

Ville Mäkinen

Työmaan rakentamisaikainen lämmittäminen
viemäriputkiston avulla

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Rakennustekniikka
Insinööriytyö
Päivämäärä 15.4.2012

Tekijä(t) Otsikko	Ville Mäkinen Työmaan rakentamisaikainen lämmittäminen viemäriputkiston avulla
Sivumäärä Aika	34 sivua 15.4.2012
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotantotekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Timo Riikonen Tuotantoinisinööri, DI Matti Koivunoro
<p>Rakennusaikainen lämmittäminen talvella on ikuinen ongelma Suomen rakennustyömailla. Suomen pitkä ja usein kylmä talvi vaikeuttaa huomattavasti rakentamista. Rakentamisen kehitys ympärivuotiseksi, tehokkaaksi toiminnaksi on nostanut kysymyksen, voisiko rakentamisaikaisen lämmittämisen hoitaa nykyisiä menetelmiä tehokkaammin?</p> <p>Ongelmana nykyisin käytettävissä lämmittämisvaihtoehtoisissa on ilman tasainen jakautuminen. Jos käytetään esimerkiksi kaukolämpöverkkoon kytkettyä vesikiertoista lämpöpuhallinta, joka on asetettu puhaltamaan porrashuoneeseen, nousee lämmin ilma porrashuonetta ylös. Tämä lämmin ilma rajoittuu usein vain porrastiloihin ja jättää asunnot kylmemmiksi, vaikka asunnoissa lämpöä juuri tarvittaisiin.</p> <p>Tämä insinööri työ tehtiin NCC Rakennus Oy:lle. Työn tavoitteena oli selvittää, pystyykö viemäriputkistoa käyttämään hyödyksi kerrostalokohteen talven aikaisessa lämmittämisessä. Tämä lämmittämistapa toimisi käytännössä niin, että yhden linjan viemärinousun alapäähän kytkettäisiin puhallin, joka puhaltaisi lämmintä ilmaa putkistoon. Lämmin ilma nousisi putkistossa ylöspäin ja tulisi ulos huoneistojen kohdilta viemäreistä ja vesikalusteiden kohdilta. Tämä lämmittämistapa ratkaisisi ongelman ilman tasaisesta jakautumisesta huoneistoihin. Tämä lämmittämistapa tuo myös ongelmia, joihin pääasiassa tässä insinööri työssä yritetään löytää ratkaisuja.</p> <p>Suurimmaksi ongelmaksi muodostui putkeen ilman puhaltamisen seurauksena syntyvä painehäviö. Tämä painehäviö muodostui niin suureksi, että työmailla käytössä oleva lämmityslaitteisto ei pysty puhaltamaan tarvittavaa ilmamäärää viemäriputkeen.</p> <p>Lämmittämistavan toiminnasta tehtiin teoreettinen malli, jonka perusteella voidaan päätellä, että putkistoon ilman puhaltamisen seurauksena syntyvä painehäviö ja olemassa oleva puhallinkalusto asettavat niin suuret vaatimukset, että tämä lämmittämistapa ei toimi kerrostalokohteessa.</p>	
Avainsanat	Rakentamisaikainen lämmittäminen, lämmitys, viemäri

Author(s) Title	Ville Mäkinen Heating the construction site via piping system
Number of Pages Date	34 pages 15 April 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil engineering
Specialisation option	Construction and site management
Instructor(s)	Timo Riikonen, Lecturer Matti Koivunoro, Production Engineer
<p>Heating the construction site while it's under construction is a never-ending problem at Finnish construction sites. The long and usually cold winter also makes construction difficult. Finnish construction has developed into a year-round operation that must be efficient and functional. This has raised the question whether we could heat our construction sites more effectively.</p> <p>The problem with our current heating options is the equal dividing of warm air. If for example, we are using a warm air blower that is set in the stairwell, the warm air will rise up. Usually this warm air is limited to the stairwell and stairways and the apartments are left cold, although it's the apartments that need the warmth most.</p> <p>This engineering thesis was made for NCC Ltd. The objective of the thesis was to find out if the piping system could be utilized in the heating of the construction site in winter. This method of warming would theoretically work as follows: a warm air blower is installed at the bottom floor of the building. That blower is attached to the piping system. Warm air from the blower rises up within the piping system and exits to the apartments. This method of warming would solve the problem of equal dividing of warm air. This method also generates problems, to which I will try to find answers in this engineering thesis.</p> <p>Pressure drop proved to be the biggest problem of this heating method. Pressure drop is generated when air is blown inside the piping system. The pressure drop proved out to be so big that the heating equipment generally used at construction sites is not capable of handling it.</p> <p>A theoretical model, an example case, was made. The results that I received said that the pressure drop caused by the air in the piping system and the requirements of the heating equipment are so great that this method of heating does not work.</p>	
Keywords	Heating, construction site, piping

Sisällys

Lyhenteet ja määritelmät

1	Johdanto	1
2	Rakennusaikainen lämmittäminen ja rakenteiden kuivuminen	2
2.1	Lämmityksen ja kuivatuksen tavoitteet	2
2.2	Kosteuden ja lämpötilan vaikutus kuivumiseen	3
2.3	Kuivatuksen periaatteet	3
2.3.1	Esimerkki avoimen kuivatusjärjestelmän käytöstä	4
2.4	Hyvät kuivumisolosuhteet	5
2.5	Betonin kuivattaminen	5
2.6	Lämmöntuottovaihtoehdot	6
2.6.1	Rakennuksen oma lämmitysjärjestelmä	6
2.6.2	Rakennuskuivaajat	6
2.6.3	Kiertoilmalämmittimet	7
2.6.4	Polttoaineen valinta	8
3	Työn kuvaus	9
3.1	Hyödyt	9
3.2	Ongelmat	10
3.3	Edellytykset ja avoimet kysymykset	11
4	Putkiston virtaustekniikka	11
4.1	Painehäviö	11
4.2	Painehäviöön vaikuttavat kertoimet	12
4.3	Painehäviön vaikutus puhaltimeen	13
5	Suuruuslaskelmat	15
5.1	Painehäviötarkastelu 1	15
5.2	Painehäviötarkastelu 2	17
5.3	Painehäviötarkastelu 3	18
5.4	Kerrostalokaksion lämmittäminen	18
5.5	Lämmittämiseen tarvittavan tehon laskeminen	20

6	As Oy Helsingin Auringonkehä	23
6.1	Kohteen esittely	23
6.2	Tarkastelun vaiheet	24
6.3	Olosuhteet	25
6.4	Asuntojen tarvitsema ilmamäärä	26
6.4.1	Asunnot A6, A10 ja A14	26
6.4.2	Asunnot A17 ja A19	26
6.5	Asuntojen sisäiset painehäviöt	27
6.5.1	Asunnot A6, A10 ja A14	27
6.5.2	Asunnot A17 ja A19	28
6.6	Linjan H4 kokonaispainehäviö	29
7	Tutkimustulokset	31
8	Yhteenveto ja johtopäätökset	31
9	Pohdinta	33
	Lähteet	35

Lyhenteet ja määritelmät

Absoluuttinen kosteus on esimerkiksi vesihöyryn massan suhde ilman kokonaistilavuuteen. Yksikkönä käytetään grammoja vettä kuutiometrissä ilmaa (g/m^3). Absoluuttisella kosteudella on yläraja, kyllästyskosteus, joka määrittelee, paljonko vesihöyryä ilmassa voi olla kussakin lämpötilassa. Lämmin ilma voi sisältää enemmän vesihöyryä kuin kylmä. [1.]

Suhteellinen kosteus RH% on todellisen vesihöyrynpaineen ja kyllästyshöyrynpaineen välinen suhde tietyssä lämpötilassa. Se siis kertoo, montako prosenttia absoluuttinen kosteus on vallitsevan lämpötilan kyllästyskosteudesta. [1.]

Painehäviö on virtauksessa kitkan tai paikallisvastusten vuoksi tapahtuva energiahäviö [13].

Paikallisvastus on kanavaosan tai muun kanavistoon liitetyn laitteen aiheuttama painehäviö. Paikallisvastus voi olla esimerkiksi mutka tai haara viemäriputkessa. [13.]

Elpo-hormi on betonirunkoinen asuinkerrostalon nousuputkistoelementti, jonka sisälle voidaan sijoittaa kaikki huoneistossa tarvittavat talotekniikan johdot, putket ja kanavat [24].

1 Johdanto

Tässä insinööriyössä tutkitaan, voiko viemäriputkistoa käyttää hyväksi rakennusaikaisessa lämmittämisessä. Työssä käydään läpi jo käytössä olevia lämmittämisvaihtoja, niiden hyviä ja huonoja puolia ja verrataan näitä vaihtoehtoja viemäriputken kautta tapahtuvaan lämmittämiseen. Tarkoituksena on myös tehdä testikohde, missä tätä lämmitystapaa testataan. Työssä käydään myös läpi rakentamisaikaisen lämmittämisen ja kuivatuksen tavoitteita, hyötyjä ja edellytyksiä sekä lämmityksen vaikutusta rakenteiden kuivumiseen.

Työssä käytetään hyväksi jo olemassa olevaa kirjallisuutta aiheesta sekä hankitaan tietoa haastatteluilla. Työn laajuuden vuoksi aihe rajataan käsittämään vain normaalikokoiset, betonirakenteiset asuinkerrostalot. Lämmittämisen ja kuivatuksen osalta tämä työ käsittelee vain runkovaiheesta eteenpäin tapahtuvaa lämmittämistä ja kuivatusta.

Työ tehdään NCC Rakennus Oy:lle asuntorakentamisen yksikköön. NCC Rakennus Oy kuuluu NCC-konserniin, jonka liiketoiminta-alueita ovat rakentaminen, asuminen, kiinteistöjen kehittäminen sekä tie- ja maanrakentaminen. Asiakkaina NCC:llä ovat mm. asunnon ostajat, toimitiloja sekä liike- ja kauppapaikkoja tarvitsevat yritykset sekä valtio ja kunnat.[2.]

Rakennusaikainen lämmittäminen talvella on ikuinen ongelma Suomen rakennustyömailla. Suomen pitkä ja usein kylmä talvi vaikeuttaa huomattavasti rakentamista. Pitkään on eri tahojen toimesta yritetty löytää kustannustehokkainta ja toimivinta lämmitysratkaisua rakenteilla olevaan kerrostalokohteeseen. Yhtä oikeata tapaa hoitaa rakennusaikainen lämmittäminen ei ole. Tämän päivän rakentamisessa pyritään jatkuvasti nopeampiin rakentamisaikoihin sekä vuoden ympäri tapahtuvaan tehokkaaseen rakentamiseen. Tätä kautta rakentamisaikaisen lämmittämisen merkitys korostuu entisestään.

Suuri ongelma rakentamisaikaisessa lämmittämisessä on lämpimän ilman saaminen sinne missä sitä tarvitaan. Esimerkiksi jos käytetään kaukolämpöpuhallinta, joka on sijoitettu alimpaan kerrokseen porrashuoneeseen, nousee lämmin ilma porraskäytävässä ylöspäin ja lämmitys rajoittuu suurimmaksi osaksi vain

porraskäytäviin, kun taas huoneistot pysyvät melko kylminä. Lämmön tehokas jakautuminen on siis ongelma. Tämä ongelma ratkaistaan usein laittamalla useita lämmittämiä eri kerroksiin ja lämpöä saadaan tällä tavalla huoneistoihin hieman tasaisemmin.

Viemärin kautta tapahtuvan lämmittämisen etuna olisi juuri se, että sillä tavalla ratkaistaisiin lämmön tasapuolinen jakautuminen. Viemäriputket nousevat rungon mukana ja ne menevät juuri sinne, missä lämpöä eniten tarvitaan, asuntoihin. Ongelmana tässä lämmitysvaihtoehdossa on mm. miten hyvin nämä putket kestävät lämmintä ilmaa? Miten ilmanvirran tasapainoitus hoidetaan? Miten estetään lian ja roskien pääsy viemäriverkkoon?

2 Rakennusaikainen lämmittäminen ja rakenteiden kuivuminen

2.1 Lämmityksen ja kuivatuksen tavoitteet

Rakennusaikaisen lämmityksen ja kuivatuksen tärkein tavoite on sisävalmistusvaiheen aloituksen aikaistaminen ja tällä tavoin kokonaisrakennusajan lyhentäminen. Lämmityksen ja kuivatuksen tavoitteena on saattaa rakenteet ja sisäolosuhteet sellaiseen tilaan, että sisävalmistustyöt voidaan tehdä suunnitelmien ja vaatimusten mukaisissa olosuhteissa.

Rakentamisen kehitys ympärivuotiseksi, tehokkaaksi toiminnaksi on korostanut märkien työvaiheiden, rakenteiden kuivumisen ja rakennettujen tilojen kuivattamisen merkitystä. Mitä nopeammin tilat ja pinnat saadaan kuiviksi, sitä nopeammin saadaan valmista mestaa muille työvaiheille, joilla on erityisiä olosuhdevaatimuksia.

Esimerkiksi maalaus-, tasoite-, laatoitus-, tapetointi- ja lattianpäällystystyöt asettavat alusrakenteelle kosteusvaatimuksia. Betoni- ja kevytbetonirakenteiden sekä muurattujen rakenteiden valmistuksessa käytetään runsaasti ylimääräistä vettä, joka on poistettava. Myös työnaikaiset vesivuodot, sateet sekä lämpötilanvaihtelut lisäävät rakenteiden kosteutta ja tällä tavoin myös lämmitys- ja kuivatustarvetta. [3.]

2.2 Kosteuden ja lämpötilan vaikutus kuivumiseen

Ulkoilman kosteudella ja lämpötilalla on merkittävä vaikutus rakenteiden rakennusaikaiseen kuivumiseen ja kuivattamistapaan. Ulkoilman absoluuttinen kosteus (vesihöyryn määrä g/m^3) vaihtelee suuresti. Alimmillaan se on talvella (noin 2 g/m^3) ja ylimmillään kesällä (noin 10 g/m^3).

Ulkoilman suuret lämpötilan ja kosteuden vaihtelut aiheuttavat sen, että eri vuodenaikoina joudutaan käyttämään erilaisia kuivattamismenetelmiä. Lämmityksen ja ilmanvaihdon avulla tapahtuvaa kuivattamista voidaan käyttää talvella, kun ilma on kuivaa, mutta tämä tapa ei sovellu käytettäväksi kesäisin, kun ilma on kostea. Kuivattamistavoista lisää seuraavassa luvussa. [4, s. 9.]

2.3 Kuivatuksen periaatteet

Kuivauksen pääperiaate on lämmittimiä tai erilaisia ilmansiirotimiä käyttäen madaltaa kuivatettavan tilan suhteellista kosteutta. Tällöin ympäröivät rakenteet ja rakennusmateriaalit pyrkivät tasapainokosteuteen vallitsevan ilmamassan kanssa, minkä johdosta rakenteet alkavat luovuttaa kosteutta kuivatettavaan tilaan. Betonipintoja kuivatettaessa on tärkeätä muistaa pitää tilan suhteellinen kosteus noin arvossa RH 50%. Jos kosteusprosentti nousee paljon yli 50 %, hidastuu kuivuminen. Suhteellisen kosteuden arvoa voi säätää tuuletusta lisäämällä tai vähentämällä. [5.][4 s. 57.]

On olemassa kaksi pääperiaatetta, joilla rakenteita saadaan kuivatettua:

- Yksi yleisesti käytetty kuivatustapa on ilman lämmitys yhdistettynä ilmanvaihtoon. Tässä tavassa lämmityksen ansiosta kuivatettavan tilan lämpötila nousee. Lämmin ilma sitoo itseensä rakenteista tulevaa kosteutta ja ilmanvaihdon avulla kosteus siirretään ulos. Tätä tapaa voidaan kutsua avoimeksi järjestelmäksi. Tämä tapa sopii erityisesti käytettäväksi talvisin, jolloin ulkoilma on melko kuivaa ja sillä on hyvä kapasiteetti ottaa vastaan kosteutta. Tätä kuivatusjärjestelmää käytettäessä ei pidä unohtaa tuulettaa tiloja säännöllisesti. Luvussa 2.3.1 on esimerkki tämän kuivatusjärjestelmän käytöstä. [4 s 52 ja 54.]

- Toinen käytetty kuivatustapa on ilman kuivatus suljetussa tilassa, jossa ei ilmanvaihtoa ole juuri lainkaan. Tässä menetelmässä kaikki tilassa olevat reiät ja aukot pitää tukkia ja lämpötilaa pitää nostaa. Samalla tulee tilassa olla esimerkiksi kosteudenkeräimiä, jotka keräävät kosteuden pois huoneilmasta ja tämä kosteus johdetaan esimerkiksi putkella viemäriin tai ulos. Tätä kuivatustapaa käytetään yleisesti kesäisin, jolloin ulkoilman kosteuspitoisuus on suuri ja sillä ei ole paljoa kapasiteettia ottaa vastaan huoneilman kosteutta. Tämän takia on tätä kuivatustapaa käytettäessä tärkeää pitää varsinkin ulospäin olevat aukot ja reiät kiinni, ettei ulkoa pääse lisäkosteutta tilaan. Tätä kuivatustapaa kutsutaan suljetuksi järjestelmäksi. [4 s 52 ja 54.]

2.3.1 Esimerkki avoimen kuivatusjärjestelmän käytöstä

Kuivatettavassa tilassa, jonka tilavuus on 300 m^3 pidetään lämpötila $+18 \text{ }^\circ\text{C}$:ssa ja suhteellinen kosteus RH maksimissaan 50 %. Suhtellisen kosteuden arvoa säädetään joko lisäämällä tai vähentämällä ilmanvaihtoa. Vesihöyryn määrä on $15,37 \text{ g/m}^3$ $+18 \text{ }^\circ\text{C}$:ssa. Ulkona on $-15 \text{ }^\circ\text{C}$ ja RH 85 %. Vesihöyryn määrä ulkoilmassa $-15 \text{ }^\circ\text{C}$:n lämpötilassa on $1,38 \text{ g/m}^3$.

Kosteuspitoisuudet ulkona ja sisällä voidaan laskea kertomalla suhteellinen kosteus ilmassa olevan vesihöyryn määrällä.

- Kosteuspitoisuus ulkona on $0,85 * 1,38 = 1,173 \text{ g/m}^3$
- Kosteuspitoisuus sisällä on $0,5 * 15,37 = 7,685 \text{ g/m}^3$

Sisäilmaan mahtuu siis lisäkosteutta $7,685 - 1,173 = 6,51 \text{ g/m}^3$. Tästä voidaan laskea, että koko kuivatettavaan tilaan mahtuu lisäkosteutta $6,51 \text{ g/m}^3 * 300 \text{ m}^3 = 1,95 \text{ kg}$.

Tämä laskelma tarkoittaa käytännössä sitä, että kun talvella ulkona olevaa kuivaa ilmaa johdetaan sisälle rakennukseen ja sen lämpötilaa nostetaan, on sillä hyvät edellytykset sitoa itseensä rakenteiden kosteutta. Kesällä ulkoilman kosteuspitoisuus on paljon suurempi, joten kesäisen ulkoilman kyky sitoa lisäkosteutta itseensä on huomattavasti pienempi. [4 s 24,54 ja 55.]

2.4 Hyvät kuivumisolosuhteet

Hyvät kuivumisolosuhteet voidaan järjestää [6, s. 19]:

- Suunnittelemalla rakennusaikainen kuivatus ja lämmitys huolellisesti. On tärkeää valita oikea kuivatustapa oikeaan vuodenaikaan.
- Rakennuksen oman lämmitysjärjestelmän toimintakuntoon saaminen mahdollisimman aikaisin edesauttaa sitä, että lämpö jakautuu tasaisesti. Vaikka rakennuksen oma lämmitysjärjestelmä olisi jo käytössä, kannattaa esimerkiksi rakennuspuhaltimilla kierrättää ilmaa rakennuksessa. Tämä edesauttaa kuivumista.
- Ennen kuin rakennuksen oma lämmitysjärjestelmä on toimintakunnossa, pitää käyttää erillisiä lämmittimiä. Lämmittimiä käytettäessä pitää muistaa, että varsinkin talvella lämmitys ja tehokas ilmanvaihto kuivattavat yhdessä rakennusta. Kosteus pitää saada johdettua ulos.
- Ikkunat, ovet ja muut aukot pitää sulkea ja tiivistää huolellisesti.
- Rakennustarvikkeiden sisäänottoaukoissa ja muissa kulkureiteissä voi tarpeen mukaan käyttää esimerkiksi muovista tehtyjä tuulikaappeja. Tämä pitää ulkoa tulevan kosteuden paremmin poissa tiloista.

2.5 Betonin kuivattaminen

Betoniin sekoitetaan valmistuksen yhteydessä noin 180 kg/m^3 vettä. Tästä vesimäärästä noin 40-70 kg sitoutuu kemiallisesti sementin hydrataatioreaktiossa. Tämä lisäksi betoni sisältää noin $25\text{-}40 \text{ kg/m}^3$ hygroskooppista kosteutta, joka pitää betonin kosteuspitoisuuden tasapainossa ympäröivän ilmamassan kanssa. Jäljelle jää noin 70-115 kg rakennekosteutta, josta suurin osa on kuivatettava ennen betonin pinnoittamista tai päällystämistä.

Betonin kuivattamisolosuhteiden kannalta oleellimmat tekijät ovat ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila. Lämpötilan tulisi olla noin $+ 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ja betonirakennetta ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden tulisi olla noin RH 50 %. Lämpötilaa

nostamalla yli 20 °C nopeuttaa tietenkin kuivumista, mutta ei ole taloudellisesti kannattavaa, jos tilaa ei ole lämmöneristetty tarpeeksi hyvin. Toisaalta ilman suhteellista kosteuttakaan ei kannata laskea liian alas. Alle 30% suhteellinen ilmankosteus ei juurikaan lyhennä betonin kuivumisaikaa, mutta tällöin lämmitysenergian hukka on melko suuri. [7.]

2.6 Lämmöntuottovaihtoehdot

2.6.1 Rakennuksen oma lämmitysjärjestelmä

Rakennuksen oma lämmitysjärjestelmä pyritään ottamaan käyttöön mahdollisimman aikaisin. Tämä mahdollistaa sen, että lämpöä saadaan jaettua tasaisesti rakennuksen jokaiseen paikkaan. Paras kuivumisen kannalta oleva tilanne on se, että saadaan rakennuksen oma lämmitysjärjestelmä käyttöön mahdollisimman aikaisin ja samaan aikaan käytetään lämpöpuhallinta, joka kierrättää lämmintä ilmaa rakennuksessa. [8.][4 s 52.]

2.6.2 Rakennuskuivaajat

Rakennuskuivaajat ovat öljy-, nestekaasu- tai sähkökäyttöisiä siirrettäviä lämmityslaitteita. Niiden toiminta perustuu siihen, että lämmittimessä olevan polttimeen kuumentama vaippa tai sähkövastus lämmittää puhaltimen siirtämän ilman, joka johdetaan lämmitettävään tilaan. Tilassa oleva ilma lämpenee ja sitoo rakenteista kosteutta. Tämän jälkeen lämmin, kostea ilma johdetaan ulos.

Perinteisin työmaalla nähtävä rakennuskuivaaja on sähkökäyttöinen. Sähkökäyttöinen rakennuskuivaaja on melko helppokäyttöinen lämmitysvaihtoehto. Useimmilla työmailla sähköä on käytössä koko työmaan alueella, joten sähkölämmittimet ovat helposti sijoitettavissa minne tahansa, missä lämpöä tarvitaan, kuten yksittäisiin huoneisiin tai tiettyyn työskentelypisteeseen.

Sähkölämmittimiä on monta eri teholuokkaa. Pienet 2-3 kW lämmittimet sopivat hyvin esimerkiksi johonkin pieneen tilaan, joka täytyy saada kuivatettua, esimerkiksi kylpyhuone. Suuremmat 37-40 kW lämmittimet soveltuvat hyvin suurien tilojen, esimerkiksi hallien lämmittämiseen. [9.][10.]



Kuva 1. Perinteinen 2-3 kW sähkökäyttöinen lämpöpuhallin. [17.]

2.6.3 Kiertoilmalämmittimet

Kiertoilmalämmittimet ovat öljy-, nestekaasu- tai sähkökäyttöisiä, yleensä raskaita, isompien tilojen lämmitykseen tarkoitettuja laitteita. Kiertoilmalämmittimen rakenne ja toimintaperiaate on hyvin samanlainen kuin rakennuskuivaajalla. Polttimen kuumentama vaippa tai sähkövastus lämmittää puhaltimen siirtämän ilman, joka johdetaan lämmitettävään tilaan.

Yleinen kiertoilmalämmitin työmaalla on vesikiertoinen kaukolämpöpuhallin. Se on pääasiassa tarkoitettu suurien tilojen tai kerrostalojen yleislämmitykseen. Kerrostalokohteessa tällainen puhallin viedään alimpaan kerrokseen porrashuoneeseen tai hissikuiluun, jos siellä ei ole välitasanteita. Näistä paikoista lämpö nousee ylöspäin ja jakautuu kerroksiin. Haastattelujen perusteella tämä on muuten hyvä tapa hoitaa rakentamisvaiheen yleislämmitys, mutta yhdessä lämmittimessä oleva teho ei riitä lämmittämään ylimpiä kerroksia varsinkaan kerrostalokohteessa. Lämmön jakautuminen on myös ongelma. Lämpöä ei riitä huoneistoihin tarvittavaa määrää vaan

alhaalta nouseva lämmin ilma lämmittää enemmänkin porrastiloja, eikä huoneita, joissa lämpöä tarvitaan enemmän.

Vesikiertoisiin kaukolämpöpuhaltimiin saa myös niin sanottuja jakajia eli jakopönttöjä. Tämä tarkoittaa sitä, että puhaltimen yhteydessä on jakopönttö, missä on kuvan 2 mukaisesti neljä suuaukkoa. Näihin suuaukkoihin voi kiinnittää lyhyen letkunpätkän ja tällä tavalla ohjata ilmaa. Vesikiertoinen lämpöpuhallin vaatii sen, että kohteessa on jo valmiina lämmönjakokeskus ja kaukolämpöliittymä. [11.][12.]



Kuva 2. Kiertovesilämmitin jakopöntöllä. [18.]

2.6.4 Polttoaineen valinta

Sähköllä toimivat lämmittimet ovat usein turvallisin ja helpoin valinta. Rakennustyömaat on lähes poikkeuksetta kytketty sähköverkkoon ja sähköä on käytössä työmaan jokaisessa paikassa. Sähköllä toimivien lämmittimien vaarana on sähkönsaannin keskeytykset tai oikosulut, mutta nämä ovat yleensä melko harvinaisia.

Öljyä poltettaessa syntyy pakokaasuja ja nokea, jotka on huomioitava öljyä käytettäessä. Öljyä käytettäessä tulee työmaalla valvoa esimerkiksi öljyn varastointia, säiliöitä, lämmittimien säiliöiden täyttöä ja itse palamista. Öljyä käytettäessä on myös öljyvahingon vaara, eli öljyä pääsee valumaan maaperään tai rakennukseen.

Kuivumisen kannalta nestekaasu on lämmitystavoista huonoin. Vaikka nestekaasu palaa puhtaasti tuottamatta pakokaasuja tai nokea, muodostaa 1 kg nestekaasua palaessaan noin 1,5 kg vettä ja noin 4,5 kg hiilidioksidia. Vesi lisää tilan kuivatustarvetta ja hiilidioksidi lisää raittiin ilman tarvetta. [4 s 54.]

3 Työn kuvaus

Tämän opinnäytetyön ideana on tutkia, onko mahdollista käyttää viemäriputkistoa hyödyksi rakentamisaikaisessa lämmittämisessä? Tavoitteena on tutkia sen mahdollisia hyötyjä, haittoja, ongelmia sekä tutkia tapoja ja edellytyksiä, miten tämän lämmitystavan saisi toimimaan elementtirakenteisessa kerrostalokohteessa.

Periaatteessa tämä lämmitystapa toimisi niin, että alhaalta, esimerkiksi kellarikerroksesta puhallettaisiin elpo-hormin alapäästä sen sisällä menevään viemäriputkeen lämmintä ilmaa ja tämä lämmin ilma nousisi viemäriputkea pitkin ylös ja jakautuisi tasaisesti huoneistoihin kerroskohtaisten viemärihajoitusten kohdilta.

3.1 Hyödyt

Hyötynä tässä lämmitystavassa on se, että tätä tapaa käytettäessä ei tarvitse juuri mitään ylimääräistä tehdä. Viemäriputkisto nousee rungon mukana ylös ja huonekohtaiset viemärihajoitukset tehdään yleensä melko nopeasti holvin valmistumisen jälkeen.

Toisena hyötynä voisi olla lämpimän ilman kiertäminen talossa ja tätä kautta rakenteiden kuivumisen nopeuttaminen. Rakennusaikaisen lämmittämisen ongelmana talvisin on yleensä lämmön tasainen jakautuminen. Tätä lämmitystapaa käytettäessä saataisiin peruslämpöä juuri sinne missä sitä tarvitaan, eli huoneistoihin ja niiden kylpyhuoneisiin.

Kerrostaloikohteessa kylpyhuoneiden vedeneristystyöt pyritään usein aloittamaan mahdollisimman aikaisin. Kylpyhuoneen seinien ja lattian suhteellisen kosteuden pitää olla melko alkinen, noin RH 85 %, että vedeneristettä voidaan laittaa. Tämä lämmitystapa toisi lämmintä ilmaa kylpyhuoneisiin ja tällä tavoin auttaisi sen seinien ja lattian kuivumista.

3.2 Ongelmat

Suurimmaksi ongelmaksi voi muodostua putkiston ilmavirtauksen tasapainoitus. Mietitään esimerkkinä 4 kerroksista kerrostaloa, jossa kellarikerroksessa on puhallin, joka puhaltaa lämmintä ilmaa elpo-hormiin. Tämä elpo-hormi palvelee kolmea asuntoa eli yhtä asuntoa kerroksessa. Jokaisessa asunnossa on 4 putkiston ulostuloa. Nämä ulostulot ovat kylpyhuoneen wc, viemäri, lavaaari ja keittiön viemäri.

Ilmavirran tasapainoituksella tarkoitetaan sitä, että alimmissa kerroksissa täytyy joko pienentää tai tukkia kokonaan ilman ulostuloreikiä, koska ilma tunnetusti pyrkii poistumaan helpointa reittiä putkesta. Jos alimmissa kerroksissa ei kuristeta tai tukita osaa rei'istä, liki kaikki ilma poistuu ensimmäisestä kerroksesta. Vastaavasti ylöspäin mentäessä täytyy reikiä olla enemmän auki ja ylimmässä kerroksessa melkein kaikkien tulee olla auki. Putkiston tasapainoituksen ei pitäisi olla ongelma 3-4-kerroksisissa taloissa, mutta jos tätä lämmitystapaa mietitään korkeammissa taloissa, esimerkiksi 5-7-kerroksisissa, putkiston tasapainoitus muuttuu vaikeammaksi.

Tätä lämmitystapaa mietittäessä kokonaiseen kerrostaloon, pitää muistaa, että yleensä yksi elpo-hormilinja palvelee vain yhtä asuntoa per kerros. Jos tätä lämmitystapaa haluaa käyttää tehokkaasti, täytyy jokaiseen elpo-linjaan kytkeä alhaalta lämmitin ja tällä tavalla jo pelkästään laitteiden kustannukset kasvavat nopeasti.

Ongelmana tässä lämmitystavassa on myös roskien, veden ja muun lian pääseminen viemäriverkkoon. Huoneistoissa olevan viemäriverkon päät pidetään tulpattuina yleensä mahdollisimman pitkään juuri sen takia, että viemäristöön ei pääsisi mitään ylimääräistä likaa. Käyttäessä tätä lämmitystapaa, nämä tulpatut päät pitäisi avata ja jollain tavalla huolehtia, ettei viemäriverkkoon pääsisi mitään ylimääräistä. Huoneistoiden kylpyhuoneet ja keittiöt, joista ilmaa tulee, pitäisi myös pitää hyvin siistinä, ettei lattian tasosta tuleva ilmavirta nostaisi kaikkea lattialla olevaa pölyä

ilmaan, mikä huonontaisi ilmanlaatua rakennuksessa ja vaikeuttaisi hengitystä ja työntekoa.

3.3 Edellytykset ja avoimet kysymykset

Tavoitteena rakennusaikaisessa lämmittämisessä on sen mahdollisimman aikaisin aloittaminen. Tätä lämmitystapaa, kuten muitakin yleislämmittämistapoja käytettäessä, pitää rakennuksen vaippa olla jo melko tiivis. Kaikki ikkunat ja ovet pitäisi olla paikallaan ja kiinni sekä reiät tukittuna. Pääurakoitsijan pitää siis kiinnittää vaipan tiiveyteen erityistä huomiota.

Yhtenä kysymyksenä tätä lämmitystapaa käytettäessä on se, miten kauan tätä lämmitystä voi käyttää ennenkuin se alkaa haittaamaan esimerkiksi viemäriurakoitsijan töitä. Toisena avoimena kysymyksenä on myös se, että kuinka paljon ilmaa 110 mm viemäriputkeen pystyy puhaltamaan ja kuinka ilmavirtauksen tasapainotus hoidetaan käytännöllisesti.

4 Putkiston virtaustekniikka

4.1 Painehäviö

Kun ilma virtaa putkistossa syntyy, virtauksessa kanavaseinän ja virtaavan ilman välisestä kitkasta häviötä. Tätä häviötä kutsutaan painehäviöksi. Kanavistot eivät koskaan ole täysin suoria. Niissä on mutkia ja käännöksiä, jotka aiheuttavat ilman virtaukseen lisäpyörteilyä ja samalla lisäävät painehäviötä. Painehäviötä vastaava energiamäärä muuttuu lämmöksi. [13 s. 95.]

Kanaviston kokonaispainehäviö on tarpeen tietää puhaltimen mitoittamiseksi. Jos kanavaan syntyvä painehäviö kasvaa liian suureksi, puhallin niin sanotusti tukehtuu. Eli puhaltimella ei riitä tehoa puhaltamaan tarvittavaa ilmamäärää kanavaan. Tämän takia pitkissä ja ohuissa kanavissa (joita tässä insinööriyössä tarkastellaan) puhallettavan ilman nopeus on pidettävä mahdollisimman pienenä. Kanavisto toimii siis sitä paremmin, mitä pienempiä ilmannopeuksia ja mitä tiiviimpiä kanavia käytetään. Kanavan tiiveys ei ole tässä insinööriyössä oleellinen asia, koska käytetään muoviputkia, jotka kulkevat

elpo-hormin sisällä ja muoviputket ovat perinteisiä peltisiä ilmastointiputkia tiiviimpiä. [14 s. 123][16.]

Painehäviöllä on seuraavia ominaisuuksia [15, s. 137]:

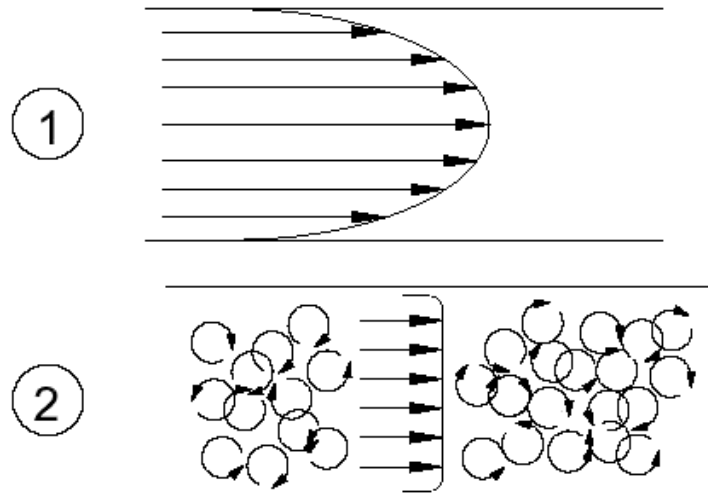
- Verrannollinen putken pituuteen. Tämä tarkoittaa sitä, että mitä pidempi putki on käytössä, sitä isommaksi painehäviö kasvaa.
- Painehäviö on verrannollinen puhallettavan ilman nopeuden toiseen potenssiin. Kun nopeutta nostetaan putkessa, kasvaa painehäviö myös.
- Painehäviö riippuu putken sisäpinnan karheudesta. Muoviputkilla tämä luku k on 0,007 mm, eli hyvin pieni.
- Painehäviö riippuu myös virtaavan aineen ominaisuuksista, pääasiassa ilman tiheydestä ja ominaislämpökapasiteetista.

4.2 Painehäviöön vaikuttavat kertoimet

Virtaus putkessa voi olla turbulenttista eli pyörteistä tai laminaarista eli pyörteetöntä. Virtaus on turbulenttista suurissa putkissa tai suurilla virtausnopeuksilla ja laminaarista pienissä putkissa pienillä virtausnopeuksilla. Virtausta kuvataan Reynoldsin luvulla Re , joka on virtausnopeuden v ja putkihalkaisijan d tulo suhteessa virtaavan aineen kinemateettiseen viskositeettiin ν .

$$Re = \frac{v * d}{\nu}$$

Virtaus on laminaarista kun $Re < 2320$ ja turbulenttista kun $Re > 3000$.



Kuva 3. Laminaarisen ja turbulenttisen virtauksen, erot. Kuvassa ylempänä on laminaarista virtausta ja alempana turbulenttista. [19.]

Painehäviöön vaikuttava kitkakerroin Λ riippuu virtauksen tyypistä Re ja putken seinämän karheudesta e .

$$\Lambda = (Re, e)$$

Missä e on niin sanottu suhteellinen karheus. Suhteellinen karheus saadaan jakamalla kanavamateriaalin karheusluku k putken halkaisijalla d .

$$e = \frac{k}{d}$$

[15 s. 137-139][13 s. 95-101.]

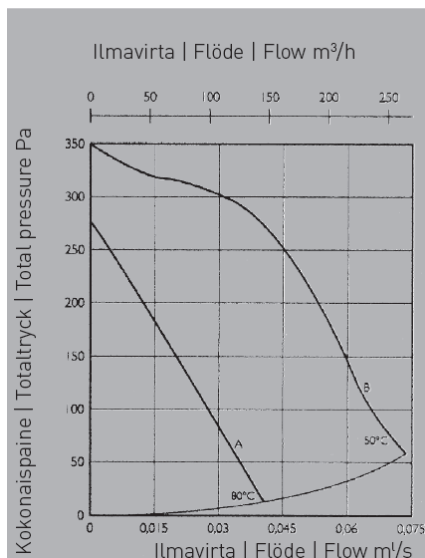
4.3 Painehäviön vaikutus puhaltimeen

Työmaalla yleisimmin käytetty lämmityslaite on vuokraamosta saatava valmis paketti, joka periaatteessa on lämmityspatterin ja potkuripuhaltimen yhdistelmä. Siinä on lämpöpatteri, joka lämmittää puhallettavan ilman ja potkuri, joka puhaltaa ilman lämmitettävään tilaan. Potkuripuhaltimen tarkoitus on tuottaa suuri ilmamäärä

haluttuun tilaan, mutta paineentuottokykyä niillä ei juurikaan ole. Niitä ei vain yksinkertaisesti ole tarkoitettu kanavoitavaksi varsinkaan pieneen ja pitkään putkeen.

Toisaalta voidaan tarkastella paremman painetuoton omaavaa kanavapuhallinta. Nämä puhaltimet on tarkoitettu juuri puhaltamaan putkistoon, joten jos nämä puhaltimet eivät saa aikaiseksi tarvittavaa painetta, niin voidaan todeta, että eivät saa myöskään potkuripuhaltimet.

Kuvasta 4 nähdään, että paremman paineentuottokyvyn omaava kanavapuhallinkaan ei pysty tuottamaan esimerkiksi 200 m³/h ilmamäärällä kuin noin 170 Pa kokonaispaineen. Tuollainen puhallin pystyy pienillä kanavanopeuksilla tuottamaan tarvittavan paineen, mutta jos ajatellaan esimerkiksi luvun 6 esimerkkikohteessa tarvittavia ilmamääriä, niin tuollaisellakaan puhaltimella ei riitä teho. [16.]



Kuva 4. LPK 100B-kanavapuhaltimen kokonaispaineentuotto suhteutettuna puhallettavaan ilmavirtaan. [20.]

5 Suuruuslaskelmat

5.1 Painehäviötarkastelu 1

Tämän esimerkin tarkoituksena on selvittää, nouseeko putkessa oleva painehäviö liian suureksi, kun putkeen puhalletaan ilmaa 300 m³/h. Tämä on täysin kuvitteellinen tilanne, jonka tarkoituksena on selvittää, kuinka suuria ilmamääriä voidaan muoviputkeen puhallata, ennenkuin painehäviö kasvaa liian suureksi. Tyypillisesti asuinkerrostalojen pystynousut toteutetaan 110 mm viemäriputkesta, joten esimerkeissä käytetään sisähalkaisijaltaan 100 mm putkea.

Käytössä on suora, pyöreä, sisähalkaisijaltaan 100 mm, 12 m pitkä muoviputki, jonka toisesta päästä puhalletaan ilmaa putkeen 300 m³/h. Putken toinen pää on avoin ja ilma pääsee sieltä poistumaan putkesta.

- Ilmamäärä eli tilavuusvirta putkessa $q_v=300 \text{ m}^3/\text{h}$ eli $0,083 \text{ m}^3/\text{s}$
- Ilman tiheys $1,225 \text{ kg}/\text{m}^3$
- Keskimääräinen virtausnopeus putkessa

$$q_v = A * V \rightarrow V = \frac{q_v}{A}$$

missä V =keskimääräinen ilman virtausnopeus m/s

q_v =ilman tilavuusvirta m³/s

A = putken poikkileikkauksen pinta-ala

$$V=q_v/A = 0,083 \text{ m}^3/\text{s} / \pi * (0.05 \text{ m})^2 = 10.56 \text{ m/s}$$

Seuraavaksi lasketaan putkeen syntyvä painehäviö. Painehäviön määrittämiseksi pitää ensiksi määrittää ns. Reynoldsin luku, joka kuvaa sitä, onko virtaus putkessa laminaarista vai turbulenttista.

$$Re = \frac{d*v}{\nu}$$

Jossa d =putken halkaisija m

v =keskimääräinen virtausnopeus putkessa m/s

ν =ilman kinemateettinen viskositeetti

$$Re \frac{d \cdot v}{\nu} = 0.1 \text{ m} \cdot 10,56 \text{ m/s} / 16 \cdot 10^{-6} = 66\,000$$

Tästä huomataan, että $Re > 3000$, joten putken virtaus on turbulენტtista.

Seuraavaksi määritellään kitkakerroin Λ .

$$\Lambda = 0,25 \left[\lg \left(\frac{k}{d} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^{-2}$$

Jossa k = putken karheus

d = putken halkaisija

$$\Lambda = 0,25 \left[\lg \left(\frac{k}{d} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^{-2} = 0,036$$

Seuraavaksi voidaan määrittää painehäviö Δp .

$$\Delta p = \Lambda \cdot L/d \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2$$

Jossa Δp =painehäviö Pa

Λ =kitkakerroin

L =putken pituus m

D =putken halkaisija m

ρ =ilman tiheys kg/m³

V =ilman keskimääräinen nopeus m/s

$$\Delta p = \Lambda * L/d * \frac{1}{2} * \rho * v^2 = 0,036 * 12\text{m}/0,1\text{m} * \frac{1}{2} * 1,225 \text{ kg/m}^3 * (10,56 \text{ m/s})^2 = 295 \text{ Pa}$$

Painehäviö pituusyksikköä kohden $R = \Delta p/L = 24,6 \text{ Pa/m}$

Tästä tuloksesta voidaan todeta, että painehäviö kasvaa liian suureksi, jos käytetään tilavuusvirtaa $300 \text{ m}^3/\text{h}$. Lasketaan painehäviö uudelleen käyttäen tilavuusvirran suuruutena $200 \text{ m}^3/\text{h}$. [13.][15.]

5.2 Painehäviötarkastelu 2

$$\text{Tilavuusvirta } q_v = 200 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow q_v = 200 \text{ m}^3/\text{h} / 3600 \text{ s} = 0,056 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Keskimääräinen virtausnopeus putkessa } v = q_v/A = 0,056 \text{ m}^3/\text{s} / \pi * (0,05 \text{ m})^2 = 7,07 \text{ m/s}$$

Reynoldsin luku $Re = d*v / \nu = 0,1 \text{ m} * 7,07 \text{ m/s} / 16*10^{-6} = 44\,200 \rightarrow$ Vieläkin virtaus on turbulენტtista

Kitkakerroin Λ ei muutu, joten painehäviö Δp :

$$\Delta p = \Lambda * L/d * \frac{1}{2} * \rho * v^2 = 0,036 * 12\text{m}/0,1\text{m} * \frac{1}{2} * 1,225 \text{ kg/m}^3 * (7,07 \text{ m/s})^2 = 132 \text{ Pa}$$

Painehäviö pituusyksikköä kohti $R = \Delta p/L = 11 \text{ Pa/m}$

Tarkastellaan painehäviö vielä kerran käyttäen tilavuusvirran arvona $100 \text{ m}^3/\text{h}$.

[13.][15.]

5.3 Painehäviötarkastelu 3

Tilavuusvirta $q_v = 100 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow q_v = 100 \text{ m}^3/\text{h} / 3600 \text{ s} = 0,0277 \text{ m}^3/\text{s}$

Keskimääräinen virtausnopeus putkessa $v = q_v/A = 0,0277 \text{ m}^3/\text{s} / \pi * (0,05 \text{ m})^2 = 3,526 \text{ m/s}$

Reynoldsin luku $Re = d*v / \nu = 0,1 \text{ m} * 3,526 \text{ m/s} / 16*10^{-6} = 22\ 037 \rightarrow$ Vieläkin virtaus on turbulენტtista

Kitkerroin Λ ei muutu, joten painehäviö Δp :

$\Delta p = \Lambda * L/d * 1/2 * \rho * v^2 = 0,036 * 12\text{m}/0,1\text{m} * 1/2 * 1,225 \text{ kg/m}^3 * (3,526 \text{ m/s})^2 = 32,9 \text{ Pa}$

Painehäviö pituusyksikköä kohti $R = \Delta p/L = 2,74 \text{ Pa/m}$

Näistä painehäviötarkasteluista saa kuvan, miten ilman virtausnopeus vaikuttaa painehäviöön 12 metrin pituisella muoviputkella. Näistä tarkasteluista selviää myös suuruusluokka, kuinka ison ilmamäärän voi esimerkkikohteessa putkistoon laittaa, ettei painehäviö kasva liian suureksi.

[13.][15.]

5.4 Kerrostalokaksion lämmittäminen

Edellisissä esimerkeissä haettiin painehäviön kannalta ilman tilavuusvirralle optimisuuruutta. Tulokseksi saadaan, että ilmaa voi puhaltaa putkeen noin 100–200 m^3/h ennenkuin painehäviö kasvaa liian suureksi.

Seuraavassa esimerkissä haetaan sitä ilmamäärää, jonka yksi peruskokoinen 60 m^2 kerrostalon kaksio vaatii kuivuakseen tehokkaasti, jos ulkona on $-5 \text{ }^\circ\text{C}$. Tässä esimerkissä käytetään edelleen 100 mm viemäriputkea, jonka kautta huoneistoon tuodaan lämmintä ilmaa.

Asunnon pinta-ala $A = 60 \text{ m}^2$ ja tilavuus $V = 160 \text{ m}^3$

Lämpötila ulkona $T_u = -5 \text{ °C}$ ja suhteellinen kosteus $RH=87 \%$. Kuivatettavaan asuntoon puhalletaan ilmaa joka on $+40 \text{ °C}$ ja tavoitena on pitää asunnon suhteellinen kosteus RH noin 50% .

Asunnon rakenteiden pinta-alat ovat seuraavat:

- Ikkunat	9 m ²
- Ulkoseinät	34 m ²
- AP + YP	120m ²
- Huoneistoiden väliset seinät	40 m ²
- Porrashuoneen ovi	3 m ²
- Kuivatettava betonipinta yhteensä	194 m ²

Tarvittava ilmanvaihto arvioidaan sisällä olevan kosteuden tuoton perusteella. Kosteuden tuotto betonista on $3-9 \text{ g/m}^2$ tunnissa niin, että kuivumisen alussa kosteuden tuotto on suurempi ja lopussa pienempi. Kun kosteuden tuotoksi valitaan 8 g/m^2 tunnissa ja kuivatettavaa betonipintaa on 194 m^2 , on kosteuden kokonaistuotto kuivatuksen alussa $8*194=1552 \text{ g/h}$.

Kun ilman lämpötila on -5 °C on sen kosteuspitoisuus $3,33 \text{ g/m}^3$ ja kun lämpötila on $+40 \text{ °C}$ on sen kosteuspitoisuus $51,16 \text{ g/m}^3$. Sisä- ja ulkoilman kosteuspitoisuuksien ero on $0,5*51,16 - 0,87*3,33 = 22,68 \text{ g/m}^3$. Tämä tarkoittaa sitä, että kuivempi ulkoilma pystyy sitomaan itseensä sisällä olevaa rakennekosteutta $22,68 \text{ g/m}^3$.

Tarvittava ilmanvaihto saadaan jakamalla betonista tuleva kosteudentuotto sillä määrällä, jonka lämmitetty ilma pystyy ottamaan vastaan kosteutta.

$1552 \text{ g/h} / 22,68 \text{ g/m}^3 = 68,4 \text{ m}^3/\text{h}$. Tästä voidaan laskea, että tilavuudeltaan 160 m^3 tilan ilmanvaihdon määrä pitää olla noin $0,42$ ilmanvaihtoa tunnissa, että huoneistossa tapahtuisi tehokasta kuivumista.

Eli yhden tilavuudeltaan 160 m³ huoneen tehokkaaseen kuivumiseen tarvittava ilmamäärä on 68,4 m³/h. Esimerkkien perusteella viemäriputkeen voi puhaltaa vain noin 100-200 m³/h ilmaa ennen kuin painehäviö kasvaa liian suureksi. Jos kyseessä olisi vain yksi huoneisto jota lämmitetään tällä tavalla, niin ilmamäärä riittäisi hyvin, mutta jos tätä lämmitystapaa miettii kerrostalokohteeseen, jossa on yhden viemäriinjan kohdalla 4 saman kokoista asuntoa, tulee vastaan ongelmia. Tarvittava ilmamäärä kasvaa niin suureksi, että jo pelkästään painehäviön kannalta sitä ilmamäärää ei putkeen saada puhallettua.

Pitää myös muistaa, että nämä esimerkit olivat yksinkertaistettuja versioita oikeista olosuhteista. Oikeassa rakennuksessa viemärit eivät ole suoria, viemäripituudet ovat suurempia ja huoneistojen koot voivat olla suurempia. Tämä tarkoittaa sitä, että painehäviöt ja tarvittavat ilmamäärät ovat oikeassa tilanteessa suurempia.

[4 s. 55 ja 56.]

5.5 Lämmittämiseen tarvittavan tehon laskeminen

Tämän laskelman tavoitteena on selvittää, kuinka paljon tehoa edellisen esimerkin puhallin vaatii. Tämän selvittämiseksi pitää ensin selvittää huoneiston eri rakennusosien U-arvot, eli lämmönläpäisykertoimet. U-arvojen perusteella voidaan laskea yksittäisten rakennusosien ja tätä kautta koko huoneiston lämmönjohtumistehot.

Huoneistoa lämmitetään viemäriputken läpi samalla tavalla kuin viime esimerkissä ja rakenneosien pinta-alat ja huoneiston tilavuus pysyvät samoina. Ulkolämpötila on -5 °C ja puhallettavan ilman lämpötila huoneistoon on +40 °C. Lämpövuotojen seurauksena voidaan olettaa, että huoneistossa ei tule pysymään +40 °C lämpötila, joten tässä esimerkissä käytetään sisälämpötilan arvona +20 °C, joka talviolosuhteissa on kunnianhimoinen tavoitelämpötila.

Huoneiston rakennusosien lämmönläpäisykertoimet ovat:

- Ikkunat $U=1,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$

- Ulkoseinät $U=0,17 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$
- Alapohja ja yläpohja $U=0,09 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$
- Huoneistojen välinen seinä = Arvioidaan, että huoneistojen välinen seinä on tehty 100 mm betonista, joten Suomen Rakennusmääräyskokoelman C4 perusteella saadaan U-arvoksi $3,13 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$
- Porraskäytävään kulkeva ovi on tehty muovista. Sen U-arvo on $5,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$

Huoneiston rakennusosien johtumistehot lasketaan kaavalla

$$q_{jo} = \sum (U * A * (t_s - t_u))$$

Missä U = kunkin rakennusosan lämmönläpäisykerroin ($\text{W/m}^2 \cdot \text{°C}$)

A = kunkin rakennusosan pinta-ala (m^2)

T_s = lämpötila sisällä (°C)

T_u = lämpötila ulkona (°C)

Kaavaa käyttäen saadaan rakennusosille seuraavat johtumistehot

- Ikkunat 225 W
- Ulkoseinät 144,5 W
- AP, YP 162 W
- Huoneiston välinen seinä 1878 W
- Porraskäytävän ovi 261 W
- Johtumistehot ovat yhteensä 2670,5 W

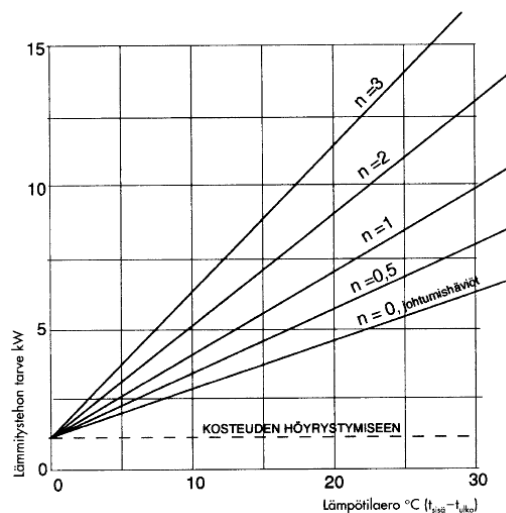
Rakentamisvaiheessa ei välttämättä ole vaippa vielä tiivis. Ikkunoiden tiivisteitä saattaa puuttua sekä esimerkiksi parvekkeen ovi saattaa olla suljettu väliaikaisesti esimerkiksi muovilla. Näiden takia voidaan olettaa, että ilmaa vuotaa ulkoa sisälle ja tämä vuoto lisää tarvittavan tehon määrää. Tässä esimerkissä oletetaan, että vuotoilman lämmittämiseen tarvitaan puhaltimelta 2,5 kW lisätehoa.

Kosteuden haihduttamiseen tarvittava energia on noin 0,68 kWh/kg vettä. Haihduttamiseen tarvittava teho on siis kosteuden tuoton ja haihduttamiseen tarvittavan energian tulo.

$$1,552 \text{ kg/h} * 0,68 \text{ kWh/kg} = 1,05 \text{ kW}$$

Lopullinen lämmitystehontarve on johtumiseen, ilmanvuotoihin ja haihduttamiseen kuluvan tehon summa eli $2,67 \text{ W} + 2,5 \text{ kW} + 1,05 \text{ kW} = 6,2 \text{ kW}$. Eli yhden 160 m^3 huoneiston lämmittämiseen talvella tarvitaan noin 6,2 kW teho.

[4 s. 55 ja 56][23.]

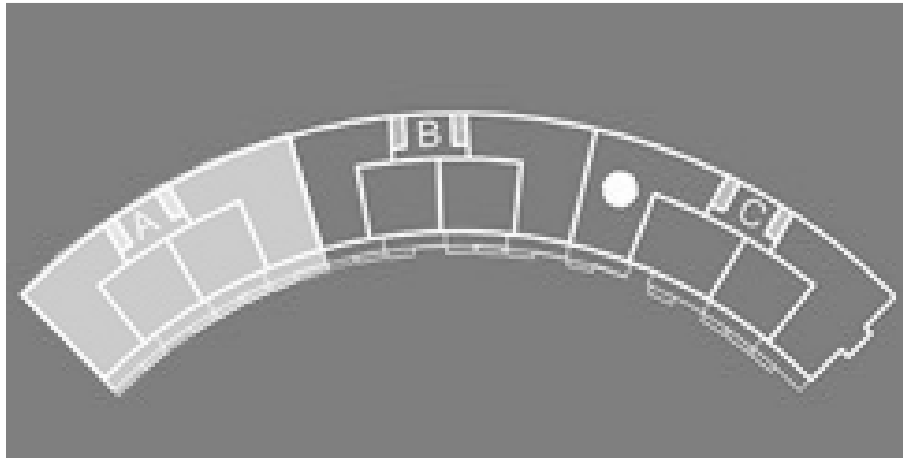


Kuva 5. Lämmitystehon tarpeen arviointi. Kuvasta nähdään eri lämmitystehon tarpeita kun 300 m^3 tilaa lämmitetään eri lämpötilaeroilla. [21.]

6 As Oy Helsingin Auringonkehä

6.1 Kohteen esittely

Esimerkkikohteenä tässä insinööriyössä on Vuosaarella Kauniinilmankuja 5-7 sijaitseva NCC:n työmaa. Rakennus on kuusikerroksinen kerrostalo, jossa asuntoja on 57 kappaletta. Talon muoto on kuvan 6 mukaisesti kaareva ja on jaettu kolmeen porrashuoneeseen.



Kuva 6. As Oy Helsingin Auringonkehä. [22.]

Tavoitteena esimerkkikohteen tarkastelussa oli selvittää yhden viemäriinlinjan osalta, kuinka suuren ilmamäärän yhden viemäriinlinjan asunnot vaativat kuivuakseen ja kuinka suuri painehäviö vaaditulla ilmamäärällä syntyy putkistoon. Koska yrityksellä ei ollut tarjota sopivaa esimerkkikohdetta talvikuukausien aikana, toteutetaan esimerkkikohde tässä insinööriyössä pelkästään teoreettisesti tarkastelemalla. Tarkasteluissa ei oteta kantaa sellaisiin käytännön yksityiskohtiin, esimerkiksi miten lämpöpuhallin kiinnitetään viemäriverkkoon tai miten ilmavirrat tasapainotetaan putkistossa, vaan keskitytään lähinnä todistamaan, että ilman puhaltamisen seurauksena painehäviö kasvaa viemäriputkistossa niin suureksi, että tämä lämmittämistapa ei ole toimiva tämän kokoisessa kerrostalokohteessa.

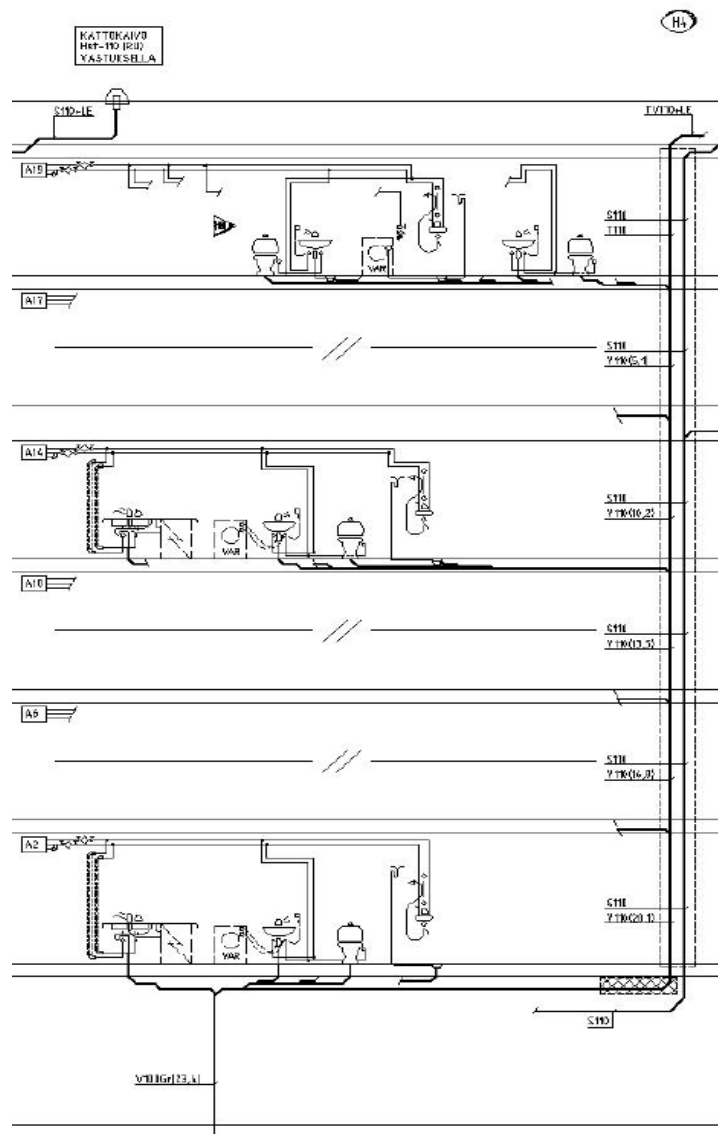


Kuva 7. As. Oy Helsingin Auringonkehä. Rappu A. [22.]

6.2 Tarkastelun vaiheet

Tarkastellaan rakennuksen yhtä viemäriinjaa H4, joka sijaitsee A-rapussa. Linjalla on kuusi asuntoa, mutta niistä vain viisi otetaan mukaan tarkasteluihin. Laskennat aloitetaan selvittämällä, kuinka paljon linjan asunnoissa on kuivatettavaa betonipintaa. Sen kautta saadaan selville, kuinka paljon yksi asunto vaatii ilmaa kuivuakseen. Tämän jälkeen määritellään ensin yksittäisen asunnon sisällä olevan viemäriputken painehäviö ja sen jälkeen lasketaan painehäviö koko linjalle.

Tarkastelu keskittyy lähinnä painehäviön laskemiseen, koska kuten edellisistä esimerkeistä huomattiin, on painehäviö tämän lämmittämistavan suurin kompastuskivi. Luvussa 5.1 on painehäviötarkastelu käyty perusteellisemmin läpi. Tämän takia en esimerkikohteen laskutoimituksissa käy enää jokaista laskutoimitusta erikseen läpi. Kuvassa 8 on esitetty kohteen viemäriinja H4 ja linjalla olevat asunnot.



Kuva 8. Viemärilinja H4

6.3 Olosuhteet

Laskennan aikana oletetaan, että ulkona on -5°C . Ilman kosteuspiitoisuus tuossa lämpötilassa on $3,33 \text{ g/m}^3$. Puhallettavan ilman lämpötilaksi arvioidaan $+40^{\circ}\text{C}$. Ilman kosteuspiitoisuus tuossa lämpötilassa on $51,16 \text{ g/m}^3$. Kuten luvun 5.4 esimerkissä,

myös tässä tapauksessa lämmitetty kuiva ulkoilma pystyy sitomaan itseensä 22,68 g/m³ kosteutta.

6.4 Asuntojen tarvitsema ilmamäärä

6.4.1 Asunnot A6, A10 ja A14

Asunnot A6, A10 ja A14 ovat kaikki pinta-alaltaan 57,5 m² kokoisia. Ne sijaitsevat rakennuksessa keskellä, joten ulkoseinäpinta-alaa asunnoilla on melko vähän.

Kuivatettavan betonipinnan pinta-alan sain selville kohteen piirustuksista.

- US	7 m ²
- VS	58 m ²
- AP, YP	118 m ²
- Kuivattavaa betonipintaa yhteensä	183 m ²

Kuten luvun 5.4 esimerkissä, arvioidaan betonin kosteuden tuotto olevan 8 g/m² tunnissa ja kun kuivatettavaa betonipintaa on 183 m², on kosteuden kokonaistuotto kuivatuksen alussa $8 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h} \cdot 183 \text{ m}^2 = 1464 \text{ g/h}$.

Tarvittava ilmanvaihto saadaan jakamalla betonista tuleva kosteudentuotto sillä määrällä, jonka lämmitetty ilma pystyy ottamaan vastaan kosteutta.

$1464 \text{ g/h} / 22,68 \text{ g/m}^3 \approx 65 \text{ m}^3/\text{h}$. Linjan H4 asunnot A6, A10 ja A14 tarvitsevat jokainen vähintään 65 m³/h ilmaa, että huoneistossa tapahtuisi tehokasta kuivumista.

6.4.2 Asunnot A17 ja A19

Asunnot A17 ja A19 ovat pinta-alaltaan liki saman kokoisia, noin 122 m². Ne sijaitsevat rakennuksen kahdessa ylimmässä kerroksessa ja ovat huomattavasti suurempia kuin

alemman kerroksen asunnot. Tästä johtuen, myös kuivatettavaa betonipinta-alaa on enemmän.

Kuivatettavan betonipinnan pinta-ala saatiin selville kohteen piirustuksista.

- US	27 m ²
- VS	55 m ²
- AP, YP	244 m ²
- Kuivattavaa betonipintaa yhteensä	326 m ²

Arvioidaan betonin kosteuden tuoton olevan 8 g/m² tunnissa. Kun kuivatettavaa betonipintaa on 326 m², on kosteuden kokonaistuotto kuivatuksen alussa 8 g/m²*h *326 m²=2608 g/h.

Tarvittava ilmanvaihto saadaan jakamalla betonista tuleva kosteudentuotto sillä määrällä, jonka lämmitetty ilma pystyy ottamaan vastaan kosteutta.

2608 g/h / 22,68 g/m³ ≈ 115 m³/h. Linjan H4 kaksi ylintä asuntoa A17 ja A19 tarvitsevat kumpikin vähintään 115 m³/h ilmaa, että huoneistossa tapahtuisi tehokasta kuivumista.

6.5 Asuntojen sisäiset painehäviöt

6.5.1 Asunnot A6, A10 ja A14

Asunnot A6, A10 ja A14 ovat keskenään pinta-alaltaan, tilavuudeltaan ja sijainniltaan yhtä suuria. Tämän johdosta riittää, kun tarkastellaan yhden asunnon sisäinen painehäviö, niin sama laskutoimitus pätee myös muissa samankokoisissa asunnoissa.

Oletetaan, että asunnossa on noin 6 m, sisähalkaisijaltaan 102 mm, viemäriputkea. Viemärin pystynousun suunnasta puhalletaan ilmaa 65 m³/h. Ilma pääsee poistumaan viemäriputkesta huoneeseen neljästä kohdasta.

Tilavuusvirta $q_v = 65 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow q_v = 65 \text{ m}^3/\text{h}$ eli $0,018 \text{ m}^3/\text{s}$

Keskimääräinen virtausnopeus putkessa $v = q_v/A = 0,018 \text{ m}^3/\text{s} / \pi * (0,051 \text{ m})^2 = 2,20 \text{ m/s}$

Reynoldsin luku $Re = d*v / \nu = 0,102 \text{ m} * 2,20 \text{ m/s} / 16*10^{-6} = 14\ 025$

$$\text{Kitkakerroin } \Lambda = 0,25 \left[\lg \left(\frac{k}{3,7} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2 = 0,0399$$

Painehäviö Δp :

$$\Delta p = \Lambda * L/d * \frac{1}{2} * \rho * v^2 = 0,0399 * 6 \text{ m} / 0,102 \text{ m} * \frac{1}{2} * 1,225 \text{ kg/m}^3 * (2,20 \text{ m/s})^2 = 6,96 \text{ Pa}$$

Painehäviö pituusyksikköä kohden $R = \Delta p/L = 1,16 \text{ Pa/m}$

Eli asuntojen A6, A10 ja A14 sisällä olevien putkien painehäviö on $6,96 \text{ Pa/huone}$.

6.5.2 Asunnot A17 ja A19

Asunnossa on 6 m , sisähalkaisijaltaan 102 mm , viemäriputkea. Viemärin pystynousun suunnasta puhalletaan ilmaa $115 \text{ m}^3/\text{h}$. Ilma pääsee poistumaan putkesta huoneeseen neljästä kohdasta.

Tilavuusvirta $q_v = 115 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow q_v = 115 \text{ m}^3/\text{h}$ eli $0,032 \text{ m}^3/\text{s}$

Keskimääräinen virtausnopeus putkessa $v = q_v/A = 0,032 \text{ m}^3/\text{s} / \pi * (0,051 \text{ m})^2 = 3,92 \text{ m/s}$

Reynoldsin luku $Re = Re = \frac{d*v}{\nu} = 0,102 \text{ m} * 3,92 \text{ m/s} / 16*10^{-6} = 24\ 990$

$$\text{Kitkakerroin } \Lambda = 0,25 \left[\lg \left(\frac{k}{3,7} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2 = 0,0378$$

Painehäviö Δp

$$\Delta p = \lambda * L/d * 1/2 * \rho * v^2 = 0,0378 * 6 \text{ m}/0,102 \text{ m} * 1/2 * 1,225 \text{ kg/m}^3 * (3,92 \text{ m/s})^2 = 20,92 \text{ Pa}$$

Painehäviö pituusyksikköä kohti $R = \Delta p/L = 3,48 \text{ Pa/m}$

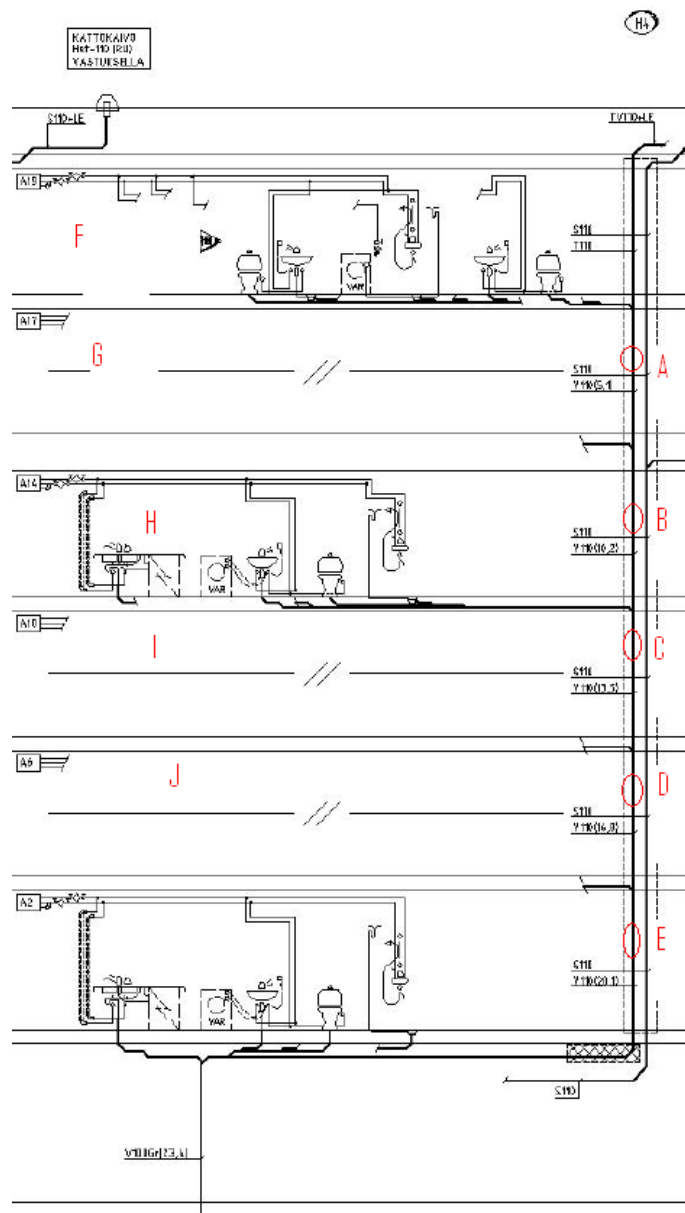
Eli asuntojen A17 ja A19 sisällä olevien putkien painehäviö on 20,92 Pa/huone.

6.6 Linjan H4 kokonaispainehäviö

Kokonaispainehäviön laskemiseksi pitää viemärin pystynousu jakaa viiteen osaan, jotka kaikki tarkastellaan erikseen. Kun jokaisen osan painehäviö on laskettu, voidaan siihen tulokseen lisätä asuntojen viemärien painehäviöt ja tätä kautta saadaan linjan kokonaispainehäviö laskettua.

Viemärin pystyosuudet jaetaan siis hallittaviin, noin kolmen metrin paloihin. Näitä paloja nimitetään A,B,C,D,E. Huoneiden sisäisiä putkiston osia nimitetään F,G,H,I,J. Kokonaispainehäviön laskentaan otetaan huoneiden sisäisistä painehäviöistä mukaan vain ylimmän kerroksen huoneen painehäviö.

Painehäviö kasvaa sitä suuremmaksi, mitä enemmän ilmaa putkessa liikkuu. Putken yläpäässä ilmavirran suuruuden pitää olla yhtä suuri kuin ylimmän kerroksen asunnon tarvitsema ilmamäärä. Toiseksi ylimmässä kerroksessa putkessa oleva tarvittava ilmamäärä on yhtä suuri kuin kahden ylimmän asunnon tarvitsema ilmamäärä. Tästä voidaan päätellä, että ilmamäärä ja sitä kautta myös painehäviö kasvaa, mitä lähempänä kellarin puhallinta ollaan.



Kuva 9. Viemärin pystynousun ja huoneiston nimitykset. Kuvassa oikealla ilmenee pystynousun osien nimitykset A-E ja vasemmalla on huoneistojen nimitykset F-J.

Laskutoimitusten jälkeen viemärin eri osuksille ja huoneistojen osuksille saadaan painehäviöille arvot. Taulukosta 1 nähdään, että painehäviö kasvaa sitä suuremmaksi, mitä suurempi ilmamäärä viemäristä yritetään puhaltaa läpi.

Taulukko 1. Viemärin eri osien painehäviöt

Pystynousun osa	Painehäviö	Tarvittava ilmamäärä	Huoneen sisäinen osa	painehäviö
A	10 Pa	115 m ³ /h	F	21 Pa
B	41 Pa	115+115 m ³ /h	G	21 Pa
C	66 Pa	230+65 m ³ /h	H	7 Pa
D	97 Pa	295+65 m ³ /h	I	7 Pa
E	134 Pa	360+65 m ³ /h	J	7 Pa
	Yht. 348 Pa	Yht. 425 m ³ /h		Yht. 63 Pa

Kokonaispainehäviö on osapainehäviöiden summa, eli 348 Pa + ylimmän huoneiston sisäinen painehäviö 21 Pa = 371 Pa

7 Tutkimustulokset

Esimerkkikohteen tarkasteluista saatiin painehäviön kannalta sellainen tulos, että voidaan sanoa, että tämä lämmittämistapa ei toimi. Putkistoon syntyvä painehäviö ja olemassa oleva puhallintekniikka tuovat yhdessä niin suuret rajoitukset lämmittämistavalle, että tämän mukainen lämmitystapa ei ole toimiva esimerkkikohteen kokoisessa kerrostalokohteessa.

Viemäriinjan H4 asunnot, joita on 5 kappaletta, tarvitsevat kuivuakseen lämmintä ilmaa 425 m³/h. Tällaisella ilmamäärällä putken painehäviö on noin 371 Pa. Kuten luvussa 4.3 selostettiin, olemassa oleva työmailla käytössä oleva puhallintekniikka ei pysty tuollaista painehäviötä hallitsemaan. Tästä saadaan lopputulokseksi, että tällainen lämmittämistapa ei toimisi oikeassa tapauksessa esimerkkikohteessa.

8 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tässä insinööriyössä lähdettiin tutkimaan ajatusta, voiko viemäristä käyttää hyödyksi rakentamisaikaisessa lämmittämisessä talvella. Tähän kysymykseen vastausta haettaessa, huomattiin, että putkiston painehäviö ja olemassa oleva puhallintekniikka tuovat tähän lämmittämistapaan tietyt raja-ehdot, joita tutkimalla saatiin selville, onko tämä toimiva lämmittämistapa.

Työn alussa selvitettiin lämmittämisen ja kuivattamisen tavoitteita, tapoja sekä ulkoilman lämpötilan ja kosteuden merkitystä lämmittämistavan valintaan. Käytiin myös läpi työmailla yleisesti käytössä olevia lämmittimiä.

Haastattelujen jälkeen selvisi, että painehäviö tulee olemaan tämän lämmittämistavan suurin ongelma. Lähdettiin kirjallisuuden avulla selvittämään, miten painehäviö syntyy ja miten se vaikuttaa esimerkiksi puhaltimen valintaan. Putkistoon puhallettavan ilman vaikutusta syntyvään painehäviöön tutkittiin useamman kuvitteellisen esimerkin avulla, joiden tavoitteena oli antaa suuruusluokaltaan oikea kuva, miten ilman nopeus putkessa ja putken pituus vaikuttaa painehäviöön. Tätä kautta saatiin suuruusluokaltaan melko pätevät raja-arvot, kuinka suuren ilmamäärän viemäriputkeen voi puhalttaa.

Kun suuruusluokka oli tiedossa, lähdettiin esimerkin avulla selvittämään, kuinka suuren ilmamäärän normaalikokoinen, pinta-alaltaan 60 m^2 kaksio vaatii, että asunnossa saataisiin betonista tuleva kosteudentuotto kuivattua. Tulokseksi saatiin, että 60 m^2 kaksio tarvitsee kuivuakseen tehokkaasti noin $70 \text{ m}^3/\text{h}$ lämmintä ilmaa.

Kun painehäviön ja ilmamäärän suuruusluokat olivat selvillä, aloitettiin tutkimaan esimerkkikohteena toimivan As Oy Helsingin Auringonkehän yhden linjan painehäviötä ja tarvittavaa ilmamäärää. Pohjana esimerkkikohteen tarkasteluille käytettiin luvun 5 esimerkkejä. Esimerkkikohteen tuloksista saatiin selville, että puhaltimelta tarvittava ilmamäärä siinä kohteessa on noin $425 \text{ m}^3/\text{h}$. Tällaisella ilmamäärällä putkiston alapäähän kohtaan E (kuva 9) muodostuu noin 371 Pa painehäviö. Jo pelkästään tästä laskutoimituksesta voidaan todeta, että muodostuva painehäviö on niin suuri, että työmailla yleisesti käytössä oleva puhallintekniikka ei pysty toimimaan näin suuren painehäviön kanssa.

Jos tätä lämmittämistapaa miettii esimerkkikohteessa koko taloon, tarkoittaa se sitä, että jokaiseen viemäriin tarvitaan oma puhallin, tai jos saadaan puhaltimelta tuleva ilmavirta helposti jaettua, niin yksi puhallin voi toimia kahdessa linjassa. Joka tapauksessa tarvittava puhaltimien määrä on suuri. Nämä puhaltimet pitäisi kaikki sijoittaa kellaritilaan tai alimpaan kerrokseen, jolloin puhaltimet ja asennettavat ilmaputket veisivät suuren osan kellarin pinta-alasta.

Toisaalta asiaa voidaan miettiä pelkästään puhallettavan ilman kannalta. Esimerkkikohteen viemärilinjan H4 asunnot tarvitsevat minimissään noin 425 m³/h ilmaa. Jos tuota ilmamäärää verrataan esimerkiksi vapaasti puhaltavaan 50 kW lämpöpuhaltimeen, joka puhaltaa vapaasti jopa 3200 m³/h, huomataan, että viemärin kautta huoneisiin saatava ilmamäärä on melko pieni.

Kysymykseksi nouseekin, saadaanko ilman tehokkaalla jakautumisella niin suuri hyöty, että kannattaa käyttää huomattavasti pienempiä ilmamääriä? Vaikka löytyisi sopiva puhallin, mikä pystyy tuon 425 m³/h puhaltamaan viemäriin, ei se pysty kilpailemaan vapaasti puhaltavien puhaltimien ilmamäärien kanssa.

Pitää muistaa, että laskuesimerkeissä oletettiin, että vaippa on melko tiivis ja raot ovat tukittuna. Jos yksikin ikkuna tai ovi on jäänyt tiivistämättä tai auki, nousee tarvittava ilmamäärä huomattavasti. Tämän takia esimerkkikohteessa tarvittava 425 m³/h on ehdoton minimi. Todellisuudessa huoneistot tarvitsevat lämmintä ilmaa enemmän, koska rakennuksen vaippa ei rakentamisvaiheessa ole täysin tiivis. Pitää myös muistaa, että laskuesimerkeissä ja esimerkkikohteen teoreettisessa tarkastelussa käytetty -5 °C:n ulkoilman lämpötila on melko lämmin lämpötila Suomen talviin.

9 Pohdinta

Tätä opinnäytetyötä tehdessäni, minulle oli jo melko varhaisessa vaiheessa selvää, että tämä lämmittämistapa ei tule toimimaan. Tähän mielipiteeseen pääsin jo luvun 5 esimerkkien perusteella. Kysymykseksi nousikin, että mitä pitäisi tehdä, että tämän lämmittämistavan saisi toimivaksi?

Yksi vaihtoehto on, että elpo-hormiin, missä viemäristö kulkee esimerkkikohteessa, tehtäisiin pelkästään tätä lämmittämistapaa varten esimerkiksi 315 mm ilmastointikanava. Tämä ilmastointikanava toimisi ilmansiirtokanavana lämmittämisen aikana ja jäisi pois käytöstä kun rakentamisaikaista lämmitystä ei enää tarvita. Suurimpana hyötynä tässä olisi se, että 315 mm ilmastointikanava olisi tarpeeksi iso tuomaan tarvittava ilmamäärä huoneistoihin. Jos kanava tehtäisiin pellistä, voisi kanavaan myös puhaltaa lämpimämpää ilmaa kuin muoviseen viemäriputkeen. Huonona puolena tässä ideassa on sen hinta. Ylimääräisen putken asentaminen maksaa jo itsessään melko paljon. Toisena taloudellisena haittana on se, että 315 mm

putki vie koteloineen noin 0,5 m/asunto pois myytävää huonealaa. Tämä tarkoittaa sitä, että jos on esimerkiksi kerrostalo, missä yksi $asm^2=4000$ e ja talossa on 30 asuntoa niin tämä tuo 60000 e taloudelliset menetykset. Tässä vaiheessa voin sanoa, että kukaan rakentaja ei pidä rakentamisaikaista lämmittämistä niin tärkeänä, että laittaisi 60000 e pelkästään siihen. Taloudelliset menetykset ovat siis suuremmat, kuin saatava hyöty.

Toinen vaihtoehto on, että viemäristö tehtäisiin suuremmalla putkikoolla. Hyötynä olisi tietenkin se, että astetta suuremmalla viemärikoolla tarvittava ilmamäärä saadaan puhallettua putkeen pienemmällä nopeudella. Tämä laskisi painehäviötä ja saattaisi auttaa löytämään puhaltimen, joka pystyisi hallitsemaan syntyvän painehäviön.

Kolmas vaihtoehto on, että viemärit tehtäisiin esimerkiksi valuraudasta, jolloin ne kestäisivät suurempaa ilman lämpötilaa. Tämän hyötynä olisi se, että kun käytetään suurempia ilman lämpötiloja, puhallettavan ilman määrä laskee ja samalla painehäviö pienenee. Suurimmaksi haitaksi muodostuu taas kerran raha. Valurautaputki on niin paljon kalliimpaa kuin muoviputki, että se ei yksinkertaisesti kannata.

Lopputulokseksi sain, että esimerkkikohteen kokoisessa kohteessa tämä lämmittämistapa ei tule toimimaan. Lämmitettävän betonipinnan pinta-ala kasvaa huoneiden lukumäärän mukana ja tätä kautta kasvaa myös tarvittava ilmamäärä ja putkiston painehäviö. Jos kerroksia olisi vähemmän, esimerkiksi 3, tämä lämmittämistapa voisi olla mahdollinen toteuttaa. Olisiko se siltikään kannattavaa? Karu totuus on se, että 110 mm viemäriputki on melko pieni. Vaikka lämmitettävien asuntojen määrä putoaisi viidestä asunnosta kolmeen, on putkesta läpi puhallettava ilmamäärä silti niin pieni, että vapaasti puhaltava isomman ilmamäärän omaava puhallin silti on tehokkaampi ratkaisu hoitaa rakentamisaikainen lämmittäminen.

Lähteet

- 1) Ilmatieteenlaitos, <http://ilmatieteenlaitos.fi/lamopotila-ja-kosteus#15>, luettu 1.4.2012.
- 2) NCC:n kotisivut, www.ncc.fi, luettu 2.2.2012.
- 3) Ratu-kortti, 07-3032. Rakenteiden lämmitys ja kuivatus
- 4) Björkholz, Dick. 1990. Rakennusten kuivattaminen. Tampere: Tammer-Paino Oy.
- 5) Gles-yhtiön kotisivut, http://www.gles.fi/pdf/GLES_kuivausohje.pdf, luettu 15.3.2012
- 6) Merikallio, Tarja. 1998. Kosteuden hallinta työmaalla. Forssa: Forssan Kirjapaino Oy.
- 7) Sisäilmayhdistyksen kotisivut, http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/kunnossapito_ ja_korjaaminen/purku__kuivaus_ ja_puhdistus/rakenteiden_kuivaus/, luettu 29.3.2012.
- 8) Haastattelu vastaava työnjohtaja Jarno Kallinen 25.1.2012 / NCC Rakennus Oy
- 9) Ramirentin tuotekuvasto, <http://ramirent.edita.fi/fi/tuoteluettelo/taso/338>, luettu 20.3.2012.
- 10) Ratu-kortti, 07-2-01, 07-2-02, 07-2-05. Rakennuskuivaajat, kiertoilmalämmittimet, ilmankuivaajat
- 11) Ramirentin tuotekuvasto, <http://ramirent.edita.fi/fi/tuoteluettelo/tuote/334>, luettu 20.3.2012
- 12) Haastattelu työnjohtaja Jani Sandholm 24.1.2012 / NCC Rakennus Oy
- 13) Seppänen, Olli.1996. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Helsinki: Kirjapaino Kiitorata Oy.
- 14) Halminen, Esa; Kuvaja, Osmo; Köttö, Reijo. 1994. Ilmastointitekniikka. Helsinki: Rakennusalan kustantajat RAK ja Kustantajat Sarmala Oy.

- 15) Seppänen, Olli. 2001. Rakennusten lämmitys. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.
- 16) Haastattelu talotekniikkapäällikkö Hannu Järvelä 29.3.2012 / NCC Rakennus Oy
- 17) Ramirentin tuotekuvasto,
http://ramirent.edita.fi/download/image/4150/4149_multimedia.jpg, luettu 21.3.2012.
- 18) Ramirentin tuotekuvasto,
http://ramirent.edita.fi/download/image/3932/3931_multimedia.jpg, luettu 21.3.2012.
- 19) Metropolian wikipedia,
<http://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/4.+Putkivirtaus>, luettu 19.2.2012.
- 20) Onninen Oy:n kotisivut,
http://www.onninen.com/SiteCollectionDocuments/Finland%20Documents/Tuotteet/Online%20ja%20OPAL/Online%20tuotteet/Ilma/uudet_esitteet/Duct_fan_LPK.pdf
- 21) Ratu-kortti, 07-3032. Rakenteiden lämmitys ja kuivaus
- 22) NCC:n kotisivut,
http://www.ncc.fi/asunnot/paakaupunkiseutu/helsinki/aurionkeha/fi_FI/iframe/, luettu 25.3.2012
- 23) Suomen rakennusmääräyskokoelma C3. 2010. Rakennusten lämmöneristys.
- 24) Rudus Oy:n kotisivut, <http://www.rudus.fi/tuotteet/elpohormi>, luettu 3.4.2012.