiset vaatimukset	52
11.2.2	Työt ennen porauksen aloitusta	53
12	KAIVOT	53
12.1	Elementtikaivot	53
12.2	Maaventtiilikaivot	53
12.3	Rengaskaivot	55
12.4	Paikallavaletut kaivot	55
13	VENTTIILIT	55
13.1	Yhdistelmäventtiilielementit	56



Linda Myllymäki

02/2024

13.2 Tyhjennys- ja ilmanpoistiventtiilit	57
14 MUUT TYÖT	57
14.1 Jätteiden käsittely	57
14.2 Kartoitus ja dokumentointi	59
LÄHTEET	59

1 JOHDANTO

Kaukolämpöverkon rakentamisen laatukäsikirja on tarkoitettu hyödynnettäväksi Fortumin ja heidän urakoitsijoidensa työntekijöiden työvälineenä, jotta verkon rakentamisen laatu saadaan pidettyä korkealla sekä sitä kautta saadaan rakennettua kestävämpää kaukolämpö- ja kaukojäähdytysverkkoa. Käsikirja on päivitettävä dokumentti.

Laatukäsikirja perustuu pääosin Energiateollisuuden suosituksiin, mutta myös muihin lakeihin, ohjeistuksiin, suosituksiin sekä materiaalitoimittajien ohjeisiin ja kaukolämmön parissa työskentelevien haastatteluihin.

Laatukäsikirjassa on keskitytty johtotyyppeihin, joita esiintyy Fortumin verkon alueella. Lisäksi käsikirjassa käydään läpi maan alle rakennettavia johtoja ja jätetään käsittelemättä siltoihin, tunneleihin ja sisälle rakennettavat johdot.

Tilastojen mukaan kaukolämpöverkoissa vauriot syntyvät usein useammasta tekijästä. Tekijöitä voi olla esimerkiksi virheellinen ympäristäyttö, maanpainauma, johdon virheellinen kaltevuus, hitsausvirheet, epätiivis suojakuoriliitos ja puutteellinen eristys. Käsikirjan avulla pyritään kehittämään työskentelytapoja ja välttämään työskentelyn aikaisia virheitä.

Kaukolämpöverkon rakentamisen laatuun pystytään vaikuttamaan erityisesti noudattamalla suunnitelmia, suosituksia ja valmistajien ohjeita sekä työnaikaisella valvonnalla.

2 Kaukolämpöverkko

Kaukolämpöverkon mitoitusarvoihin kuuluu suunnittelupaine 1,6 MPa, käyttölämpötila ≤ 120 °C sekä käyttöaineena käsitelty kaukolämpövesi.

2.1 Yleiset vaatimukset

Kun kaukolämpöverkon elementtien ja valmisosien käyttökohteet sekä -olosuhteet ovat normaalit, niiden teknisen käyttöiän ja pitkäaikaisen lämpötilakestävyyden on oltava vähintään 30 vuotta, kun jatkuva käyttölämpötila on 120 °C. Kun jatkuva käyttölämpötila on 115 °C, on käyttöikä 50 vuotta ja matalammassa käyttölämpötilassa käyttöikä on yli 50 vuotta ja mahdollisesti jopa 100 vuotta.

Tämän lisäksi johdon eri osien täytyy kestää normaalia käyttölämpötilasta aiheutuvia jännityksiä, mekaanisia jännityksiä, kuten maanpaineen ja liikennekuorman aiheuttamat kuormitukset sekä pysyä halkeamattomana eri ulkolämpötiloissa. Lisäksi rakenteen tulee pysyä vesitiiviinä koko käyttöikänsä ajan.

2.2 Kaukolämpöverkon johtotyypit

Kaukolämpöverkoissa esiintyy erilaisia johtotyyppjä riippuen siitä milloin johdot on asennettu. Ennen 1990-lukua verkkoihin rakennettiin betonikanavajohtoja sekä muovisuojakuorijohtoja ja niitä on edelleen käytössä. Nykyään kaukolämpöjodot rakennetaan pääosin kiinnivaahdotetuista johdoista. Laatukäsikirjassa käsitellään pääosin yksiputkisia kiinnivaahdotettuja johtoja, eli 2Mpuk-johtoja.

Betonikanavajohdot koostuvat useimmiten teräksisistä virtausputkista, mineraalivillaeristeestä sekä betonisista kansi- ja alaelementeistä. Betoniset elementit voidaan myös valaa paikan päällä. Alla olevassa kuvassa on esitetty betonielementtikanava, ja siitä on purettu kansielementti sekä eristykset.



Kuva: Elementtikanaava (Emv)

Muovisuojakuorijohdot koostuvat teräksisistä virtausputkesta, lasikuituisista suoja-putkesta, polyuretaanieristeestä sekä polyeteenisuojakuoresta. Alla olevassa kuvassa oikealla näkyy muovisuojakuorijohto, joka on kiintopisteen avulla yhdistetty vasem- malla olevaan kiinnivaahdotettuun johtoon.



Kuva: Muovisuojakuorijohto (Mpul) ja valettu 2Mpuk kiintopiste-elementti

Kiinnivaahdotetut johdot koostuvat teräksisestä virtausputkesta, polyuretaanieristeestä sekä polyeteenisuojakuoresta. Kiinnivaahdotetut johdot voivat olla yksiputki- tai kaksiputkirakenteisia, eli toisin sanoen 2Mpuk- tai Mpuk-johtoja. Alla olevassa kuvassa on esitetty kiinnivaahdotetut 2Mpuk-johdot.



Kuva: DN700 2Mpuk-johdot

3 LAADUNVARMISTUS

Kaukolämmön laadunvarmistuksella pyritään siihen, että kaukolämmön ja -jäähdytyksen asiakkaille varmistetaan korkealaatuinen ja turvallinen järjestelmä. Tällainen järjestelmä on luotettava ja toimintavarma. Laadunvarmistuksella päästään siihen, että lämmön ja jäähdytyksen toimitusvarmuus pysyy lähes 100 prosentissa, mihin se onkin yltänyt viime vuosien aikana.

Laadun varmistustyötä tulee seurata projektin suunnittelusta kohteen luovutukseen tai vastaanottoon saakka. Valmiista verkosta vastaa kunnossapito.

Energiateollisuus kehittää ja ylläpitää kaukolämmityksen ja -jäähdytyksen laadunvarmistusta koskevia rakentamisen menettelyjä. Energiateollisuus tekee myös laadunvarmistusyhteistyötä verkon rakentamisen materiaalien standardisoimisessa, verkon osien sertifiointi- ja laadunvalvontamenettelyssä, liitostöitä tekevien urakoitsijoiden päteväntimenettelyssä sekä työohjeiden ylläpitämisessä. Ajantasaiset sertifikaatit löytyvät Euroheat & Powerin [nettisivuilta](#). Sivuilta näkee valmistajat, joilla on EHP001-sertifikaatti, eli sertifikaatti koskien tehdasvalmisteisia kaukolämpöputki- ja venttiilielementtejä sekä liitososia.

3.1 Työaikainen valvonta

Tärkeä osa laadunvalvontaa on työaikainen valvonta. Usein virheet ja puutteellisuudet eivät näy valmiissa työssä. Työaikaisella valvonnalla pystytään puuttumaan virheellisiin työtapoihin ja välttää siten virheiden toistuminen sekä laajemmat virheistä johtuvat vahingot. Maanrakennuksessa virheet voivat esiintyä esimerkiksi täyttötöissä, putkitöissä virheet voivat näkyä hitsausvirheinä sekä eristystöissä virheet voivat näkyä puutteellisena vaahdotuksena.

3.2 Laatusuunnitelma

Laadunvarmistuksessa voidaan hyödyntää laatusuunnitelmaa. Suunnitelma sisältää kaikki työvaiheet sekä se on mukautettu tilaajan organisaatioon.

Laatusuunnitelman laatii pääurakoitsija ja se tehdään jokaisen työmaahan erikseen. Suunnitelmassa määritellään työmaan laadun ohjaus- sekä varmistustoimenpiteet. Tilaaaja hyväksyy suunnitelman ennen työn aloitusta.

Laatusuunnitelman tulee sisältää seuraavat tiedot:

- Kohteen laatutavoitteet ja erityispiirteet
- Projektin organisaatio ja vastuunjako

- Laadunohjaus
- Laaturiskit ja ennaltaehkäisevät toimenpiteet
- Laadunvalvonta, kokeet ja mittaukset
- Muut urakoitsijat ja omat aliurakoitsijat
- Hankinnat
- Työmaan katselmukset ja tarkastukset
- Työmaan kokouskäytäntö
- Laatusuunnitelman ylläpito

3.3 Tarkastuksen ja laadunvarmistuksen dokumentointi

Laadunvarmistusta edesauttaa se, että työn eri vaiheita dokumentoidaan ja tarkastellaan tehtyä dokumentointia. Tällöin suoritettut toimenpiteet voidaan jäljittää tarpeen vaatiessa.

Dokumentointia voidaan toteuttaa seuraavilla tavoilla:

- Rakentamisessa käytettävien materiaalien laadun osoittaminen laatusertifikaatilla
- Hitsaajilla ja liitostyötä tekevillä työntekijöillä voimassa oleva pätevyystodistus
- Hitsausaamojen dokumentointi, esimerkiksi merkitsemällä hitsin viereen hitsaajan oma puumerkki
- Kaikkien työmaalle suoritettujen tarkastusten, mittausten, testausten ja katselmusten dokumentointi
- Toteutetun johdon sijaintimittauksen dokumentointi

3.4 Rakennetun johdon valvonta, vastaanotto ja takuu

Yleisesti rakennetut johto-osuudet mitataan ja tarkastetaan painekokeiden suorituksen mukaisesti. Koko johto taas otetaan vastaan, kun kaikki urakkaan liittyvät työt on suoritettu hyväksytysti. Vastaanottotarkastus suoritetaan YSE 1998 mukaisesti. YSE-ehdot ovat riippuvaisia urakoitsijan ja tilaajan sopimusehdoista ja ne voivat vaihdella rakennuttamishankkeittain. Urakoitsijan tulee korjata kaikki takuuajana havaitut virheet, viat ja puutteet.

3.5 Laatuvirheiden seuraukset

Kaukolämpöverkon rakentamisessa tehdyt laatuvirheiden seuraukset voivat olla erilaisia. Laatuvirheet näkyvät useimmiten kaukolämpövuotoina, joiden seuraukset voivat näkyä taloudellisina menetyksinä, ympäristöhaittoina sekä turvallisuusriskeinä.

Taloudelliset menetykset voivat näkyä kaukolämmön toimituksen katkon aikana lämmönmyynnin menetyksenä. Lisäksi kaukolämpövuodot aiheuttavat taloudellisia menetyksiä korjauskustannusten muodossa. Kaukolämmön tai -jähdytyksen katkot voivat näkyä välillisesti kuluttajan, esimerkiksi tehtaan kriittisissä prosesseissa, mitkä vaativat tiettyä lämpötilaa, ja siten aiheuttaa taloudellisia menetyksiä asiakkaan omassa tuotannossa. Taloudelliset menetykset voivat näkyä myös omaisuusvahinkoina, esimerkiksi vesivahinkona.

Vuotojen ympäristövaikutukset voivat olla esimerkiksi kasvillisuuden vahingoittumisenä. Vuodot voivat myös vaikuttaa ympäristöönsä välillisesti, esimerkiksi tiekatkon muodossa, jolloin jalankulkijat ja autoilijat joutuvat kiertämään vuotoalueen.

Turvallisuusriskit voivat näkyä myös suoraan tai välillisesti. Suoraan näkyviä riskejä on esimerkiksi vuodoista aiheutuvan kuuman veden vuotaminen tai suihkuaminen, mikä aiheuttaa palovammariskin. Välillisesti vuoto saattaa aiheuttaa turvallisuusriskin, jos vuoto vaikuttaa esimerkiksi sairaalan toimintoihin ja sitä kautta potilaisiin.

4 SUUNNITELMAT JA KATSELMUKSET

4.1 Suunnitelmat

Kaukolämpöverkon rakentaminen vaatii aina tietyt suunnitelmat ja lisäksi tarvittaessa muita suunnitelmia. Välttämättömiä suunnitelmia on kaukolämpölinjan tai -jähdytyslinjan asemasuunnitelma, turvallisuussuunnitelma ja työmaankäytönsuunnitelma. Tarvittaessa tulee tehdä muita suunnitelmia, kuten kaivantosuunnitelmia, nostotyösuunnitelmia, räjäytysuunnitelmia ja liikenteenohjaussuunnitelmia.

4.1.1 Kaukolämpösuunnitelma

Kun tilaaja tekee kaukolämpölinjan asemasuunnitelma, tulee siinä ottaa huomioon seuraavat asiat:

- Laatu- ja ympäristövaatimukset
- Suunnittelufilosofia
- Kustannukset
- Materiaalit

- Sijoitus
- Eristystapa
- Lämpöliikkeiden kompensointi

Kaukolämpösuunnitelmaa voi täydentää myös käyttöönottosuunnitelmalla.

4.1.2 Turvallisuussuunnitelma

Turvallisuussuunnitelman laatiminen kuuluu päätoteuttajan velvollisuuksiin. Suunnitelman tarkoitus on, että taataan turvallisuus työmaan työntekijöille ja sen vaikutuspiirissä oleville. Laadukkaalla turvallisuussuunnitelmalla ja sen kehittämisellä päätoteuttaja viestii muille urakoitsijoille turvallisuuden ja sen valvonnan tärkeydestä.

Turvallisuussuunnitelmassa erityisesti huomioon otettavia asioita ovat maansortumaavaara, raskaiden esivalmisteisten osien kokoaminen ja purkaminen sekä nosto- ja siirtotyöt, töiden aikataulut sekä asennus- ja työjärjestelyt, yhteisten työvälineiden ja laitteiden käyttö sekä yhteiset toimintatavat kuten havaituista vaaratekijöistä ilmoittaminen, osapuolten vastuut ja aikataulumuutokset.

4.1.3 Työmaankäytönsuunnitelma

Työmaankäytön suunnitelman tekeminen kuuluu myös päätoteuttajan velvollisuuksiin. Suunnitelmassa keskeiset osat tulee esittää tarvittaessa rakennusvaiheittain. Suunnitelmassa tulee kiinnittää huomiota asioihin, kuten henkilöstö- ja varastotilojen sekä varastopaikkojen määrään ja sijaintiin, koneiden ja laitteiden sijaintiin, jännitteisten ilmajohtojen sijaintiin, kaivuu- ja täyttömassojen sijoitukseen, työmaaliikenteen ja yleisen liikenteen liittymiskohtiin, työmaan järjestykseen ja siisteyteen sekä palotorjuntaan. Rakennustyömaa-alueen käytön suunnitelmaa edellytetään myös Valtioneuvoston asetuksessa rakennustyön turvallisuudesta 11 §.

4.1.4 Liikenteenohjaussuunnitelma

Kaivuluvan yhteydessä laaditaan suunnitelma tilapäisistä liikennejärjestelyistä. Suunnitelma sisältää kuvan tai kartan sekä selostuksen, josta käy ilmi työkohteen kohdalla kaikki eri liikennemuotojen kulkureitit. Jos kultureittejä joudutaan muuttamaan, täytyy suunnitelmassa esittää uusi reitti. Jos työ koostuu monesta eri vaiheesta, täytyy jokaisesta työvaiheesta tehdä oma suunnitelma.

Suunnitelmassa tulee myös huomioida työkohteen vaikutuspiirissä olevat pysäköinti- paikat, ajonopeuden mahdollinen alentaminen sekä työkohteen suojaaminen ja

aitaaminen. Yksinkertaisissa perustapauksissa liikenneohjaussuunnitelmassa voidaan hyödyntää [tyyppikuvia](#). Lupapäätöksen saaneella on vastuullaan määritellyt järjestelyt ja kunnossapito.

4.1.5 Kaivantosuunnitelma

RIL 263-2014 mukaan kaivantosuunnitelmassa tulee huomioida kaivannon ja sen ympäristön vaativuus. Lisäksi suunnitelman pitää sisältää kaikki suunnitelmat, jotka liittyvät kaivannon rakentamiseen. Kaivantosuunnitelma voidaan eritellä seuraavasti:

- Pohjatutkimusraportti
 - pohjatutkimusselostus
 - pohjatutkimuspiirustukset
 - ympäristöselvitys
- Geotekninen suunnitteluraportti
 - geoteknisen suunnittelun lähtöoletukset, lähtötiedot, laskentamenetelmät sekä varmuuden ja käyttökelpoisuuden todentamisen tulokset
 - geotekniset ja rakenteelliset mitoituslaskelmat ja laskentaraportti
- Kaivannon rakennussuunnitelmat
 - työselostus
 - pohjarakennuspiirustukset
 - muut suunnitelmat, kuten:
 - kaivannon kuivanapitosuunnitelma
 - kaivannon tiivistyssuunnitelma
 - pohjaveden hallintasuunnitelma
 - kaivannon ja ympäristön tarkkailusuunnitelma

4.1.6 Nostotyösuunnitelma

Kirjallinen nostotyösuunnitelma täytyy tehdä rakennustöitä tehdessä seuraavissa tilanteissa, kun tehdään vaikeita nostotöitä tai kun käytetään taakan nostamiseen samanlaisesti kahta tai useampaa nosturia.

Nostotyösuunnitelmassa esitetään:

- Noston vastuuhenkilöt ja noston opastuksen ja ohjeiden tarve henkilöstölle
- Nostettava taakka ja sen paino, painopiste sekä nostokohdat

- Nostopaikat ja -suunnat
- Nostotyön olosuhteet
- Käytettävät nostomenetelmät sekä nostolaitteiden ja apuvälineiden ominaisuudet
- Mahdolliset maapohjan tai rakenteiden vahvistukset
- Nostotyön vaiheet ja ajoitukset
- Muut tarvittavat turvallisuustoimenpiteet, kuten suojavyöhykkeet ja varottavat sähköjohdot

Suurempien kaukolämpö- ja jäähdytysjohtojen nostoon täytyy tehdä nostotyösuunnitelma.

4.2 Katselmukset

Ennen kaukolämpöverkon rakentamista suorittavat rakennuttaja, päätoteuttaja sekä tarvittaessa kiinteistön omistaja katselmuksen tulevalla johtoreitillä, jolloin katsotaan muun muassa linjan sijainti, työstä aiheutuvat haitat, tarvittavia liikennejärjestelyitä sekä mahdolliset tukitoimet. Katselmuksessa päätetään ja sovitaan toimenpiteistä ennen työn aloitusta. Toimenpiteitä ovat muun muassa kasvien suojelu, hävittäminen, siirto ja uudelleen istuttaminen, pinnoitteiden, reunakivien, sidekivien poisto ja varastointi sekä aitojen ja porttien uudelleen rakentaminen.

5 LUPA-ASIAT

Kaukolämpö- ja jäähdytystyöt edellyttävät lupia, sillä kaikki yleisillä alueilla tapahtuvat työt ovat luvanvaraisia

5.1 Sijoituslupa

Kun pysyväluontoisia rakenteita tai laitteita rakennetaan tai sijoitetaan yleiselle alueelle, tarvitaan siihen sijoituslupa. Kaukolämpöjohdot ja kaivot vaativat sijoitusluvan. Lupa myönnetään rakenteiden omistajalle tai haltijalle ja luvan saaja vastaa lupaehtojen noudattamisesta.

Espoon ja Kauniaisten alueilla tulee sijoituslupa hakea kaukolämpö- ja jäähdytyslinjojen rakentamiseen, kun kaupungin omistamalle maalle rakennettava linja on yli 20 m ja kun linjaan tulee kaivo. Kirkkonummen alueella sijoituslupa vaaditaan, kun kunnan maalle aiotaan sijoittaa johtorakenteita pysyvästi tai väliaikaisesti.

5.2 Kaivulupa

Kaivulupaa tulee hakea, kun katualueella kaivetaan. Kaivuluvan hakemisen yhteydessä seuraavat asiat:

- Tuleeko hakea myös sijoituslupa.
- Aiheuttaako kaivaminen haittaa liikenteelle, eli edellyttääkö kaivaminen tilapäistä liikennejärjestelysuunnitelmaa.
- Tarvitaanko aitauslupaa, esimerkiksi silloin kun on tarve vuokrata yleisiä alueita työmaa- tai pysäköintikäyttöön.
- Ennen luvan hakemista tulee hakea johtokarttatiedot johtotietopalvelusta.

Kaivulupia haetaan kaupunki- ja kuntakohtaisesti:

- Espoo: [e-asiointi](#)
- Kauniainen: [Lupapiste](#)
- Kirkkonummi: [Lupapiste](#)

5.3 Liikenneväylien ja vesistöjen alitukset

Liikenneväylien ja vesistöjen alitukseen tulee saada aina väylänpitäjän lupa. Työ tulee myös suorittaa lupaehtojen mukaisella tavalla. Lupia voidaan hakea Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukselta (ELY) tai Väylävirastolta.

6 MAANRAKENNUS

Kaivuutyöt tulee suorittaa siten, ettei niistä aiheudu haittaa liikenteelle ja ympäristölle.

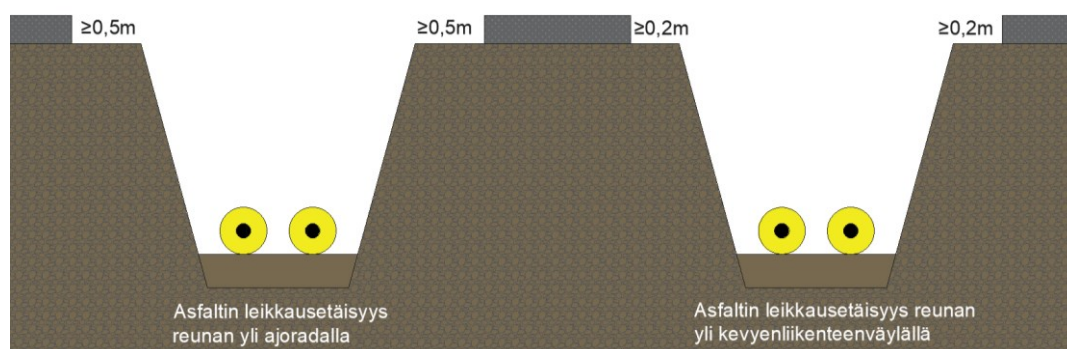
Lisäksi maanrakennustöissä tulee noudattaa muun muassa seuraavia laatuvaatimuksia, normeja ja määräyksiä:

- Infra-RYL
 - Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Osa 2 Järjestelmät ja täydentävät osat, 2006
 - Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Päällys- ja pintarakenteet, 2017
 - Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Maa-, pohja- ja kalliorakenteet, 2018

- Asfaltointinormit 2017 PANK ry
- Tilapäiset liikennejärjestelyt katu- ja yleisillä alueilla, Suomen kuntatekniikan yhdistyksen julkaisu 1/2013
- BY 50 Betoninormit 2012, Betoniyhdistys ry
- Mahdolliset paikallisen viranomaisen lisätiedot ja määräykset
- Lupaviranomaisen lupachdot ja kiinteistönomistajien sijoituslupasopimukset

6.1 Vanhan päällysteen leikkaus

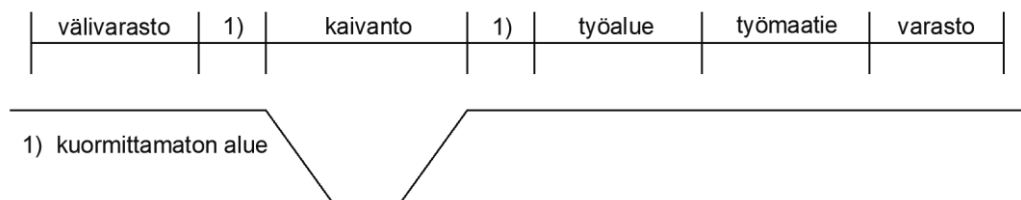
Asflattipäällysteisillä teillä asfalttien reunat tulee leikata suoraksi. Alla olevassa kuvassa on esitetty, mikä on asfaltin leikkausetäisyys reunasta ajoradalla ja kevyenliikenteenväylällä. Ajoradoilla asfaltin tulee olla vähintään 0,5 m päässä reunasta ja muilla alueilla etäisyyden tulee olla vähintään 0,2 m päässä. Jos ajoradoilla on kaksi tai useampi sidottu kerros, voidaan vanha päällyste leikata vähintään 0,2 m reunasta.



Kuva: Asfaltin leikkausetäisyydet kaivannon reunasta ajoradalla ja kevyenliikenteenväylällä

6.2 Putkikaivantojen tilantarve kaivannon ulkopuolella

Alla olevassa kuvassa on esitetty suositeltu putkikaivannon tilantarve, sitä kuitenkin pystytään harvemmin soveltamaan katualueella. Kaivannon molemmille reunoille tulee jättää kapea kuormittamaton alue. Sen ulkopuolisia alueita, eli aktiivipuolen alueita, ovat työalueet, työmaatiet ja varastointialueet.



Kuva: Putkikaivantotyömaan toimintojen järjestely ja tilantarve

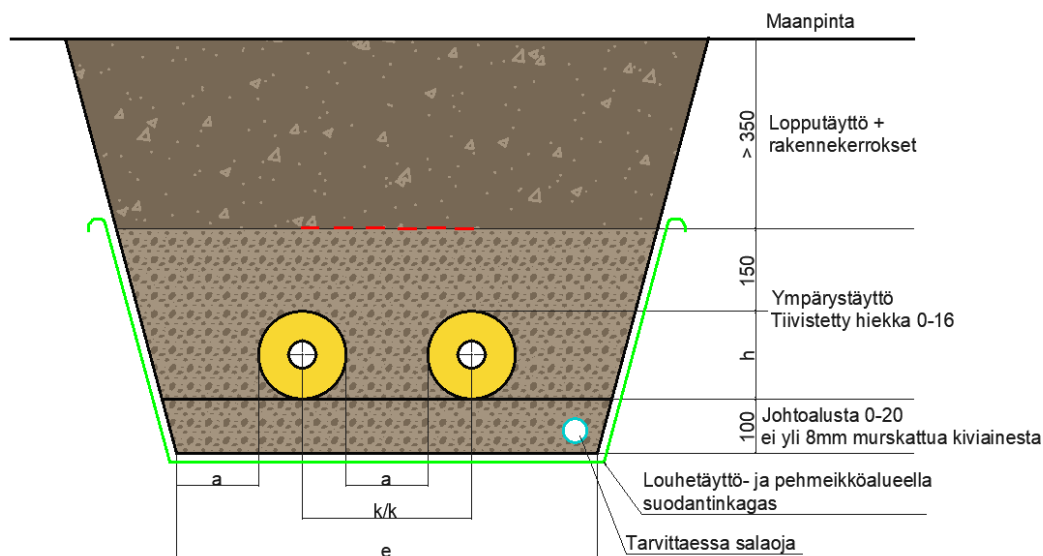
Tilantarve kaivannon aktiivipuolella (kuvassa oikealla) on noin 10–15 m. Lisäksi putkikilinjalle voi tarvita putkikuormia kuljettavien siirtoautojen kääntöpaikkoja, jos työmaatien läpi ei voi ajaa. Kaivannon toisella puolella (kuvassa vasemmalla) tilantarve on 2 m ja lisäksi mahdolliset kaivumaiden välivarastointialueet kaivannon lopputäyttöä varten.

Jos kuitenkin työmaa-aluetta joudutaan rajoittamaan, esimerkiksi ympäristön vuoksi, täytyy varastointi järjestää kaivantoalueen ulkopuolelle sopiviin varastointipaikkoihin. Tällöin tilantarve on aktiivisella puolella noin 8–10 m. Jos työmaatietä ei voida järjestää, täytyy kaivanto rakentaa päädyistä käsin.

Kaukolämpötyömailla kaivannolle ei kuitenkaan useimmiten pystytä järjestämään yllä esitettyä tilaa. Katualueilla toimittaessa ei tarvita myöskään erillistä työmaatietä, sillä kulku työmaalle onnistuu olemassa olevien teiden kautta. Lisäksi poistettu päällyste sekä kaivannon täyttöön tarpeeton maa tulee kuljettaa heti pois työmaalta. Tällöin varastointialueelle ei ole myöskään tarvetta.

6.3 Johtoalusta

Kaivannon pohja tulee tehdä tyyppipiirustusten mukaisesti. Alla olevassa kuvassa on 2Mpuk-johtojen tyyppileikkauskuva.



Kuva: 2Mpuk-johdon tyyppikuva kanavan poikkileikkauksesta

Alla olevaan taulukkoon on eroteltu eri putkikokojen mukaan kaivannon leveys ja syvyys sekä kerrosten paksuudet.

DN	Elementti	Putket				Kanava			Täyttö m ³ /m	Kaivu m ³ /m	Pinta 1) m ² /m	Pinta 2) m ² /m
		tilavuus m ³ /m	d _a mm	s mm	k/k mm	vesitilavuus dm ³ /johto-m	h mm	e mm				
15	0,019	21,3	2,0	260	0,47	110	670	150	0,56	0,58	0,95	1,35
20	0,025	26,9	2,0	275	0,82	125	700	150	0,59	0,61	0,99	1,39
25	0,025	33,7	2,3	275	1,33	125	700	150	0,59	0,61	0,99	1,39
32	0,031	42,4	2,6	290	2,17	140	730	150	0,62	0,65	1,03	1,43
40	0,031	48,3	2,6	290	2,92	140	730	150	0,62	0,65	1,03	1,43
50	0,040	60,3	2,9	310	4,67	160	770	150	0,66	0,70	1,07	1,47
65	0,051	76,1	2,9	330	7,76	180	810	150	0,70	0,75	1,12	1,52
80	0,063	88,9	3,2	350	10,69	200	850	150	0,75	0,81	1,17	1,57
100	0,098	114,3	3,6	400	18,02	250	950	150	0,85	0,95	1,29	1,69
125	0,123	139,7	3,6	430	27,58	280	1010	150	0,92	1,04	1,36	1,76
150	0,156	168,3	4,0	465	40,36	315	1080	150	1,00	1,16	1,45	1,85
200	0,251	219,0	4,5	600	69,27	400	1400	200	1,35	1,60	1,80	2,20
250	0,393	273,0	5,0	700	108,65	500	1600	200	1,61	2,00	2,04	2,44
300	0,493	323,9	5,6	760	153,59	560	1720	200	1,77	2,26	2,18	2,58
400	0,792	406,4	6,3	910	243,60	710	2020	200	2,20	2,99	2,54	2,94
500	1,005	508,0	6,3	1000	385,51	800	2200	200	2,47	3,47	2,76	3,16
600	1,272	610,0	7,1	1100	557,60	900	2400	200	2,78	4,05	3,00	3,40

Täyttö, Kaivu ja Pinta laskettu kuvan mukaisilla minimimitoilla ja luiskakaltevuudella 5:1.

Täyttö = Rakenneteoreettinen m³/m

Kaivu = Kiintoteoreettinen m³/m

Pinta 1) = Kaivannon pinta

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

Taulukko 1: Kanavan tyyppipoikkileikkauksen pituudet ja tilavuudet

Kaivantojen johtoalustojen paksuus on vähintään 100 mm ja pohjamateriaalina tulee käyttää 0–20 mm kivituhkaa. Yli 8 mm murskeen käyttö on kiellettyä. Johtoalustojen pohjan tulee olla tasainen ja suora. Suurin sallittu poikkeama on 20 mm suunnitelman mukaisesta korosta.

Jos kohteessa on riski maa-aineen sekoittumiselle, esimerkiksi pehmeiköt ja louhepenkereet, tulee käyttää suodatinkangasta (300 g/m^2). Kankaan reunojen pitää ylettyä ta-saussorakerroksen päälle taitettavaksi.

Lisäksi painaumien tasaamiseen sekä estämään johtoalustan sekoittumista perusmaa-han, voidaan kaivannossa käyttää teräslevyarinaa. Teräspoimulevyt ovat kuumasinkityjä ja niiden paksuus on 0,7 mm. Levyt painetaan kaivannon pohjaan niin, että ala-puolen poimut täyttyvät. Levyt asennetaan pituussuunnassa 500 mm ja poikittaissuun-nassa 200 mm limittäin.

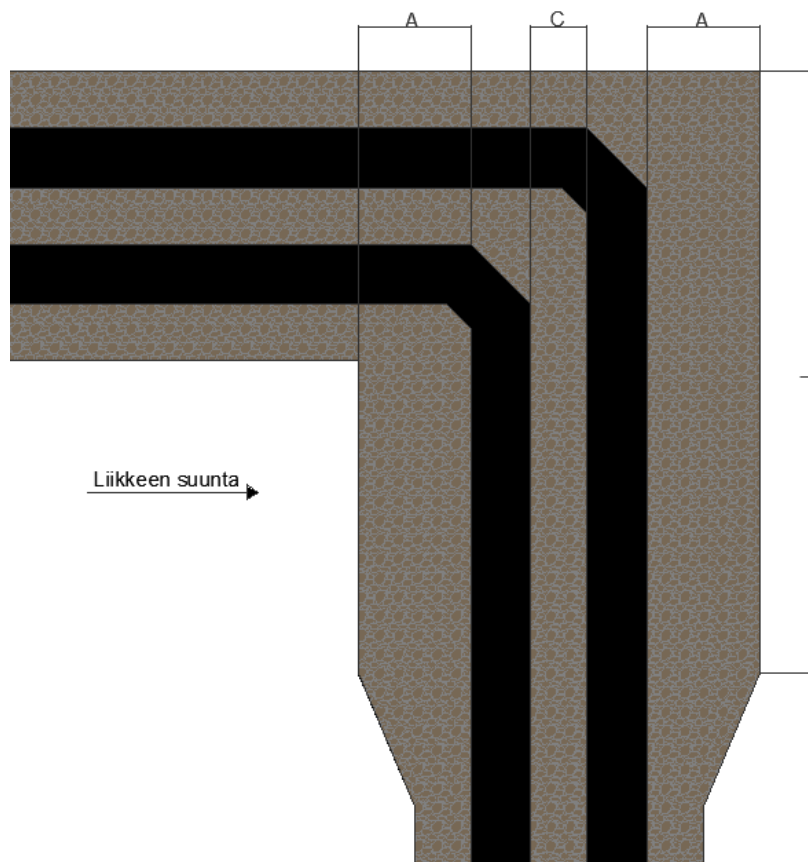
2Mpuk- ja Mpuk-johtojen liitoskohdissa tehdään kaivanto siten, että elementin ulko-puolelle jää vähintään 200 mm vapaata tilaa

Jos johtojen paikantamista halutaan helpottaa, voidaan ne merkitä violeteilla merkin-tänauhoilla, jotka asennetaan ympärystytön päälle. Alla olevassa kuvassa näkyy vio-letit merkintänauhat kaukolämpöjohtojen yläpuolella ympärystytön päällä.



Kuva: Merkintänauhat kaivannossa

Lisäksi kaivantoja tehdessä tulee huomioida johtojen mitat paisuntakulmissa. Alla olevassa kuvassa on esitetty havainnekuva kaivannosta sekä taulukossa on tarvittavat mitat eri kokoisille putkille.



Kuva: Havainnekuva kaivannossa paisuntakulmissa

PE-putki D (mm)	Kaivuleveys kulmakohdassa		Levitetyn osan pituus L (m)
	Leveys A (mm)	Leveys C (mm)	
125	250	150	1,3
140	300	150	1,4
160	300	150	1,6
180	350	150	1,8
200	400	200	2,0
250	500	200	2,5
280	550	200	2,8
315	650	200	3,2
400	800	200	4,0
450	900	200	4,5
500	1000	200	5,0
630	1250	200	6,3
710	1400	200	7,1
800	1600	200	8,0
1000	2000	200	10,0

Taulukko: Kaivannon pituudet kulmakohdissa erikokoisille putkille

6.4 Seinien tuenta ja luiskakaltevuudet

Kaivannon sortumavaaran ehkäisemiseksi tulee kaivanto tukea. Suunnitelman kaivannon tuennasta tai muusta suojaustoimenpiteestä tulee laatia pätevä henkilö

Riippuen maalajista, on erilaisia suosituksia putkikaivantojen luiskakaltevuuksille. Putkikaivannoissa ei luiskakaltevuus saa kuitenkaan olla jyrkempi kuin 2:1. Alla olevassa kuvassa on esitetty luiskakaltevuuksia eri maaperille.

Syvyys	Maalaji	Maan lujuus	Luiskakaltevuus	Kaivumaiden sijoitus (luiskan yläreunasta)
≤ 2,0 m	Pehmeä savi	$c_{uk} = 10 \text{ kPa}$	1:3	≤ 1,0 m kerros, etäisyys ≥ 8 m
≤ 2,0 m	Sitkeä savi	$c_{uk} = 20 \text{ kPa}$	2:1	≤ 2,0 m kerros, etäisyys ≥ 5 m
≤ 2,0 m	Löyhä hiekka, keskitiivis siltti	$\varphi = 30^\circ$	1:2	Etäisyys ≥ 4 m
≤ 2,0 m	Keskitiivis hiekka, löyhä sora	$\varphi = 34^\circ$	1:1,5	Etäisyys ≥ 4 m
≤ 2,0 m	Tiivis sora, keskitiivis moreeni	$\varphi = 38^\circ$	1:1,25	Etäisyys ≥ 4 m
2,0...3,0 m	Keskitiivis hiekka, löyhä sora	$\varphi = 34^\circ$	1:1,75	Etäisyys ≥ 4 m
2,0...3,0 m	Tiivis sora, keskitiivis moreeni	$\varphi = 38^\circ$	1:1,5	Etäisyys ≥ 4 m

Kuva: Putkikaivantojen ohjeelliset luiskakaltevuudet

Ohjeistukset perustuvat seuraaviin seikkoihin:

- maaparametrien tiedot perustuvat pohjatutkimustuloksiin
- kaivussyvyys on hienorakeisilla ja välimaalajeilla alle 2,0 m ja korkearakeisilla alle 3,0 m
- kaivannon pohja ei mene pohjavedenpinnan alapuolelle
- kaivannon alueella ei ole rakenteita, jotka ovat herkkiä siirtymälle
- kaivannon reunalla on enintään 200 kN:n työkone

Jos suunnittelulla ei saada luiskatun kaivannon turvallisuutta sortumista riittäväksi, tulee kaivanto suunnitella tuettuna.

6.5 Salaojitus

Salaojien tarve katsotaan tapauskohtaisesti, jos niitä ei ole merkitty suunnitelmiin. Salaojien asentaminen on suositeltavaa, jos pohjaveden taso yltää johdon tasolle, sillä se voi vaikuttaa kaivannon kuivana pitoon rakennusaikana sekä johdon lämpöhäviöihin.

Salaojat tulee asentaa tasauskerrokseen siten, ettei niihin jää korkeussuunnassa mutkia. Lisäksi niitä voi liittää enintään 50 m välein ja taitekohdat vesikaivoihin tulee tehdä kunnan ohjeiden mukaisesti.

6.6 Aidat ja kyltit

Kaivantojen suoja-aidat täytyy varustaa heijastavalla materiaalilla. Niiden vähimmäiskorkeus tulee olla 110 cm, kuitenkin huomioiden samalla esteettömyysmääräykset. Kaivannot tulee suojata teräslanka-aidoilla aukottomasti. Muovisten aitojen käyttö on kielletty. Syvissä kaivannoissa, eli yli 70 cm syvissä, tulee liikennettä vastaavan puolen sekä kaivantojen päädyt olla suojattu raskassuoja-aidoilla.

Työkohteissa tulee olla erillinen työmaataulu, josta selviää työn tarkoitus, kesto sekä luvan saajan ja työstä vastaavan yhteystiedot.



Kuva: Työmaakyltti suoja-aidassa ja raskassuojat kaivannon liikenteen puolella

Yllä olevassa kuvassa on esitetty työmaakyltti, jossa on kaikki PKS:n vaatimat tiedot. Lisäksi kaivannon liikenteen puolelle on asetettu raskassuojat.

6.7 Sillat

Työaikana liikenne ohjataan kaivantojen yli siltoja käyttäen. Siltojen tulee rakenteeltaan täyttää liikenteen ja tienpitäjän asettamat vaatimukset. Sillat tulee rakentaa niin, että eri työvaiheiden tekeminen on mahdollista.

Alla olevassa kuvassa on sillat, jotka on asetettu autotien ali kulkevan kaivannon päälle, jotta autoliikenne sujuisi hyvin. Siltojen päihin on lisätty kylmämassaa, eli asfaltin paikkausmassaa, jolla mahdollistetaan siltojen paikallaan pysyminen sekä loivennetaan tien ja siltojen välille jäävää kulmaa.



Kuva: Autotien ylittävät sillat

Lisäksi sillat on varustettava kaiteilla ja pidettävä kunnossa siihen asti, kunnes kaivanto täytetään.



Kuva: Jalankulkusiltoihin kiinnitetyt aidat

Yllä olevassa kuvassa on esitetty kaivannon ylitse menevä jalankulkijoita varten oleva silta. Siltaan on kiinnitetty aidat siten, ettei sillan ja aidan väliin jää epäturvallista rakoja.

6.8 Räjätys- ja louhintatyöt

Jos johtolinjaa rakentaessa tulee vastaan tilanne, jossa täytyy tehdä louhintatöitä, tulee louhintamenetelmät valita yhdessä ympäristön rajoitusten sekä kallion laadun vaatimusten mukaan. Ennen jokaista poraustyön aloittamista, täytyy laatia VNa 644/2011 mukainen räjäytyssuunnitelma.

Räjätys- ja louhintatöitä saavat tehdä vain niihin pätevät henkilöt. Räjätystöistä tulee ilmoittaa poliisille sekä räjäytystöiden yhteydessä aiheutuneesta vaarasta tulee ilmoittaa työsuojeluviranomaisille.

6.9 Johdot ja kaapelit

Kaivantoa tehdessä täytyy esiin tulevia johtoja tukea, suojata tai siirtää. Jotta vahingoilta vältytään, täytyy kaivutyö suorittaa varoen johtojen läheisyydessä. Johtojen työnaikaisesta suojauksesta ja tukemisesta täytyy neuvotella johdon omistajan kanssa. Myös vahinko- ja vaurioilanteissa täytyy ottaa yhteys johdon omistajaan. Myös tunnistamattomien johtojen ja kaapeleiden yhteydessä täytyy selvittää niiden omistajat, jotta voidaan sopia jatkotoimenpiteistä.



Kuva: Kaukolämpökaivannon ylittävät kaapelit

Kaasuputkien läheisyydessä työskenteleminen vaatii putkien omistajan luvan ja ehdot. Kun työskennellään keski- ja suurjännitekaapeleiden läheisyydessä, täytyy noudattaa erityistä varovaisuutta.

6.10 Täyttö

InfraRYL 2010 on määrittänyt kantavuusvaatimukset päällysteen alapuolisille sitomattomille kerroksille, eli siis päällysteen alapuolisille kerroksille

Ennen kuin täyttö voidaan aloittaa, tulee varmistaa seuraavat seikat: kivet ja muut ylimääräiset esineet on poistettu kaivannosta, mahdollinen salaojitus on kunnossa, mahdolliset hälytysjärjestelmät ovat kunnossa, maassa valmiiksi olleet rakenteet, kuten risteävät johdot ja kaapelit on korjattu, suojattu ja asennettu sekä tarkemittaus on suoritettu.

Lopputäytössä tulee huolehtia täyttöjen suorittaminen kerroksittain tiivistämällä ottaen huomioon johtorakenteen ja asennuspaikan vaatimukset

Täyttäessä johtojen ympärystä, tulee välttää liian paksua hiekkakerrosta. Täytön tulee ulottua vähintään 150 mm putken yläpinnasta. Täyttömateriaalina tulee käyttää 0–16 mm murskeetonta hiekkaa, jonka alle 0,1 mm olevien hienojen rakeiden osuus saa olla maksimissaan 10 %.

Täytössä tulee pyrkiä siihen, että täyttö voidaan tehdä samalla maa-aineella, josta maa kaivettiin. Jos täytössä käytetään muuta maata-ainesta, täytyy sen routimisominaisuudet olla samat kuin poistetun maa-aineksen. Täytössä ei saa olla kiviä, routakokkareita eikä jäätä. Katualueilla tulee täyttömaan vastata kadun rakennekerroksia.

Kaivannon täytössä tulee käyttää tärylevyä ja täyttö suositellaan tehtävä 300 mm kerroksina siten, että tiivistyskerrokset ovat 150–400 mm kun käytetään 400 kg tärylevyä ja jyräskerrat ovat 3–6 välillä. Tiivistyskerroksissa suurin sallittu kivien halkaisija on 2/3 tiivistekerroksen paksuudesta. Veden käyttö auttaa tiivistymiseen ja suositeltu vedenpitoisuus on 5–9 %. Katu-, puisto- ja kenttäalueilla tiivistäminen suoritetaan samalla tavalla.

Huolellinen tiivistäminen on tärkeää, sillä runko- ja haarajohdot sijoittuvat usein eri tasoille, erityisesti haaroituskohdissa. Täten varmistetaan, että haarajohto on kokonaan tiiviisti maata vasten.

6.11 Jälkityöt

Ennen kuin jälkityöt aloitetaan, tulee varmistua siitä, että täyttötyöt on tehty oikein.

Täyttötöiden jälkeen kaivannon pintarakenteet on saatettava vähintään samaan kuntoon kuin ennen töiden aloitusta. Esimerkiksi rikkoutuneet tai vaurioituneet kivetykset tulee korvata uusilla sekä nurmikot istutuksineen tulee saattaa alkuperäiseen kuntoon. Lisäksi asfalttitoissa täytyy noudattaa tien- tai kadunpitäjän määräyksiä. Asfalttipäällysteiden laatu voidaan tarkastaa esimerkiksi poranäytteiden avulla.

Tarkempia ohjeita ja määräyksiä pääkaupunkiseudulle on annettu [Yleisten alueiden käyttöä, tilapäisiä liikennejärjestelyitä ja katutöitä](#) -dokumentissa.

Katuluokka	Rakennekerros	Asfaltin kerrospaksuus, 1 cm = 25 kg/m ²
1. Erittäin vilkkaasti liikennöidyt kadut	3 x ABK 32/150 (18 cm) KBVA 16 (n. 90 kg/m ²)(4 cm) + karkeutus tai SMA 16/100(4 cm)	22 cm
Kantava kerros	Kalliomurske 0-32 mm	15 cm
Jakava kerros	Sora tai sorainen hiekka 0-63 mm	60 cm
2. Vilkkaasti liikennöidyt kadut	ABK32/225(9 cm) + ABK32/150(6 cm) + KBVA16(4 cm)(n. 90 kg/m ²) + karkeutus tai SMA 16/100(4 cm)	19 cm
Kantava kerros	Kalliomurske 0-32 mm	15 cm
Jakava kerros	Sora tai sorainen hiekka 0-63 cm	
3. Pääliikenne- ja kokoojakadut	2 x ABK 32/150 (12 cm) KBVA 11 (4 cm) (n. 90 kg/m ²) + karkeutus tai lupatarkastajan luvalla ilman pohjamassaa AB 16/125 (5 cm)	16 cm
Kantava kerros	Kalliomurske 0-32 mm	15 cm
Jakava kerros	Sora tai sorainen hiekka 0-63 cm	60 cm
4-5. Asuntokadut	ABK32/125(5 cm) + KBVA 11 (4 cm)(n. 90 kg/m ²) + karkeutus tai lupatarkastajan luvalla ilman pohjamassaa AB 16 /125 (5 cm)	9 cm, 5 cm
Kantava kerros	Kalliomurske 0-32 mm	15 cm
Jakava kerros	Sora tai sorainen hiekka 0-63 cm	60 cm
6. Jalankulku- ja pöyrävyylät	AB 11/100 (4 cm)	4 cm
Kantava kerros	Kalliomurske 0-32 mm	15 cm
Jakava kerros	Sora tai sorainen hiekka 0-63 cm	60 cm
6. Jalkakäytävät	AB 8/90(4 cm) tai alueella jossa on rakenne ABK + KBVA, ABK 22/100 (4 cm) + KBVA 6 (2,5 cm)(n. 50 kg/m ²)	4 cm / 6,5 cm
Kantava kerros	Kalliomurske 0-32 mm	15 cm
Jakava kerros	Sora tai sorainen hiekka 0-63 cm	60 cm
Erikoispäällysteet, SMA, (mm. kiveykset, punaruskea asfaltti, "pleksipave" tai VA, yms.) Luvan myöntäjän määräysten mukaan		
Istutukset	Kasvualusta	50 cm
Ruohokentät	Kasvualusta	20 cm

Taulukko: Eri katuluokkien rakennekerrokset

Yllä olevassa kuvassa on esitetty erilaisten teiden ja alueiden tarvittavat rakennekerrokset sekä asfaltin kerrospaksuudet.

6.12 Ympäristö

Työmaan ja sen ympäröivät alueet tulee pitää siistinä. Lisäksi kaivumaiden, työmaa-vesien ja muiden rakennusmateriaalien päätyminen ympäristöön täytyy estää. Jos täytömaiden epäillään olevan pilaantunutta maata, täytyy asiasta olla yhteydessä ympäristökeskukseen. Myös vieraskasvit tulee käsitellä vieraslajilinjauksien vaatimalla tavalla.

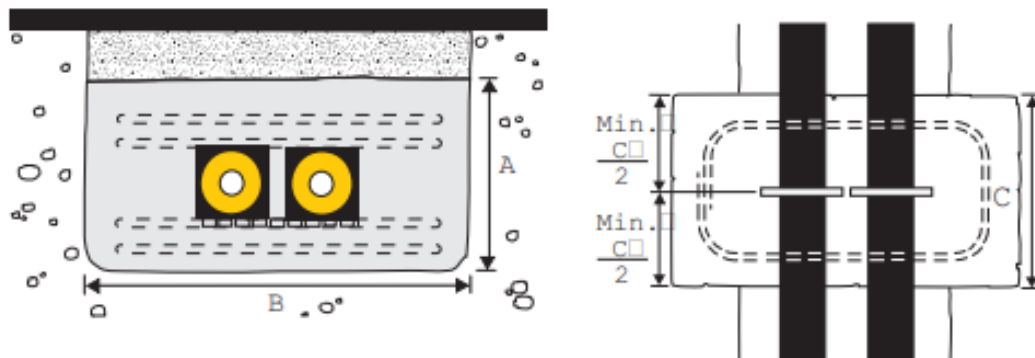
7 BETONITYÖT

Betonitöissä tulee noudattaa voimassa olevia betoni- ja teräsbetonirakenteita koskevia [teknillisiä ohjeita](#) ja normaalimääräyksiä sekä kyseistä työtä varten laadittuja piirustuksia. Betonirakenteissa pitää käyttää rakennesuunnitelman mukaista betonia ja se tulee tiivistää sauvatärytintä käyttäen. Lisäksi jälkihoito pitää suorittaa betoninormien mukaisesti.

Betonityötä tulee johtaa henkilö, jolla on siihen vaadittava pätevyys sekä ennen valutöiden suorittamista raudoitukset tulee tarkistaa

7.1 Kiintopisteet

Kiinnivaahdotettujen johtojen kiintopisteiden betonityöt täytyy tehdä elementtivalmistajien ohjeiden mukaan.



Kuva: 2Mpuk kiintopiste

Yllä olevassa kuvassa on esitetty [Logstoren](#) kiintopiste kiinnivaahdotetuille johdoille.

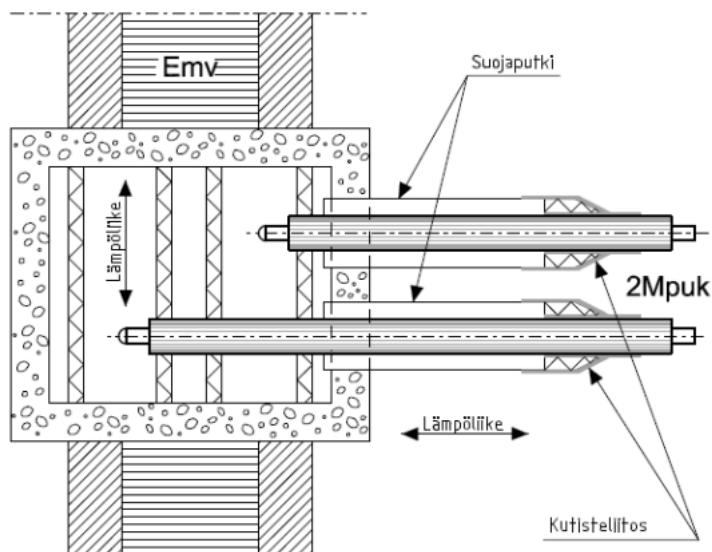
7.2 Betonikanavan haarajohdot

Kun betonikanavasta otetaan haarajohto, avataan vanha johto käyttämällä timanttisahausta, ja putkityön valmistuttua valetaan avattu kohta takaisin kiinni.



Kuva: 2Mpuk-haaroitus betonikanavaputkesta

Yllä olevassa kuvassa on otettu haaroitus elementtikanavaputkista, sekä haaroitukseen on yhdistetty liikevaraputket.



Kuva: Havainnollistava kuva betonikanavan ja 2Mpuk-johtojen liitoksesta

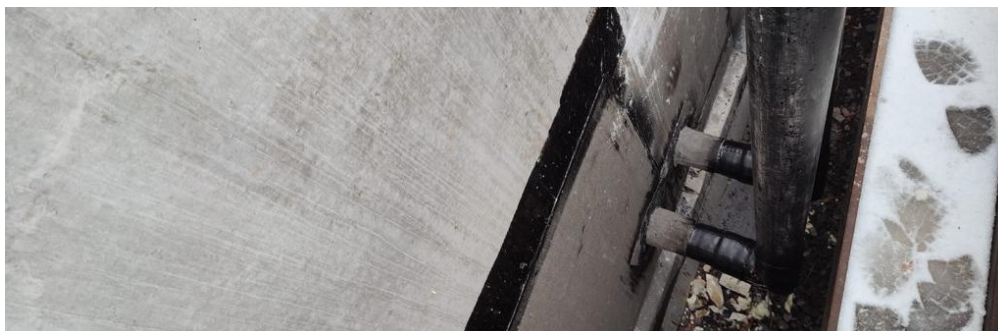
Yllä olevassa kuvassa on havainnollistettu betonikanavan ja 2Mpuk-johtojen liitoksesta sisältäen myös johtojen lämpöliikkeitä. Betonikanavan johtojen lämpöliikkeitä mahdollistetaan laittamalla 2Mpuk-johdot liikevaraputkien sisään. Liikevaraputket voivat olla tehty teräksestä tai polyeteenistä. Betonikanavan lämpöliikkeitä määräävät valittavan liikevaraputken halkaisijan ja pituuden. 2Mpuk-haaroituksen suuntaiset lämpöliikkeitä tasataan sallimalla betonikanavan johtoihin pieni painauma tai kompensoimalla 2Mpuk-johtojen lämpöliikettä 90° kulmalla tai Z-elementin avulla. Jos kyseiset ratkaisut eivät ole mahdollisia, täytyy 2Mpuk-johtoon rakentaa kiintopiste.

7.3 Erillisvalukohdat

Erillisvalut suoritetaan tapauskohtaisesti laadittujen piirustusten mukaan tai soveltamalla yleispiirustuksia. Erillisvaluja voivat olla esimerkiksi suurempien venttiilien pohjalaatat.

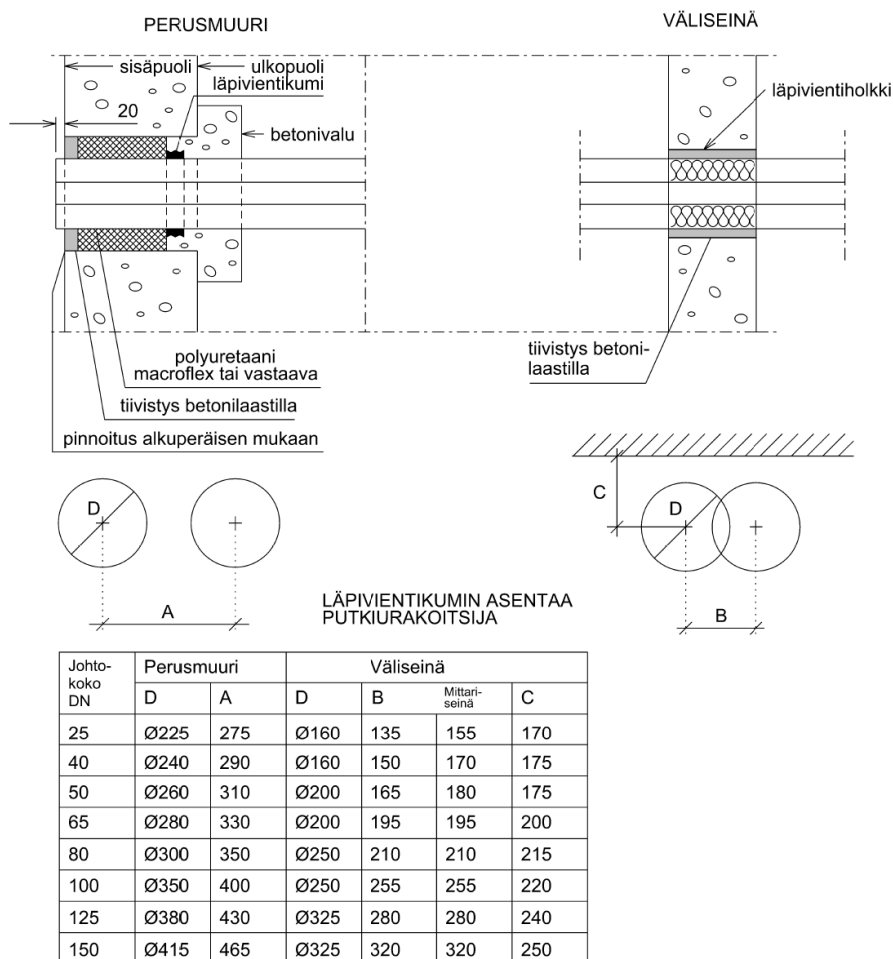
7.4 Läpiviennit

Läpivientireikiä tehdään suurimmalta osin perusmuureihin sekä tiili-, betoni- tai luonnonkiviseiniin. Reikien halkaisijan koko riippuu putken suojakuoren suuruudesta. Reikien paikat selviävät likimalkain johtopiirustuksista. Läpivientien reiät tehdään perusmuureihin ja väliseiniin käyttämällä timanttiporaa.



Kuva: Talohaaran läpivienti lämmönjakohuoneeseen.

Yllä olevassa kuvassa on esitetty talohaaran läpivienti lämmönjakohuoneeseen betoniseinän läpi.



Kuva: Seinäreiät perusmuurissa sekä väliseinässä

Yllä olevassa kuvassa on esitetty läpivientien seinäreiät perusmuurissa sekä väliseinässä. Lisäksi läpivientien halkaisijoiden suuruudet on esitetty taulukossa eri putkikokojen mukaan.

7.5 Teräsbetonin purkaminen

Pieniä teräsbetonin purkamistöitä täytyy tehdä, kun tehdään liittostöitä jo olemassa oleviin kaivoihin ja kanaviin.

8 PUTKITEKNISET TYÖT

Elementeissä ja muissa valmisosissa käytettävien teräsputkien täytyy olla standardin SFS-EN 253 mukaisia. Standardissa SFS-EN 10204 määritellään metallituotteista tehtävät aineodistukset. Asiakas voi pyytää elementtitoimitajalta materiaalitodistuksen. Todistus kannattaa pyytää toimituksen yhteydessä, sillä jälkikäteen sen saaminen voi olla epävarmaa. Alla olevassa taulukossa on esitetty hitsattujen teräsputkien mitat ja toleranssit.

Nimellishalkaisija DN	Ulkohalkaisija, d ¹⁾ mm			Seinämänpaksuus, t ²⁾ mm		
	min.	d	max.	min	t	max.
15	21,0	21,3	21,6	1,7	2,0	2,3
20	26,6	26,9	27,2	1,7	2,0	2,3
25	33,4	33,7	34,0	2,0	2,3	2,6
32	42,1	42,4	42,7	2,3	2,6	2,9
40	48,0	48,3	48,6	2,3	2,6	2,9
50	60,0	60,3	60,6	2,6	2,9	3,2
65	75,7	76,1	76,5	2,6	2,9	3,2
80	88,4	88,9	89,4	2,9	3,2	3,5
100	113,7	114,3	114,9	3,2	3,6	4,0
125	139,0	139,7	140,4	3,2	3,6	4,0
150	167,4	168,3	169,2	3,5	4,0	4,5
200	218,1	219,1	220,1	4,0	4,5	5,0
250	272,0	273,0	274,0	4,5	5,0	5,5
300	322,9	323,9	324,9	5,1	5,6	6,1
400	404,8	406,4	408,0	5,8	6,3	6,8
500	506,4	508,0	509,6	5,8	6,3	6,8
600	608,4	610,0	611,6	6,6	7,1	7,6
700	709,4	711,0	712,6	7,5	8,0	8,5
800	811,4	813,0	814,6	8,3	8,8	9,3
900	912,4	914,0	915,6	9,5	10,0	10,5
1000	1014,4	1016,0	1017,6	10,5	11,0	11,5
1200	1217,4	1219,0	1220,6	12,0	12,5	13,0

1) d = nimellisulkohalkaisija

2) t = nimellinen vähimmäisseinämänpaksuus

Taulukko: Hitsattujen teräsputkien mitat ja toleranssit

Jos on epäily, etteivät putket täytä standardien vaatimuksia dimensioiden tai materiaalin osalta, voidaan tehdä seuraavia toimia:

- Mittauttaa putken mitat kolmannella osapuolella.
- Toimittaa teräsputkea alkuaineanalyysiin, sekä murto- ja vetolujuuskokeeseen kolmannelle osapuolelle.

Jos putket paljastuvat standardista poikkeaviksi, voi putkien tilaaja olla yhteydessä toimittajaan jatkotoimenpiteitä varten.

8.1 Putkien käsittely ja varastointi

Kaukolämpöputkielementtien matalin käsittelylämpötila on joko -18 °C tai materiaali-toimittajan ilmoittama lämpötila.

Kun elementtejä siirretään nosturilla, tulee nostoliinujen leveys olla vähintään 100 mm. Nostossa on sallittua käyttää nostokouraa, jos koura on suojattu muotoiluilla suo-jalevyillä. Elementtien nostamiseen on kielletty käyttää vaijereita sekä kettinkejä.

Käsiteltäessä elementtejä, ei suojakuori eikä teräsputki saa vahingoittua. Kun elementtejä siirretään, tulee välttää iskujen ja täräyksien osumista elementtiin sekä varoa elementin notkahtamista.

Elementit tulee varastoida tasaiselle alustalle erillisten aluspuiden päälle siten, ettei niihin kohdistu ylimääräistä räsitusta. Elementin suojakuoreen kohdistuva paine saa olla maksimissaan 300 kPa. Aluspuiden leveys tulee olla 125–400 mm, riippuen pinon korkeudesta. Elementtien pino saa olla maksimissaan 2 m korkea. Aluspuut tulee sijoittaa siten, että ensimmäinen aluspuu on 400 mm putken päästä ja niiden väli on enintään 3 m. Varastointimenetelmät koskevat putki- sekä valmiselementtejä.

Varastoidessa täytyy putket asettaa siten, että ne ovat samoin päin, jolloin tuotetarrat ovat samassa päässä. Tällöin putkien, joissa on hälytysjohtimet, kytkentä menee oikein. Lisäksi elementeissä tulee olla suojahatut paikallaan. Muiden elementtien varastoinnissa tulee pyrkiä siihen, että putkipäät ovat alassuin.

Putkielementtejä varastoidessa ja käsiteltäessä ei niiden pinta saa kärsiä. Standardin SFS EN-253 mukaan ei elementin pinnan painauma saa ylittää 15 % eristepaksuudesta. Lisäksi polyeteeniputkien naarmujen syvyydet saavat olla enintään 10 % niiden seinämävahvuudesta. Joten käsittelystä tai varastoinnissa aiheutuvat naarmut eivät saa olla tätä syvempiä. Isommissa johdoissa, joiden suojakuoren seinämäpaksuus on yli 10 mm, eivät naarmut saa olla 1 mm syvempiä.

8.2 Putkien hitsaustyöt

8.2.1 Hitsauspätevyudet

Teräsputkien hitsaustöitä saavat tehdä vain ammattitaitoiset ja rakennuttajan hyväksymät hitsaajat. Ennen hitsaustöiden aloitusta tulee hitsaajien pätevyystodistukset toimittaa rakennuttajalle. Hitsaajien koehitsausten tulee vastata vähintään hitsiluokkaa B standardissa SFS-EN-ISO 5817, mutta itse hitsaussaumojen tulee vastata hitsiluokkaa C.

Hitsiluokka B on vaativille hitauksille, jossa hitsaus tehdään rakenteille, jotka ovat väsymyskuormituksen alaisia sekä kohteille, joissa voi olla riski haurasmurtumiselle. Hitsiluokka C on tarkoitettu käytettäväksi rakenteille, jotka kuormittuvat staattisesti sekä painelaitteille.

8.2.2 Teräsputkien hitsaus

Ennen hitsauksen aloitusta, tulee varmistaa seuraavat asiat:

- liitoskohdassa on johtokoosta riippuen riittävät työskentelytilat, eli vähintään 20–30 cm
- teräsputkien vapaat päät ovat täysin puhdistettu uretaanista
- kaikki eristysten ennakkoasennukset, kuten jatkosholkit, kutisteet ja muhvit ovat paikoillaan ja oikean kokoisia
- kaivanto on mahdollisimman kuiva, työtä estävät vedet ja lumi on poistettu
- sateen varalta on olemassa suojakatos
- tarvittavat ja riittävä määrä työvälineitä on saatavilla
- työtä suorittavalla on voimassa oleva tulityökortti ja pätevyystodistus

Teräsputkia hitsatessa voidaan käyttää seuraavia hitsausmenetelmiä: kaasu-, kaari- tai kaasukaarihitsausmenetelmiä, eli toisin sanoen kaasu-, puikko- tai tig-hitsausmenetelmiä. Kaasuhitsausta käytetään yleensä \leq DN125 putkiin ja sen käyttö on kielletty DN125 suuremmissa putkissa. Hitsausprosessien täytyy olla standardin SFS-EN ISO 15607 mukaisia.

Hitsauspuikot täytyy suojata ja varastoida valmistajan ohjeiden mukaan sen jälkeen, kun ne on avattu pakkauksistaan

Lisäksi ympäristön aiheuttamat olosuhteiden vaikutus hitsauksen laatuun. Näitä tekijöitä voivat olla esimerkiksi liian vähäinen tila, tuuli, kosteus, sade ja lämpötila.

Hitsattavien putkien päät täytyy kohdistaa keskenään ja pitää paikallaan hitsauksen ajan. Sivuttaissuuntainen siirtymä saa olla maksimissaan 30 % seinämäpaksuudesta, mutta kuitenkin maksimissaan 1 mm. Hitsausalue tulee pitää 50 mm liitoskohdan molemmilta puolilta kuivana sekä puhtaana. Lisäksi alle 5 °C lämpötiloissa sekä kosteassa ympäristössä hitsausalueet täytyy esilämmittää 50 °C kondensaation estämiseksi. Valmis hitsi tulee antaa jäähtyä rauhassa eikä prosessia saa nopeuttaa. Alle 5 °C lämpötiloissa saumat tulee suojata nopean jäähtymisen estämiseksi.

Hitsaajan tulee merkitä jokaisen hitsisauman viereen hänen oma merkintänsä, esimerkiksi nimi tai tunnustekoodi, rakennuttajan määrittämällä merkintätavalla.

8.2.3 Hitsauksien tarkastukset

Kaikille hitsisaumoille tulee tehdä visuaalinen tarkastus sekä saumat tulee testata vesipaineella (2,1 MPa), ilmaylipaineella (0,02 MPa) tai ilma-alipaineella (0,065 MPa). Vesipainekokeessa käytettävä aika on riippuvainen testattavan putken tilavuudesta. Ajan tulee olla riittävän pitkä, jotta vesi ehtii läpäistä pienetkin epätiiviydet. Verkon painetta voidaan käyttää esilämmitetyissä putkissa, jotka ovat \leq DN 300.

Riippuen putken halkaisijasta, kriittisyydestä sekä hitsaajan tai urakointiliikkeen kokemuksesta on suositeltavaa tehdä 5–10 %:lle saumoista radiografinen tai ultraäänitarkastus. Hitsausaumoille voidaan myös tehdä tunkeumanestetarkastus ja magneettijauhetarkastus

ET:n suosituksen L11 liitteessä 2 on esitetty tarkemmin kaukolämpöjohtojen hitsien tarkastusmenettelyt ja vaatimukset. Poiketen ET:n suorituksesta, Fortum ei hyväksy radiografisessa tarkastuksessa monipalkohitsauksen vajaan hitsaussyvyuden virhetyyppiä 402.

Virheelliset hitsisaumat täytyy korjata tai leikata auki sekä uusia.

Tarkastusmenetelmät ovat ainetta rikkomattomia menetelmiä (eng. Non-Destructive Testing), eli toisin sanoen NDT-menetelmiä. Eri menetelmien suorittamisen pätevyyn, suorittamiseen ja hyväksyntärajoihin on säädetty erilaisia standardeja.

Radiografisessa tarkastuksessa tutkitaan saumoja röntgensäteilyjen avulla. Tarkastuksessa röntgensäteily läpäisee tutkittavana olevan kappaleen ja valottaa sen taakse asetettua ilmaisinta.

Ultraäänitarkastus perustuu sauman sisäisten virheiden etsintään, aineenvahvuusmittauksiin perusaineessa ja hitseissä sekä paksuusmittaukseen. Tarkastuksessa käytetään korkeataajuisia ääniaaltoja, joiden heijastumisen avulla voidaan havainnoida poikkeamia.

Magneettijauhetarkastus on yleisestikin käytetty hitsausaamojen testaamiseen. Tarkastelun alaisena olevaan kohteeseen aiheutetaan magneettivuo, jolloin vikakohtien paikallisiin napakohtiin kertyvä magneettijauhe on helppo havaita. Tarkastus on varma tapa selvittää ferromagneettisten materiaalien pinnassa ja lähellä pintaa olevat viat.

Tunkeumanestetarkastuksessa virheet ilmenevät, kun tunkeumaneste tunkeutuu pintaan asti oleviin avonaisiin vikakohtiin. Tarkastuksessa kappaleen pinnalle levitetään tunkeumaneste ja vaikutusajan jälkeen ylimääräinen tunkeumaneste puhdistetaan. Lopuksi kehitte levitetään, joka ilmaisee vikakohdat 50–500 kertaa suurempina kuin varsinainen vika on.

8.3 Esilämmitys

Esilämmityksessä kaukolämpöjohdot lämmitetään normaalisti kiertoveden lämpötilaan ennen kuin kaivanto täytetään. Lämmityksen aikana katsotaan, että putket asettuvat kaivantoon suunnitellulla tavalla. Käyttölämpötilasta johtuvat lämpöliikkeet täytyy huomioida kaivannon mitoissa putkien välisissä etäisyyksissä, jotta putkien etäisyydet pysyvät suositusten rajoissa. Putkien välisistä etäisyyksistä ja paisuntakulmista on kerrottu luvussa ”Johtoalusta”.

8.4 Lämpöliikkeiden kompensointi

Lämpöliikkeet kompensoidaan L- tai Z-kulmilla, eli siis luonnollisen kompensoinnin avulla. Joskus voidaan erityistapauksissa käyttää myös U-kulmia sekä paljetasaimia. Lämpöliikkeiden kompensointitavat esitetään suunnitelmissa. Jos maaperässä olevien odottamattomien tekijöiden vuoksi kompensointia ei voida toteuttaa suunnitellulla tavalla, täytyy ottaa yhteyttä suunnittelijaan mahdollisen uudelleen sijoittelun vuoksi.

8.5 Esijännitys

Kaivannoissa kaukolämpöputkien kulmaelementit asennetaan siten, että putket pääsevät liikkumaan esilämmityksen aikana. Paljetasaimia käytettäessä esijännitetään ne suunnittelijan määrittelemään kylmäasennuspituuteen.

9 LIITOSTEN ERISTYSTYÖT

Kaukolämpöjohdoissa hitsausliitos kohtien eristykset tehdään vasta sen jälkeen, kun putket on täytetty kuumalla kaukolämpövedellä, jotta putket ottavat lämpöliikkeet vastaan. Kaukojäähdytysjohdoissa taas eristykset tehdään ennen täyttöä kondensaation vuoksi.

9.1 Eristyspaksuudet (2Mpuk)

Alla olevassa taulukossa on määritelty L1/2003 mukaiset 2Mpuk-johdoille suositeltavat eristepaksuudet eri halkaisijoille.

Teräsputki (DN)	Suojakuoren halkaisija (D)
20	125
25	125
32	140
40	140
50	160
65	180
80	200
100	250
125	280
150	315
200	400
250	450
300	500
250	560
400	630
500	710
600	800

Taulukko: L1/2003 suosituksen eristyspaksuudet

9.2 Käytetyt materiaalit

Kiinnivaahdotetut kaukolämpöputket koostuvat teräsputkista, polyuretaanieristeestä sekä polyeteenisuojaputkesta.

Energiateollisuus suosittelee käyttämään kaukolämpölinjojen rakentamisessa EHP-sertifikaatin (Euroheat & Power) saaneita tuotteita. Sertifikaatti osoittaa putket, putki-osat, venttiili sekä asennustavat, jotka täyttävät eurooppalaiset standardit.

9.2.1 Polyuretaani

Eristystöiden eristysaineena tulee käyttää polyuretaania, joka on standardin SFS-EN 253 mukaista. Eristeen tulee lisäksi täyttää kokonaan eristettävänä oleva tila. Polyuretaanin vaatimukset on esitetty alla olevassa taulukossa.

Ominaisuus	Vaatus	Testausmenetelmä
Keskimääräinen solukoko säteen suunnassa	mas. 0,5 mm	SFS-EN 253
Sulkeumat ja kuplat	≤ 5 % poikkileikkauksalasta, yksittäinen alle 2/3 nimelliseristyspaksuudesta	SFS-EN 253
Suljetut solut	osuus ≥ 88 %	SFS-EN ISO 4590, men. 1
Minimitiheys	≥ 55 kg/m ³	SFS EN ISO 845
Puristuslujuus	≥ 0,3 Mpa	SFS EN ISO 844
Vedenimeytyminen	≥ 10 %	SFS-EN 253

Taulukko: Polyuretaanin eristeominaisuudet

9.2.2 Isosyanaatti

Euroopan komissio on antanut asetuksessaan (2020/1149) rajoituksen koskien Di-isosyanaatteja. Di-isosyanaatteja käytetään polyuretaanimuovien (PUR) valmistuksessa ja ne ovat allergisoivia sekä voivat aiheuttaa niitä käsitteleville astmaa. Asetuksessa on määrätty, että di-isosyanaatteja saavat käyttää teollisuus- ja ammattikäytössä 24.8.2023 jälkeen vain henkilöt, jotka ovat käyneet koulutuksen di-isosyanaattien turvallisuudesta käytöstä.

9.2.3 Polyeteeni suojakuoret

Suojakuorten liitosten sekä vaahdotusreikien tiivistysten tulee olla vesitiiviitä. Liitoksissa käytettäviä kutistamattomien PE-jatkosholkkien ulkohalkaisijoita ja seinämänpaksuuksia lukuun ottamatta, käytetään suojakuorille standardia SFS-EN 253. Standardin mukaiset mitat ovat esitetty alla olevassa taulukossa.

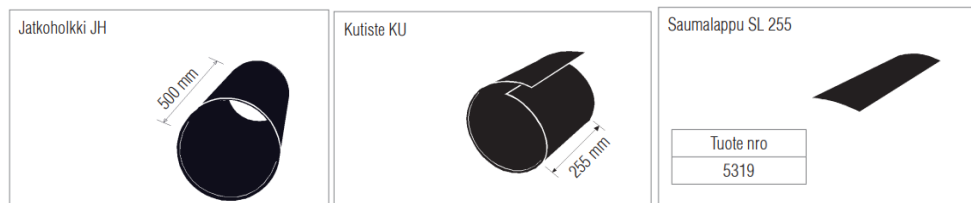
Ulkohalkaisija (mm)		Seinämäpaksuus (mm)
min.	max.	min.
90	95	3,0
110	116	3,0
125	132	3,0
140	147	3,0
160	168	3,0
180	189	3,0
200	206	3,2
225	232	3,4
250	258	3,6
280	289	3,9
315	325	4,1
355	366	4,5
400	412	4,8
450	464	5,2
500	515	5,6
560	577	6,0
630	649	6,6
710	732	7,2
800	824	7,9
900	927	8,7
1000	1030	9,4
1100	1133	10,2
1200	1236	11,0
1400	1442	12,5

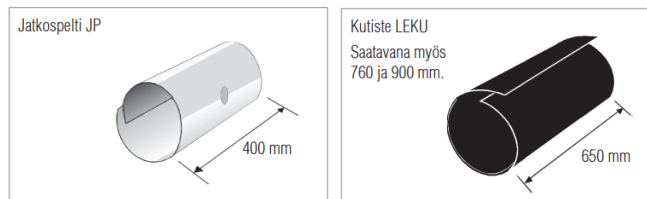
Taulukko: Suojakuorten mitat ja toleranssit

Taulukossa esitetty halkaisijan minimiarvo on suojakuoren nimellisulkohalkaisija sekä taulukon arvot ovat yksittäisarvoja suojakuoren missä tahansa kohtaan.

9.3 Kutisteliitokset

Kutistaminen vaatii samanlaiset asennustilat kuin hitsaustyöt, joista oli maininta luvussa ”Teräsputken hitsaus”.



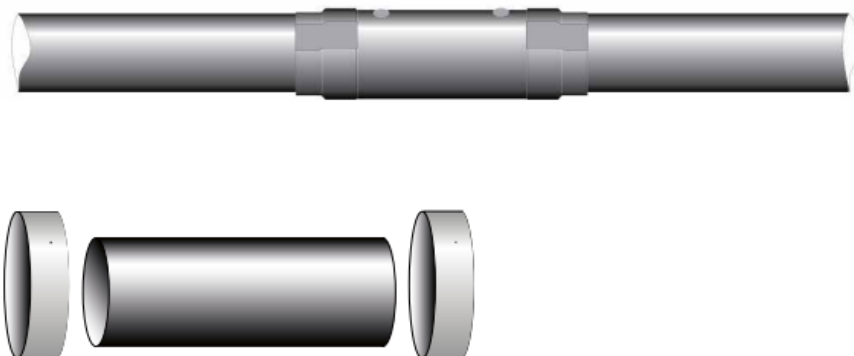


Kuva: Logstoren kutisteliitosten osia

Yllä olevassa kuvassa on esitetty Logstoren tarjoamia kutisteliitoksen eri osia, kuten jatkosholkki, kaksi eri kutistetta, jatkospelti ja saumalappu.

9.3.1 Jatkosholkin asennus

Holkkiiliitoksissa asennetaan jatkosholkki ennen vaahdotusta. Holkki keskitetään ja tiivistetään putkielementin suojakuoreen esimerkiksi kiilalistoilla tai vetoliinoilla.

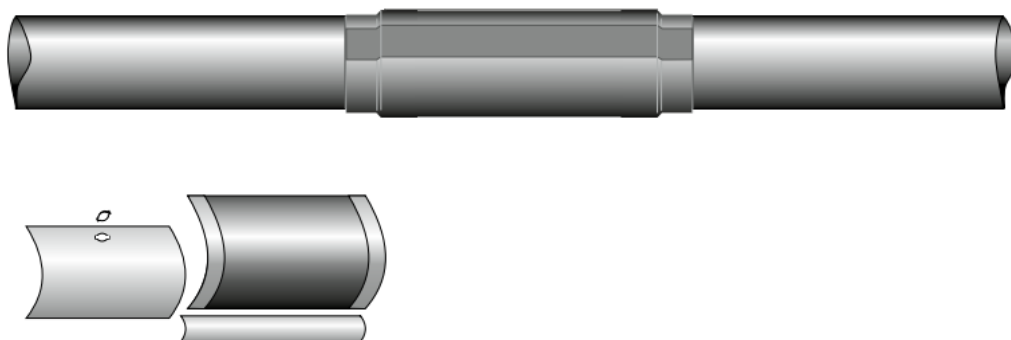


Kuva: Jatkosholkki ja kapeat kutistenauhat sekä saumalaput

Kun holkki on keskitetty, ei holkin ja suojakuoren välyksä saa olla elementin suojakuoren paksuutta suurempi. Välyksen suuruudella on merkitystä vaahdotuksen, saumauksen ja koko liitoksen onnistumisessa.

9.3.2 Jatkospellin kiinnitys

Jatkospelti jatkoskohdan ympärille keskeisesti ja kiristetään esimerkiksi liinoilla. Pellin ja elementin suojakuoren väliin ei pidä jäädä välystä. Pellin pituussuuntainen sauma kiinnitetään matalakantaisilla ruuveilla tiheästi. DN300 ja sitä isommilla halkaisijoilla ruuvit laitetaan kahteen riviin.



Kuva: Vaahdotuspelti, leveä kutiste sekä saumalappu

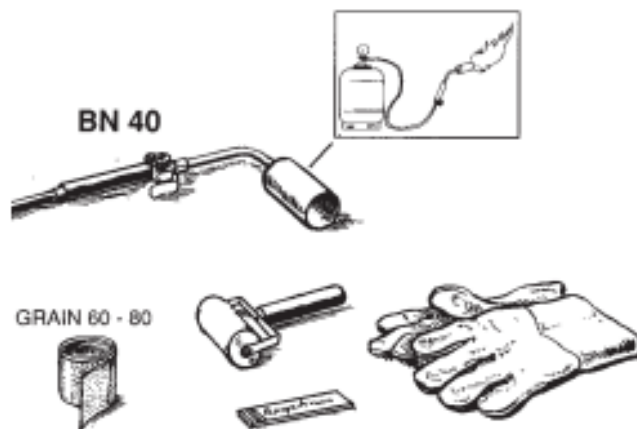
9.3.3 Jatkosten tiivistäminen kutisteilla

Kutistevalmistajien täytyy antaa yksityiskohtaiset ohjeet omien tuotteiden asennustyöstä, käsittelystä ja varastoinnista. Lisäksi pyydetessä kutistevalmistajan tulee antaa opastusta kutistustyön suorittamisesta. Kutisteiden käsittely normaaleissa työskentelyolosuhteissa on terveydelle vaaratonta.

9.3.4 Työvälineet

Kutistamiseen tarvitaan seuraavia työvälineitä:

- rievut, harjat sekä mahdolliset rasvanpoistoaineet liitospintojen puhdistukseen
- hiomanauha (P60-P80) liitospintojen karhentamiseen
- tarpeellisia suojavälineitä lähellä olevien kaapeleiden ja salaojien suojaamiseen
- propaanikaasupoltin, jonka suuttimen halkaisija on noin 40–70 mm sekä teho on noin 4000 g/h kun paine on 200 kPa
- suojakäsineet, tela yms. kuumen kutisteen käsittelyyn



Kuva: Kutistamisessa käytettävät työvälineet

Työvälineet on esitetty myös yllä olevassa kuvassa.

9.3.5 Kutistenauhan katkopituudet ja saumalevyt

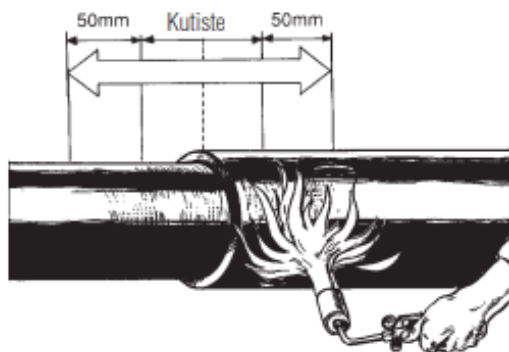
Kutistenauhan saumalevyt valitaan kutistetoimittajan ohjeiden mukaisesti, kuitenkin siten, että vähimmäisleveys on 100 mm. Katkopituudet tulee olla vähintään seuraavat:

Elementin tai holkin ulkohalkaisija (mm)	Nauhan katkopituus vähintään (mm)
125-160	Ympärysmitta + 100
180-280	Ympärysmitta + 125
315-	Ympärysmitta + 150

Kun nauha asennetaan, tulee se limittää toimittajan asennusohjeiden mukaisiin mittoihin. Limityksen tulee olla vähintään 50 mm.

9.3.6 Kutisteiden asennus

Hyväksytyillä kutisteilla ja huolellisella työllä saadaan tiiviit ja kestävät liitokset holkkeja sekä peltejä käytettäessä. Kun asennetaan kutistetta, voidaan lämmitysajalla ohjata liitokseen annettavaa lämpö määrää. Erilaiset tiivistysmassat vaativat erilaiset lämmitysajat. Laadukkaan kutistustuloksen saavuttamiseksi tulee noudattaa kutistetoimittajan ohjeita. Lisäksi kutistustyötä ei suositella tehtävän alle -18 °C lämpötiloissa.



Kuva: Jatkosholkin ja elementin esilämmitys

Jos jatkosholkin ja elementin väli on liian suuri, tulee väliin lisätä täytemassanauha. Tällaisia tilanteita ovat, kun holkin ja elementin suojakuoren ulkohalkaisijan ero on yli 10 mm. Täytemassanauhan tulee olla minimissään 2 mm paksu ja sen täytyy sulaa yhteen kutisteen tiivistysmassan kanssa.

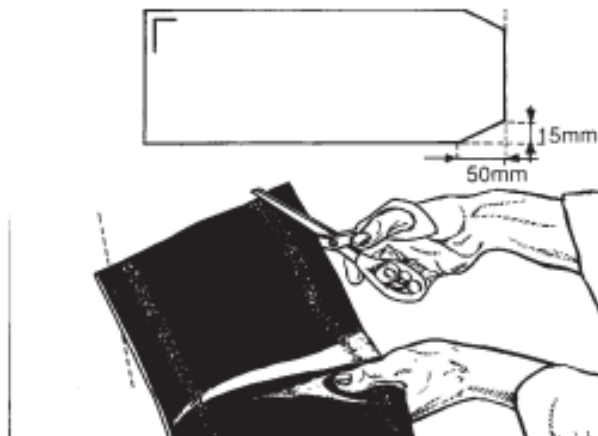
9.3.7 Asennus nauhakutisteella ja kutistemuhvilla

Ennen kutistustöiden aloitusta on hyvä odottaa vuorokausi lämpöeristämisestä, jotta kaasukuplien muodostuminen vältetään

Kun jatkosholkit tai pellit on kiinnitetty elementtiin, täytyy edellä mainittujen tiivistyspinnat puhdistaa sekä kuivata huolellisesti. Puhdistamista seuraa samojen pintojen karhentaminen. Karhentamisella varmistetaan pintojen puhtaus sekä kutisteiden tarttuvuus.

Karhennuksen jälkeen pinnat liekkiharjataan, jotta varmistetaan kuivuus, aktivoidaan pinta kemiallisesti sekä esilämmitetään. PE-pintojen lämpötila kutisteesta riippuen tulisi olla esilämmityksen jälkeen noin 60 °C sekä pellin 20–30 °C. Lämmityksen jälkeen voidaan pyyhkiä tiivistyspintoja etanolilla, jotta saadaan lisävarmuus siitä, että kutisteet tarttuvat.

Karhennuksen jälkeen asennetaan mahdollinen täytemassanauha paikalleen.

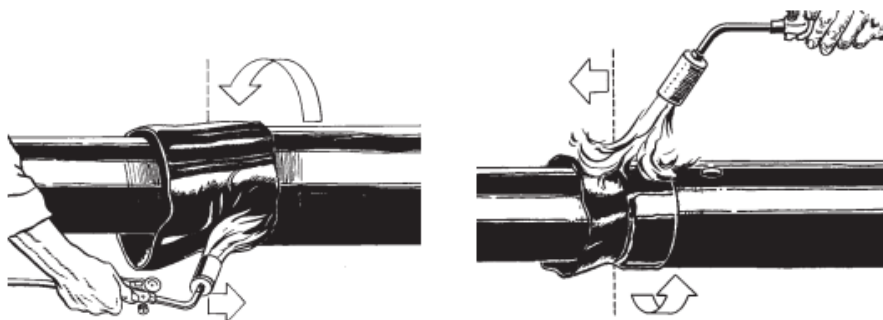


Kuva: Kutistenauhan viisteet

Seuraavaksi kutistenauha katkaistaan oikean pituiseksi ja viistetään limityskohdan alle jäävät kulmat laajemman tarttumapinnan saamisen vuoksi sekä poistetaan tiivistemassan suoja. Kutiste kierretään liitoksen ympäri siten, että saumakohta tulee ylös. Tämän jälkeen otetaan liitoksen vaatima saumalevy ja poistetaan myös siitä mahdollinen liimapinnan suoja.

Propanikaasupolttimen liekki säädetään noin 50 cm pituiseksi keltaiseksi liekiksi. Liian voimakas liekki voi vahingoittaa suojakuorta sekä kutistetta. Liekillä lämmitetään saumalevyä ja kiinnityskohtaa ja saumalevy painetaan saumakohdan päälle. Liekillä jatketaan saumalevyn lämmittämistä riittävän kiinnittymisen varmistamiseksi ja levyä voidaan painella joko terästelalla tai käsin. Kun tiivistysmassa on tarpeeksi pehmeä, voidaan kuumennus lopettaa. Ennen kuin kutistustyö aloitetaan, odotetaan että saumalevy ehtii jäähtyä riittävästi.

Kutistustaminen alkaa lämmittämällä liekillä liitoskohdan keskeltä alapuolelta ja edeten liikuttamalla liekkiä tasaisesti ympäri liitoskohtaa reunoille päin. Tällä tavoin ilma pääsee poistumaan kutisteen päistä. Nauhalimityksen osalta käsin painelemalla ja telalla varmistetaan myös ilman poistuminen. Kutistuksessa tulee kiinnittää erityisesti huomiota alapuolen sekä nauhalimityksen tarpeelliseen lämmittämiseen.



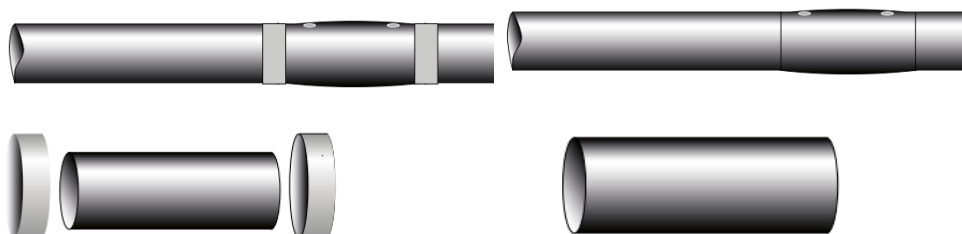
Kuva: Liekillä kutistaminen

Jos elementtien ulkohalkaisija on ≥ 500 mm on kutistustyön suoritettava kahdella asentajalla ja kaasupolttimella.

Jos kutistamisessa käytetään kutistemuhvia, suoritetaan kutistaminen samoin kuin ylempänä on kerrottu. Kutistemuhvi keskitetään merkitsemällä elementtien päihin merkit 150 mm päähän suojakuoren reunasta.

9.3.8 Kutistettavat holkkiliitokset

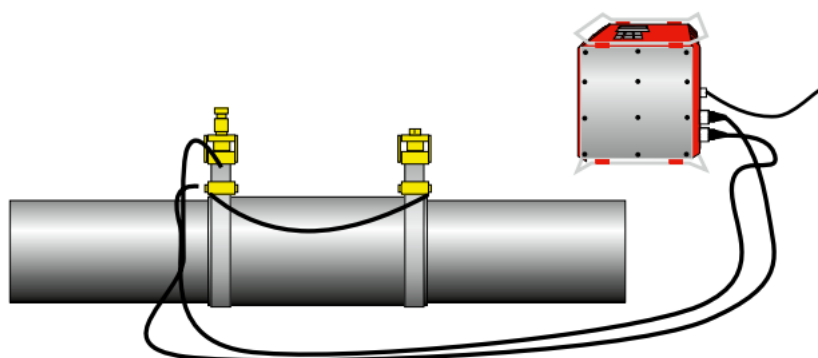
Kutistettavan holkkiliitoksen käytössä tulee suorittaa samat esivalmistelut kuin aikaisemmin mainituilla kutisteliitoksilla. Itse asennus- ja kutistetyöt tulee suorittaa liitostoitimittajan ohjeiden mukaisesti.



Kuvat: kutistemuhvi + kutistenauhat ja pelkkä kutistuva muhvi

9.3.9 Sähkömuhvi

Sähköhitsausosissa virtalähteeseen kytketty vastuslanka sulattaa ympärillään olevan PE-materiaalin.



Kuva: Sähkömuhvi ja sähköhitsauksessa käytettävät osat

Sähköhitsaus toimii parhaiten, kun hitsauspinnat ovat puhtaita ja kuivia, putket ja niiden muhvit täyttävät toleranssivaatimukset, noudatetaan hitsaus- ja jäähdytysaikoja sekä kun muhvi on tiukasti kiinni putkessa. Alla olevassa kuvassa näkyy sähköhitsauskone ja osat.



Kuva: Sähkömuhvi ja sähköhitsauksen osat

9.3.10 Valmis kutisteliitos

Kaikki liitokset tulee tarkastaa visuaalisesti sekä käsin kokeilemalla. Tarkastus täytyy tehdä liitoksen ympäri kokonaan ja tarkastetaan erityisesti putken alapuoli sekä kutisteiden limitykset. Valmiin kutisteen pinnan tulee olla sileä. Hyvän kutistamisen merkkejä ovat pieni pituusliukuma sekä kutisteen päistä (1–4 cm matkalta) pursunnut tiivistysmassa. Lisäksi sormitestillä näkee, että tiivistysmassa on pehmennyt kauttaaltaan. Joissain kutisteissa on myös lämmön ilmaisevia indikaattoreita, jotka kertovat riittävästä asennuslämmöstä.

Ennen kuin liitokseen voi kohdistaa rasituksia, täytyy sen antaa jäähtyä kädenlämpöiseksi.

Jottei liitoskohtaan synny kaasukuplia auringon säteilystä, tulee ne peittää tai muuten suojata mahdollisimman nopeasti. Jos kaasukuplia syntyy, ne voi poistaa esimerkiksi kaasun poistoraudan avulla.

Liitoksien tiiveyttä tulee testata, jos on rakenteellisesti mahdollista, ennen vaahdotusta liitoksen sisäpuolelta ilmaylipaineella (20 kPa) tai ulkoisesti vakuumilaatikon avulla alipaineella. Kutistettavien holkki-liitosten tiiveys voidaan varmistaa ilmaylipaineella esimerkiksi saippuaveden avulla tai ulkoisella alipaineella.



Kuva: Irallaan oleva saunalappu

Yllä olevassa kuvassa näkyy, ettei saunalappua ole lämmitetty tarpeeksi, jolloin se ei ole tarttunut kutisteeseen kunnolla.



Kuva: Sulanut kutiste

Yllä olevassa kuvassa näkyy kutiste, jota on lämmitetty liikaa, jolloin kutiste on sulanut.

9.4 Liitosten vaahdotus

Tässä kappaleessa käydään läpi eristämistä vaahdotuksella. Kouruilla eristämistä ei käydä läpi.

9.4.1 Vaahdotus

Paikallavaahdotukseen käytetään olosuhteisiin parhaiten soveltuvaa polyuretaania. Toimittajan tulee antaa ohjeet uretaanin laadusta sekä seossuhteista sekä muista vaahdotukseen vaikuttavista tekijöistä.

Esimerkiksi Isoplus toimittaa polyolia sekä isosyanaattia, joista voidaan tehdä polyuretaania. Heidän valikoimissaan on esimerkiksi annospusseja eri kokoisille putkille. Heidän tuotteidensa sekoitussuhde polyolin ja isosyanaatin kanssa on painon kohdalla 1:1,82 sekä tilavuuden kohdalla 1:1,54.

Vaahdotuskomponentit tulee sekoittaa vaahdotuskoneella, koneellisesti astioista annosteltuna tai valmiita pussi- tai pulloannoksia käyttäen ravistelemalla. Urakoitsijalla tulee olla käytössään täyttömäärätaulukko eri liitoskokojen mukaisesti. Jos käytetään vaahdotuskonetta, tulee olla dokumentti koneen todellisesta kapasiteetista sekä täyttömäärä tulee olla kontrolloitavissa.

Ennen vaahdotuksen aloitusta tulee tarkistaa komponenttien raaka-aineastioista niiden viimeinen käyttöpäivä. Komponenttien sekoituksessa tulee tarkistaa oikea seossuhde sekä se, että seossuhde pysyy samana koko työn ajan. Vaahdotettavan tilan tulee olla täysin puhdas ja kuiva, sillä pienikin kosteus vaikuttaa vaahdon laatuun. Sekoituksen lisäksi tulee kiinnittää huomiota, että ilma poistuu vaahdotustilasta.

Standardin SFS-EN 489 mukaan komponenttien sekoittumisen ja vaahdotuksen kannalta hyvä lämpötila on 15–45 °C välillä. Näiden lämpötilojen ulkopuolella vaahdon laatu heikkenee. ET:n mukaan optimaalinen lämpötila on kuitenkin 20–30 °C välillä. Komponenttien varastointiin suositellaan 15–25 °C.

9.4.2 Vaahdotuksen tarkastus

Eristysten laatu voidaan tarkastaa visuaalisesti purseista, pintalämpömittauksella, tulppanäytteillä sekä käsin tai työkalun avulla painelemalla ja koputtelemalla jatkosta.

Kaikkien paikallavaahdotettujen eristysten tarkastus onnistuu tarkastelemalla purseita ilmausreiästä. Hyvänlaatuiset purseet ilmaisevat myös sen, että liitoskohta on täyttynyt kokonaan.

Lämpökameraa tai pintalämpötilamittaria voidaan myös hyödyntää liitostyön eristyksen laadun varmistukseen. Tulppanäytteellä taas voidaan selvittää materiaalinäytteellä eristysvaahdon tasalaatuisuus sekä vaatimuksenmukaisuus.



Kuvat: Vaahdotuksien tarkastukset lämpökameralla

Yllä olevissa kuvissa on tarkastettu vaahdotuksia lämpökameralla. Lämpökamerassa näkyy lämpötilaerot kohdissa, joissa vaahdotus ei ole täysin onnistunut. Vikakohdat on merkitty putkiin rasvatussilla, jotta eristysurakoitsija pystyy löytämään virhekohdat ja korjaamaan ne.

10 VUODONILMAISULANKA

Kaukolämpöputkissa voi olla myös vuodonilmaisulankoja. Niiden liitokset tehdään noudattamalla valmistajien asennusohjeita. Niitä suositellaan käytettäväksi runkolinjoiissa, vesistöjen alituksissa, muiden tärkeiden johto-osuuksien alueella sekä DN150 ja sitä suuremmissa johdoissa.

10.1 Toimintaperiaate ja edut

Hälytysjärjestelmissä voi olla kaksi tai useampia vuodonilmaisulankoja, jotka asennetaan putkien ja eristysosien sisälle. Järjestelmät valvovat kosteutta, jolloin suojakuorissa, virtausputkessa tai liitoksissa olevat vahingot voidaan havaita ajoissa ennen kuin korrosiovauriota muodostuu putkeen. Järjestelmän toimintaperiaate perustuu eristyksen sähköisten ominaisuuksien muutoksiin kosteuden ilmaantuessa. Järjestelmällä pystytään valvomaan tehokkaasti niin sisäisiä kuin ulkoisia vuotoja. Vuodonilmaisulangoilla voidaan seurata verkon kuntoa ajoitetuilla valvontamittauksilla manuaalisesti paikan päällä tai automatisoiduilla valvontajärjestelmillä. Automatisoidut järjestelmät hälyttävät, kun johtimen mittaama eristysvastusarvo laskee hälytysrajan alle.

Vuodonilmaisulangoilla varustettujen kaukolämpöjohtojen etuja ovat:

- Rakennusvaiheen laadunvalvonta:
 - Rakennettujen johtojen laadukas asennus voidaan todeta luovuttamisen yhteydessä.
- Takuuajan laadunvalvonta:
 - Johtojen toimintahäiriöihin voidaan reagoida aikaisessa vaiheessa ja korjata vauriot takuuajana.
- Käytönaikainen laadunvalvonta
 - Verkon kuntoa voidaan valvoa ja seurata sekä havaita mahdolliset vauriot jo aikaisessa vaiheessa, jolloin käyttö- ja kunnossapitokustannukset pysyvät matalina.

10.2 Vuodonilmaisulankojen asennus ja dokumentointi

Ennen asennusta tulee tehdä kytkentäsuunnitelma rakennettavalle johdolle sekä asennuksen jälkeen tehdään kytkentäkaavio, jolloin myös kytkennät dokumentoidaan. Dokumentoinnin avulla voidaan nopeuttaa vikojen paikantamista sekä tarkentaa paikkauksen laatua.

Usein vuodonilmaisulankoja on putkielementeissä 2 kappaletta. Elementtien asennus tulee suorittaa siten, että vuodonilmaisulangat ovat elementissä klo 9–15 välillä. Lisäksi asennuksessa on huolehdittava, etteivät jatkoskohdat kastu siten, että eristyslementteihin jäisi kosteutta, mikä häiritsisi myöhemmin mittaustuloksia.

Kun tehdään vuodonilmaisulankojen liitoksia, täytyy täyttää vuodonilmaisulankojen liitostyöpöytäkirja. Pöytäkirjaan kirjataan eristysvastusarvo ja silmukka-arvo, mitatun johto-osuuden sijainti, suunnitelma, mittauksen suorittaja sekä päivämäärä. Esimerkki liitostyöpöytäkirjasta löytyy ET:n [suosituksesta L8](#).

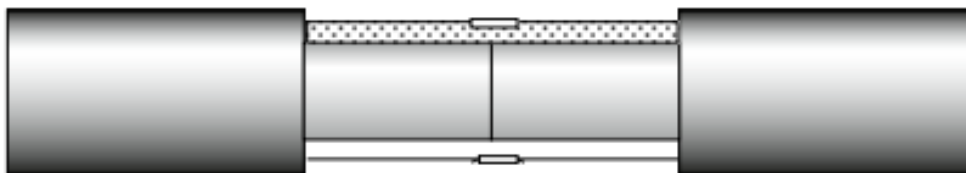
10.3 Vuodonilmaisulankajohdon osat ja liitoksen asentaminen

Vuodonilmaisulanka tulee liittää oikeanlaisilla osilla ja työkaluilla. Toisiinsa liitettävien putkien langat liitetään toisiinsa jatkoholkkien ja momenttipihtien avulla.

Ennen asennusta puhdistetaan liitoskohta ja poistetaan mahdollinen langan lakkaus. Lankoihin asennetaan muoviset tukieristimet, jotka voidaan teipata virtausputkeen ennen kuin langat kytketään.

Vuodonilmaisulangan asennuksessa tulee kiinnittää huomiota seuraaviin asioihin:

- Kostuneen eristeen poistaminen
- Langan pidin, suoristaminen, katkaisupituus ja hiominen
- Oikeat liittimet ja momenttipihti
- Liitoksen vetotesti
- Lenkkivastuksen ja eristevastuksen testaus



Kuva: Vuodonilmaisulanka kaukolämpöjohdossa

Yllä olevassa kuvassa on havainnekuva vuodonilmaisulangasta kaukolämpöjohdossa. Kuvassa näkyy vuodonilmaisulanka ja lankoja yhdistävät holkit.



Kuva: Vuodonilmaisulanka tuettuna kaukolämpöjohdossa

Yllä olevassa kuvassa näkyy eristeessä oleva hälyjohdin ja holkit. Lisäksi kuvassa näkyy sähköhitsauksen vastuslangat putkien ympärillä. Sähköhitsauksesta puhuttiin aikaisemmin luvussa ”Sähkömuhvi”.

11 JOHTOJEN HAAROITUKSET

Runkoputkesta lähteviä haaroituksia ei tule tehdä lämpöliikkeiden kompensointikoh-
tien läheisyyteen ilman erityistoimia. Kaukolämpösuunnitelmassa täytyy tämän vuoksi
esittää millä tavalla haaroitus tehdään sekä sen mitoitus ja sijoitus.

Lisäksi haaraputki tulee hitsata suoraan runkoputkeen, eikä sitä saa istuttaa runkopu-
tken sisään.

Haaroituskohdissa voimia siirtyy runko- ja haarajohdon välillä. Tällöin täytyy kompen-
soida runkojohdosta aiheutuvat lämpöliikkeet. Jotta liikkeet voidaan minimoida, täytyy
pitkissä haarajohdoissa tehdä aina Z-kulma lähelle runkojohtoa. Lisäksi Z-kulmaa käy-
tetään aina, jos runkojohto on vain yhtä dimensiota suurempi kuin siitä lähtevä haara-
johto. Z-kulmissa kulman pituus rungosta voi olla maksimissaan 8 m ja leveys on riip-
puvainen haarajohdon dimensiosta sekä pituudesta. Usein leveydeksi riittää 2–4 m.

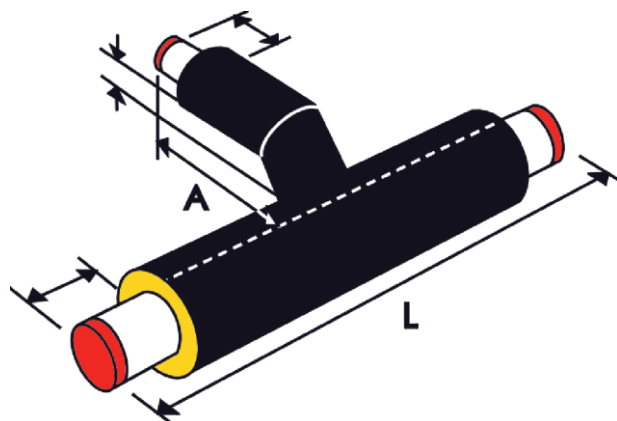
Haaroituksissa suora liitos on sallittu, jos runkojohto on pienempi kuin DN80 ja lähtevä
haara on maksimissaan DN50 ja pituudeltaan alle 12 m.

Jos haara joudutaan asentamaan kylmäsennuksena, voi haaran seinämänvahvuutta jou-
tua kasvattamaan sekä lisäämään vahvistuslevyn haaraan

Haaroituksia voi tehdä esivalmistetuilla T-haaroilla tai poraamalla.

11.1 Esivalmistetut johdonosat

Haaroitukset voidaan esivalmistetuilla johdonosilla, eli T-haaroilla. 2Mpuk-rakentei-
sissa johdoissa täytyy huomioida riittävä asennussyvyys riittävän peittosyvyyden saa-
miseksi. Haaroituksia ei suositella otettavaksi alta muuten kuin poikkeustapauksissa,
sillä mahdolliset epäpuhtaudet saattavat kulkeutua pääjohdosta haaroituskohtaan. Alla
olevassa kuvassa on esitetty T-haaraelementti.



Kuva: 2Mpuk T-haaraelementti

11.2 Paineellinen haaroitus

Käytössä olevaan kaukolämpöputkeen voidaan tehdä haaroitus myös paineenalaisena. Menetelmää kutsutaan poraukseksi ja se pitää sisällään haaran poraussulun hitsauksen sekä poraustyömenetelmän ja sen laitteet.



Kuva: Poraventtiili

Yllä olevassa kuvassa on esitetty talohaaran haaroituskohta, joka on toteutettu poraventtiileillä. Kuvassa poraventtiilit ovat sinisiä.

Porauksella tehdyt haaroitukset voidaan eristää työmaalla hitsattavilla polyeteenikuorilla ja vaahdottaa kuten suoratkin liitokset.

11.2.1 Yleiset vaatimukset

Porauslaitteilla on yleisiä vaatimuksia. Niiden tulee muun muassa täyttää viranomaismääräykset, niiden käytön tulee estää kaukolämpöveden arvaamaton purkautuminen, niiden tulee estää irti poratun kappaleen pääsy kaukolämpöputkeen sekä poraamalla tehdyn haaroituksen tulee olla vähintään yhtä nimelliskokoa pienempi kuin runkoputki.

Porauksessa tulee huomioida myös seuraavat asiat: poraukseen tulee osallistua kaksi henkilöä, porausmenetelmää ei saa käyttää ahtaissa olosuhteissa, porauslaitteiden valmistajan käyttöohjeita täytyy noudattaa, sulkulaitteiden asennot tulee varmistaa ennen porausta, poraussulun sulkulevyn tai venttiilin käsikahvan tulee olla esillä sekä henkilökohtaisia suojavarusteita täytyy käyttää.

11.2.2 Työt ennen porauksen aloitusta

Ennen porausliitoksen tekemistä täytyy runkoputken polyeteenisuojakuoreen tehdä sahalla riittävän suuri pyöreäkulmainen aukko ilman teräviä kulmia. Leikkauslaikan käyttäminen aukon tekemiseen on kielletty. Haaroituskohdasta poistetaan polyeteeni sekä muut epäpuhtaudet. Tällä tavoin estetään mahdolliset hitsausvirheet sekä haitalliset kaasut. Jos porausliitos täytyy tehdä runkoputken hitsausauaman kohdalle, täytyy sauma hioa tasaiseksi, ettei porauksessa reikäsaha vaurioиду. Poraussulun runkoputken puoleen hitsattava pää täytyy hioa kohtisuorasti runkoputken muotoon ja viistää hitsausstandardien mukaan. Ennen kuin hiominen aloitetaan, tulee varmistua, että sulun käyttäminen on mahdollista.

Poraliitoksen hitsaustyöt ovat sallittuja ainoastaan sähköllä. Hyvään hitsaustulokseen vaikuttavat porausventtiilien tai -kappaleen oikeanlainen sovitus, riittävä ilmarako sekä oikean hitsauspuikon ja -langan käyttö.

Itse poraus suoritetaan laitevalmistajan omien työohjeiden mukaisesti.

12 KAIVOT

Kaukolämpöverkoston kuuluu erilaisia kaivoja, joissa on sulkuventtiilejä, tyhjennyksiä sekä ilmanpoistoja. Kaivot voivat olla joko sisään mentäviä betonikaivoja, maaventtiilikaivoja tai rengaskaivoja. Kaivojen tulee kestää maanpaineen sekä liikenteen aiheuttamat kuormat.

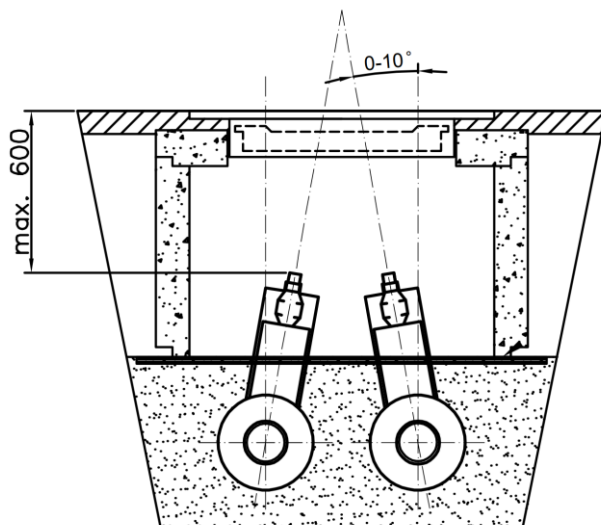
Kaivojen tilojen täytyy olla riittävät, jotta käyttö- ja kunnossapitotöitä pystytään tehdä turvallisesti.

12.1 Elementtikaivot

Elementtikaivot koostuvat kaivo- ja kansielementeistä sekä ne varustetaan valurautakansilla sekä tikkailla. Kaivot tehdään ET:n suosituksen L3 ohjeistettujen piirustusten mukaisesti.

12.2 Maaventtiilikaivot

Maaventtiilikaivot muodostuvat betonisista tehdasvalmisteista kaivonrenkaista sekä korokerenkaista. Maaventtiilikaivoihin tulee myös valurautakansistot. Kiinnivaahdotettujen putkien venttiielementeihin tulee maaventtiilikaivot. Alla olevassa kuvassa on maaventtiilikaivon poikkileikkauskuva.



Kuva: 2Mpuk maaventiilikaivo poikkileikkaus

Saman maaventiilikaivoon voidaan laittaa yhdistelmäventtiilit DN50-100 välillä ja DN125-800 yhdistelmäventtiilit laitetaan omiin kaivoihin.

Alla olevassa kuvassa on maaventiilikaivonrenkaat sekä kansi ennen kaivannon lopullista täyttöö.



Kuva: Maaventiilikaivo ennen kaivannon lopullista täyttöö

Maaventiilikaivoissa tulee käyttää standardin SFS-EN 124 mukaisia valurautakansistoja. Pääasiassa kaivoissa käytetään 40 t:n kansistoja. Kuitenkin kevytliikenteisillä ajoradoilla, jalkaväylillä, kevyen liikenteen väylillä sekä puistoalueilla on myös mahdollista käyttää määräysten salliessa 25 t ja 12,5 t/15 t kansistoja. Kansistojen kuormitusluokat tulee olla merkittyinä kansissa sekä niissä on oltava näkyvillä käyttötarkoitus kaukolämpötunnuksella "☞" tai tekstillä "kaukolämpö".

Alla olevassa kuvassa on yhdistelmäventtiili maaventtiilikaivossa.



Kuva: Venttiili maaventtiilikaivossa

12.3 Rengaskaivot

Rengaskaivoissa käytetään teräsjäykistettyjä vesitiiviitä betonirenkaita. Niitä käytetään useimmiten salaojituksissa ja viemäroinneissä.

12.4 Paikallavaletut kaivot

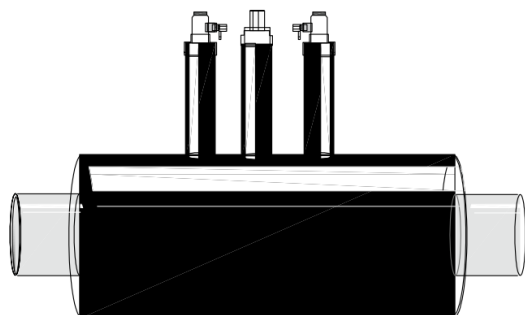
Jos elementtikaivoja ei voida hyödyntää, esimerkiksi niiden huonon saatavuuden vuoksi tai kaivon poikkeavan muodon tai koon vuoksi, voidaan kaivot valaa paikan päällä. Tällöin betoniset kaivot tehdään tyyppiirustusten tai erilaistan mitta- ja raudoituspiirustusten perusteella. Mittapiirustuksiin tulee merkitä teräsrakenteet, tikkaat sekä muut laitteet ennen kuin valu kiinnitetään paikoilleen.

13 VENTTIILIT

Kaukolämpöverkossa venttiileitä käytetään linjasulkuina, ilmanpoistoon, ohitukseen sekä tyhjennykseen. Venttiilien sijoituksessa tulee ottaa huomioon rakennettavan kaukolämpölinjan sijainti ja sulkuväli sekä linjan aiheuttamat rasitusvoimat ja lämpöliikkeet. Lisäksi ilmanpoisto- ja tyhjennysventtiilejä asennetaan verkon korkeimpiin sekä matalimpiin kohtiin. Tyhjennysventtiilejä asennetaan vain erityisen tarpeen vaatiessa.

13.1 Yhdistelmäventtiilelementit

Venttiilelementit asennetaan suoraan maahan ja niiden yhteyteen asennetaan maaventtiilikaivot. Asennettaessa tulee ottaa huomioon venttiilien käytettävyys.



Kuva: 2Mpuk yhdistelmäventtiili

Yllä olevassa kuvassa on havainnollistettu 2Mpuk yhdistelmäventtiilit, joissa on sulkuventtiilit sekä kaksipuoliset tyhjennys- ja ilmanpoistoventtiilit.



Kuva: DN200 yhdistelmäventtiili

Yllä olevassa kuvassa on esitetty DN200 ohituksilla varustetut yhdistelmäventtiilit



Kuva: DN700 yhdistemäventtiilit

Yllä olevassa kuvassa on esitetty DN700 yhdistemäventtiilit.

13.2 Tyhjennys- ja ilmanpoistovenntiilit

Tyhjennykset voidaan tehdä esivalmistetuista elementeistä tai rakentaa paikan päällä. Jäätymisriskin välttämiseksi kaukolämpö tai -jäähdytysjohdon ja venttiilin välin tulee olla mahdollisimman pieni. Kun sulkuventtiilit asennetaan kaivoon, tulee sinne asentaa myös tyhjennykset. Ilmanpoistot tehdään käytännössä samalla tavalla kuin tyhjennykset.

Tyhjennys- ja ilmanpoistovenntiilit tulee asentaa siten, että niitä voidaan käyttää kaivon kulkuaukosta. Ilmanpoistojen tulee olla haponkestäviä.

14 MUUT TYÖT

14.1 Jätteiden käsittely

Työmaalla voidaan hyödyntää paikallisia keräyspisteitä tai alueellisia jätekeskuksia. Lisäksi jätteen kuljetuksesta voidaan sopia jätteenkuljetusyritysten kanssa.

Jätelaji	Jäte	Jätteen käsittely
Mineraaliperäiset jätteet	Teräsbetoni	Jätteenkäsittelyä hoitavalle yritykselle murskattavaksi, jotta teräs ja betoni saadaan erotettua, jolloin betonia voidaan hyötykäyttää maanrakentamisessa.
	Betoni	Puhdas betoni voidaan käyttää uudelleen maanrakentamisessa, edellyttäen kuitenkin ilmoituksen ympäristöviranomaiselle.
	Asfalttibetoni	Toimitetaan vastaanottopisteisiin murskattavaksi ja hyötykäytettäväksi.
	Kevytbetoni	Voidaan hyödyntää täyttömateriaalina, jos se on sallittu.
	Tiilijäte	Voidaan hyödyntää täytöissä tai toimitetaan hyötykäyttöön.
	Mineraalivilla	Toimitetaan sekajätteeseen.
Muovijätteet	Polyeteeni	Puhtaat polyeteeniputket toimitetaan kierrätykseen tai energiajätteeseen
	Polyuretaani	Uretaania sisältävät polyeteeniputket, PEX-muoviputket ja polystyreeni toimitetaan energiajätteeseen. Kiinteä polyuretaanivahto toimitetaan energiajätteeseen. Nestemäisessä muodossa olevat raaka-aineet tulee vaahdottaa ja toimittaa energia- tai sekajätteeseen. Jos niitä ei voi vaahdottaa, tulee ne toimittaa ongelmajätteisiin.
	Lasikuitu	Toimitetaan kaatopaikkasijoitukseen.
Metallit	Teräs- ja kupariputket	Toimitetaan metallinkeräykseen.

Kuva: Jätteiden käsittely jätelajeittain

Tavanomaisen jätteiden lisäksi alla on esitetty asbestin käsittely.

Vanhoissa kaukolämpölinjoissa käytettiin asbestia, mutta nykyään se on kielletty sen syöpää aiheuttavien ominaisuuksien vuoksi.

Valtioneuvosto on antanut päätöksen (1380/94) koskien asbestitöitä. Päätöksen mukaan ennen kuin purkutyö aloitetaan, täytyy tehdä asbestikartoitus. Kartoituksen tuloksissa ilmoitetaan asbesti rakenteessa, sen määrä sekä toteutustapa purkutyöhön. Asbestipurkutöitä voivat tehdä pelkästään työsuojeluviranomaisen valtuuttamat yritykset sekä yksityiset purkutyön suorittajat.

Asbestijäte kuljetetaan pakattuna tiiviisti asbestijätettä vastaanottaville toimijoille.

14.2 Kartointi ja dokumentointi

Ennen kuin kaivanto täytetään, tulee rakennettu linja kartoittaa. Rakennetun linjan lisäksi, täytyy myös käytöstä poistetut maahan jäävät johtorakenteet kartoittaa ja dokumentoida. Kartointi on tilaajan vastuulla tai johdon omistajan vastuulla.

Dokumentoinnilla tähdätään siihen, että helpotetaan ja mahdollistetaan uusien rakenteiden sijainti- ja reittisuunnittelua. Samalla estetään erilaisten kaivuussa syntyvien vahinkojen syntyminen. Dokumentointi on myös tärkeä osa verkon kunnossapitoa. Dokumentoinnin avulla voidaan esimerkiksi ennakoita ja suunnitella verkon vanhempien osuuksien saneerauksia.

Verkkodokumentaation ylläpito on keskeinen osa lämmönjakelijan verkko-omaisuudenhallintaa.

LÄHTEET

Energiateollisuuden suositukset ja muut julkaisut:

1. Suositus L1/2020, Kiinnivaahdotetut kaukolämpöjohdot
2. Suositus L2/2020, Kiinnivaahdotettujen kaukolämpöjohtojen liitokset
3. Suositus L3/2015, Kaukolämpöjohtojen kaivot
4. Suositus L6/1998, Käytössä olevan kaukolämpöjohdon haaroitus porausmenetelmällä.
5. Suositus L7/2016, Kaukolämpöverkon suunnitelmallinen perusparantaminen
6. Suositus L8/2017, Kosteudenvalvontajärjestelmät ja -johtimet kaukolämpö- ja kaukojäähdytysjohdoissa
7. Suositus L9/2006, Kaukolämpö- ja kaukojäähdytysverkon dokumentointi.
8. Suositus L11/2013, Kaukolämpöjohtojen suunnittelu- ja rakentamisohjeet
9. Suositus L12/2018, Kaukolämpö- ja kaukojäähdytysjohtojen liitosten tarkastus ja valvonta
10. Raportti L16/2005, Työturvallisuus kaukolämpöjohtojen rakennusurakoissa.
11. Suositus L22/2011, Ympäristö- ja jäteasiat kaukolämpöverkon rakentamisessa ja kunnossapidossa
12. Suositus KK11/2010, Kaukolämpöverkon sulkulaitteiden käyttötekniinen suunnittelu
13. Julkaisu K1/2020, Rakennusten kaukolämmitys, määräykset ja ohjeet.
14. Raportti KK5/2015, Kaukolämmön ja -jäähdytyksen tekninen laatu
15. Tiedote 23.12.2021, Kaukolämpöjohtojen laadunvalvonta, sertifikaatit 2022
16. Vaurioutilasto 2019, Kaukolämpöverkon vaurioutilasto

Asetukset ja päätökset:

17. Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta. 2009. 2005/26.3.2009.
18. Valtioneuvoston asetus räjäytys- ja louhintatyön turvallisuudesta. 2011. 644/16.6.2011.
19. Valtioneuvoston päätös asbestitöistä. 1994. 1380/21.12.1994.
20. Euroopan unionin komission asetus Di-isosyanaattien rajoitukset ja perustelut. 2020. 1149/2020.

Standardit:

21. SFS-EN 253:2019. District heating pipes. Bonded single pipe systems for directly buried hot water networks. Factory made pipe assembly of steel service pipe, polyurethane thermal insulation and a casing of polyethylene.
22. SFS-EN 10204. 2005. Metallituotteiden aineodistukset.
23. SFS-EN ISO 5817:2023. Hitsaus. Teräksen, nikkelin, titaanin ja niiden seosten sulahitsaus (paitsi sädehitsaus). Hitsiluokat.

24. SFS-EN 489-1:2019. District heating pipes. Bonded single and twin pipe systems for buried hot water networks. Part 1: Joint casing assemblies and thermal insulation for hot water networks in accordance with EN 13941-1.
25. SFS-EN 124-2. valuraudasta tehdyt sadevesi- ja tarkastuskaivojen kannet

Muut:

26. RIL 263-2014 Kaivanto-ohje
27. Energiateollisuus. 2006. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki: Kirjapaino Libris Oy.
28. Yleisten alueiden käyttö, tilapäiset liikennejärjestelyt ja katutyöt. 2023. Verkoaineisto. PKS-kaupungit. 32103490_SKTY_PKS_Yleiset_alueet_A5_v2.pdf (hel.fi)