

**RAKENNUSTYÖMAAN SIIRRETTÄVÄT
LÄMMITYSLAITTEET JA ENERGIAMUODOT**

Miko Karhunen



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Visamäki, rakennusmestari

Syksy, 2015

Miko Karhunen

Rakennusmestari
Visamäki

Tekijä	Miko Karhunen	Vuosi 2018
Työn nimi	Rakennustyömaan siirrettävät lämmityslaitteet ja energiamuodot	
Työn ohjaaja/t	Anssi Knuutila	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä työkalu Skanska Konevuokraus Oy:n henkilökunnalle ja rakennustyömailla työskenteleville henkilöille työmaanaikaisen lämmityksen suunnitteluun. Opinnäytetyön tarkoitus on antaa lukijalle käsitys siitä, mitä vaaditaan kunkin lämmitysmuodon käyttöönottamiseksi ja miten paljon siitä aiheutuu päästöjä ympäristöön. Opinnäytetyössä myös tarkastellaan lämmityksen vaikutusta projektin aikatauluun ja laatuun.

Työmaanaikaisen lämmityksen valinta valikoitui aiheeksi, koska se on aiheena mielenkiintoinen monipuolisuutensa takia ja sen merkitys on projektin onnistumisen kannalta erittäin tärkeä.

Kokemuksen mukaan työmaanaikaisen lämmityksen valinnassa on paljon kehitettävää ja valinta tehdään usein liian myöhään. Työmaanaikaisen lämmityksen valinta on myös todella tärkeä osa kuivaketjua ja oikein toteutettuna sillä saadaan minimoitua projektin kustannuksia ja hiilijalanjälkeä.

Tuon esille työssäni eri lämmönjakotavat ja energiamuodot. Johtopäätöksenä on, että kaukolämpö on energiamuotona edullisin ja toimintavarm. Sen käyttäminen on osoittautunut kuitenkin vaikeaksi työmailla.

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Skanska Konevuokraus Oy, joka on maanlaajuinen konevuokraamoketju Suomessa. Skanska Konevuokraus Oy on osa Suomessa toimivaa Skanska Oy:tä.

Avainsanat lämmitys, energia, lämmönjakotavat

Sivut 62 sivua, joista liitteitä 4 sivua

Degree Programme in Construction Management
 Visamäki

Author	Miko Karhunen	Year 2018
Subject	Mobile heating systems and energy forms on construction sites.	
Supervisors	Anssi Knuutila	

ABSTRACT

The purpose of this bachelor's thesis was to create a tool for the personnel of Skanska Konevuokraus Ltd. and for the people working on the construction sites for planning the heating system during building. The purpose of the thesis is also to give the reader a viewpoint of what it takes to use different kinds of heating systems and how much it burdens the environment. In this thesis I also view the effect of the heating system to the schedule and quality of the project.

The heating during building was chosen as the subject of this thesis because it is very interesting as a topic because of its versatility, and its meaning is very important for the project to achieve its goals.

In my experience there is a lot to improve when choosing the right heating system for the building site, and the process is often done too late. The heating system is also a very important part of dry chain and when executed correctly you can minimize the costs of the project and the carbon foot prints.

In this thesis I introduce different kinds of styles to share heat properly and forms of energy. In conclusion, district heating is the cheapest form of energy and relatively reliable. District heating has turned out to be quite difficult to use in building sites.

This thesis was commissioned by Skanska Konevuokraus Ltd., which is a machine rental company across Finland. Skanska Konevuokraus Ltd. is a part of Skanska Ltd.

Keywords heating, forms of energy, heating systems

Pages 62 pages including appendices 4 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Tavoite.....	5
1.2	Suunnittelu ja toteutus	6
2	RAKENNUSTYÖMAAN LÄMMITTÄMISEN TARKOITUS.....	6
2.1	Talvi	7
2.2	Olosuhdehallinta	8
2.3	Lämmityksen vaikutus kuivumiseen	10
2.4	Lämmityksen vaikutus laatuun.....	13
2.5	Kosteudenhallinta	16
2.5.1	Vastuut	16
2.5.2	Kosteudenhallinnan tavoitteet ja perusteet	17
2.5.3	Kuivaketju10 toimintamalli	18
3	LÄMMITTÄMISEN SUUNNITTELU	21
4	TYYPILLISIMMÄT RAKENNUSTYÖMAAN LÄMMITYSLAITTEISTOT	23
4.1	Polttoöljykäyttöiset lämpöpuhaltimet	24
4.2	Pohdintaa polttoöljykäyttöisten lämpöpuhaltimien käytöstä	28
4.3	Vesikiertolämmitys.....	29
4.3.1	Kaukolämpökeskus	29
4.3.2	Lämpökeskus	33
4.3.3	Lämmitysverkko.....	34
4.3.4	Suunnittelu	36
4.3.5	Lämpöpuhaltimet	37
4.3.6	Pohdintaa vesikiertolämmityksen käytöstä	41
4.4	Nestekaasukäyttöiset lämmittimet.....	42
4.4.1	Lämpöpuhaltimet	42
4.4.2	Säteilijät	43
4.4.3	Nestekaasupullot ja -säiliöt	44
4.4.4	Pohdintaa nestekaasulämmityksessä huomioitavista asioista	46
4.5	Sähkökäyttöiset lämpöpuhaltimet.....	47
4.6	Pohdintaa sähkökäyttöisten lämpöpuhaltimien käytöstä	48
5	ENERGIAMUODOT.....	48
5.1	Kevytpolttoöljy	50
5.2	Kaukolämpö.....	51
5.3	Sähkö	52
5.4	Maakaasu	54
5.5	Nestekaasu	55
6	YHTEENVETO	56

LÄHTEET.....	57
--------------	----

Liitteet

Liite 1	Ilmoitus kemikaalien vähäisestä teollisesta käsittelystä ja varastoinnista
Liite 2	Kytkentäkaavio
Liite 3	Painehäviödiagrammi

1 JOHDANTO

Työskentelen Skanska Konevuokrauksella olosuhdehallinnan parissa, mihin kuuluu olennaisena osana työmaanaikainen lämmitys. Skanska Konevuokrauksen palveluihin puolestaan kuuluu työmaanaikaisen lämmityksen suunnittelu ja asennus.

Työmaanaikaisen lämmityksen valinta valikoitui aiheeksi, koska se on aiheena mielenkiintoinen monipuolisuutensa takia ja sen merkitys on projektin onnistumisen kannalta erittäin tärkeä.

Opinnäytetyön taustalla oli tahto saada työkalu Skanska Konevuokraus Oy:n henkilökunnalle ja rakennustyömailla työskenteleville henkilöille työmaanaikaisen lämmityksen suunnitteluun. Skanska Konevuokrauksella on Suomessa maan laajuisesti kolmetoista konevuokraamoja, jotka palvelevat sekä yksityisiä asiakkaita että yrityksiä.

Opinnäytetyöstä on hyötyä niin toimipisteiden esimiehille kuin myyjillekin lämmityssuunnitelmien ja -palveluiden tarjoamisessa asiakkaille. Tämänkaltaiselle työlle koettiin olevan tarve, koska näin saadaan koottua lämmönjakotavoista ja energiamuodoista tietoa yhteen paikkaan.

Opinnäytetyössä pyritään tuomaan esille eri vaihtoehtoja ja toiminnan kannalta kriittisimpiä toimenpiteitä, jotta jo työmaan alkuvaiheessa tehtäisiin parhaat mahdolliset ratkaisut. Opinnäytetyössä käydään läpi eri vaihtoehdot tyypillisimmille lämmönjakotavoille ja energiamuodoille sekä pohditaan niiden hyviä ja huonoja puolia, kustannuksia ja ympäristön kuormittavuutta.

Lähteinä tulen käyttämään energiantuottajien ja laitevalmistajien materiaalipankkeja ja internet-sivuja, sähköpostihaastatteluja sekä omakohtaista kokemusta alan parissa. Lisäksi käytän myös Skanska Oy:n intranetistä löytyvää materiaalia työni tukena.

Työstä rajattiin pois kuivaimet, lämpölankalämmitys ja roudansulatus.

1.1 Tavoite

Työn tavoitteena on antaa lukijalle kuva työmaanaikaisen lämmityksen merkityksestä osana olosuhdehallintaa ja miten sillä voidaan vaikuttaa kuivumisaikojen kautta projektin aikatauluun ja laatuun.

Työstä tavoitellaan saatavaksi työkalu työmaanaikaisten lämmönjakotapojen ja energiamuotojen valintaan. Työn tarkoitus on antaa vinkkejä eri lämmönjakotapojen ja energiamuotojen hyödyntämiseen kuvallisina esimerkeinä, sekä tuomalla esille niiden hyvät ja huonot puolet.

Tavoitteeseen pääseminen vaati perehtymistä aikaisemmin tehtyihin tutkimuksiin, opinnäytetöihin ja graduihin. Edellä mainituista lähteistä saikin paljon eri ideoita, mitattua faktatietoa sekä tietoa, miten työmaanaikainen lämmittäminen vaikuttaa projektin onnistumiseen laadullisesti ja aikataulullisesti.

1.2 Suunnittelu ja toteutus

Opinnäytetyöhön kerättiin tietoa eri lämmönjakotavoista ja energiamuodoista. Työhön haluttiin tuoda esille vain yleisimmät tavat ja esimerkkejä erilaisista lämmitysratkaisuista. Työn tekeminen alkoi omakohtaisen kokemuksen pohjalta pohtien, miten kutakin tapaa olisi mahdollista hyödyntää ja miten niitä saataisiin jatkossa hyödynnettyä vieläkin paremmin. Työn tekemistä auttoi tiivis yhteistyö työmaan henkilökunnan kanssa sekä sieltä saamani palaute.

Opinnäytetyöstä halusin tehdä helposti luettavan, jotta siitä saadaan nopeasti silmäilemälläkin ideoita työmaanaikaiseen lämmitykseen. Halusin myös, että siitä saisi apua lämmityksen suunnitteluun työmaalla sekä, että työ painottaa lämmityksen merkitystä osana työmaanaikaista olosuhdehallintaa.

Opinnäytetyö suunniteltiin käytettäväksi Skanska Konevuokrauksen vuokraamoilla ympäri Suomen. Tarkoitus on jakaa olosuhdehallintaan liittyvää tietoa organisaation sisällä ja kasvattaa vuokraamoiden henkilökunnan ammattitaitoa parantaaksemme meidän asiakaspalveluamme.

Työn sisältämää tietoa etsin kirjallisuudesta ja eri internet-sivustoilta. Tietoa löytyy paljon, ja aiheesta on tehty tutkimuksia, opinnäytetöitä ja Ratu-kortteja.

2 RAKENNUSTYÖMAAN LÄMMITTÄMISEN TARKOITUS

Lämmitystarve tulee vastaan lähes jokaisessa rakennusprojektissa, mutta sen laajuus ja muoto voivat vaihdella hyvinkin paljon. Rakennusaikaisella lämmittämisellä on projektin kannalta tärkeä merkitys ja se on osa työmaanaikaista olosuhdehallintaa. Se tarkoitus on vaikuttaa lopputuotteen laatuun, kuivumisaikojen kautta projektin aikatauluun ja sillä on positiivinen vaikutus työviihtyvyyteen.

Rakentamisaikaisella lämmityksellä on myös tarkoituksena pyrkiä luomaan ja ylläpitämään olosuhteet, jotka on määritelty sopimusasiakirjoissa. Sopimusasiakirjoissa, kuten kosteudenhallintasuunnitelmassa, määritellään hankkeessa vaaditut olosuhteet lämpötilalle ja ilman suhteelliselle

kosteudelle, jotta lopputuotteesta tulisi laadukas ja se valmistuisi tavoitellussa aikataulussa. Olosuhteiden määrittely onkin tärkeä toimenpide, jolla varmistetaan myös se, että rakentajalla ja tilaajalla on yhteinen ymmärrys siitä, millaiset olosuhteet vaaditaan, jotta laadullisiin ja aikataulullisiin tavoitteisiin päästään.

Sisäilmasto ennen työmaan aikaista lämmitystä on kostea ja lämpötilaan epätasainen. Jotta rakennuksen sisällä ei olisi kylmiä pintoja joihin kosteuden on mahdollista tiivistyä, tulee sisätiloihin saada mahdollisimman tasainen lämpötila ja tarpeeksi alhainen ilmankosteus. Pintarakennetyötkin on mahdollista aloittaa vasta, jos alustarakenne on tarpeeksi kuiva sekä, että rakenteissa oleva ylimääräinen vesi on poistunut. (Koskenvesa n.d, 7.)

2.1 Talvi

Talven kesto Suomessa on noin puolet vuodesta ja se on termisistä vuodenaajoista pisin. Talven määritelmä on, kun vuorokautinen keskilämpötila laskee alle nollan asteen. Talven pituus vaihtelee Suomen sisällä paljon, sillä Etelä-Suomessa sen pituus on noin 110 vuorokautta, kun taas Pohjois-Suomessa se kestää lähes poikkeuksetta yli 190 vuorokautta. (Ilmatieteenlaitos n.d.)

Kun talvipäiviin lasketaan mukaan yksittäiset viileät ja kylmät jaksot, niin aiheutuu työmailla talvityöjärjestelyjä vaativia vuorokausia paljon enemmän, etelässäkin lähes puolet vuodesta. Rakentajalle tärkeä taito onkin hallita keinot Suomen talven varalta, jotta rakentamista voidaan jatkaa tehokkaasti ja laadukkaasti talviolosuhteista huolimatta. (Koskenvesa n.d, 1.)

Rakennustyömaalla talvi tarkoittaa myös lisääntyvää kaluston määrää ja energian kulutuksessa suurta piikkiä verrattain muuhun vuodenaikaan. Tämä sitoo myös henkilökuntaa, koska tavara virta on suurempi sekä lisääntyvät työt vaativat enemmän aikaa. Talveen tulee aina suhtautua oikealla vakavuudella, sillä hyvät suunnitelmat sekä varautuminen mahdollisiin häiriötilanteisiin korostuvat vähenevinä haitta- ja lisäkustannuksina. Tilastoista saatavat tiedot helpottavat ennakointia, kuten esimerkiksi työmaan lämmityksen eteen tehtävien töiden ajoitusta sekä rakennustöiden suunnittelua. Tilastoista saadut tiedot ovat kuitenkin viitteellisiä, sillä poikkeamia Suomen säätiloissa esiintyy paikallisesti hyvinkin paljon. Esimerkiksi, jos työmaalla tehdään ulkoilmassa sellaisia työvaiheita joissa olosuhteiden merkitys työn onnistumiselle on edellytys, niin paikalliset sää tiedot kannattaakin varmistaa rakentajan sääpalvelusta. Sääpalvelua ylläpitää ilmatieteen laitos. Sääpalvelusta saat muun muassa tietoosi lämpötilan kehityksen sekä sateiden alkamisajankohdan ja sen keston. (Koskenvesa n.d, 1.)

Suunnittelun apuna käytetään talviolosuhteita kuvaavia tietoja kuten (Koskenvesa n.d, 1.)

- kuukausien keskilämpötilat
- talvi kuukausien keskilämpötilat
- kuukausien keskilämpötilat ilman pakkaspäiviä
- termisen talven alkamis- ja päättymisajankohta
- pakkasrajat ja pakkaspäivärajan ylittävien päivien lukumäärän keskiarvo
- lumisadepäivien lukumäärä ja sademäärät sekä
- työajan päivittäisen keinovalaistuksen tarve tunteina.

2.2 Olosuhdehallinta

Olosuhdehallinnalla on selkeä merkitys ja sillä tavoitellaan sitä, että työmaalla kosteusriskit minimoidaan ja työmaan etenisi suunnitellussa aikataulussa. Rakennusmateriaalien työmaanaikaista kastumista siis minimoidaan ja pyritään välttämään sekä sisätiloihin luodaan sellainen lämpötila ja suhteellinen kosteus, jotta rakenteiden olisi mahdollista kuivua. Tärkeää onkin ymmärtää milloin kosteudesta syntyy vaurioriskejä ja milloin siitä ei aiheudu toimenpiteitä. (Merikallio n.d, 3.)

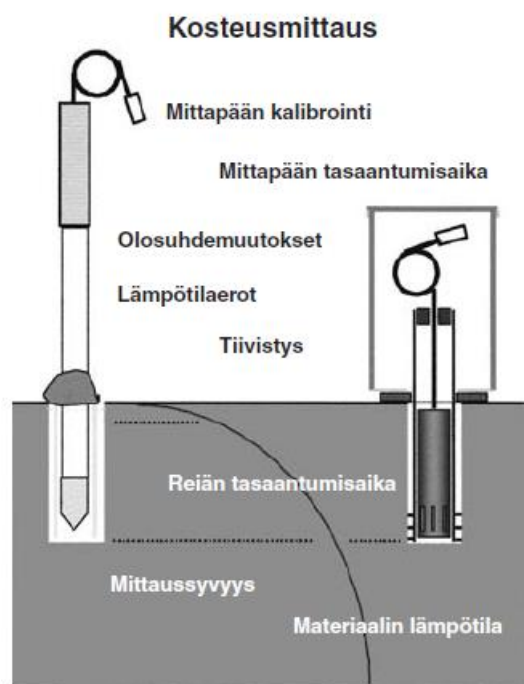
Varmistuaakseen siitä, millaiset vallitsevat olosuhteet ovat, on niitä seurattava säännöllisesti. Seuranta on nykyään hyviä työkaluja, joista pinnalla tällä hetkellä eniten ovat IoT-dataloggerit. IoT (Internet of Things), suomeksi teollinen internet, mahdollistaa internetin kautta tapahtuvan seurannan. Olosuhteiden seuranta voi siis tehdä lähes mistä vain ja milloin vain. Dataloggerit tallentavat pilvipalveluun tietoa, joka on helposti luettavaa, selkeää grafiikkaa ja palvelusta saadaan helposti tulostettavia dokumentteja, esimerkiksi tilaajalle.

Ajantasainen seuranta, jota voidaan tehdä älypuhelimella tai tietokoneelta, säästää myös huomattavasti mittaukseen meneviä resursseja. Skanska Konevuokraus Oy:ltä löytyvät anturit olosuhde-, betonin porareikämittaus- ja säiliöiden pinnankorkeusseurantaan.

Aviapolis II, 4. Kerros



Kuva 1. Työmaan huoneanturin grafiikkaa (Skanska Konevuokraus Oy 2018).



Kuva 2. Betonirakenteen suhteellisen kosteuden mittauksessa huomioitava tekijöitä (Merikallio n.d).



Kuva 3. Huoneanturi ja betonin porareikäanturi.

2.3 Lämmityksen vaikutus kuivumiseen

Lämpötila ja kuivatettavaa rakennetta ympäröivän ilman suhteellinen kosteus vaikuttavat huomattavasti kosteuden poistumiseen rakenteista. Jotta kuivatettavia rakenteita ympäröivä ilma pystyy vastaanottamaan rakenteista poistuvaa kosteutta, pitää ilman suhteellisen kosteuden olla tarpeeksi alhainen. Kun kuivatetaan erilaisia betonirakenteita, riittää, että ilman suhteellisen kosteuden arvo on 40-50 %. Tätä alhaisempi kosteus ei merkittävästi nopeuta kuivumista. Kuivuminen puolestaan hidastuu, jos ilman suhteellinen kosteus nousee yli 70%:iin. Kun rakennetta ympäröivän ilman kosteus on hyvin korkea, rakenne kostuu. Tehokkain tapa nopeuttaa rakenteiden kuivumista on nostaa lämpötilaa rakenteiden ympärillä. Ilman lämpötilaa nostamalla saadaan rakenteita ympäröivän ilman suhteellinen kosteus laskemaan, jolloin se pystyy vastaanottamaan enemmän kosteutta kuivatettavasta rakenteesta. Rakenteita ympäröivää ilmaa lämmitettäessä myös kuivatettavien rakenteiden lämpötila nousee, jolloin niiden kosteutta siirtävä voima kasvaa, ja ne pystyvät luovuttamaan paremmin lämpöä. Kun lämpötilaa rakenteiden ympärillä nostetaan esimerkiksi kymmenellä asteella, betonin kosteutta siirtävä voima kasvaa 1,5-kertaiseksi. Tästä seuraa merkittävästi nopeampi kosteuden poistuminen, ja rakenteiden kuivuminen nopeutuu. Jos rakenteissa ole-

van betonin lämpötilaa nostetaan 10 °C:sta 30 °C:een, lyhenee betonin kuivumisaika puoleen alkuperäisestä ajasta. Rakenteita kuivatettaessa rakenteita ympäröivän sisäilman lämpötilan olisi hyvä olla vähintään 20 °C ja ilman suhteellisen kosteuden 50%. (Merikallio n.d.)

Siihen, millaiset olosuhteet rakenteen ympärille tulee luoda, jotta kuivumista tapahtuisi annetun aikataulun puitteissa vaikuttavat mm.

- miten paljon rakenteille on työmaa-aikataulussa varattu kuivumisaikaa
- miten paljon rakenteet mahdollisesti kastuvat
- millaiset ovat materiaalien kuivumisominaisuudet
- millaiset ovat rakenteen kuivumisominaisuudet (paljonko on haihtumispinta-alaa, mikä on rakenteen paksuus jne.).

Talvella, kun ulkoilma on kylmää ja sen vesisisältö on pieni, saadaan rakenteet parhaiten kuivatettua sisäilmaa lämmittämällä ja tuulettamalla samanaikaisesti. Etenkin talvelle ja keväällä rakenteiden kuivattamista voidaan tehostaa lämpötilaa nostamalla, ja tehostamalla ilmanvaihtoa kuivatettavassa tilassa. Tarpeeksi korkea lämpötila saa kosteuden poistumaan rakenteista paremmin, ja se myös pitää sisäilman tarpeeksi kuivana. Tällöin ilma voi myös vastaanottaa rakenteista poistuvaa kosteutta paremmin. Talvella rakenteet ovat yleensä pintakuivia, joten varsinaista tuuletusta ei työmaalla välttämättä tarvita, koska keskeneräisessä rakennuksessa vaippa ei ole yleensä vielä täysin tiivis, jolloin kosteuden poistumiselle on tarpeeksi aukkoja. Rakennuksessa olevien aukkojen määrä pitäisi kuitenkin pitää mahdollisimman pienenä, jotta energian kulutus ei kasvaisi liian suureksi. Huomioitava on myös se, että lämmitetyt erilliset osastot ovat ilmatiiviitä, jotta lämmin ilma ei pääse kulkeutumaan lämmitetyistä tiloista kylmiin tiloihin. Koska tällöin riskinä olisi, että kosteus saattaisi tiivistyä uudestaan rakenteiden kylmille pinnoille, kuten ikkunoihin. Kesällä ja alkusyksyllä ulkoilman kosteus saattaa olla niin suuri, että kosteuden poistamiseen rakennuksen sisäilmasta tarvitaan ilmankuivaajia. Ilmankuivaajat keräävät ympäröivästä ilmasta kosteutta, ja niitä käytettäessä pitää kuivatettavan tilan olla varmasti ilmatiivis. Tällöin ilmankuivain ei kerää ulkoilman kosteutta, vaan kuivatettavista rakenteista vapautuvaa kosteutta. Ilmankuivaajien tarkoituksena on siis pitää rakenteita ympäröivän ilman suhteellinen kosteus tarpeeksi alhaisena, jotta ilma voi vastaanottaa kuivuvista rakenteista haihtuvaa kosteutta. Rakenteiden tehokas kuivuminen edellyttää riittävää lämpötilaa ja ilman kiertoa, vaikka ilmankuivaajia käytettäisiinkin, jotta ilman lämpökerrostuminen voidaan estää. (Merikallio n.d.)

Kuivumisaikaan vaikuttavat (Merikallio n.d.):

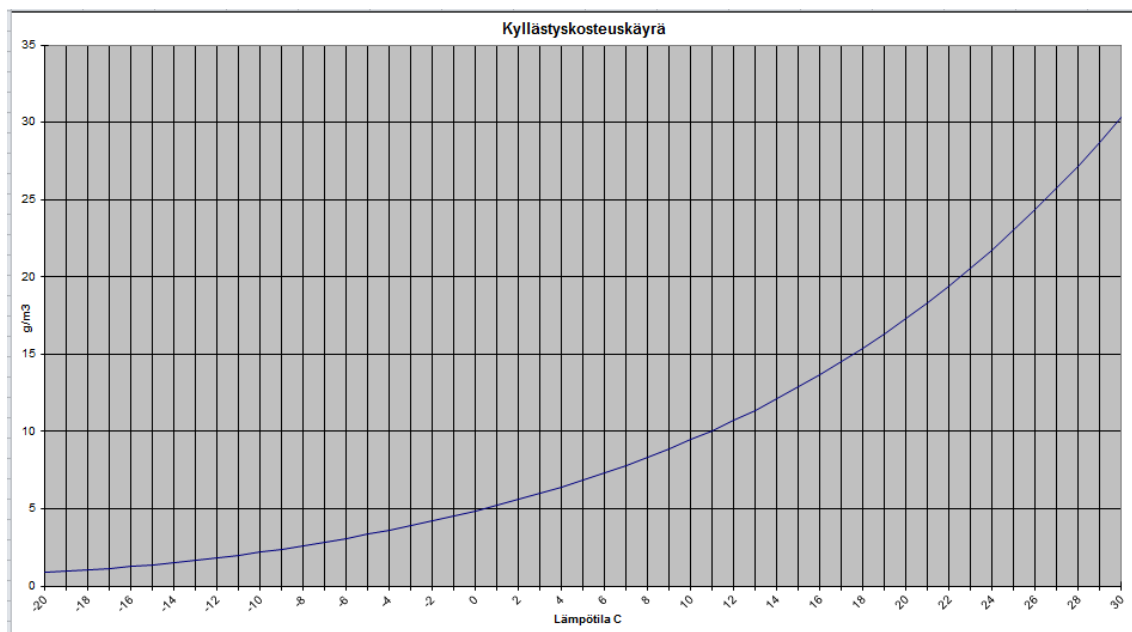
- betonin lujuusluokka; korkealujuuksilla betonilaaduilla kuivumisnopeus on jopa kaksinkertainen tavalliseen betoniin verrattuna

- yhteen suuntaan kuivuva rakenne kuivuu 2-3 kertaa hitaammin kuin kahteen suuntaan kuivuva
- betonin lämpötilan nosto 10 asteella yleensä puolittaa kuivumisajan
- ilman suhteellisen kosteuden (RH) lasku 60 % 50 %:iin nopeuttaa kuivumisaikaa noin 20 %
- alle 50 % RH ei oleellisesti nopeuta kuivumista, mutta yli 60 % kosteus hidastaa sitä merkittävästi
- betonin uudelleen kastuminen kuivumisjakson aikana lisää kuivumisaikaa 1,4- 2 -kertaiseksi

Tyypillisesti hankkeen aikataulu lasketaan tasaisilla olosuhteilla sisälämpötilan ja suhteellisen kosteuden ollessa + 18 °C/ RH 50 %. Olosuhteita tuleekin jatkuvasti seurata, jotta rakenteiden kosteus ei yllätä silloin kun tulisi aloittaa jo pinnoitustyöt. Taulukosta 1 ja kuvasta 4 ilmenee kuinka paljon eri lämpötiloissa ilma pystyy kosteutta sitomaan.

Taulukko 1. Ilman kyllästyskosteus (RH 100 %) eri lämpötiloissa.

°C	g/ m ³	°C	g/ m ³	°C	g/ m ³
-20	0,87	0	4,85	20	17,28
-19	0,95	1	5,21	21	18,31
-18	1,04	2	5,58	22	19,40
-17	1,14	3	5,98	23	20,54
-16	1,25	4	6,40	24	21,74
-15	1,38	5	6,84	25	23,00
-14	1,52	6	7,31	26	24,32
-13	1,67	7	7,80	27	25,71
-12	1,83	8	8,32	28	27,17
-11	2,01	9	8,87	29	28,70
-10	2,20	10	9,45	30	30,31
-9	2,40	11	10,06	31	31,99
-8	2,61	12	10,71	32	33,75
-7	2,84	13	11,38	33	35,60
-6	3,08	14	12,10	34	37,54
-5	3,33	15	12,86	35	39,56
-4	3,60	16	13,65	36	41,68
-3	3,89	17	14,49	37	43,89
-2	4,19	18	15,37	38	46,21
-1	4,51	19	16,30	39	48,63



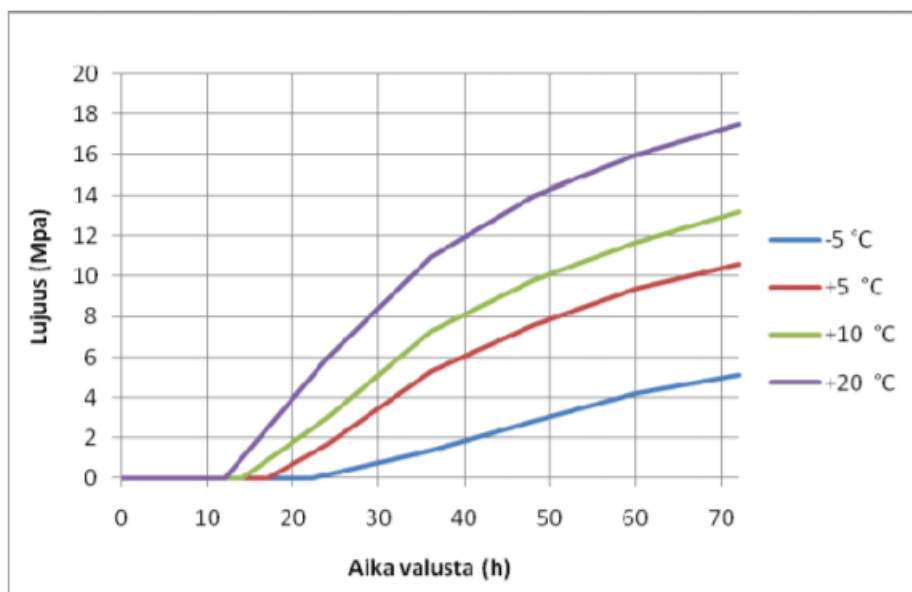
Kuva 4. Kyllästyskosteuskäyrä.

2.4 Lämmityksen vaikutus laatuun

Lämmittämisellä voidaan vaikuttaa lopputuotteen laatuun oleellisesti, kuten betonin lujuuden kehittymiseen ja rakenteiden kuivumiseen. Myös sisällä varastoitavaa tavaraa varten on oltava olosuhteet kunnossa, jotta emme aiheuta mikrobivaurioita herkille rakennusmateriaaleille kuten puutavaralle. Sisäilman suhteellinen kosteus olisi hyvä pitää aina alle 60 %, tällöin mikrobivaurioiden määrä alenee, rakenteet kuivuvat ja tilassa on miellyttävämpi työskennellä.

Rakennusmateriaaleja on paljon erilaisia ja niiden kyky sietää erilaisia kosteuspitoisuuksia vaihtelee paljon. Lämpötilan ja kosteuden on oltava rakennusmateriaaleille suotuisat, koska yleensä jo rakennusaikana tapahtunut ylimääräinen kosteusrasitus rakenteissa saa aikaan vaurioita, jotka voivat myöhemmin aiheuttaa ongelmia. Home- ja laho-ongelmat rakenteissa johtuvat aina materiaalin sietokyvyn ylittäneestä kosteuspitoisuudesta. Homeen ja lahon kehittymiseen vaikuttaa merkittävästi rakennusmateriaalin kosteus ja lämpötila, niiden vaikutusaika sekä itse materiaali. Rakenteet ja materiaalit, jotka on tarkoitettu kuiviin olosuhteisiin, eivät kestä pitkään jatkuvaa ja usein toistuvaa kosteusrasitusta. (Lumme & Merikallio 1997)

Orgaanisia aineita sisältävät materiaalit ovat erityisen herkkiä mikrobikasvuston synnylle. Tällaisia materiaaleja ovat esimerkiksi puu, maalit ja paperit, mutta mikrobikasvustoa voi tulla myös esimerkiksi muovimattoihin, lämmöneristeisiin tai betoniin. Korjaamaton kosteusvaurio saattaa johtaa mikrobikasvuston syntymiseen, ja siten aiheuttaa erilaisia terveyshaittoja. Kosteusvauriot on kuitenkin vältettävissä, kunhan vain suunnitellaan ja rakennetaan huolellisesti. (Koskenvesa n.d, 8.)



Kuva 5. 260 mm paksun välipohjan lujuudenkehitys laatan keskiosassa eri ympäristön lämpötiloissa. Betonimassa K30 #16 mm S3 (Lumme, Rudus Oy 2017).

Lämpötila	Huomioita
> +60 ° C	Seurauksena lujuuskatoa ja säilyvyyden heikkenemistä
+50...60 ° C	Yhden vuorokauden lujuudet nousevat, mutta valmiin betonin lujuusominaisuudet saattavat kärsiä (lujuuskato)
+30...40 ° C	Betonimassan suositeltava kovettumislämpötila
+20 ° C	Betonin tavoitelujuus saavutetaan n. 28 vrk:n kuluttua
+5 ° C	Betonilla ei havaittavissa lujuutta vielä yhden vuorokauden kuluttua
< 0 ° C	Lujuudenkehitys käytännössä lakkaa. Betonissa oleva vesi alkaa jäätymä
- 10...-15 ° C	Lujuudenkehitys on pysähtynyt. Jäätäneellä betonilla voi olla vaelujuutta.

Kuva 6. Lämpötilojen vaikutus betonin lujuudenkehitykseen (Lumme, Rudus Oy 2017).

2.5 Kosteudenhallinta

Kosteudenhallintaprosessi aloitetaan jo hankesuunnitteluvaiheessa ja se jatkuu aina loppukäyttäjille asti. Tähän väliin kuitenkin mahtuu monta vaihetta ja osapuolta. Vaiheita ovat muun muassa hankesuunnittelu, rakennussuunnittelu, rakentamisen valmistelu, rakentaminen ja käyttöönotto.

Rakennushanketta suunniteltaessa asetetaan hankkeelle tavoitteet. Tavoitteiden tulee olla täsmällisiä, ja ne koskevat hankkeen laajuutta, toimivuutta, laatua, kustannuksia, ajoitusta ja ylläpitoa. Rakennushanketta varten teetetään tarvittavat selvitykset ja määritellään alustava toteutusmuoto. Hankkeen suunnittelussa laaditaan tarkkaan mitoitettuja suunnitelmat ja tuotteiden määritelmät, jotka toimivat pohjana rakentamiselle ja erilaisille rakentamispalveluhankinnoille. Toteutussuunnitteluun sisältyy osasuunnittelu tuotteille ja järjestelmille. Rakentamisen valmisteluihin kuuluu esimerkiksi rakentamisen organisointi, rakentamistehtävien kilpailuttaminen, sopimusneuvotteluiden läpikäyminen ja sopimuksien tekeminen urakasta ja hankinnoista. Rakentamisluvassa pitää varmistaa, että rakentaminen toteutuu sovitun mukaisesti, ja että lopputulos täyttää laaditut tavoitteet. Lisäksi varmistetaan, että rakennus tulee käyttövalmiiksi ja sen ylläpidosta on huolehdittu. Rakennus todetaan valmistuneeksi vastaanottotarkastuksessa rakentamisen päätteeksi. Rakennuksen käyttöönotossa varmistetaan, että kaikki erilaiset järjestelmät toimivat, ja lisäksi opastetaan käyttäjiä järjestelmän käytössä. (Rakentamisen kosteudenhallinta 2018.)

2.5.1 Vastuut

Kosteudenhallinnasta on Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. Siinä muun muassa määrätään vastuut rakennusprojektin eri osapuolille, jotta lopputuote valmistuisi laadukkaana, ja että suunniteltu käyttöikä saavutettaisiin.

”Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava rakennushankkeen kosteudenhallintaselvityksen laatimisesta. Rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitykseen on sisällyttävä hankkeen yleistiedot, vaatimukset kosteudenhallinnalle hankkeen eri vaiheissa, toimenpiteet ja menettelyt kosteudenhallinnan vaatimusten varmentamiseen sekä kosteudenhallinnan henkilöresurssit. Rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitykseen on sisällyttävä myös tieto hankkeen kosteudenhallinnan valvonnasta vastaavasta henkilöstä” (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017 § 12).

”Vastaavan työnjohtajan on huolehdittava työmaan kosteudenhallintasuunnitelman laatimisesta rakennushankkeen kosteudenhallintaselvitykseen pohjautuen. Työmaan kosteudenhallintasuunnitelman sisältöön sovelletaan rakentamisen suunnitelmista ja selvityksistä annetun ympäris-

töministeriön asetuksen (216/2015) 15 §:ää. Sen lisäksi työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaan on sisällyttävä tiedot rakennustyömaan kosteudenhallinnasta vastaavista rakennusvaiheen vastuuhenkilöistä” (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017 § 13).

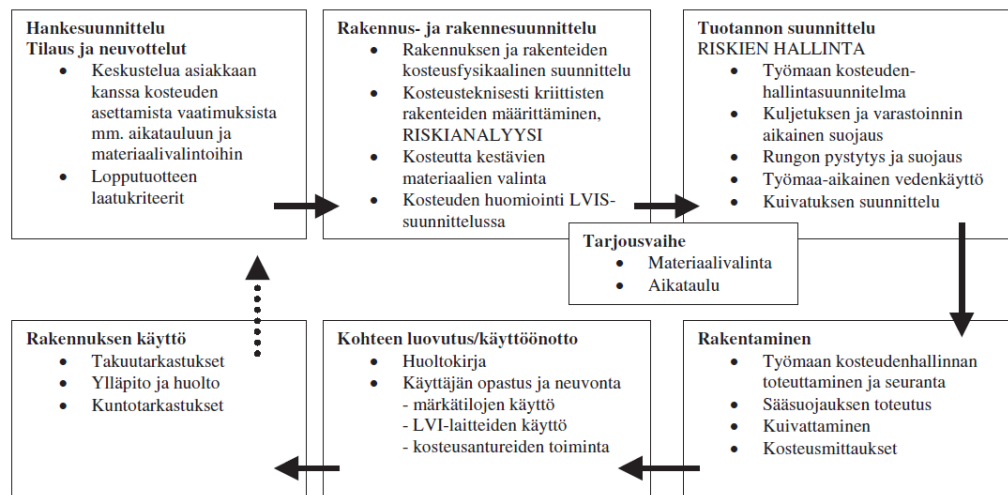
”Rakennusvaiheen vastuuhenkilön on huolehdittava rakennustuotteiden ja keskeneräisten rakennusosien suojaamisesta kastumiselta ja epäpuhauksilta työmaavarastoinnin ja rakentamisen aikana” (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017 § 14).

”Rakennusvaiheen vastuuhenkilön on huolehdittava siitä, että rakenteissa olevan kosteuden ja rakennuskosteuden kuivumisaste mahdollistaa rakenteiden peittämisen kuivumista hidastavalla ainekerroksella, pinnoitteella tai rakenteella vaurioita aiheuttamatta. Rakennusvaiheen vastuuhenkilön on huolehdittava kosteusmittauksin rakenteiden asianmukaisesta kosteuspitoisuudesta seuraavaan työvaiheeseen siirtymistä varten” (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017 § 15).

2.5.2 Kosteudenhallinnan tavoitteet ja perusteet

Kosteudenhallintaa tapahtuu koko rakennuksen elinkaaren ajan. Rakennushankkeen suunnitteluvaiheessa tulee jo tunnistaa mitä vaatimuksia kosteus asettaa tulevalle projektille. Se vaikuttaa olennaisesti kuivumisaikojen ja kosteusrasituksen kautta rakentamisaikatauluun ja materiaalivalintoihin sekä mahdollisesti myös työjärjestyksiin. Hankesuunnitteluvaiheessa rakennukset voidaan luokitella kosteusrasitusten, sisäilma-vaatimusten ja käyttökätavoitteiden perusteella luokkiin, jotka määrittelevät hankkeen suunnittelijoiden valintaa, suunnittelutehtävien määritystä, suunnitteluun varattua aikaa ja lopputuotteen laadulle asetettavia kriteerejä. (Merikallio n.d, 2.)

Rakennuksen elinkaarenaikainen kosteudenhallintaprosessi



Kuva 8. Rakennuksen elinkaariaikainen kosteudenhallintaprosessi (Merikallio n.d, 1).

Rakennuksen ja rakenteiden suunnittelussa pitää varmistaa, että kosteus ei missään muodossa pääse rakenteisiin ja rakennuksen sisätiloihin. Huomioitavia kosteuden muotoja ovat veden lisäksi etenkin lumi ja vesihöyry. Rakenteisiin tunkeutunut kosteus saattaa aiheuttaa turvallisuustai terveysriskin rakennuksessa jo lyhyelläkin aikavälillä. Lisäksi pitää varmistaa, että mahdollinen rakennusmateriaalien valmistuskosteus ja rakenteisiin rakennusaikana päässyt kosteus pääsee poistumaan, eikä jää aiheuttamaan vahinkoa. Rakenteiden pitää myös olla sellaisia, että niillä on kyky kuivua. Rakennuksen rakennesuunnitelmille voidaan tehdä kosteustekninen riskianalyysi. Analyysissä määritetään, onko rakenteissa kohtia, joissa kosteus saattaisi nousta niin korkeaksi, että se saattaisi aiheuttaa vaurioita. Tätä analyysia voidaan käyttää apuna valittaessa rakennukseen materiaaleja, suunniteltaessa kuivatusta ja tehtäessä mahdollisesti muutoksia suunnitelmiin. Henkilöllä, joka kosteusteknisen riskianalyysin tekee, pitää olla hyvät tiedot rakennusten lämpö- ja kosteusteknisestä toiminnasta sekä rakennusmateriaaleista. Riskianalyysin tekemiseen kannatta muodostaa työryhmä, johon kuuluu rakentamisen eri osapuolia, kuten kosteudenhallinnasta vastaava suunnittelija, rakennesuunnittelijoita, arkkitehti ja talotekniikan suunnittelijoita. (Merikallio n.d, 1.)

2.5.3 Kuivaketju10 toimintamalli

Rakennuttaja voi valita rakennushankkeeseen Kuivaketju10-toimintamallin, jolloin rakennuslupa ei tarvita erillistä kosteudenhallintaselvitystä. Kuivaketju10-toimintamalli on sellaisenaan valmis toimintamalli lain edellyttämän tason varmistamiseen rakennustyömaalla. Kuivaketju10-hanke on käynnistynyt vuonna 2014 Oulun rakennusvalvonnan ja ympäristöministeriön aloitteesta. Hankkeen tarkoituksena on ollut löytää

uusia ratkaisuja kosteudenhallintaan, joka kestäisi rakennusten koko elinkaaren ajan. (Seppälä 2017.)

Hankkeen aluksi on tehty peruslinjaus toimintamallille, ja sen jälkeen mallin kehittämistä on tehty yhteistyönä alan eri toimijoiden kanssa. Mukana toimintamallin kehittämisessä ovat olleet suurimmat rakennusvalvonnat sekä rakennusalan tilaajia, suunnittelijoita ja urakoitsijoita. Myös rakennusalan etujärjestöt SKOL, RT, RAKLI, RALA ja RIL ovat olleet mukana kehittämässä mallia. (Seppälä 2017.)

”Kuivaketju10-toimintamallin tarkoitus on pyrkiä estämään kosteusvaurioiden syntyminen kaikissa rakennusprosessin eri vaiheissa.” Kuivaketju10 on toimintamalli rakennusprosessien kosteudenhallintaan, ja sen avulla on tarkoituksena vähentää kosteusvaurioiden riskiä rakennuksen koko elinkaaren ajan. Toimintamallissa kosteusvaurioiden riskejä torjutaan kaikissa rakennustoiminnan vaiheissa ja torjunnan onnistumista varmennetaan luotettavalla tavalla. Kuivaketju10-toimintamalli sisältää riskilistan ja todentamisohjeen, joissa on kerrottu kymmenen keskeisintä mahdollisiin kosteusvaurioihin johtavaa riskiä. Näitä riskejä hallitsemalla voidaan välttää yli 80 prosenttia kosteusvaurioiden aiheuttamista seurannaiskustannuksista. (Kuivaketju10 2018.)

Rakennushankkeen aloittava henkilö tai yritys voi tehdä päätöksen hankkeen toteuttamisesta Kuivaketju10-toimintamallin mukaan. Jos hanke toteutetaan mallin mukaisesti, pitää hankkeeseen valita jo alkuvaiheessa kosteudenhallintakoordinaattori. Koordinaattorin tehtävänä on valvoa ja ohjata toimintamallin toteutumista koko rakennustoiminnan ajan. Suunnittelijoiden pitää pystyä näyttämään, että suunnitelmissa on huomioitu toimintamallin riskilista ja todentamisohje. Suunnitelmien pohjalta rakennusurakoitsija toteuttaa rakentamista, ja todentaa ja dokumentoi onnistuneen toteutuksen riskejä sisältävissä kohdissa. Kosteudenhallintakoordinaattori vielä varmistaa ja hyväksyy suoritettun todentamisen. (Kuivaketju10 2018.)

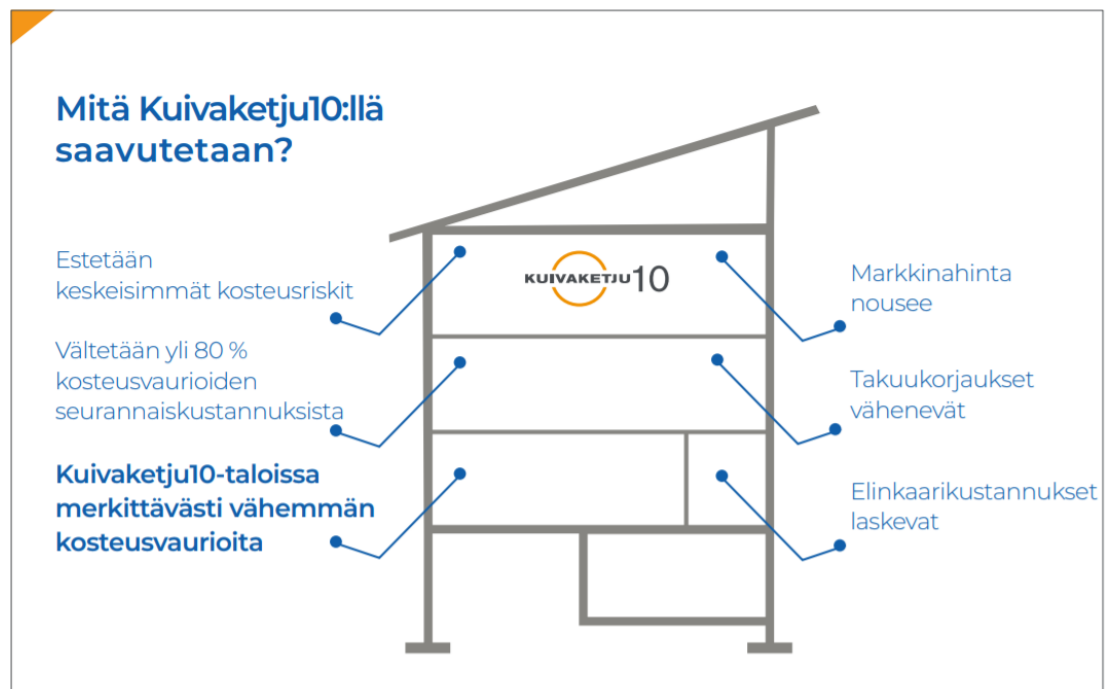
Koordinaattorin tehtävänä on:	
✓ Valvoa ja ohjata Kuivaketju10:n toteutumista koko rakennusprosessin ajan.	✓ Osallistua säännöllisesti työmaakokouksiin.
✓ Varmistaa kirjaukset toimintamallin käytöstä suunnittelu- ja urakkatarjouspyyntöihin sekä lopullisiin sopimuksiin.	✓ Raportoida toimintamallin toteutuksen etenemisestä tilaajalle, rakennusvalvontaan ja RALAAan.
✓ Varmistaa ja hyväksyä suunnittelijoiden tarkentama riskilista ja todentamisohje sekä todentamisohjeen riittävä huomioiminen suunnittelussa.	✓ Varmistaa ja hyväksyä urakoitsijan suorittaman riskikohtien toteutuksen todentaminen ja dokumentointi.
✓ Osallistua pääurakoitsijan työmaaorganisaation perehdyttämiseen todentamisohjeeseen ja siihen liittyviin suunnitelmiin.	✓ Arvioida yhdessä tilaajan, suunnittelijoiden ja urakoitsijan kanssa toimintamallin onnistuminen.

Kuva 9. Kosteudenhallintakoordinaattorin tehtävät (Kuivaketju10 2018).

Tilaaajan tehtävänä on:	
✓	Tehdä päätös hankkeen toteuttamisesta Kuivaketju10-toimintamallin mukaisesti.
✓	Kiinnittää hankkeeseen urakoitsijasta ja suunnittelusta ulkopuolinen kosteudenhallintakoordinaattori.
✓	Kirjata toimintamallin käyttäminen pakollisena vaatimukseksi suunnittelu- ja urakkatarjouspyyntöihin sekä lopullisiin sopimuksiin.
✓	Kiinnittää osa suunnittelupalkkiosta toimintamallin onnistumiseen. (poikkeuksellisen vaativat hankkeet)
✓	Kiinnittää osa urakkapalkkiosta toimintamallin onnistumiseen. (vaativat ja poikkeuksellisen vaativat hankkeet)
✓	Antaa realistinen aikataulu suunnitteluun, työmaavaiheeseen ja käyttöönottoon.

Tilaaaja=Rakennushankkeeseen ryhtyvä

Kuva 10. Tilaaajan tehtävät (Kuivaketju10 2018).



Kuva 11. Mitä kuivaketju10:llä saavutetaan (Kuivaketju10 2018).

3 LÄMMITTÄMISEN SUUNNITTELU

Rakennustyömaan ajalliseen ja taloudelliseen suunnittelutyöhön tulisi sisällyttää lämmitystoimintojen suunnitteleminen. Tarkempien lämmitys- ja kuivatussuunnitelmien teko on osa menetelmäsuunnittelua. Lämmitys- ja kuivaus on otettava huomioon myös aikataulu- ja työmenetelmäsuunnittelussa. Tärkeää onkin huomioida jokainen lämmitystä tarvitseva kohde, koska ne mahdollisesti vaikuttavat lämmitys- ja kuivaus menetelmien valintaan. (Kone-Ratu 07-3032 1996.)

Lämmityksen suunnittelu aloitetaan määrittämällä projektin tehontarve. Lämmitystehon määrittämiseen vaikuttavat vuodenaika, projektin vaihe, tilavuus, tiiveys ja eristys sekä toivottu sisälämpötila. Tehon tarpeen määrittämiseen voidaan käyttää hyväksi aikaisempien projektien jälkilaskentatietoa, kunhan se vain on vertailukelpoinen laskettavan kohteen kanssa. Jos jälkilaskentatietoa ei ole olemassa, on tehonmäärittämiseen tehty laskukaavoja ja valmiita suuntaa antavia taulukoita.

Hyvin tehdyt ennakkovalmistelut ja lämmityksen aikaisella toiminnan tarkkailulla voidaan vaikuttaa oleellisesti olosuhdehallinnan kustannuksiin. Ennakkovalmisteluissa määritellään lämmitys- ja kuivatustarve, laitteisto, tehdään mitoitus ja käyttösuunnitelma, tehdään mahdollisten käyttö- ja käyntiaikojen määrittäminen sekä lämmitettävän kohteen rakenteiden tiivistäminen ja eristäminen. Lämmitettävän kohteen tiivistämisessä tulee huomioida kostean ilman hallittu poistuminen tilasta. Laitesijoittelussa tulisikin suuntaukset tehdä siten, että lämmin ilma leviäisi tasaisesti koko lämmitettävään tilaan. (Ratu C8-0377, 2010.)

Rakennusaikainen lämmitystehon määrittäminen olisikin hyvä tehdä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, koska tällöin on mahdollista vaikuttaa muun muassa lämmityksen energiamuotoon ja lämmönjakotapaan, sekä saada tarkempi käsitys tehtävistä toimenpiteistä ja tulevista kustannuksista. Vaikuttamisvaihtoehtoja on varsinkin silloin, kun toimitaan kaukolämmön ja maakaasun jakeluverkon läheisyydessä. Tällöin voidaan niitä hallitsevan energianmyyjän/ lämpölaitoksen edustajan kanssa tarkastaa verkosta saatava teho ja kartoittaa toimenpiteet liittymän saamiseksi työmaalle.

Lämmityksen suunnittelu tulisi sisältää lämmitystehon määrittämisen, lämmönjakotavan/ tapojen määrittämisen, energiamuodon valinnan, kylmimmän jakson tukilämmitystavan ja liiallisen kosteudenpoiston ilmasta. Lämmönjakotavassa tarkennetaan lämmitinlaitteiden sijoittelu, jossa mm. tulee huomioida väliseinät, oviaukot, alaslasku katot sekä koteloinnit. Jos kohde rakentuu lohkoittain, tulee myös työaikaiset osastointiseinät lohkojen välillä ottaa huomioon.

Lämmitystä suunniteltaessa tulisi huomioida myös kosteuden poistamistapa ilmasta. Kosteuden poistamistapa riippuu vuodenajasta, tehdäänkö se ns. avoimella järjestelmällä tuulettamalla vai suljetulla järjestelmällä rakennuskuivaimilla. Avoimen kuivausjärjestelmän ilmanvaihtoa voidaan hallita poistamalla kosteudesta kyllästynyttä ilmaan ulos perinteisillä poistoilmapuhaltimilla, jotka käyvät jaksotetusti suhteellisen kosteuden mukaan. Korvausilman ottaminen sisätiloihin tulee kuitenkin olla hallittua, jotta minimoimme energian kulutuksen.

Taulukossa 2 on laitevalmistaja El-Björn Ab Oy:n tehonmäärittystaulukko. Etelä-Suomessa mitoituslaskentaan käytetään ulkolämpötilaa -10 °C , Keski-Suomessa -15 °C ja Pohjois-Suomessa -20 °C . Tavoite sisälämpötilalle on $15\text{--}18\text{ °C}$. Kokemuksen mukaan tämä on hyvä työkalu työmaanaikaisen lämmityksen tehon määrittämiseen, kunhan vain tiedostetaan, että projektin tulee olla tällä laskutavalla tiivis ja eristetty.

Taulukko 2. Tehontarpeen määrittäminen $15\text{--}18\text{ °C}$ sisälämpötilalla, kun projekti on eristetty ja tiivis (El-Björn Ab Oy 2015).

Kattokorkeus [m]	Ulkolämp. [°C]	10	5	0	-5	-10	-15	-20
<3,2	W/m ²	8	12	18	24	30	40	50
>3,2	W/m ³	3	5	7	10	13	16	18

Taulukossa 3 Helen Oy:n kaukolämpöliittymien tehot eri tulolämpötiloilla. Esimerkiksi suurentamalla putkikokoa DN 40 kokoon DN 50, on mahdollista saada rakennusaikaiseen lämmitykseen lisää tehoa jopa 300 kW.

Taulukko 3. Helen Oy:n kaukolämpöliittymien tehot DN 25-100 (Suominen, 2015.)

Alustavia mitoitustietoja rakennusaikaista lämmitystä varten Helen Oy:n verkossa.			
Rajoittavina tekijöinä on myös kl-tonttijohto, kl-runkoputki ja sen kuormitus.			
Lopulliset tiedot varmistettava Helen Oy:ltä.			
HELEN OY MÄÄRITTÄÄ RAKENNUSAIKAISEN SOPIMUSVESIVIRRAN, sekä venttiilien kv-arvon!			
Mittauskeskuksen koko:	Maksimi virtaama	Laskennallinen teho	
		90°C tulolämpötilalla:	115°C tulolämpötilalla:
DN 25	4 m ³ /h	172 kW	289 kW
DN 40	10 m ³ /h	431 kW	723 kW
DN 50	15 m ³ /h	646 kW	1085 kW
DN 80	30 m ³ /h	1292 kW	2170 kW
DN 100	55 m ³ /h	2369 kW	3978 kW
Kohteen siirrin tulee valita teholtaan lähimmäksi sopimusvesivirrasta saatuun tehoon.			
Venttiilin mitoituksessa pyritään suurempaan painehäviöön, kuin 50 kPa (max 100 kPa).			
Virtaamana käytetään sovittua sopimusvesivirtaa (SVV).			
(SVV m ³ /h : venttiilin kv-arvo) ² = xx kPa, esim. (7,2 m ³ /h : kv 8) ² = 81 kPa.			

4 TYYPILLISIMMÄT RAKENNUSTYÖMAAN LÄMMITYSLAITTEISTOT

Kokemukseni mukaan lämmitysjärjestelmät ovat lähes aina jonkin tasoisia hybridimuotoja, koska yksi lämmönjakotapa tai energiamuoto ei koskaan yksinään palvele koko työmaanaikaista tarvetta. Tästä johtuu puutteellinen suunnittelu tai tietoisesti tehtävä kylmän kauden huippujen taseaus jollain toisella lämmitystavalla. Kuitenkin suunnittelemalla ja perehtymällä on mahdollista saada työmaalle toimivin ja kustannustehokkain lämmityskokonaisuus, jota ei tarvitsisi muokata tai vaihtaa työmaan aikana.

Lämmönjakotavalla tarkoitetaan sitä, miten lämpö saadaan lämmitettävään kohteeseen. Alla olevissa esimerkeissä, lämpöpuhaltimilla tehtävä lämmönjako perustuu kiertoilmälämmitykseen, jossa ilma lämmitetään vedellä, öljyllä, sähköllä tai neste-/ maakaasulla.

Taulukko 4. Eri lämmönjakotapoihin soveltuvat energiamuodot.

Lämmönjakotapa Energiamuoto	Vesikiertoiset lämpöpuhaltimet	Öljykäyttöiset lämpöpuhaltimet	Maakaasukäyttöiset lämpöpuhaltimet	Nestekaasukäyttöiset lämpöpuhaltimet	Sähkökäyttöiset lämpöpuhaltimet	Säteilijät
Kaukolämpö	x					
Nestekaasu	x			x		x
Kevytpolttöily	x	x				
Maakaasu	x		x			
Sähkö					x	x

4.1 Polttoöljykäyttöiset lämpöpuhaltimet

Polttoöljykäyttöisiä lämpöpuhaltimia voidaan käyttää lämmittämään lähes mitä vain ja ne ovat muunneltavuutensa ja nopean käyttöönottonsa takia erittäin suosittuja lämmönlähteitä työmailla. Tyypillisesti lämpöpuhaltimia käytetään lämmittämään isoja tiloja ja julkisivuja, mutta ne soveltuvat myös pienempiin kohteisiin, kuten rivi- ja luhtitalojen lämmittämiseen kanavoimalla lämmin puhallusilma huoneistoihin. Skanska Konevuokraus Oy:n vuokraamat öljykäyttöiset lämpöpuhaltimet ovat varustettu lämmönvaihtimella, mikä tarkoittaa sitä, että lämmitettävään tilaan ei puhallusilman mukana tule muuta kuin lämmitettyä imuilmaa. Palokaasut ohjataan pakoputken kautta pois, eivätkä näin sekoitu puhallusilman kanssa.

Lämpöpuhaltimia on mahdollista ohjata laitteen omalla tai siihen lisättävällä ulkoisella termostaatilla, joka sijoitetaan lämmitettävään tilaan. Termostaatti säätää laitteen käyntiä siten, että tilan lämpötila pysyy sille asetetuissa raja-arvoissa.

Lämpöpuhaltimia löytyy markkinoilta teholtaan useita eri kokoja, mutta tietyt teholuokat ovat vakiinnuttanut asemansa. Lämpöpuhaltimia on valmistettu kahdella eri puhallintyyppillä, joita ovat aksiaali- ja radiaalipuhallin. 55 kW ja 110 kW:n tehoiset ovat varustettu aksiaalipuhaltimilla ja 70, 120 sekä 195 kW:n tehoiset ovat varustettu radiaalipuhaltimilla. Aksiaalipuhaltimilla varustetut lämpöpuhaltimet eivät sovellu pitkiin ja mutkikkaisiin kanavointeihin, kun taas radiaalipuhaltimella varustetut lämpöpuhaltimet voidaan kanavoida jopa 40 m matkan päähän vastapaineen ollessa maksimissaan 450 Pa.

Kanavan suunnittelussa perussääntönä on, että kanavasta lähtevien haarojen yhteenlaskettu poikkipinta-ala tulee olla vähintään yhtä suuri, kuin laitteessa olevan puhallusaukon poikkipinta-ala. Pidempiä kanavia suunniteltaessa tulee myös ottaa huomioon haarojen kertavastukset, kanavan painehäviö metriä kohden, puhaltimen tuottama ilmamäärä sekä sen tuottama staattinen paine.



Kuva 12. Lämpöpuhaltimen imuilma otetaan sisältä, joka säästää energiaa, mutta ei aiheuta paine-eroa.

Kuvissa 13-16 lämmitetään rivitaloja yhdellä lämpöpuhaltimella. Asennuksessa on huomioitava, että puhallin ylipaineistaa lämmitettävän tilan, joten sisältä ulos tulee tehdä poistoputki. Poistoputken tarkoituksena on tasata paine-eroa ja sitä kautta myös poistuu sisätiloista kosteutta sitonut ilma ulos.



Kuva 13. Neljän asunnon rivitaloa lämmitetään yhdellä 70 kW tehoisella lämpöpuhaltimella.



Kuva 14. Neljän asunnon rivitaloa lämmitetään yhdellä 70 kW tehoisella lämpöpuhaltimella.



Kuva 15. Seitsemän asunnon rivitaloa lämmitetään yhdellä 195 kW tehoisella lämpöpuhaltimella.

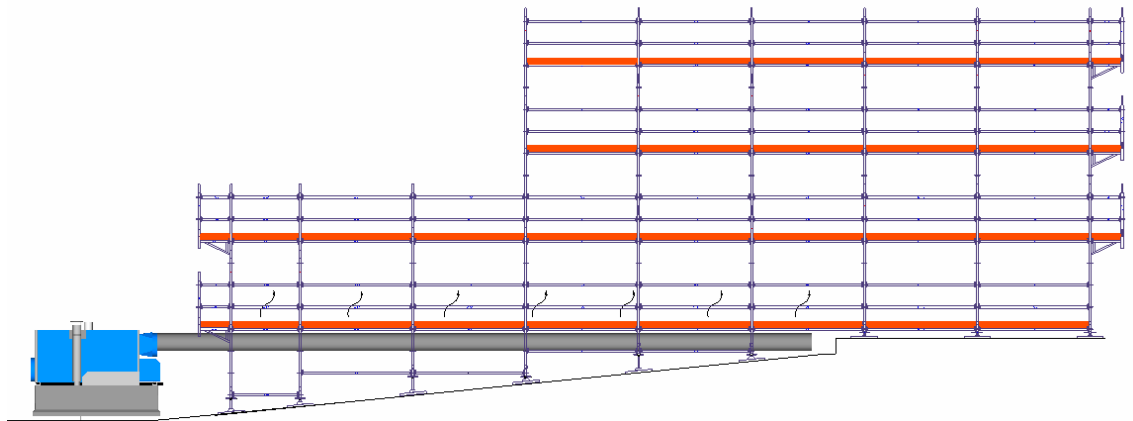


Kuva 16. 110 mm poistoputki yläkerran tuuletusikkunassa.

Julkisivulämmityksessä öljykäyttöisten lämpöpuhaltimien etuna on, että pienellä työllä saadaan lämmitettyä suuria työalueita kerralla, ja vain yhdellä lämpöpuhaltimella. Hyväksi tavaksi on todettu myös, että telineen yläosaan pakkautuvaa lämmintä ilmaa kierrätetään takaisin alaspäin erillisillä puhaltimilla. Näin säästetään energiaa ja lämpötilasta peitteen sisällä saadaan tasaisempi.



Kuva 17. Julkisivulämmitystä 195 kW tehoisella lämpöpuhaltimella.



Kuva 18. Julkisivulämmitystä öljykäyttöisellä lämpöpuhaltimella.

Öljykäyttöiset lämpöpuhaltimet sijoitetaan yleensä ulos, mutta tarvittaessa ne voidaan sijoittaa myös sisälle rakennukseen. Tällä tavalla saadaan säästettyä energiaa.

Huomio sijoittaessasi öljykäyttöinen lämpöpuhallin sisätilaan:

- Pakokaasun ulos veto ja läpiviennin paloeristys
- Öljysäiliön ja lämmittimen maksimi etäisyys toisistaan 15 m
- Öljysäiliötä ei tule sijoittaa lämpöpuhaltimen yläpuolelle
- Öljyn vuotoriski rakenteisiin
- Ei samanlaista kuivattavaa vaikutusta kuin ulos sijoitettuna
- Ei aiheuta paine-eroa sisä- ja ulkotila välillä
- Tilan tulee olla pölytön, jotta öljypoltin toimisi moitteettomasti
- Tankkausauton pääsy säiliölle
- Lämmitys tarpeen jälkeen laitteen pois saanti sisätiloista

4.2 Pohdintaa polttoöljykäyttöisten lämpöpuhaltimien käytöstä

Polttoöljykäyttöisten lämpöpuhaltimien käyttö on helppoa ja vaatii vain harvoin vähän suunnittelua. Lämpöpuhaltimien käyttöönotto on nopeaa, ja ne ovat tehokkaita ja toimintavarmoja. Yleisin työmaakäynnin aiheuttava vika onkin polttoöljyn loppuminen. Lämpöpuhaltimia on myös helppo soveltaa erilaisiin lämmitystarpeisiin, kuten luhti- ja rivitalojen sisätyö- vaiheiden lämmitykseen.

Polttoöljykäyttöinen lämpöpuhallin tarvitsee parikseen öljysäiliön, joita on kooltaan 1-3 m³ välillä. Poikkeuksena 195 kW:n lämpöpuhallin, joka on varustettu omalla kiinteällä polttoainetankilla. Skanska Konevuokrauksen säiliöt ovat kaikki tuplavaipallisia ja hyväksytyjä maantiekuljetukseen.

Lämpöpuhaltimien käytössä haittana on energian ominaispäästökerroin ja hinta. Lämpöpuhaltimien soveltaminen yksinään korkeamman rakennuksen lämmittämiseen ei ole helppoa, mutta tukilämmitysmuotona se on erinomainen.

4.3 Vesikiertolämmitys

Vesikiertoiset lämpöpuhaltimet ovat koko ajan lisänneet suosiotaan, koska yleensä vettä lämmittävä energia saadaan verrattain edullisesta kaukolämmöstä. Kaukolämpöä hyödyntääkseen tulee kaukolämpöverkkoon liittää kaukolämpökeskus.

Vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä koostuu useista eri komponenteista ja onkin toimintaperiaatteeltaan hyvin samankaltainen kuin lopullisesti kiinteistöön asennettava vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä. Poikkeuksena on se, että työmaanaikaisessa lämmitysjärjestelmässä pyritään ajamaan kuumempaa vettä, lämmityslinjoissa hyödynnetään väliaikaisia kuumavesiletkuja ja lämpö jaetaan aina puhaltamalla. Puhaltimen tarkoituksena on saada ilmavirtausta rakenteiden pinnoille, sitoen näin rakenteiden luovuttamaa kosteutta ilmaan, sekä tuottaa tasainen lämpötila kerroksiin. Lopulliset lämmityspatterit puolestaan säteilevät ja jakavat hyvinkin paikallista lämpöä.

Lämpöpuhaltimia voidaan käyttää aina runkovaiheesta sisävalmistusvaiheeseen, kunhan vain lämmitettävä kerros on tiivis ja eristetty. Kun vesikiertoinen lämmityskokonaisuus on suunniteltu ja toteutettu huolellisesti, on se toiminnaltaan ja säädettävyydeltään omaa luokkaansa muihin lämmönjakotapoihin verrattuna.

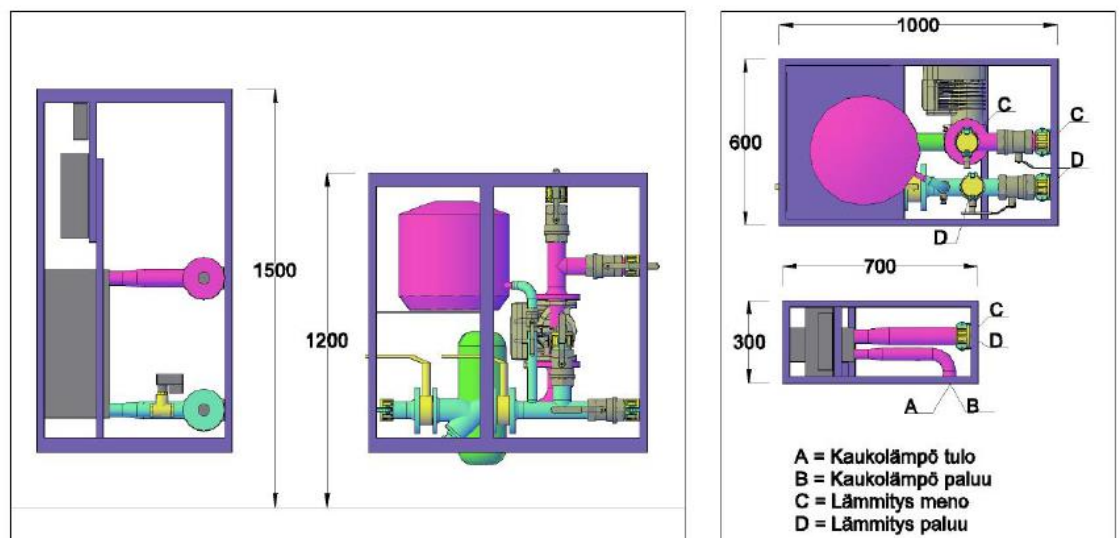
4.3.1 Kaukolämpökeskus

Kaukolämpökeskus on vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän tärkein yksittäinen osa, joka koostuu useista eri komponenteista kuten mm. kierto-vesipumpusta, lämmönsiirtimestä, säätö- ja varoventtiileistä, ilmakelloista, automatiikasta sekä paisunta-astiasta. Kaukolämpökeskuksen mitoitus vaatii hieman suunnittelutyötä, jotta se on optimi kaukolämpöverkkoon ja toisiopuolen lämmitystehoon. Tämä vaihe kannattaakin tehdä yhdessä vuokraavan tahon kanssa tai ulkoistaa se kokonaan heille.

Käyttämällä väliaikaista kaukolämpökeskusta saadaan myös joustoa taloteknisiin töihin. Tällöin ei tule kiirettä saada lopullista lämmitysjärjestelmää kiireellä käyttöön, vaan se voidaan rakentaa rauhassa valmiiksi ja ottaa käyttöön samanaikaisesti väliaikaisen lämmityksen kanssa. Tarvittaessa lopullinen ja väliaikainen lämmitysjärjestelmä voi toimia rinnakkain, mutta se edellyttää sitä, että väliaikainen kaukolämpökeskus on sijoitettu siten, ettei se ole lopullisen kaukolämpökeskuksen asennuksen tiellä. Jos tilat ovat ahtaat, voidaan lämmön myyjän kaukolämpöputkea jatkaa mit-

tauksen jälkeen siten, että tehdään oma sulullinen haara väliaikaiselle kaukolämpökeskukselle. Näin kaukolämpöputken voi viedä vaikka toiseen tilaan, johon sijoitetaan väliaikainen kaukolämpökeskus. Käytön jälkeen putki poistetaan ja sulku tulpataan hitsaamalla.

Skanska Konevuokrauksen kaukolämpökeskukset ovat 2-osaisia kun teho on ≤ 400 kW. 2-osaisissa kaukolämpökeskuksissa ensiö- ja toisiopuli on eroteltuna omiin pyörillä oleviin kehikkoihinsa. Tämä on suuri etu mm. saneerauskohteissa, joissa vanhat oviaukot ovat kapeita, tai jos lämmönjakohuoneeseen kulku on hankala. Tilan tarpeen takia, voidaan kehikot tarvittaessa sijoittaa eri tiloihin, koska kehikot yhdistetään kuumavesiletkulla. Kuvassa 19 on esitettyä 400 kW tehoisen ja 2-osaisen kaukolämpökeskuksen mittakuva.



Kuva 19. 400 kW 2-osaisen kaukolämpökeskuksen mittakuva (Skanska Konevuokraus Oy 2016).

Kaukolämpökeskus voidaan toisiopuolelta liittää osaksi lopullista lämpöverkkoa, kuten runkoputkien pystylinjaan. Tällöin runkoputkeen on mahdollista tehdä sopivan kokoinen sulullinen haara lämmitettävään kerrokseen, johon liitetään lämpöpuhaltimet. Näin säästetään suuremmilta kuumavesiletkujen vedoilta työmaalla, joka näkyy myös vuokralaskussa. Runkoputkien päihin asennetaan työsulut, jotka toimivat samalla myös järjestelmän ilmanpoistossa.

Väliaikaiset kaukolämpökeskukset voidaan sijoittaa myös lämmitettävän rakennuksen ulkopuolelle, esimerkiksi konttiin. Konttiin tehdään lämmön myyjän toimesta mittaus. Mittaukselle on järjestettävä kiinteä sähkönsyöttö. Kontista voidaan edetä lämmitettävään rakennukseen kuumavesiletkuilla tai kovalla teräsputkella. Kuvissa 20 ja 21 kaukolämpökeskus on sijoitettu kontin sisälle. Kontin sisälle on jätetty varaus toiselle kauko-

lämpökeskukselle lämmitystehon kasvaessa. Tässä toisiopuolena on hyödynnetty vanhaa maan alla kulkevaa teräsputkea.



Kuva 20. 800 kW kaukolämpökeskus sijoitettuna konttiin työmaan ulkopuolelle.



Kuva 21. 800 kW kaukolämpökeskus sijoitettuna konttiin työmaan ulkopuolelle.



Kuva 22. 800 kW Kaukolämpökeskus (Skanska Konevuokraus Oy 2018).

Liittäminen kaukolämpöverkkoon tulee tehdä aina lämmön myyjän ohjeiden ja vaatimusten mukaisesti. Esimerkiksi ensiöpuolen putkiston saa asentaa vain hyväksytty kaukolämpöurakoitsija määräysten mukaisilla varusteilla. Paineoetarkastus on tehtävä aina lämmön myyjän tarkastajalle.

Helen Oy:n tarkastajan antama ohje kaukolämpökeskuksen liittämiseen:

- Toimitettava kytkentäpiirustus urakoitsijan nimikirjoituksella varustettuna. Kytkentäkaavio liitteenä.
- Mitoitus tehtävä 90°C ja 115°C kaukolämmön tulolämpötiloilla kytkentäkaavioon.
- Venttiilin virtaamana käytetään meidän ilmoittamaa rakennusaikaista sopimusvesivirtaa vastaavaa virtaamaa.
- Siirtimen asteisuus oltava max 3°C.
- Kv 10 venttiili ei saa olla pienin tai ainoa. Esim. 4,0 ja 6,3 OK.
- Kl paketin on täytettävä K1:n määräykset. Esimerkiksi siirtimen kyltti oltava paikoillaan.
- Kl laitteistoon asennettava ulkolämpötila-anturi.
- Paketti viritettävä ja huolehdittava käytön ajan, että kl-vesi jäähtyy määräysten mukaan.

Uusissa kaukolämpökeskuksissa on jo hyödynnetty IoT (Internet of Things) tekniikkaa ja niitä voidaan säätää ja valvoa internetin kautta. Ne saadaan lähettämään hälytyksiä, kun järjestelmän paineet ovat laskeneet, lianerotin on tukkeutumassa tai laitteen sähköt ovat poissa. Myös energiamittaus onnistuu tämän kautta, jolloin niiden liittäminen osaksi alueämmitystä on helpompaa, koska ei tarvitse hankkia erillistä energiamittausta.

4.3.2 Lämpökeskus

Lämpökeskus sopii lämmönlähteeksi vesikiertoiseen lämmitykseen. Energiamuotoina lämpökeskukselle voidaan käyttää kevytpolttoöljyä, nestetäi maakaasua. Lämpökeskus on rakennettu merikontin sisällä vastaavanlaisista komponenteista kuin kaukolämpökeskukset, niissä on lisänä ainoastaan lämpökattila ja poltin. Lämpökeskuksia Skanska Konevuokrauksella on useita eri tehoisia, kuten 300, 600, 800 ja 1000 kW. Lämpökeskuskontti on hyvä vaihtoehto, jos lämmönjakotapa on vesikiertoinen ja kaukolämpö ei vielä ole käytettävissä.

Lämpökeskusta voidaan hyödyntää myös tilanteissa, joissa talotekniikka mahdollistaa lopullisen lämmityksen käyttöönoton, esimerkiksi vesikiertoinen lattialämmitys, mutta kaukolämpöä ei ole vielä liitetty kaukolämpökeskukseen. Tällöin kaukolämpö voidaan korvata lämpökeskuksella, johon lopullinen kaukolämpökeskus liitetään. Tämän jälkeen kaukolämpökeskuksen automatiikkaan asetetaan toivotut säätökäyrät ja lämpötilat.



Kuva 23. 800 kW lämpökeskus (Skanska Konevuokraus Oy 2018).

4.3.3 Lämmitysverkko

Lämmitysverkko rakennetaan tapauskohtaisesti käyttäen kiinteistön lo-pullisia putkia tai väliaikaisia kuumavesiletkuja, mutta yleensä kumpiakin yhdessä. Lämmitysverkkoon suunnitellaan lämpöpuhaltimien paikat ja niille asennetaan sululliset haarat. Kuumavesiletkujen halkaisijoiden koot ovat 25 , 32 , 50 , 63 ja 76 mm.

Lämmitysjärjestelmän säätölaitteena toimivat muun muassa lämpöpuhal-timissa olevat termostaattisesti ohjautuvat patteriventtiilit. Ne säätyvät huoneen lämpötilan mukaan automaattisesti ja säätyessään ne joko va-paattavat tai kuristavat veden virtausta lämpöpuhaltimelle.



Kuva 24. 800 kW työmaa-aikainen kaukolämpökeskus yhdistettynä lopulliseen ylempiin kerroksiin menevään runkoputkeen kuuma-vesiletkuilla.



Kuva 25. Ylemmät kerrokset lämpenevät vaikka talotekniset työt ovat vielä vaiheessa.

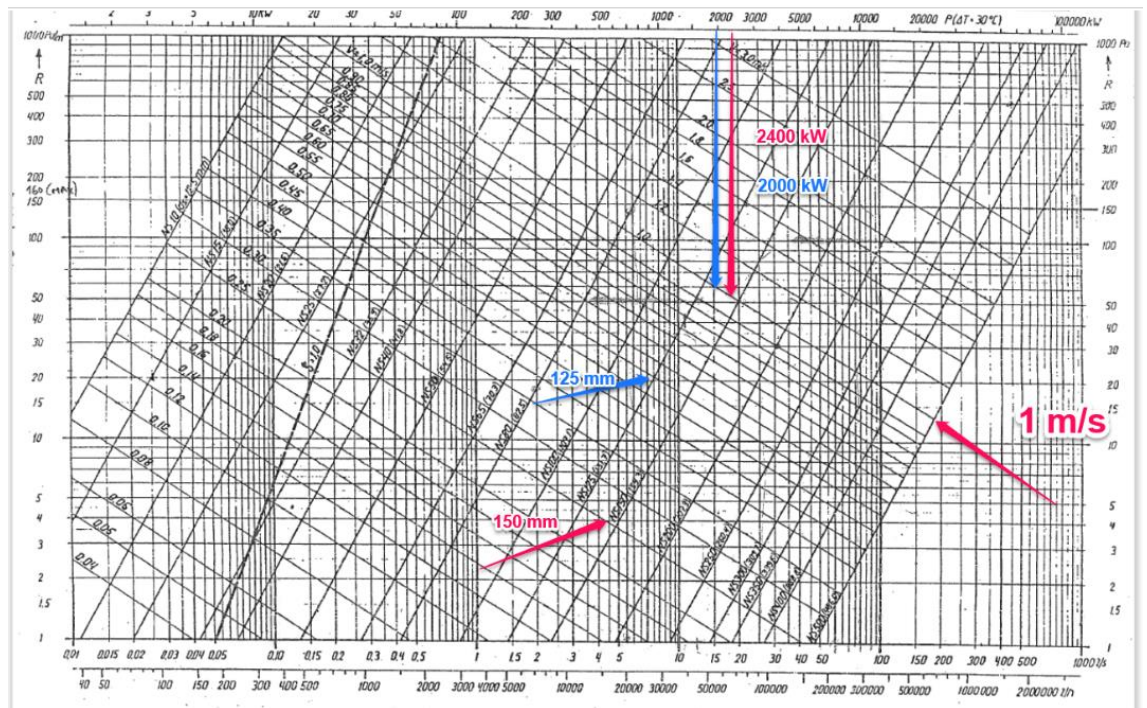


Kuva 26. Lämmittimille otettu haara pystylinjasta.

4.3.4 Suunnittelu

Työmaalla lämmitysjärjestelmä rakennetaan käyttäen väliaikaisia kuuma-vesiletkuja yhdessä rakennuksen kiinteiden runkolinjojen kanssa. Kiinteitä lopullisia putkistoja käytettäessä tulee huomioida putken halkaisija, jotta painehäviö ei kasva liian suureksi, mikä vaikuttaa oleellisesti järjestelmän kiertovesipumpun mitoitukseen. Kuvaa 27 tarkasteltaessa voidaan todeta, että mitä suurempi on putken halkaisija, sitä pienempi on painehäviö metriä kohden.

Kuvassa 27 on myös esimerkki, jonka tarkoituksena on mitoittaa suuren lämmitystehon tarpeen omaavan kohteen runkoputken halkaisijaa. Kun projektin tehontarve on määritelty, katsotaan diagrammista nopeuden 1 m/s kohdalta lähimmäksi tehon tarvetta osuva runkoputken koko. Suunnittelussa pyritään siihen, ettei veden nopeus nousisi yli 1,5 m/s, jotta painehäviöstä ei tule mitoittavaa tekijää.



Kuva 27. Painehäviödiagrammi teräsputkelle (El-Björn Ab Oy 2017).

Taulukko 5. Letkun tehonsiirto kapasiteetti kuvan 27 painehäviödiagrammista.

Putken/ letkun tehonsiirto kapasiteetti kun Δt 30 °C					
Ø	25 mm	32 mm	50 mm	63 mm	76 mm
kW max.	75	160	320	600	780

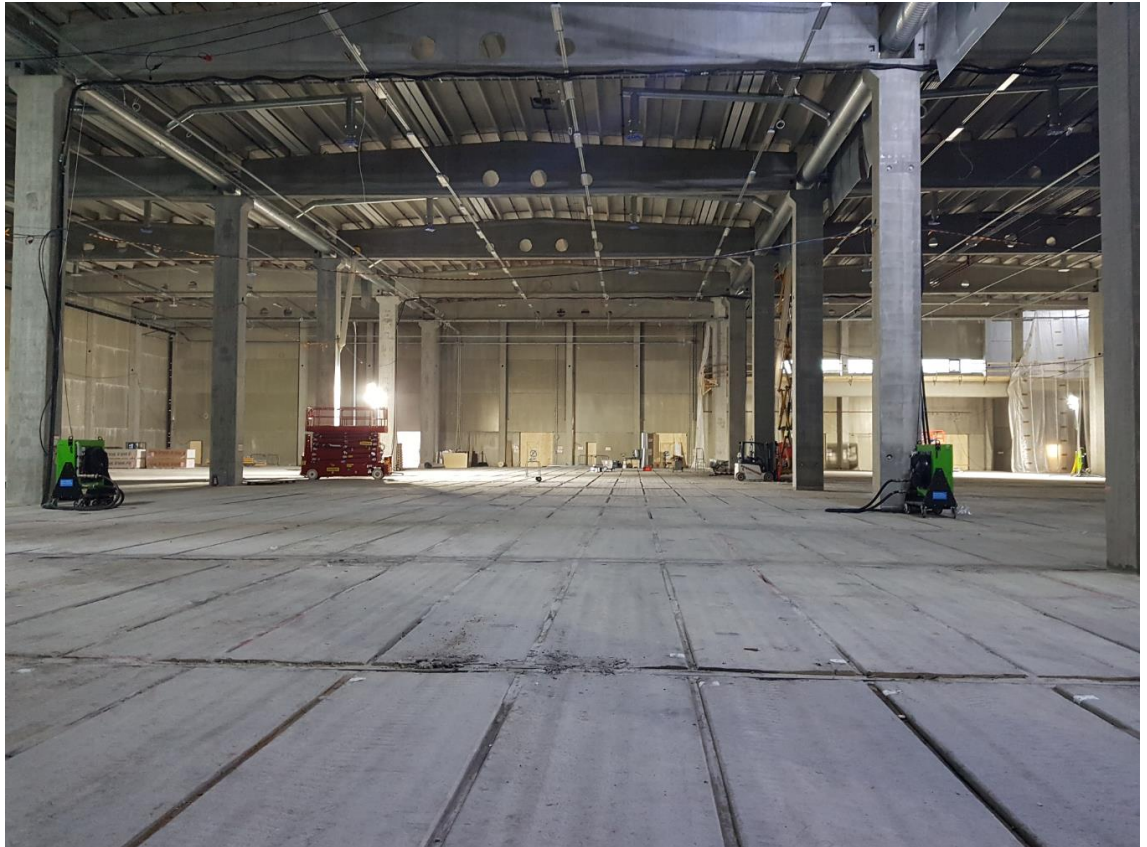
4.3.5 Lämpöpuhaltimet

Vesikiertoiset lämmittimet on suunniteltu työmaanaikaiseen lämmittämiseen ja kuivatukseen. Lämmittintyyppinä on kahta erilaista, ylhäältä puhaltavat ja sivusta puhaltavat. Näiden eroina on muoto, puhallusilman määrä ja puhaltimen paineen tuotto.

Sivusta puhaltavia malleja löytyy teholuokaltaan monia erikokoisia, mutta 50, 80 ja 250 kW tehoiset ovat niistä yleisimmät ja löytyvät lähes jokaisen konevuokraajan mallistosta. Lämmittimissä on suuri suodatuspinta-ala ja niistä menee paljon ilmaa läpi, jopa 20.000 m³/h, mutta puhaltimien painentuotto vastaavasti ei ole kovinkaan suurta. Tämä tulee ottaa huomioon lämmitettävän tilan pohjaratkaisussa lämmitystä suunniteltaessa. Jos pohjaratkaisu on avoin, kuten varasto, halli tai liiketila, on sivustapuhaltava lämmitin erittäin toimiva vaihtoehto. Tällöin ilma pääsee liikkumaan vapaasti, jolloin puhaltimelta ei vaadita suurta paineen tuottoa.



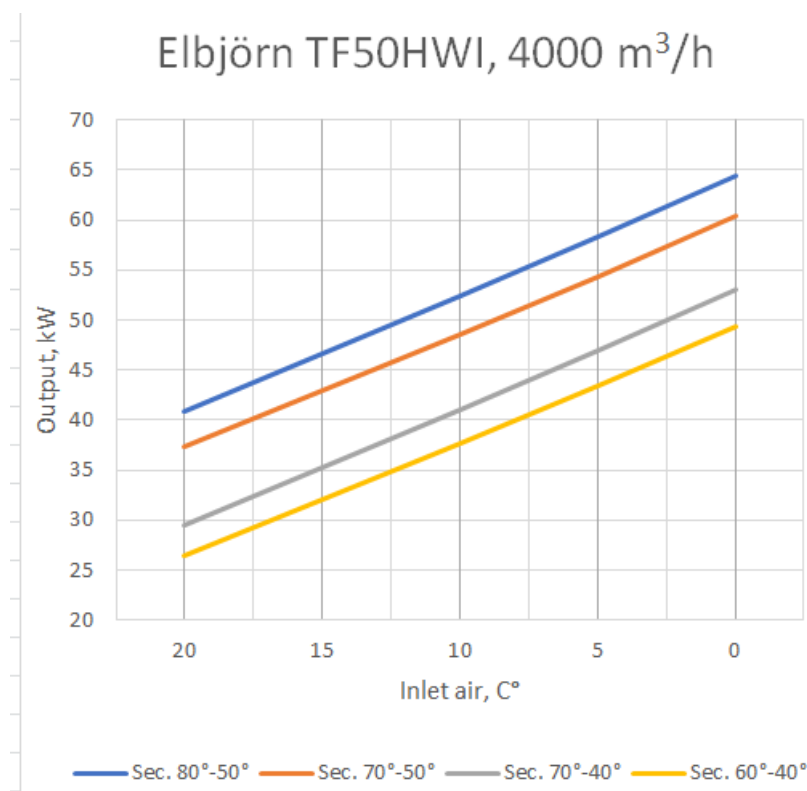
Kuva 28. 250 kW tehoiset lämpöpuhaltimet nostettu ylös lattiavalun edestä.



Kuva 29. 250 kW tehoiset lämpöpuhaltimet hallityömaalla.

Ylhäältä puhaltavia malleja on 15, 30, 50 ja 100 kW tehoisia. Lämmittimien puhallusmoottorit tuottavat korkean paineen, jolloin lämmön jakaminen laajoilla alueillekin onnistuu hyvin. Esimerkiksi kuvan 31 lämpöpuhallinmalli 50 HWI tuottaa peräti 700 Pa staattisen paineen.

Suuren paineen tuoton vuoksi lämmönjakamisessa voidaan mahdollisesti myös hyödyntää lopullista ilmanvaihtokanavaa, johon lämpöpuhallin kytketään poistupuolelle. Ylhäältä puhaltavat mallit 30-100 kW voidaan varustaa EU4-9 suodatusluokan suodattimilla, jolloin puhallusilmakin saadaan suodatettua todella tehokkaasti.



Kuva 30. Laitevalmistaja El-Björnin lämmitin mallin 50 HWI teho eroavilla veden ja imuilman lämpötiloilla (El-Björn Ab Oy 2018).



Kuva 31. 50 kW tehoinen lämpöpuhallin (Skanska Konevuokraus Oy 2018).



Kuva 32. 100 kW tehoinen lämpöpuhallin.

4.3.6 Pohdintaa vesikiertolämmityksen käytöstä

Lämmitysjärjestelmänä vesikiertolämmitys soveltuu moneen tarpeeseen aina runkotyövaiheesta sisätyövaiheeseen tai tornitalosta rivitaloon. Myös energiamuotovaihtoehtoja on paljon. Huomioitavia asioita tässä lämmitystavassa on eniten, mutta hyvin ja hyvissä ajoin suunniteltuna se on toimintavarmoin tapa lämmittää. Vesikiertoisessa lämmityksessä tulisi-kin aina pyrkiä ottamaan vettä lämmittävä energia kaukolämmöstä, koska se on osa toimintavarmuutta sekä kustannuksien minimointia. Toimintavarmuuden lisäksi etuina ovat lämmitysjärjestelmän muokattavuus ja säädettävyyden.

Vesikiertoisilla lämmittimillä saadaan sisätiloihin helposti tasainen lämpötila ja ilmavirtausta rakenteiden pinnoille puhaltimien suuren paineentulon ja ilmamäärän vuoksi. Lisäksi ne toimivat myös hyvinä karkean pölyn kerääjinä työmaalla parantaen näin sisäilmanlaatua ja vähentäen siivoustarvetta.

Vesikiertoisen lämmityksen haittana onkin sen vaatima ennakointi ja suunnittelu. Ennakoinnissa tulisi ottaa huomioon mahdollinen kaukolämmön jakeluputken toimitus tontille, ja suunnittelussa tulisi käyttää aina työmaanaikaista kaukolämpökeskusta lopullisen sijaan.

4.4 Nestekaasukäyttöiset lämmittimet

Nestekaasukäyttöiset lämmittimet ovat toimintavarmoja, kokoonsa nähden tehokkaita ja nopeita käyttöönottaa. Nestekaasukäyttöiset lämmittimet ovat myös turvallisia, sillä ne on varustettu varolaitteilla, kuten letkurikkoventtiilillä ja liekinvalvontalaitteella. Letkurikkoventtiili nimensä mukaan katkaisee kaasun syötön, jos letku poikkeaa ja taas liekinvalvontalaitte katkaisee kaasun syötön, jos lämpöpuhaltimen liekki sammuu.

4.4.1 Lämpöpuhaltimet

Nestekaasukäyttöisten lämpöpuhaltimien tehot vaihtelevat yleensä 10-100 kW välillä ja ovatkin erittäin tehokkaita työmaanaikaisia lämmönlähteitä fyysiseen kokoonsa nähden. Lämpöpuhaltimien teho ilmoitetaan tietylle tehovälille, jolla tarkoitetaan lämmittimen tehoa nestekaasun minimi- ja maksimikulutuksella. Esimerkiksi 10 - 26 kW nestekaasulämmittimen kulutus on 0,8 - 2,0 kg/h. Lämmittimien tehon säätö tapahtuu portaattomasti.

Suurin osa markkinoilla olevista lämpöpuhaltimista on suorapolttotyyppisiä, mikä tarkoittaa sitä, että myös palokaasut käytetään lämmittämiseen. Suorapolttoiset lämpöpuhaltimet soveltuvat parhaiten betonielementtirakenteisen rakennuksen talviaikaisten runkotöiden lämmittämiseen, koska projekti ei ole vielä täysin tiivis ja nestekaasun aiheuttamasta kosteuslisästä ei ole haittaa. Nestekaasu tarvitsee palaakseen happea, joten hyvästä tuuletuksesta on huolehdittava.



Kuva 33. Nestekaasukäyttöinen lämpöpuhallin 10-26 kW (Skanska Konevuokraus Oy 2018).



Kuva 34. Nestekaasukäyttöinen lämpöpuhallin 10-26 kW.

4.4.2 Säteilijät

Nestekaasukaasukäyttöiset lämpösäteilijät ovat kohdelämmittämiä ja soveltuvat parhaiten paikalliseen pintalämpötilan nostoon kuten julkisivumuuraukseen, roudansulatukseen ja teltan lämmitykseen. Säteilijöiden tuottama lämpö säteilee suoraan lämmitettävälle pinnalle luovuttamatta lämpöenergiaa välissä olevaan ilmaan. Parhaan hyötysuhteen aikaansaamiseksi tulee minimoida tuulen jäähdyttävä vaikutus.

Skanska Konevuokraus Oy:n valikoimaan kuuluu kahta eri teholuokan säteilijää, 11 ja 22 kW. Säteilijöiden määrä esimerkiksi peitteen alla tehtävässä muuraustyössä on lähes aina tapauskohtainen ja siihen vaikuttaa peitteen tiiveys sekä lämpötilaero peitteen sisä- ja ulkopuolella. Kuvassa 36 teholtaan 11 kW säteilijät on asennettu n. 5 metrin välein, jolloin 1 säteilijä lämmittää n. 10 m² aluetta. Telineiden tasoväli on 2 m.



Kuva 35. 11 kW säteilylämmitin (Skanska Konevuokraus Oy 2018).



Kuva 36. 11 kW säteilylämmitin julkisivumuurauksessa.

4.4.3 Nestekaasupullot ja -säiliöt

Nestekaasupulloja on saatavilla useammassa eri koossa, mutta lämmityksessä yleisimmin käytettyjä niistä ovat 33 kg ja 184 kg pullot. Suuremmissa ja pidempiaikaisemmissa lämmityskohteissa on mahdollista käyttää myös 3200 kg säiliötä.

Yleensä pulloja käytettäessä käytetään nestekaasua kaasumaisessa muodossa, mikä tarkoittaa sitä, että nestemäinen kaasu höyrystyy pullonkuoren pinta-alan, ulkolämpötilan ja pullon täyttöasteen suhteessa käytettäväksi polttoaineeksi käyttölaitteille. Säiliötä käytettäessä nestekaasua käytetään nestemäisenä, jolloin käytössä on erillinen höyrystin joka kytetään sähköverkkoon.

Nestekaasulämmityksessä pullon tai säiliön valinta tehdään sen pohjalta, mikä on lämmitystehon tarve, ja kuinka kauan lämmitystä työmaalla on tarkoitus ylläpitää. Jotta lämmittimistä saadaan toivottu teho ja että työmaalla oleva laitekanta olisi tehokkaassa käytössä, pitää lämmityksessä huomioida pullojen höyrystymiskyvyn suhde lämmittimiin. Tärkeää nestekaasulämmityksessä on huomioida, että pulloja on oikea määrä lämmittimiin nähden, jotta pulloissa oleva neste kerkeäisi höyrystymään. Jos pulloa kohden otettava kuorma on suurempi kuin nestekaasun on mahdollista höyrystyä, niin pullot menevät jäähän ja niiden sisälle voi jäädä jopa 30 % käyttämätöntä nestekaasua.

Pulloja toisiinsa yhdistämällä siihen suunnitelluilla jakotukeilla saadaan aikaiseksi suurempi höyrystymispinta-ala ja enemmän nestekaasua käy-

tettäväksi kerralla. Hyöty tässä on huomattava, koska näin saadaan pulloissa olevan nestekaasu käytettyä tehokkaammin ja pullojen vaihtovälistä tulee pidempi.



Kuva 37. Kuvassa yhdistetty kaksi AGA:n propaaniksi pulloa.



Kuva 38. 9-pullon yhdistäjä joka soveltuu nestekaasun varastohäkkeihin (Skanska Konevuokraus Oy 2018).



Kuva 39. Nestekaasun varastohäkki yhdeksälle 33 kg pullolle (Skanska Konevuokraus Oy 2018).

Taulukko 6. Lämmittimien kapasiteetti ja kulutus.

Malli	PGM 30 10-26 kW	PGM 60 25-55 kW	AMTB 11 kW
Tyyppi	Puhallin	Puhallin	Säteilijä
Lämmitys kapasiteetti	500-1300 m ³	1250-2750 m ³	550 m ³
Kulutus	0,80 - 2,0 kg/h	1,95 - 4,30 kg/h	0,90 kg/h

Taulukko 7. vertailutaulukko 33 kg ja 184 kg pullojen luovutuskyvystä eri lämpötiloilla ja täyttöasteilla (Korpinen 2018.)

Nestekaasupullon kaasuluovutuskyky eri lämpötiloissa verkostopaineella 0,8 bar:									
Ulkolämpötila +15°C			Ulkolämpötila 0°C				Ulkolämpötila -15°C		
Tuotetta jäljellä	Tuotto kg/h/pullo	33 kg P190	Tuotetta jäljellä	Tuotto kg/h/pullo	33 kg P190	Tuotetta jäljellä	Tuotto kg/h/pullo	33 kg P190	
100 %	6,01	15,29	100 %	3,99	10,14	100 %	2,34	5,95	
80 %	4,90	12,80	80 %	3,25	8,49	80 %	1,91	4,98	
60 %	3,79	10,31	60 %	2,51	6,84	60 %	1,48	4,01	
40 %	2,68	7,82	40 %	1,78	5,19	40 %	1,04	3,05	
20 %	1,57	5,33	20 %	1,04	3,54	20 %	0,61	2,08	



Kuva 40. Kuva 1 AGA maksipullo P190 (Skanska Konevuokraus Oy 2018).

4.4.4 Pohdintaa nestekaasulämmityksessä huomioitavista asioista

Nestekaasulämmittimien hyvinä puolina on niiden pieni fyysinen koko ja paino sekä nopea käyttöönotto. Ne ovat myös todella huoltovapaita ja vaativat vain vähän toiminnan tarkkailua. Lisäksi ne ovat kokoonsa nähden todella tehokkaita.

Nestekaasulämmittimien käyttöä kuitenkin hieman hankaloittaa nestekaasun varastointi työmaalla. Nestekaasua varastoitessa yli 200 kg on oltava yhteydessä paikalliseen pelastusviranomaiseen, joka hyväksyy varastoinnin ja ohjeistaa miten se tehdään oikein. Tuo määrä käytännössä ylitt-

tyy aina, kun nestekaasua käytetään työmaanaikaisen lämmityksen energiana.

Nestekaasupulloja käytettäessä tulee ottaa huomioon pullojen vaihtoväli sekä höyrystymiskyky suhteessa lämpötehoon. Pidempiaikaisessa käytössä suositellaan käytettäväksi nestekaasusäiliötä, jossa on oma höyrystin. Tämä säästää työmaan henkilökunnalta aikaa, kun ei tarvitse huolehtia pullojen vaihdoista ja tilaamisesta.

Suorapolttoisia nestekaasulämmittimiä käytettäessä tulee lisäksi huolehtia hyvästä tuuletuksesta, koska nestekaasun palaminen syö happea ja tuottaa myös huomattavaa kosteuslisää. Yhden nestekaasukilon palamiseen tarvitaan 12 m³ ilmaa ja palaessaan se muodostaa noin 1,5 kg vettä.

4.5 Sähkökäyttöiset lämpöpuhaltimet

Sähkökäyttöisiä lämpöpuhaltimia löytyy Skanska Konevuokrauksen tuotevalikoimasta aina 3 kW:sta 40 kW tehoiseen. Yleisimpiä ovat 3 kW ja 9 kW tehoiset puhaltimet, joita löytyy kahta eri mallia. Toinen on markkinoilla jo pitkään ollut sivusta puhaltava malli, ja toinen uudempi versio on korkeapainepuhaltimella varustettu malli, jossa puhallus voidaan jakaa useampaan kanavaan ja ohjata ilmavirtausta pitkiäkin matkoja.

Sähkökäyttöisten lämpöpuhaltimien käyttö on järkevää, koska niiden käyttöönotto on nopeaa ja ne ovat huoltovapaita. Käytön kannalta haittana on vain työmailla koko ajan pienenevät sähköpääkeskusten koot.

Kuvassa 41 johdetaan kuivaa ja lämmintä puhallusilmaa alapohjan lekasorakerrokseen salaojaputkea pitkin. Salaojaputken toinen pää on auki, jotta kosteutta sitonut ilma pääsee vapaasti alapohjasta pois. Samaan tilaan on sijoitettu myös kondenssikuivain, jotta lämmittimen imuilma olisi mahdollisimman kuivaa.



Kuva 41. 9 kW tehoinen sähkökäyttöinen lämmitin korkeapainepuhaltimella.



Kuva 42. 9 kW tehoinen sähkökäyttöinen lämmitin korkeapainepuhaltimella (Skanska Konevuokraus Oy 2018).



Kuva 43. 9 kW tehoinen sähkökäyttöinen lämmitin (Skanska Konevuokraus Oy 2018).

4.6 Pohdintaa sähkökäyttöisten lämpöpuhaltimien käytöstä

Sähkökäyttöisten lämpöpuhaltimien käyttö lämmityksessä on erittäin helppoa. Ne ovat pienikokoisia ja niitä löytyy montaa eri teholuokkaa. Käytön esteenä onkin vain työmaan sähköverkon rajallisuus ja vaiheiden epäsymmetrinen kuorma. Yksinään sähkölämmitys harvoin riittääkään kokonaan työmaanaikaiseen lämmittämiseen, mutta tuki- ja lisälämmitystapana se on erinomainen. Sillä saadaan kohdennettua lämmitystä pieniin tiloihin, kuten märkätiloihin, tai etäisyydeltään sellaisiin paikkoihin mihin ei kannata vesikiertolämmityksen linjaa erikseen asentaa.

5 ENERGIAMUODOT

Rakentajalle energiamuotoja on käytettäväksi monta eri vaihtoehtoa ja sen valinta projektille on aina tapauskohtaista. Vaikuttavia tekijöitä ovat projektin sijainti, energian alueellinen saatavuus, sopimukset, hinta sekä energiamuodon vaikutus ympäristöön. Työmaanaikaisen energiamuodon valinta on rakennusliikkeen yksi ympäristön kuormitettavuuteen vaikuttavista päätöksistä.

Pariisin ilmastopöytäsohpius sovittiin 12. joulukuuta 2015. Uuden, kattavan ja oikeudellisesti sitovan sohpiuksen myötä melkein kaikki maailman valtiot ovat ilmaisseet olevansa valmiit torjumaan ilmastomuutosta. Ilmastopöytäsohpiuksen tarkoituksena on pitää maapallon keskilämpötilan nouseminen selvästi alle kahdessa asteessa verrattuna esiteolliseen aikaan. Lisäksi pyritään sellaisiin toimiin, joilla lämpeneminen pystyttäisiin rajaamaan alle 1,5 asteeseen. (Ympäristöministeriö 2016.)

Useissa yrityksissä, kuten myös Skanskassa, onkin otettu ympäristön kuormitus huomioon ja se on osana yrityksen arvoja. ”Edistämme ympäristötehokkaita ratkaisuja ja toimimme ympäristöarvoja kunnioittaen. Olemme vastuussa tuleville sukupolville.” (Skanska Oy 2017).

Energiamuotoa valittaessa kannattaakin perehtyä hinnan lisäksi ominaispäästökertoimeen. Ominaispäästökertooin on helpoin tapa verrata eri energiamuotojen päästöjä. Ominaispäästökertoimessa on huomioitu vain välittömät päästöt, eli esimerkiksi tuotannosta ja kuljetuksista tulevia välillisiä päästöjä ei ole huomioitu.

Taulukon 8 mukaan kaukolämmön ominaispäästökertoimen keskiarvo on 220 g CO₂ päästöjä tuotettua kWh:a kohden. Kaukolämmön tuotannossa onkin paljon paikallisia eroja, sillä esimerkiksi Helen Oy:llä vastaava luku oli vuonna 2016 163 g.

Taulukko 8. Ominaispäästökertoimet eri energiamuodoilla (Motiva Oy 2015).

Energia	Ominaispäästökertooin g CO₂ / kWh	Ominaispäästökertooin g CO₂ / MJ
Moottoribensiini	265	73,6
Dieselöljy	265	73,6
Kevyt polttoöljy	267	74,1
Raskas polttoöljy	284	78,8
Nestekaasut	234	65,0
Kivihiili	341	94,6
Maakaasu	198	55,04
Jyrsinturve	381	105,9
Palaturve	367	102,0
Kaikki uusiutuva energia	0	0,0
Kaikki lämpöpumput/ sähkönkulutus	200 ¹	
Sähkö, ostettu	200 ¹	
Sähkö, itse tuotettu	Sähköntuotannon polttoaineiden käytön mukainen päästökertooin	
Kaukolämpö, yhteistuotantoalueilla	220 ²	61,1
Kaukolämpö, erillistuotantoalueilla	Ks. erillinen ohje ³	

Taulukko 9. Hinnat ja lämpöarvot eri energiamuodoille, hinnat verollisia (Olli Teriö n.d, 24).

	Lämpöarvo	Hinta noin
Sähkö		12 snt/kWh
Kevyt polttoöljy	10 kWh / litra	11 snt / kWh
Kaasu	12,8 kWh/kg	12 snt / kWh
Kaukolämpö		7 snt / kWh

5.1 Kevytpolttoöljy

Kevytpolttoöljy on sähkön ohella yleisin energiamuoto rakennustyömaille, koska sillä on monta eri käyttökohdetta ja se on helposti saatavissa. Kevytpolttoöljy on maaöljytuotteiden ja lisäaineiden seos. Väriltään se on punaista ja sillä on bensiinimäinen haju. Kevyen polttoöljyn energiasisältö on n. 10 kWh/l ja tiheys 0,8-0,9 kg/l. Työmaanaikaisessa lämmityksessä sen käyttökohteet ovat lämpökeskukset, joilla tuotetaan kuumaa vettä suljettuun kiertovesipiiriin joko lämpöpuhaltimille tai roudansulatukseen sekä öljykäyttöiset lämpöpuhaltimet, joissa on oma öljypoltin.

Varastoinnin kannalta suositeltavaa olisi, että kevytpolttoöljy varastoitaisiin tuplavaipallisissa öljysäiliöissä, jolloin minimoidaan vuotojen riskiä työmailla. Varastoidessa vähemmän kuin 10 tonnia kevytpolttoöljyä ei tarvitse erillistä ilmoitusta pelastusviranomaiselle tehdä. Polttoöljy on kuitenkin huomioitava työmaan kemikaalien kokonaismäärässä, jolloin se vaikuttaa myös kemikaali-ilmoitusvelvollisuuteen. Jos työmaalla tulee josain kohtaa olemaan samanaikaisesti suuria määriä muitakin kemikaaleja, kuten hitsaus- ja nestekaasuja, on oltava yhteydessä paikalliseen pelastusviranomaiseen hyvissä ajoin, jotta voidaan arvioida tuleeko kemikaali-ilmoitusvelvollisuus täyttymään.

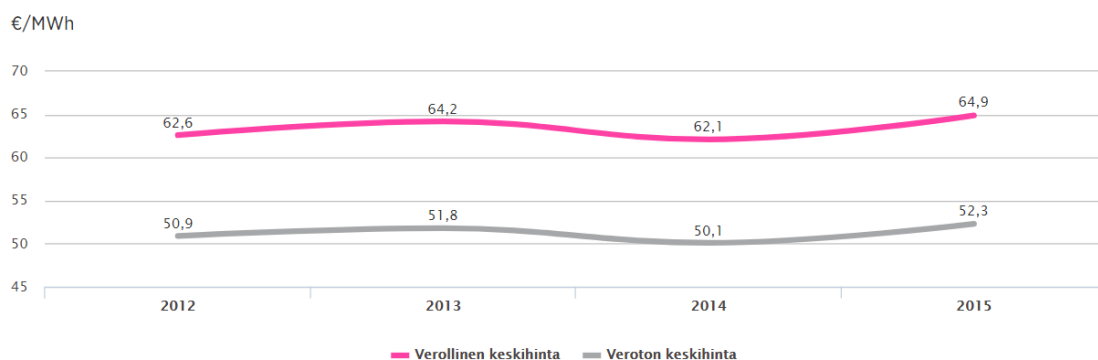


Kuva 44. Tuplavaipallinen n. 1 m³ öljysäiliö/ IBC-pakkaus (Skanska konevuokraus Oy).

5.2 Kaukolämpö

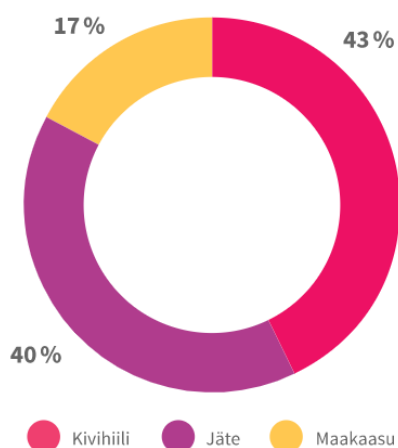
Kaukolämpö on Suomen yleisin lämmitysmuoto. Esimerkiksi vuonna 2012 Suomessa tapahtuvan lämmityksen energiasta noin 46 prosenttia tuotettiin kaukolämmöllä. Kaukolämpöverkko löytyy kaikkiaan 166:sta Suomen kunnasta. Kaukolämpöä tuottavat yhteistuotantolaitokset ja erilliset lämpölaitokset. Yhteistuotantolaitoksissa otetaan talteen hukkalämpöä, jota syntyy sähköntuotannon yhteydessä turbiineissa. Yhteistuotanto on energiatehokasta energiantuottoa ja sen osuus on kasvanut huomattavasti kaukolämmön tuotannossa. Kaukolämmön polttoaineena käytetään pääasiallisesti maakaasua, kivihiiltä, turvetta ja puuta. Vuonna 2013 puusta tuli kaukolämmön merkittävin polttoaine, ja suurin osa puupolttoaineesta on metsähaketta. (Motiva Oy 2018.)

Kaukolämpöä on saatu tuotettua yhteistuotantolaitoksissa n. 26 terawattituntia ja erillistuotannossa 8 terawattituntia vuoden 2011 aikana, kertoo Tilastokeskus. Erillistuotannon kautta kaukolämpöä on tuotettu koko maan alueella noin 24 prosenttia. Erillistuotannon kautta saadaan tuotettua kaukolämpöä pienemmille paikkakunnille, jotka ovat lämpökuormaltaan liian pieniä yhteistuotantolaitosten tuottaman kaukolämmön käytölle. Suuremmilla paikkakunnilla ja kaupungeissa kaukolämpöä puolestaan tuotetaan lähinnä yhteistuotantomenetelmällä. Erillistuotantoa voidaan kuitenkin hyödyntää suuremmissa kaupungeissa apuna talvisin, kun lämpöä tarvitaan paljon ja pitää pystyä tuottamaan normaalia suurempaa lämpökuormaa. Kesällä taas yhteistuotantolaitosten mitoitus saattaa olla liian suuri kaupunkienkin käyttöön, kun lämpöä tarvitaan paljon vähemmän, ja silloin lämpöä pystytään tuottamaan tarpeeksi erillistuotantona. (Energiateollisuus ry. 2018.)



Kuva 45. Kaukolämmön keskihinnat (Helen Oy 2017).

Kaukolämmön tuotannon polttoainejakauma 2016



Kuva 46. Vantaan energian kaukolämmön tuotannon polttoainejakauma vuodelta 2016 (Vantaan energia Oy 2016)

5.3 Sähkö

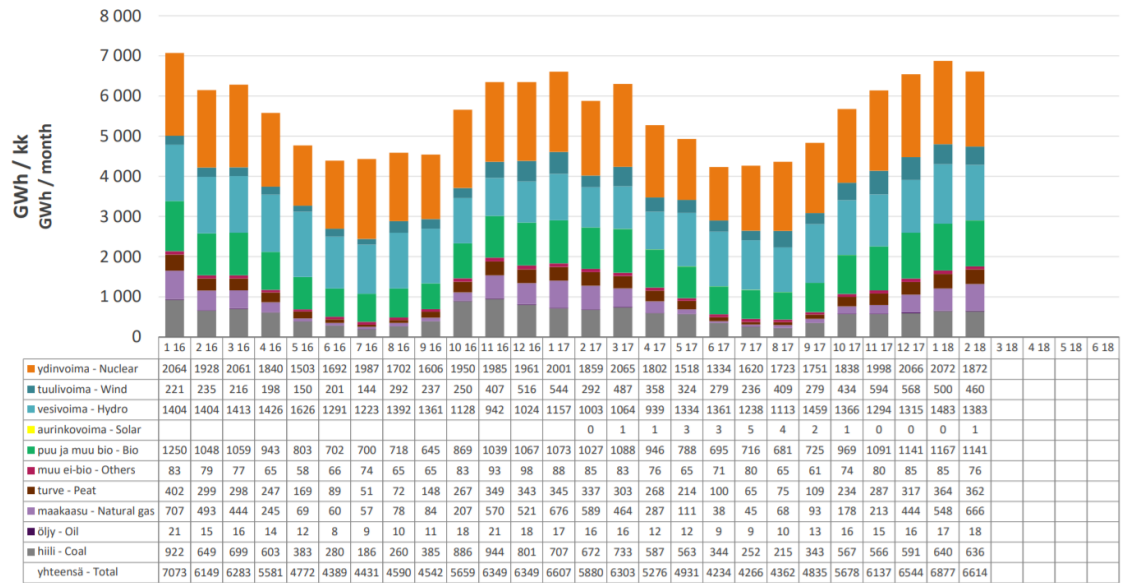
Sähköä tuotetaan Suomessa monipuolisesti usealla eri energianlähteellä ja tuotantomuodolla. Tärkeimmät sähkön tuotannon energialähteet ovat ydinvoima, vesivoima, kivihiili, maakaasu ja puupolttoaineet. Tuulivoiman osuus on vielä varsin pieni, mutta se on kasvanut selvästi viime vuosina.

Suomessa on noin 120 sähköä tuottavaa energiayritystä ja noin 400 voimalaitosta, joista yli puolet on vesivoimalaitoksia. Maamme sähköntuotanto on moneen muuhun Euroopan maahan nähden varsin hajautettua. Monipuolinen ja hajautettu sähkön tuotantorakenne lisää sähkön hankinnan varmuutta.

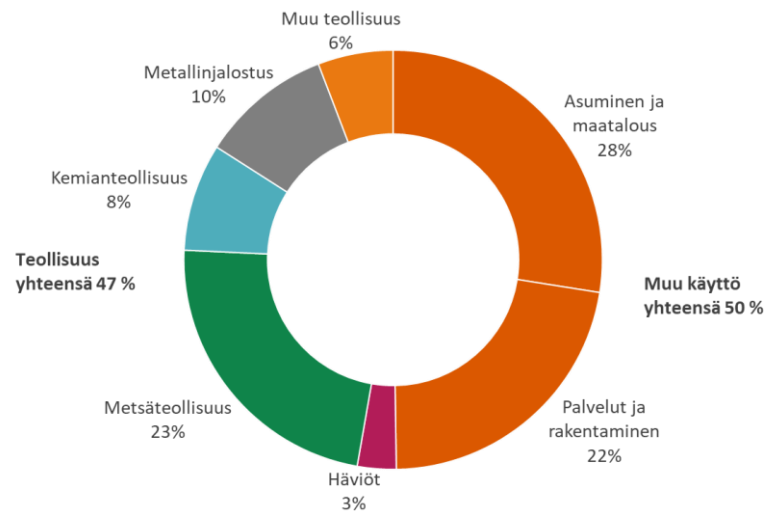
Kaukolämpöä yhteistuotantolaitoksissa tuotettaessa syntyy varsinaisena tuotteena sähköä. Näiden energiamuotojen tuottamisessa käytetty polttoaine pystytään hyödyntämään energiasisällöltään hyvin tarkasti, jopa 90 prosenttia käytettävän polttoaineen energiasta pystytään muuttamaan sähköksi ja kaukolämmöksi. Melkein kolmasosa sähköstä tuotetaan yhteistuotantolaitoksissa kaukolämmön tuotannon yhteydessä. (Energiateollisuus ry. n.d.)

Sähkön tuotanto energialähteittäin

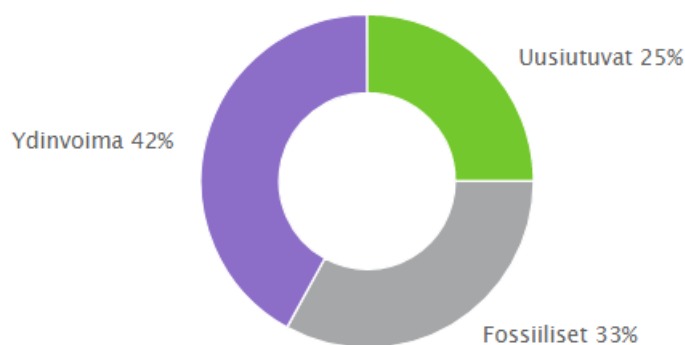
Power generation by energy source



Kuva 47. Sähkön tuotanto energialähteittäin (Energiateollisuus ry n.d).



Kuva 48. Sähkön käytön jakauma (Energiateollisuus ry n.d).



Kuva 49. Helen Oy:n myydyn sähkön alkuperä vuonna 2016 (Helen Oy 2017).

5.4 Maakaasu

Maakaasu koostuu lähes kokonaan metaanista, ja se on ilmaa kevyempi luonnonkaasu. Maakaasu ei sisällä ollenkaan raskasmetalleja, ja lisäksi siinä on vain hyvin pieni määrä rikkiä. Maakaasu on hajuton, väritön ja myrkytön. Maakaasuun lisätään jalostusvaiheessa sille ominainen haju turvallisuuden takia, ja jotta mahdolliset kaasuvuodot pystytään havaitsemaan. Maakaasua saadaan tuotettua maakaasu- ja öljyesiintymistä sekä liuskekivistä, joita esiintyy maankuoressa sekä maalla että merellä. Nykyään maakaasua voidaan korvata kotimaisella biokaasulla, joka on uusiutuvaa, ja jalostetaan ominaisuuksiltaan maakaasua vastaavaksi. Biokaasua voidaan pitää yhtenä tulevaisuuden energiamuodoista. (Gasum Oy 2017.)

Suomessa ei ole lainkaan omia maakaasuvaroja, ja Suomeen tuodaankin kaikki käytettävä maakaasu Venäjältä. Venäjällä sijaitsee kolmannes koko maailman kaasuvaroista, ja maa onkin suurin yksittäinen maakaasua myyvä valtio. Euroopan Unionin alueella maailman kaasuvaroista on 2,2 prosenttia, ja Eurooppaan tuodaankin maakaasu Venäjältä, Algeriasta ja Turkista. Iso-Britannia hyödyntää Pohjanmeren maakaasuesiintymiä omassa maakaasutuotannossaan. (Gasum Oy 2017.)

Venäjältä maakaasun tuominen Suomeen on mahdollistettu kaasuputkiverkostoa pitkin. Länsi-Siperiassa Venäjällä sijaitsevat maakaasukentät ovat noin 3300 kilometrin päässä Suomen rajasta. Suomen ja Venäjän rajan yli kulkee kaksi siirtoputkea, joiden avulla voidaan varmistaa toimituksen onnistuminen myös putkirikkojen aikana. Siirtoputken kulkevat Suomeen Imatran vastaanottoaseman kautta, missä maahantuotavan maakaasun määrä mitataan, ja sen laatua tarkkaillaan. Vastaanottoaseman jälkeen maakaasu kulkeutuu käyttäjille ja asiakkaille siirto- ja jakeluverkoston kautta. (Gasum Oy 2017.)

Rakennustyömailla maakaasun käyttö on vielä melko harvinaista, mutta kuitenkin yleistymään päin. Helpointa ja edullisinta on ottaa maakaasu käyttöön silloin, kun rakennukseen tulee lopullisesti maakaasuliittymä. Tällöin liittymätyöt tehdään siis joka tapauksessa ja tarvittaessa voidaan vaikuttaa putken kokoon, jos työmaanaikainen lämmitysteho on suurempaa kuin lopullinen rakennuksen tehon tarve. Maakaasun jakeluverkko rajoittuu toistaiseksi Uudenmaan, Kaakkois-Suomen ja Pirkanmaan alueisiin. Maakaasun jakelusta Suomessa kannattaa tiedustella Suomen Kaasuenergia Oy:ltä.

Uutena tuotteena maakaasun jakeluun on tullut vuonna 2017 Gasumin tarjoamana siirrettävät maakaasuastiat, joista voidaan ottaa syöttö maakaasupolttimolle, kuten lämpökeskukselle, jossa lämmitetään kiertovesijärjestelmän vettä tai suoraan lämpöpuhaltimelle. Astiat ovat kooltaan merikontin kokoisia n. 2,5 x 6 m ja niitä tulee olla työmaalla aina vähintään 2 kpl. Tämä siksi, että astiat noudetaan toimittajan puolesta täytettäväksi muualla kuin työmaalla. Konteista peritään erillinen vuokra.

5.5 Nestekaasu

Nestekaasun energiasisältö on 12,8 kW kilogrammaa kohden. Nestekaasu soveltuu energianmuodoksi moneen eri lämmitystapaan, vaikka yleisesti sitä kuitenkin käytetään betonielementtirakenteisten talojen runkovaiheen lämmitysmuotona. Tällöin lämpö jaetaan suorapolttotyyppisillä lämpöpuhaltimilla. Edellä mainittuja lämpöpuhaltimia käytettäessä on otettava huomioon, että nestekaasu palaa puhtaasti, mutta kuluttaa palaessaan paljon happea ja tuottaa kosteuslisän lämmitettävään tilaan. Siksi onkin huolehdittava hyvästä tuuletuksesta, koska vesi lisää kuivatus-tarvetta ja hiilidioksidi ilmanvaihdon tarvetta.

Nestekaasu on kaasumaisten vetyjen seos, jossa propaania (C_3H_8) on yli 95 % ja butaania alle 5 %. Nestekaasun tiheys on n. 0,5 kg/l. Tiheydensä vuoksi mahdollisessa vuototilanteessa syntyvä nestekaasun ja ilman seos on ilmaa raskaampaa, jolloin se kerääntyy alimpiin kohtiin rakennuksessa, kuten hissikuilun pohjalle. Hengitettynä nestekaasu kerääntyy keuhkoihin ja poistuu sieltä huonosti. Syttymisraja nestekaasulla on kapea noin 2-10 %:n seos ilman kanssa. Nestemäisenä 1 kg kaasua laajenee 530 litraan kaasuuntuessaan, tämän vuoksi pienetkin nestemäisen olomuodon vuodot ovat hyvin vaarallisia. Palaessaan 1 kg nestekaasua muodostaa ilman kanssa n. 1,5 kg vettä sekä 4,5 kg hiilidioksidia. (Hämäläinen 2012.)

Varastoidessa työmaalla nestekaasua yli 200 kg tulee tähän saada varastointilupa alueen pelastusviranomaiselta. (Asetus vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä ja varastoinnista 59/1999). Varastointilupaa haettaessa täytetään kaavake, jossa ilmoitetaan kemikaalien vähäisestä teollisesta käsittelystä ja varastoinnista. Tähän kaavakkeeseen täytetään myös muut työmaalla käytettävät kemikaalit. Varastointiluvan myöntäminen vaatii vielä pelastusviranomaisen käyntiä työmaalla.

6 YHTEENVETO

Tavoitteena opinnäytetyössä oli, että esitellyillä lämmitystavoilla ja energiamuodoilla on mahdollista lähteä toteuttamaan ja suunnittelemaan työmaanaikaista lämmitystä sekä antaa lukijalle eri vaihtoehtoja lämmityksen toteutukseen. Työn rajaaminen oli hankalaa, koska tapoja tehdä on monta ja erilaisia lämmitystarpeita työmailla on paljon. Tulkitsemisen helpottamiseksi on työhön lisätty paljon kuvia.

Johtopäätöksenä työssäni on, että kaukolämpö on energiamuotona edullisin ja toimintavarmin. Myös sen ympäristöä kuormittavat päästöt ovat pienimmästä päästä eri energiamuotoja vertailtaessa. Sen käyttäminen on kuitenkin osoittautunut vaikeaksi työmailla, vaikka mittaroitu kaukolämpöliittymä olisi suurimmalla osalla työmaista helposti käytettävissä. Haasteeksi tässä on tullut se, että toimivan käytön edellyttämiä toimenpiteitä ei osata kunnolla hallita ja suunnitella työmaanaikaisen lämmityksen näkökulmasta. Kaukolämmön etuna muihin energiamuotoihin verrattuna on myös se, että se ei vaadi energiamuotona ylläpitoa työmaan henkilökunnalta, eikä se vie tilaa työmaalla, kuten taas nestekaasu ja kevytpolttoöljy. Maakaasu energiamuotona on vähäpäästöisin, mutta sen käyttö vaatii tarkkaa ennakkosuunnittelua. Suunnittelussa tulee huomioida muun muassa liittymän kaivuutyöt, paineensäädinkaapin asennustyöt sekä etäisyys jakeluputkesta. Myös maakaasun jakeluverkko on rajoittaa sen käyttöä.

Työmaanaikaisen lämmittämisen suunnittelussa ja toteutuksessa sekä myös ihmisten asenteissa ja tietotaidossa riittää vielä paljon kehitettävää, jotta voisimme hyödyntää kustannustehokkaasti jo olemassa olevia tapoja hoitaa työmaanaikainen lämmitys mahdollisimman energiatehokkaasti ja taloudellisesti. Tulevaisuudessa tähän apuna voisikin olla esimerkiksi ohjekortit, joissa olisi ratkaisumalleja kustannuksineen erilaisista työvaiheista ja projekteista.

Jotta tulevaisuuden rakentamisessa voisimme pienentää vieläkin hiilijalanjälkeämme, tulemme tarvitsemaan ympäristöystävällisempiä energiamuotoja ja tapoja työmaanaikaiseen lämmitykseen. Ratkaisu tähän voi olla esimerkiksi koko ajan kehittyvät lämpöpumput.

LÄHTEET

Aga (n.d.) Rakennustyömaiden nestekaasulämmitys. Haettu 21.1.2018 osoitteesta

http://www.aga.fi/internet.lg.lg.fin/fi/images/AGA%20Propane%20LPG%20Heating%20Brochure%20FI634_121304.pdf?v=2.0

Asetus 59/1999 vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä ja varastoinnista, liite 1. Haettu 2.4.2018 osoitteesta

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1999/19990059#Pidp451781200>

El-Björn Ab Oy (2015). El-Björn academy TVS käyttö ja huolto koulutusmateriaali.

Energiateollisuus ry (2018). Kaukolämmön CO₂ päästöjen laskentamenetelmät päätöksenteon työkaluna. Haettu osoitteesta

https://energia.fi/files/1086/Kaukolammon_paastojen_laskentamenetelmät_RAPORTTI_20130829.pdf

Energiateollisuus ry (2018). Sähkön tuotanto. Haettu 15.4.2018 osoitteesta

https://energia.fi/perustietoa_energia_alasta/energiantuotanto/sahkontuotanto

Gasum Oy (2018). Maakaasun käyttö Suomessa. Haettu 15.4.2018 osoitteesta

<https://www.gasum.com/kaasusta/maakaasu/maakaasu/>

Helen Oy (2017). Energian ominaispäästöt. Haettu 21.2.2018 osoitteesta

<https://www.helen.fi/yrittys/energia/energiantuotanto/sahkon-jalammon-ominaispaastot/>

Helen Oy (2017). Energian alkuperä. Haettu 15.4.2017 osoitteesta

<https://www.helen.fi/yrittys/energia/energiantuotanto/energian-alkupera/>

Helsingin kaupunki pelastuslaitos (n.d). Ohjeet ja lomakkeet. Haettu 22.4.2018 osoitteesta

<https://www.hel.fi/pela/fi/palaute/ohjeet+ja+lomakkeet/ohjeet-ja-lomakkeet>

Hämäläinen, J. (2012). *Rakennustyömaan energiatutkimus*. Diplomityö. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Tampereen teknillinen yliopisto. Haettu 21.1.2018 osoitteesta

<https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/rakentamisen-kehittaminen/rakennustyomaan-energiatutkimus.pdf>

Ilmatieteenlaitos (n.d). Talvisään tilastoja. Haettu 20.5.2018 osoitteesta

<http://ilmatieteenlaitos.fi/talvitalastot>

- Kuivaketju10. 2018. Tilaaminen. Haettu 29.4.2018 osoitteesta
http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Tilaaminen_150313.pdf?x70712
- Rakentamisen kosteudenhallinta. 2015. Vaiheet. Haettu 29.4.2018 osoitteesta
http://kosteudenhallinta.fi/attachments/article/202/Kosteudenhallinta_RAKENTAMISENVALMISTELU_25092015.pdf
- Ratu C8-0377. (2010). Talvityöt- ja kustannukset. Saatavilla maksua vastaan tai voimassa olevalla lisenssillä Rakennustietokaupasta osoitteesta
<https://www.rakennustieto.fi/kortistot/ratu/kortit/0377.html.stx>
- Seppälä, P. (2017). Kuivaketju 10. Haettu 29.4.2018 osoitteesta
<https://www.kuntaliitto.fi/sites/default/files/media/file/PekkaSepp%C3%A4l%C3%A4.pdf>
- Kone-Ratu 07-3032. (1996). Rakenteiden lämmitys ja kuivatus. Haettu 29.4.2018 osoitteesta
<https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/5guoZSZP2%3A%2447%24R3032%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pzjY%3AC1-RTU2815/R3032.pdf>
- Korpinen, M. (2018). Taulukko. Sähköpostiviesti tekijälle 19.2.2018.
- Koskenvesa, V. (n.d). Talvirakentaminen. Haettu 29.4.2018 osoitteesta
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK99s697.pdf>
- Lumme, P, Rudus Oy. 2017. Haettu 29.4.2018 osoitteesta
<http://www.rudus.fi/ohjeet/talvibetonointi-koulutus-2017>
- Motiva Oy (2010). Energiatehokkuussopimukset. Haettu 21.2.2018 osoitteesta
https://www.motiva.fi/files/3193/Polttoaineiden_lampoarvot_hyotysuhteet_ja_hiilidioksidin_ominaispaastokertoimet_seka_energianhinnat_19042010.pdf
- Merikallio, T. (n.d). Rakennustyömaan kosteudenhallinta. Haettu 29.4.2018 osoitteesta
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK050502.pdf>
- Suominen, J. (2015). Kaukolämpö. Sähköpostiviesti tekijälle 7.12.2015.
- Skanska Oy (2017). Skanska Oy:n arvot. Haettu osoitteesta 16.4.2018
<https://www.skanska.fi/tietoa-skanskasta/skanska-suomessa/arvot/>

Skanska Konevuokraus Oy (2018). Lämmitys ja kuivaus. Haettu osoitteesta 22.4.2018 <https://skanskakonevuokraus.fi/tuote-osasto/lammitys-ja-kuivaus/>

Teriö, O. (n.d). Rakennustyömaan energiakysymyksiä. Haettu 16.4.2018 osoitteesta https://www.motiva.fi/files/9163/Ekotehokas_rakentaja_ohjausryhma_1_31211_Olli_Terio.pdf

Vantaan Energia Oy (2018). Sähkön ja lämmön tuotanto. Haettu 15.4.2018 osoitteesta <https://www.vantaanenergia.fi/ykv/ykv-2016/sahkon-lammon-tuotanto/>

Ympäristöministeriö (2016). Pariisin ilmastopimus. Haettu 17.2.2016 osoitteesta <http://www.ym.fi/pariisi2015>

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. 782/2017. Haettu 29.4.2018 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782>

Ilmoitus kemikaalien vähäisestä teollisesta käsittelystä ja varastoinnista Liite 1, 1/2

ILMOITUS

kemikaalien (ml. nestekaasu) vähäisestä teollisesta käsittelystä ja varastoinnista

Ilmoitus liitteinen toimitetaan kahtena kappaleena pelastusviranomaiselle hyvissä ajoin (vähintään kuukausi) ennen toiminnan aloittamista

<input type="checkbox"/> ilmoitus vähäisestä teollisesta käsittelystä ja varastoinnista asetus (685/2015) 33 § (pysyvä toiminta)	<input type="checkbox"/> ilmoitus tilapäisestä vähäisestä toiminnasta asetus (685/2015) 34 §
---	--

YRITYKSEN TIEDOT

Toiminnanharjoittajan nimi	Toimipaikka (paikkakunta, tehtaan tai varaston nimi) (pysyvä toiminta) TAI kohde, jossa toimintaa harjoitetaan (tilapäinen toiminta)
Toimipaikan/kohteen käyntiosoite	Yhteyshenkilö (nimi, asema)
Postitusosoite päätökselle	Puhelinnumero
Laskutusosoite päätökselle	Sähköpostiosoite
Verkkolaskuosoite	
<input type="checkbox"/> Vedenhankintaa varten tärkeä pohjavesialue (luokka I) tai vedenhankintaan soveltuva pohjavesialue (luokka II)	

YLEISKUVAUS TOIMINNASTA JA AIKATAULU

Miten kemikaalien käsittely tai varastointi on suunniteltu tapahtuvaksi? Varastointitapa (säiliöt/pullot ja säiliökoot). Mitä muutoksia ilmoitus koskee?
Toiminnan aloitusajankohta (pysyvä toiminta) tai ajankohta, jona toimintaa aiotaan harjoittaa (tilapäinen toiminta)

jatkuu liitteessä

Paikka ja päiväys

Toiminnanharjoittajan edustajan allekirjoitus ja nimen selvennys

Ilmoitus kemikaalien vähäisestä teollisesta käsittelystä ja varastoinnista Liite 1, 2/2

VAARALLISTEN KEMIKAALIEN LUETTELO

Kemikaali ja mahdollinen tarkenne (esim. pitoisuus, käyttötarkoitus)	Vaaraluokitus (vaaraluokka ja -kategoria sekä H-lauseke) esim. Flam. Liq. 2, H225; Acute Tox. 3, H301, H311, H331			Enimmäis- määrä (tonneina)	Määrän tarkenne (esim. säiliön koko)
	Fysikaaliset vaaraominaisuudet	Terveysvaara- ominaisuudet	Ympäristövaara- ominaisuudet		

ILMOITUKSEEN LIITETTÄVÄ

1) Ilmoitus vähäisestä teollisesta käsittelystä ja varastoinnista (VNa 685/2015, 33 §)

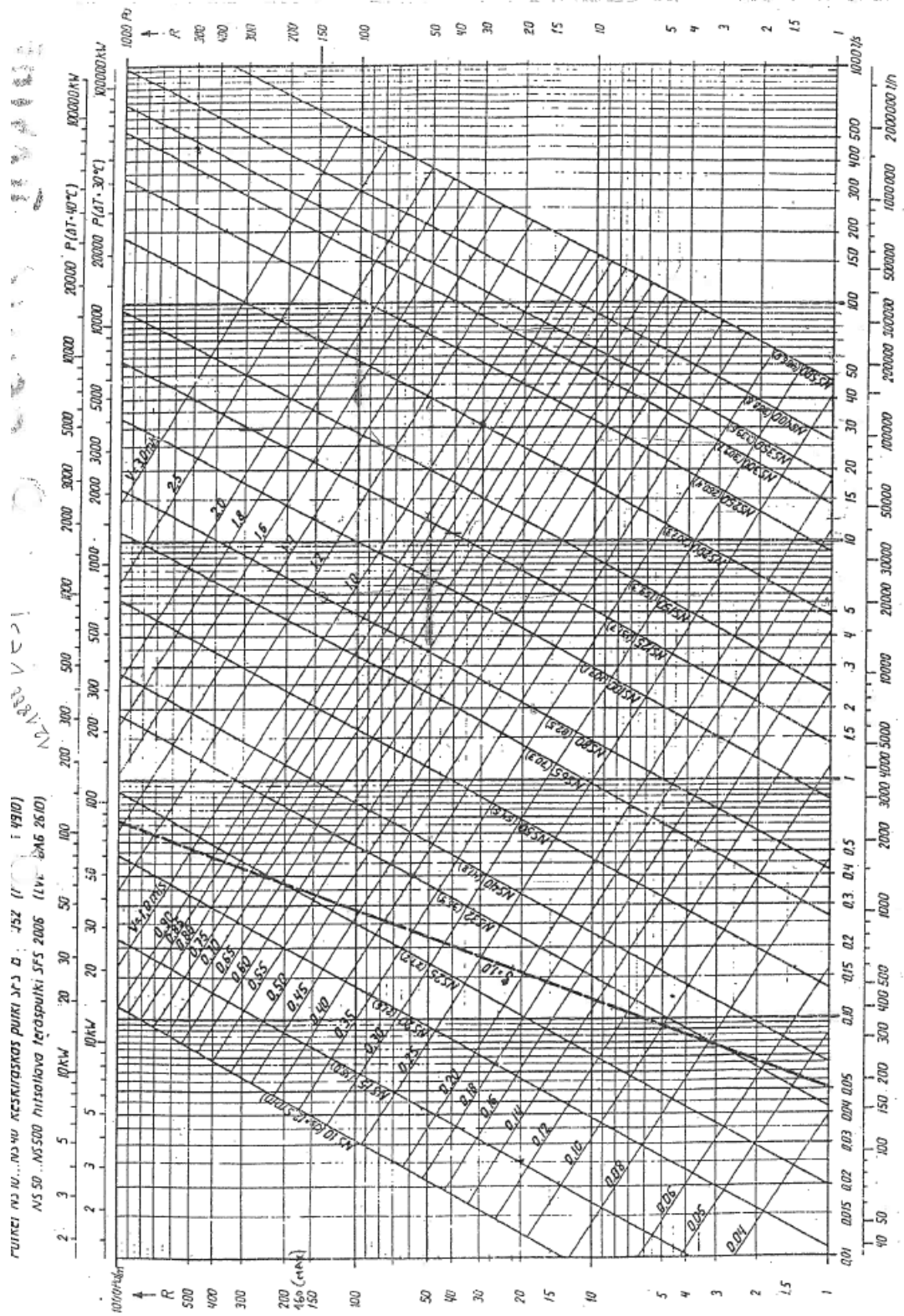
- Selvitys vaarallisten kemikaalien käsittelyyn ja varastointiin liittyvistä vaaroista ja onnettomuuksien mahdollisuuksista
- Kemikaalitiedot (käyttöturvallisuustiedotteet tai vastaavat tiedot kemikaalien vaaraominaisuuksista)
- Karttapiirros sijaintipaikasta, johon on merkitty asutus, koulut, hoitolaitokset, muut teollisuuslaitokset ja yleiset tiet sekä selvitys vedenottoista, pohjavesialueista ja maaperän laadusta
- Asemapiirros tuotantolaitosalueesta (tuotanto, varasto- ja konttorirakennukset, varastosäiliöt, täyttö- ja tyhjennyspaikat)
- Pohjapiirros laitteistojen sijoituksesta rakennuksissa
- Sanallinen prosessikuvaus ja tarvittaessa kaaviokuvat toiminnasta
- Selvitys palontorjunnan järjestelyistä, mahdollisen vuodon hallinnasta ja muista onnettomuuksien varalta suunnitelluista toimenpiteistä

2) Ilmoitus tilapäisestä vähäisestä toiminnasta (VNa 685/2015, 34 §)

- Selvitys vaarallisten kemikaalien käsittelyyn ja varastointiin liittyvistä vaaroista ja onnettomuuksien mahdollisuuksista
- Kemikaalitiedot (käyttöturvallisuustiedotteet tai vastaavat tiedot kemikaalien vaaraominaisuuksista)
- Karttapiirros sijaintipaikasta, johon on merkitty asutus, koulut, hoitolaitokset, muut teollisuuslaitokset ja yleiset tiet sekä selvitys vedenottoista, pohjavesialueista ja maaperän laadusta, jos se on käsiteltävien ja varastoitavien kemikaalien kannalta oleellista
- Piirros, josta käy ilmi kemikaalien sijaintipaikat kohteen alueella
- Piirros, josta käy ilmi kemikaalien ja laitteistojen sijaintipaikat rakennuksissa
- Selvitys palontorjunnan järjestelyistä, mahdollisen vuodon hallinnasta ja muista onnettomuuksien varalta suunnitelluista toimenpiteistä

Painehäviödiagrammi

Liite 3



MS5000 hitsoilava teräspuiki SFS 2006 (191-286 26 ID) MS5000

Bilaf 34.