



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Joel Seppälä

Korkean asuinrakentamisen vaikutus talotekniikan kustannuksiin

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

5.2.2019

Tekijä Otsikko	Joel Seppälä Korkean asuinrakentamisen vaikutus talotekniikan kustannuksiin
Sivumäärä Aika	32 sivua 5.2.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-urakointi
Ohjaajat	lehtori Hanna Sulamäki hankekehityspäällikkö Heikki Laakso
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli vertailla korkealle rakentamiselle ominaisten järjestelmien kustannusvaikutusta tavanomaisen uudisasuinkohteen urakkakustannuksiin ja -tunteihin. Vertailussa vertailtiin neljää eri taloteknistä järjestelmää, jotka olivat savunpoisto, paineenkorotusasemat, ilmanvaihtokoneet ja palokunnan kuivanousu.</p> <p>Opinnäytetyössä käytettiin vertailukohteen tavanomaista asuinkerrostalokohdetta ja tämän kohteen kustannuksia verrattiin kolmeen eri korkeaan asuinkerrostalokohteeseen. Nämä vertailukohteet on valittu yrityksen laskemista hankkeista ja kohteita on tarjottu kuluneiden viiden vuoden aikana.</p> <p>Vertailukohteen valitsemisessa pyrittiin valitsemaan siten, että sen keskineliöpinta-ala on mahdollisimman lähellä vertailussa mukana olevien korkeiden rakennusten keskipinta-alaa ja neliöhinta vastaa tavanomaisen kohteen neliöhintaa. Vertailukohteen valinnassa pyrin myös valitsemaan kohteen, joka olisi talotekniikaltaan vastaavanlainen kuin korkeat vertailukohteet</p> <p>Tämän kustannusvertailulaskennan tulosten saamiseksi täytyi selvittää vertailukohteiden putki- ja ilmanvaihtourakoiden massat ja tunnit. Massojen avulla saimme selville kohteiden urakkakustannukset. Kustannusvertailulaskennat suoritettiin itsetehdyllä excelpohjaisella laskurilla.</p> <p>Teoriaosiossa kävin läpi korkean rakentamisen määritelmää ja määräyksiä sekä neljän taloteknisen järjestelmän ominaisuuksia ja määräyksiä yksityiskohtaisesti.</p> <p>Opinnäytetyön perusteella voidaan todeta, että korkean rakentamisen kustannusvaikutukset näkyvät vasta tietyn kerrosmäärän jälkeen. Opinnäytetyötä voidaan hyödyntää saamaan viitteellisiä arvoja korkean rakentamisen kustannuksista, mutta tällä laajuudella totuus ei ole aivan absoluuttinen. Opinnäytetyötä voidaan hyödyntää myöhemmin, jos halutaan laajentaa kustannusvertailua pidemmälle ja tarkemmaksi.</p>	
Avainsanat	korkea rakentaminen, korkeat asuinkerrostalot, kustannusvaikutus, kustannusvertailu

Author Title	Joel Seppälä The cost of HVAC in High-rise Construction
Number of Pages Date	32 pages 5 February 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Contracting
Instructors	Hanna Sulamäki, Senior Lecturer Heikki Laakso, Project Development Manager
<p>This Bachelor's thesis aimed to study the effect of high-rise construction on the cost of HVAC systems. Furthermore, the final year project aimed to study four different HVAC systems. The purpose of the study was to find out how high-rise construction affects the HVAC contract price and the hours of a HVAC contract.</p> <p>The material used in the final year project were precalculated HVAC quantities and hours of three high-rise residential buildings. Cost comparison calculations were calculated in a self-made calculator with the aid of the precalculated figures.</p> <p>The results of the final year project show that the effect of high-rise construction is visible only after a certain number of storeys. The results of the calculations are approximate, and any errors in the calculation of quantities can affect the results significantly. The Bachelor's thesis offers an approximate insight into the cost effect of high-rise construction. Moreover, the thesis can be used as an accurate basis if these is a wish to extend this subject.</p>	
Keywords	high-rise, high-rise residential buildings, cost effect, cost comparison

Sisällys

Käsitteet ja lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Korkean rakentamisen määritelmä	1
3	Rakennuskohteiden vaativuusluokat ja vastaavan työjohdon vaatimukset	2
4	Kustannusvertailun pohjana käytettävät kohteet	4
4.1	Kohde A	4
4.2	Kohde B	4
4.3	Kohde C	5
4.4	Tavanomainen vertailukohde	5
5	Vertailun kohteena olevat LVI-järjestelmät	5
5.1	IV-koneet ja ilmanvaihdon toteutustavat	5
5.1.1	Hajautettu ilmanvaihto	6
5.1.2	Keskitetty ilmanvaihto	7
5.1.3	Lohkokohtainen ilmanvaihto	8
5.2	Paineenkorotusasema	8
5.2.1	Paineenkorotusaseman käyttötarkoitus	8
5.2.2	Paineen korotus ja alennus	9
5.3	Palokunnan sammutusveden nousujohto	10
5.3.1	Palokunnan sammutusvesijohdon asentamisen lähtökohdat	10
5.3.2	Kuivanousun määräykset	10
5.4	Savunpoisto	12
5.4.1	Savunpoiston määräyksiä	12
5.4.2	Savunpoiston ohjeita	13
6	Kustannuslaskennat ja vertailut	15
6.1	Kustannuslaskenta	15
6.2	Kustannusvertailulaskennan menetelmät	17
6.3	IV- ja PU-urakkakustannusten ja tuntien vertailu	18
6.4	Savunpoiston kustannusvaikutus	20
6.5	Ilmanvaihtokoneiden kustannusten ja tuntien vertailu	21
6.6	Paineenkorotuksen kustannusvaikutus	24
6.7	Palokunnan kuiva- ja märkänousun kustannusvaikutus	26

7 Yhteenveto ja johtopäätökset

28

Lähteet

30

Käsitteet ja lyhenteet

Ali- ja ylipaineella tarkoitetaan erotusta ympäröivän ilmakehän paineeseen. Alipaine tarkoittaa matalampaa painetta verrattuna ympäristöön, ylipaine puolestaan korkeampaa painetta.

Keskipinta-ala saadaan, kun jaetaan kohteen huoneistolukumäärä yhteenlasketulla huoneistopinta-alalla

Massoilla tarkoitetaan IV- tai PU-yhteenlaskettuja materiaalmääriä, joita yleisesti ottaen kutsutaan massoiksi. Näiden materiaalien keräystä puolestaan taas kutsutaan massoittamiseksi tai massalaskennaksi

Normitunnilla tarkoitetaan LVI-työehtosopimuksessa määriteltä aikaa, joka on määriteltä lähes jokaiselle asennus- tai kytkentätyölle. Normitunteja käytetään, kun lasketaan urakoita. Vuonna 2019 normituntikerroin on 16,40 €/tunti

Paineenalennusventtiilin tehtävänä on nimensä mukaisesti alentaa haitallista ylipainetta vesijohdoissa ennalta asetettuun paineeseen.

Palokunnan kuivanousulla tarkoitetaan putkistoa, joka on kiinteästi asennettu kohteeseen ja palokunta pystyy kyseisen putkiston täyttämään tarvittaessa vedellä tulipalon sattuessa.

Palokunnan märkänousulla tarkoitetaan putkistoa, joka on kiinteästi asennettu kohteeseen ja on valmiiksi täytetty vedellä käyttäen kiinteistön vesilaitteistoja.

Rissa on insinöörin työkalu, jota käytetään massalaskennassa apuna laskettaessa putki- ja kanavametrejä. Tämä työkalu on paljon nopeakäyttöisempi kuin paljon käytetty suhdeviivain. Työkalun oikea nimi on digitaalinen karttamittari, mutta se tunnetaan usein nimellä rissa.

Savupiippuilmiö aiheutuu, kun huoneilma lämpenee ja sen tiheys pienenee. Näin ollen lämmennyt, kevyt ilma pyrkii nousemaan ylöspäin. Siitä johtuen rakennuksen yläosaan syntyy ylipainetta ja rakennuksen alaosaan alipainetta. Tästä aiheutuu lämmityskaudella kostean ja lämpimän ilman pyrkiminen ulos yläpohjan ja seinien läpi ja vastaavasti kylmän ilman pyrkiminen sisään huoneen alaosien läpi.

Skaalaedulla tarkoitetaan, että pystytään tuottamaan jotakin tuotetta suurella tuotantomäärällä, jolloin sen yksikkökustannus on alhaisempi. Jos tuote puolestaan joudutaan tuottamaan yhtenä ainoana kappaleena, yksikkökustannus on huomattavasti suurempi

Työjohdolla tarkoitetaan vesijohtoa, jota käytetään sammutusveden siirtämiseen vedensyöttöliitimen ja paloauton pumpun välillä maantasossa.

Vakiopaineventtiin avulla saadaan vesijohtoverkoston paineen yläraja vakioksi. Tämä suojaa verkostoa paineiskuilta, alentaa veden- ja energiankulutusta sekä virtaamasta johtuvia ääniongelmia.

Vedenottoliitin on liitin, josta palokunta saa otettua sammutusveden ulos nousujohtosta työjohtoonsa.

Vedensyöttöliitimellä tarkoitetaan liitintä, jonka kautta palokunta syöttää sammutusvettä nousujohtoon.

Vesijohto on yleisesti ottaen nimitys vesiputkelle tai -letkulle

AMK	ammattikorkeakoulu
DN	putken nimellinen halkaisija
IV	ilmanvaihto
kPa	kilopascal
LVI	lämpö, vesi ja ilma
m²	neliömetri
mm	millimetri
OKT	omakotitalo

PKSrava	pääkaupunkiseudun rakennusvalvonta
PT	paritalo
PU	putkiurakka, joka sisältää lämmityksen, käyttöveden ja viemärit
RT	rivitalo
TES	työehtosopimus

1 Johdanto

Korkea rakentaminen näyttää kasvavan Suomessa pikkuhiljaa. Suurin syy korkean rakentamisen kasvuun on tarve tiivistää kaupunkirakennetta. [4] Kaupunkirakenteen tiivistys puolestaan johtuu ilmastokeskusteluun liittyvistä syistä [19]. Taloudellisempi maankäyttö, kasvavat asukasmäärät, ja rakennusten oma identiteetti, joilla halutaan erottua muista kaupungeista, ovat myös syitä korkean rakentamisen kasvuun [5].

Opinnäytetyön tavoitteena on tutustua korkealle rakentamiselle ominaisiin järjestelmiin ja vertailla niiden kustannusvaikutusta tavanomaiseen asuinrakentamiseen nähden. Opinnäytetyötäni yrityksen puolelta ohjasi hankekehityspäällikkö Heikki Laakso. Vastaavasti koulun puolelta ohjaajanani oli lehtori Hanna Sulamäki

Aiheen työhön sain Caverion Suomi Oy:ltä, ja työ suoritettiin Caverion Suomi Oy:n Asunnot-yksikölle, jossa olen työskennellyt kaikki harjoitusjaksoni kesätöiden merkeissä. Lisäksi olen kesätöiden jälkeen päässyt työskentelemään osa-aikatyöläisenä opiskelujen ohessa Caverion Suomi Oy:ssä. Yrityksessä olen toiminut projektinhoitajaharjoittelijana putkipuolella.

Caverion suunnittelee, toteuttaa, huoltaa ja ylläpitää käyttäjäystävällisiä ja energiatehokkaita teknisiä ratkaisuja kiinteistöille, teollisuudelle ja infrastruktuurille Pohjois-, Keski- ja Itä-Euroopassa. Caverionin liikevaihto oli vuonna 2017 noin 2,3 miljardia euroa. Caverionin liiketoimintayksiköt jakautuu projekteihin ja palveluihin. 12 toimintamaassa on noin 16 000 työntekijää, ja Caverionin pääkonttori sijaitsee Helsingin Käpylässä. [3]

2 Korkean rakentamisen määritelmä

Korkeaksi rakennukseksi voidaan määritellä sellainen rakennus, joka poikkeaa selkeästi muista ympäröivistä rakennuksista korkeudellaan ja on nähtävissä selkeästi kauas. Käytännössä tämänkaltainen korkea rakennus on yli 16 kerrosta. [5] Tässä opinnäytetyössä korkean rakennuksen määritelmänä käytetään rakennusta, joka on korkeudeltaan 16 kerrosta tai enemmän. Jokainen kohde täyttää myös tornitalon määritelmän. Tornitalon määritelmässä rakennus on vähintään 35 metriä ja maksimissaan 100 met-

riä korkea. Jos korkeutta ei ole tiedossa tai määriteltävissä, voidaan tornitaloksi laskea 12–39-kerroksinen rakennus. [6]

3 Rakennuskohteiden vaativuusluokat ja vastaavan työjohdon vaatimukset

Ympäristöministeriön määräysten mukaan, rakennuskohteiden vaativuusluokat jaetaan neljään eri osaan:

- vähäinen
- tavanomainen
- vaativa
- poikkeuksellisen vaativa.

Korkeat rakennukset kuuluvat aina vähintään luokkaan vaativa. Yli 17-kerroksiset kerrostalot, ostoskeskusten päälle tulevat kerrostalot tai muuten poikkeavan rakenteen omaavat asuinkerrostalot kuuluvat luokkaan poikkeuksellisen vaativa.

Poikkeuksellisen vaativat kohteet tuottavat ongelmia yritykselle vastaavan työjohdon osalta, kun tutkinnon täytyy olla vähintään AMK-pohjainen ja työkokemusta täytyy olla yli kuusi vuotta valmistumisen jälkeen. Vanhemmat työnjohtajat ovat usein suorittaneet vain teknikon tutkinnon.

Vaativan luokan omaaviin kohteisiin riittää teknikon tutkinto tai vastaava kuuden vuoden työkokemuksen lisäksi. Opiskeluajan työkokemuksesta voidaan hyväksilukea 50 % vaativan luokan kohteissa. [8]

On olemassa lisäksi tavanomainen+ lisäluokka. Kyseinen luokka ei ole virallinen luokka, ja se on ainoastaan pääkaupunkiseudun rakennusvalvonnalla käytössä. [22]

Taulukko 1. Pksravan taulukko rakennusten vaativuusluokista ja vastaavan työnjohtajan vaatimuksista [22]

www.pksrava.fi		Tunniste : 122 e 02	30.12.2015
Vaativuusluokka	KVV-TYÖNJOHTAJAN KELPOISUUSVAATIMUKSET Koulutus + kokemus (1)(2)	KVV -TYÖNJOHTOTEHTÄVÄN VAATIVUUS Esimerkkikohteita	
Vähäinen	Maanrakennustöiden työnjohtaja Vastaava työnjohtaja Riittävä osaaminen, tuntee määräykset	Ulkopuoliset kvv-työt; kaivot, erottimet ja pumppaamot	
Tavanomainen	Muuten osoitetut vastaavat tiedot Ammattikoulu tai työssäoppinut asentaja + työkokemusta 6v	OKT, PT, RT sekä vakiintunein asennusratkaisu; pienet liikerakennukset ja hallit	
	Tavanomainen + Lvi-työtekniikko + työkokemusta 6 vuotta, 50 op. EAT + työkokemusta 6 vuotta, 50 op.	Tavanomainen + Kerrostalo enintään 8 krs. Vakiintunein asennusratkaisu; liike-, toimisto-, opetus-, teollisuusrakennukset ja hallit	
Vaativa	Teknikko, Lvi-tekniikko, Lvi-rak.mestari (AMK) + työkokemusta 3 vuotta, 60 op.	Kerrostalot enintään 16 krs. Liike-, toimisto-, opetus-, teollisuusrakennukset ja päiväkodit sekä suuret hallit Vaativat ulkopuoliset kvv-työt	
Poikkeuksellisen vaativa	Lvi-rak.mestari (AMK), Ins., Ins.(AMK/YAMK), DI + työkokemusta 6 vuotta, 70 op.	Kerrostalot 17 krs.=> Kauppakeskukset, suuret koulut, terveysasemat ja sairaalat	
Vaativuusluokka	IV-TYÖNJOHTAJAN KELPOISUUSVAATIMUKSET Koulutus + kokemus (1)(2)	IV -TYÖNJOHTOTEHTÄVÄN VAATIVUUS Esimerkkikohteita	
Vähäinen	IV-asentaja, Vastaava työnjohtaja Riittävä osaaminen, tuntee määräykset	Yksinkertainen painovoimainen IV venttiilit seinässä. Pieni AT / varasto enintään 25 m2	
Tavanomainen	Muuten osoitetut vastaavat tiedot Ammattikoulu tai työssäoppinut asentaja + työkokemusta 6v	Koneellinen ilmanvaihto OKT, PT, RT sekä vakiintunein asennusratkaisu; pienet liikerakennukset ja hallit	
	Tavanomainen + Lvi-työtekniikko + työkokemusta 6 vuotta, 50 op. EAT + työkokemusta 6 vuotta, 50 op.	Tavanomainen + Kerrostalo enintään 8 krs. Vakiintunein asennusratkaisu; liike-, toimisto-, opetus-, teollisuusrakennukset ja hallit	
Vaativa	Teknikko, Lvi-tekniikko, Lvi-rak.mestari (AMK) + työkokemusta 6 vuotta, 60 op.	Kerrostalot enintään 16 krs. Liike-, toimisto-, opetus-, teollisuusrakennukset ja päiväkodit sekä suuret hallit	
Poikkeuksellisen vaativa	Lvi-rak.mestari (AMK), Ins., Ins.(AMK/YAMK), DI + työkokemusta 6 vuotta, 70 op.	Kerrostalot 17 krs.=> Kauppakeskukset, suuret koulut, terveysasemat ja sairaalat	

tukevia ohjeita, joista voidaan perustellusta syystä poiketa.

(1) Vähimmäiskoulutusvaatimus.

(2) yli 50 %:a kokemuksesta on hankittu tutkinnon suorittamisen jälkeen (poikkeuksellisen vaativissa työnjohtotehtävissä 100 %). Ennen tutkinnon suorittamista hankittuna kokemuksena voidaan ottaa huomioon

Taulukon 1 työnjohtotehtävien vaativuusluokista ja työnjohtajan kelpoisuuksista on säädetty maankäyttö- ja rakennuslaissa 122 c §. Tämän lisäksi ympäristöministeriö on määrittänyt ohjeet YM4/601/2015 työnjohtajan kelpoisuutta ja työnjohtotehtävien vaativuusluokkia koskien. Taulukossa on tekstiä kolmella eri värillä, ja näiden tarkoitukset ovat,

- Musta teksti = maanrakennuslain säädännöt
- Sininen teksti = ympäristöministeriön ohje
- Vihreä teksti = rakennusvalvonnan tulkinta.

Taulukon säädännöt ovat velvoittavia, mutta ympäristöministeriön ohjeet ja rakennusvalvonnan tulkinnat ovat yhteistä tulkintaa tukevia ohjeita ja näistä voidaan poiketa vain perustellusta syystä. [22]

4 Kustannusvertailun pohjana käytettävät kohteet

4.1 Kohde A

Kohde A on yli 20-kerroksinen kohde. Kohteessa A on asuinhuoneistoja 188, ja asuinhuoneistojen yhteispinta-ala on 11 443 m². Kohteessa A on hajautettu ilmanvaihto, joka on toteutettu huoneistokohtaisten ilmanvaihtokoneiden avulla. Savunpoisto on toteutettu savunhallintapeltien ja savunpoistopuhaltimien avulla. Erillisiä savunpoistokanavia ei ole. Kohteessa on myös rappukäytävillä sprinklerijärjestelmä käytössä, joka tulee vaikuttamaan laskentatuloksiin savunpoiston ja kuivanousun kohdalla. Kuitenkaan itse sprinklerijärjestelmää ei ole laskettu tässä työssä. [11]

4.2 Kohde B

Kohde B on 16-kerroksinen kohde, jossa on 126 asuinhuoneistoa. Asuinhuoneistojen yhteispinta-ala on 5 782 m². Kohteessa B ilmanvaihto on toteutettu keskitetysti ja ilmanvaihtokone sijaitsee vesikatolla IV-konehuoneessa. Lisäksi kohteeseen B on asennettu erillinen paineenkorotusasema palokunnan kuivanousua varten. [12]

Savunpoisto on koneellinen kohteen kerroskäytävillä, muissa tiloissa painovoimainen. Kerroskäytävien savunpoistoa ohjataan kustakin kerroksesta savunhallintapeltien ja savunpoistopuhaltimen avulla. Korvausilma saadaan porrashuoneen ovesta. [20]

4.3 Kohde C

Kohteessa C on 286 asuntoa ja yhteensä huoneistopinta-alaa on 16 238 m². Kohteessa on yli 30 asuinkerrosta. Ilmanvaihto kohteessa on toteutettu lohkokohtaisesti. Jokaisessa kerroksessa on oma IV-kone kerrosauloja varten. Asuntojen osalta IV-koneiden vaikutusalueet on jaettu yhden tai kahden kerroksen kokoiisiin lohkoihin. Savunpoisto on toteutettu koneellisesti, savunpoistopeltien avulla. Korvausilma tuodaan kerrokseen myös koneellisesti. Lisäksi kohteessa on palokunnan märkänousu, kun muissa kohteissa palovesilinjat on toteutettu kuivanousuna. [13]

4.4 Tavanomainen vertailukohde

Vertailen korkean rakentamisen vaikutusta edellä mainituissa kolmessa kohteessa kyseiseen tavanomaiseen kohteeseen. Tämä tavanomainen kohde on valittu yrityksen lasketuista hankkeista, jotka ovat noin viiden vuoden sisään tarjottuja.

Vertailukohde valittiin siten, että sen keskineliöpinta-ala on mahdollisimman lähellä vertailussa mukana olevien korkeiden rakennusten keskipinta-alaa ja neliöhinta vastaa tavanomaisen kohteen neliöhintaa. Lisäksi pyrin valitsemaan kohteen, joka olisi suurin piirtein talotekniikaltaan vastaavanlainen kuin vertailussa käytettävät korkeat rakennukset pois lukien korkeaan rakentamiseen liittyvät järjestelmät. Näin ollen saan laskennassani keskiarvoja vastaavia arvoja. Täysin vastaavanlaista kohdetta ei ole, mutta valitsin kohteeksi parhaiten valintakriteereitä täyttävän kohteen.

Tavanomaiseksi vertailukohteeksi valitsin laskemamme uudiskerrosasuintalokohteen. Kohteessa huoneistopinta-ala on 3 238 m², keskipinta-ala noin 60 m², huoneistojen lukumäärä on 54 ja kerroksia on kuusi. [14]

5 Vertailun kohteena olevat LVI-järjestelmät

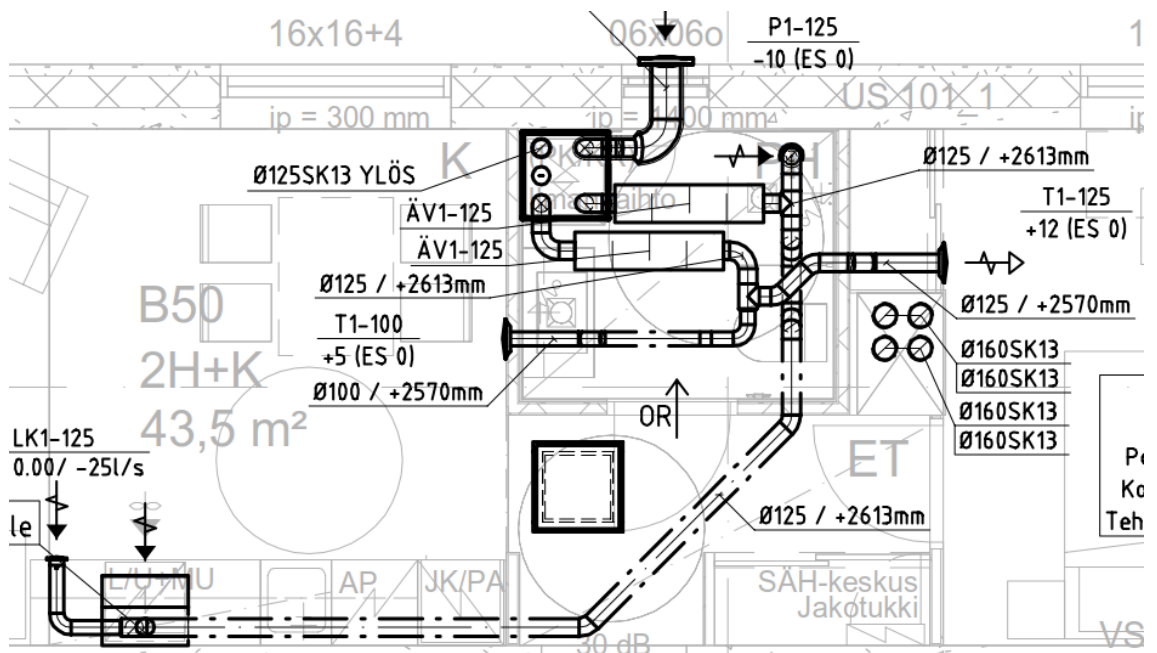
5.1 IV-koneet ja ilmanvaihdon toteutustavat

Työssä vertailukohteina käytetyistä kohteista, jokaisessa ilmanvaihto on toteutettu eri tavalla. Kustannusvertailu on tehty vain ilmanvaihtokoneiden osalta, kohteiden kanavis-

tot varusteineen, päätelaitteineen ja eristyksineen on jätetty vertailun ulkopuolelle. Lähötötietoaineistosta ei ollut luotettavasti eroteltavissa asuntojen ja huoneistojen ilmanvaihtokanavistojen massoja, jonka vuoksi ne ovat päätetty rajata pois laskennasta.

5.1.1 Hajautettu ilmanvaihto

Hajautettu ilmanvaihto saadaan toteutettua huoneisto- tai tilakohtaisilla ilmanvaihtokoneilla, jossa kyseisen ilmanvaihtokoneen vaikutusalue on se alue, jossa kyseinen kone sijaitsee esimerkiksi asunto. Tavanomaisessa vertailukohteessa sekä kohteessa A ilmanvaihto on toteutettu huoneistokohtaisten ilmanvaihtokoneiden avulla. [Kuva 1.]



Kuva 1. Hajautetun ilmanvaihtoratkaisun toteutustapa huoneistokohtaisella koneella. Kuvassa on esitetty kohteen A ilmanvaihtoratkaisu. [11]

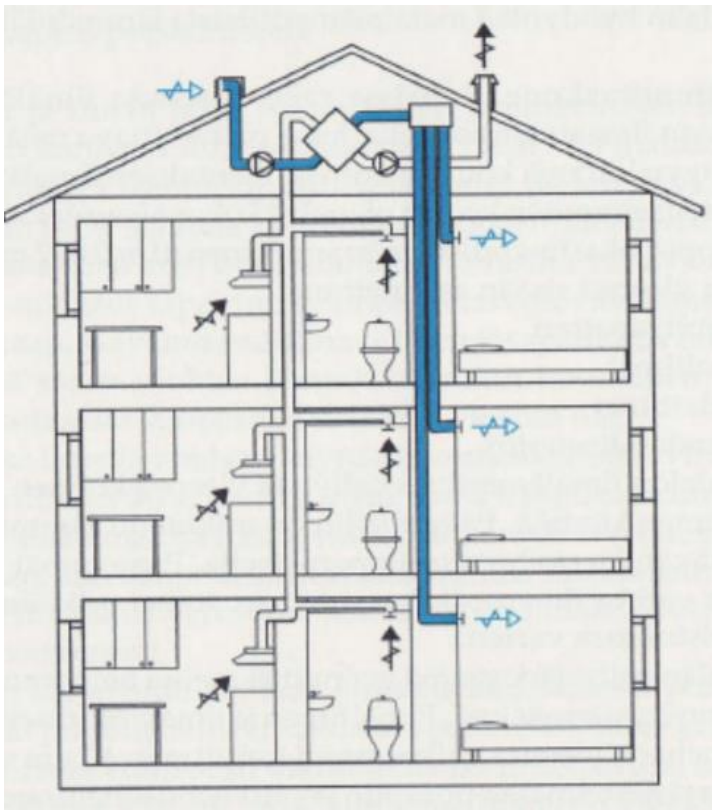
Tehtaalta tullessaan huoneistokohtaiset ilmanvaihtokoneet ovat täysin toimintavalmiita sisältäen prosessia ohjaavan automaation. Ne voidaan kuitenkin liittää osaksi koko kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmää, jolloin niiden toimintaa voidaan ohjata ja valvoa myös huoneiston ulkopuolelta. [2]

Hajautetun ilmanvaihdon avulla saadaan jokaiselle huoneistolle juuri sellainen ilmanvaihto kuin halutaan, ja ulkolämpötilan muutokset eivät vaikuta huoneistokohtaiseen

ilmanvaihtoon, toisin kuin keskitetyssä ilmanvaihdossa. Ulkolämpötilan muutokset aiheuttavat painetasojen vaihteluja eli mahdollisen savupiippuilmion. Kun asuntojen välillä ei ole kanavayhteyksiä, kanavistoissa ei voi syntyä haitallista savupiippuilmiota. Äänet, hajut ja savukaasut eivät myöskään pysty kulkeutumaan huoneistosta toiseen, joka lisää asumisviihtyvyyttä. Samalla hajautettu ilmanvaihto on paloturvallinen kanavien ja osien sijaitessa huoneistossa. Lisäksi kanavista voidaan jättää pois huoltoa tai tarkkailua vaativat palo- ja säätöpellit. [21]

5.1.2 Keskitetty ilmanvaihto

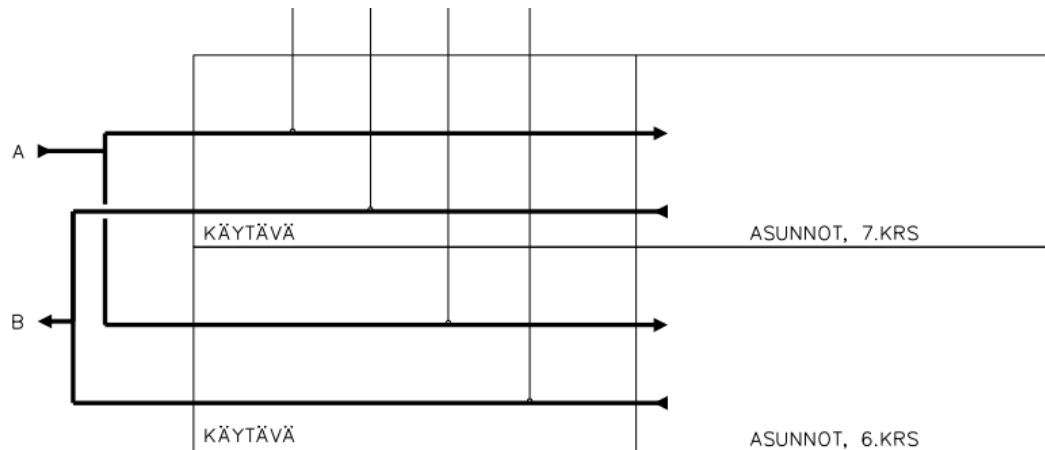
Keskitetyssä ilmanvaihdossa huoneistojen ilmanvaihto on toteutettu yleensä yhdellä porrashuonekohtaisella ilmanvaihtokoneella. Ilmanvaihtokone on yleensä sijoitettu rakennuksen vesikatolle, ilmanvaihtokonetta varten rakennettuun konehuoneeseen. [Kuva 2.] [17] Kohteen B ilmanvaihto on toteutettu keskitetysti yhden ilmanvaihtokoneen avulla.



Kuva 2. Havainnollistava kuva keskitetyn ilmanvaihtoratkaisun toteutustavasta [9]

5.1.3 Lohkokohtainen ilmanvaihto

Lohkokohtaisessa ilmanvaihdossa IV-koneiden vaikutusalueet on jaettu lohkoihin. Yksi lohko voi olla esimerkiksi yksittäinen kerros, ja kyseistä lohkoa palvelee oma IV-koneensa. Kohteessa C ilmanvaihto on toteutettu lohkokohtaisesti. [Kuva 3.] [18]



Kuva 3. Esimerkki lohkokohtaisesta ilmanvaihdosta. Tämä ilmanvaihdon toteutustapa on käytössä kohteessa C. [18]

5.2 Paineenkorotusasema

5.2.1 Paineenkorotusaseman käyttötarkoitus

Erityisen korkeissa rakennuksissa usein käyttöveden virtaamat eivät riitä ylemmissä kerroksissa painetasen ollessa liian alhainen, näin ollen joudutaan käyttämään paineenkorotuslaitteistoja painetasojen nostamiseen [kuva 4]. Vertailujen kohteena olevissa kohteissa jokaisessa on käytetty paineenkorotusasemaa. Tarpeen vaatiessa myös palokunnan kuivanousulle rakennetaan oma erillinen paineenkorotusasema. [25]



Kuva 4. Esimerkki käytettävästä paineenkorotuslaitteistossa. Kuvassa on kahden pumpun paineenkorotusasema taajuusmuuttajilla (Kolmeks). [10]

5.2.2 Paineen korotus ja alennus

Paineenkorotuslaitteistot eivät saa aiheuttaa paineenvaihteluita, jotka olisivat häiritseviä, ääniä tai ylipainetta. Kyseisiltä ongelmilta vältytään, kun paineenkorotuslaitteistot varustetaan säätölaitteilla. [25] Vesijohtojen paineenvaihtelut pystytään estämään vakio paineventtiilin avulla ja ylipaine voidaan puolestaan poistaa paineenalennusventtiilin avulla. [15;16.] Ympäristöministeriö on antanut vesijohtopaineen muuttamisesta oman asetuksensa.

”Erytysuunnittelijan on laadittava vesilaitteiston painehäviölaskelma. Jos vedenpaine jakojohdossa on yli 500 kilopascalia, on käytettävä paineenalennusventtiiliä, jolla paine alennetaan vesilaitteiston mitoituksen edellyttämälle tasolle. Jos painetaso on niin matala, ettei vesilaitteistosta saada sen mitoituksen edellyttämää virtaamaa, on käytettävä paineenkorotuslaitteistoa. Paineenkorotuslaitteiston varustuksena on oltava säätölaitteet ulostulopaineen säätämiseksi niin, ettei synny häiritsevää paineenvaihtelua tai ääntä, sekä varolaitteet liian korkean ylipaineen estämiseksi.” Ympäristöministeriön asetus 45503 rakennusten vesi- ja viemärlaitteistosta 19 § Vesijohtopaineen muuttaminen [25]

5.3 Palokunnan sammutusveden nousujohto

5.3.1 Palokunnan sammutusvesijohdon asentamisen lähtökohdat

Kaikkiin yli 8-kerroksisiin rakennuksiin täytyy lähtökohtaisesti asentaa sammutusveden nousujohto, kuhunkin porrashuoneeseen palokunnan sammutustöitä varten. Sammutusveden nousujohtotyyppi riippuu kohteesta ja korkeudesta. Lähtökohtaisesti 9–13-kerroksiset rakennukset varustettaisiin kuivanousujohdolla ja yli 13-kerroksiset rakennukset varustettaisiin märkänousujohdolla. [16] Kuitenkin ainoastaan kohteessa C palokunnan sammutusvesijohto on toteutettu märkänousuna [13].

5.3.2 Kuivanousun määräykset

Standardin SFS 4317 mukaan kuivanousuissa käyttöpaine on mitoitettava minimissään 1600 kPa:n käyttöpaineelle, mutta koeponnistuspaineena käytetään 2 100 kPa. Kuivanousun putkikoko on aina minimissään DN80, mutta tapauskohtaisesti putkikokoa voidaan joutua kasvattamaan. [16] Putkikokoa kasvattavat seuraavat tekijät:

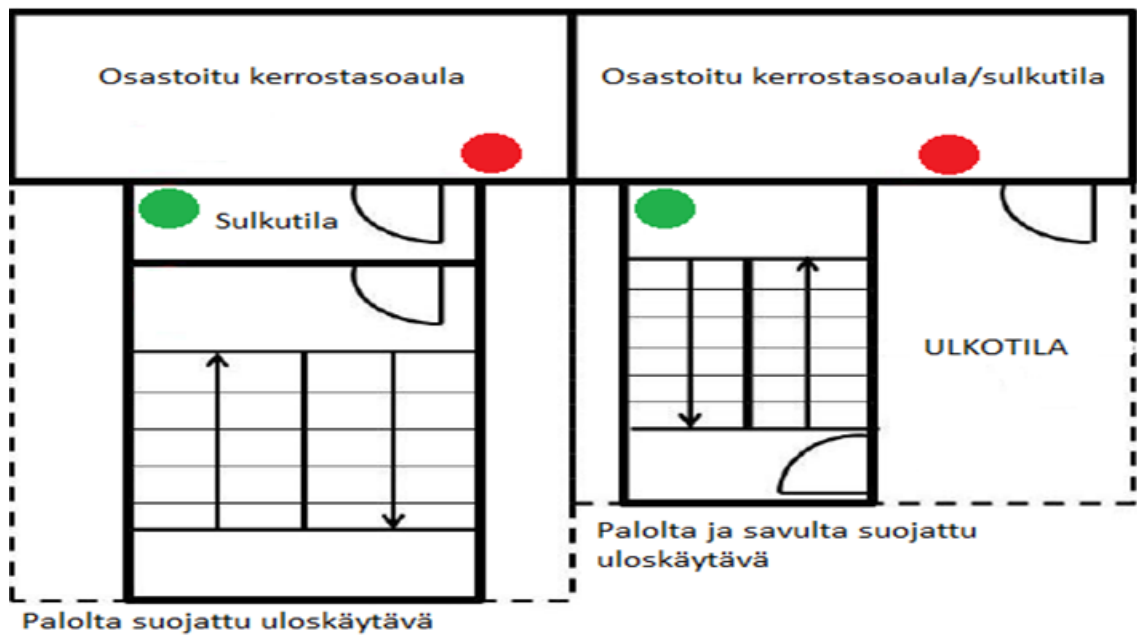
- Rakennus on pitkä tai sen rakenne on monimutkainen.
- Virtauksen täytyy olla suurempi kuin vaadittu.
- Ylimmän vedenoton ja pumpun välillä oleva korkeusero on lähellä raja-arvoja.
- Palo-osastot ovat suuria, esimerkiksi kauppakeskukset, hotellit, toimistot.

Yleensä asuinrakennuksissa yksi palokunnan kuivanousu on riittävä. Kuivanousun vedenotosta kaikkiin kerroksen osiin on ulotuttava 40 metrin työjohdolla. Jos tämä vaatimus ei täyty, on asennettava rakennuksen muihin osiin vastaavanlainen nousujohto. [16]

Vedensyöttöliittimet tulee sijoittaa lukittavan kansiluukun taakse nousujohdolla varustetun porrashuoneen sisäänkäynnin yhteyteen. Samalla vedensyöttöliittimien yhteyteen täytyy sijoittaa kyltti, joka sijaitsee vedenottoliittimiä suojaavan kotelon kannessa. [Kuva 6] Tämän lisäksi kotelon kannen sisään täytyy sijoittaa kyltti vedensyöttö ja -ottoliittimien tiedoista ja näiden vaikutusalueesta [kuva 7]. Vedensyöttöliittimen

edustalla täytyy olla 1 500 mm vapaata tilaa, jotta syöttöjohto voidaan liittää. Vedensyöttöliittimen koko on 3" (76 mm) ja syöttöliitin asennetaan 500—1 000 mm:n korkeuteen lattian tai maan tasosta. Syöttöliittimiä asennetaan aina kaksi. [16]

Jos osastoitu kerrostasoaula on varustettu riittävällä savunhallinnalla ja kerrostasoaula toimii porrashuoneen sulkutilana, vedenotot voidaan sijoittaa kerrostasoaulan puolelle (punainen täplä), muuten vedenotot on sijoitettu ylimääräisen sulkutilan porrashuoneen puolelle (vihreä täplä) [kuva 5] [16].



Kuva 5. Vedensyöttöliittimien sijoitus kerroksissa [16].

PALOKUNNAN KUIVANOUSU

Kuva 6. Esimerkkikyyltti, jolla merkataan vedensyöttöventtiili kuivanousujärjestelmän kotelon kannessa [16]

Kuvassa 7 on esimerkkikyltti asennettavasta kyltistä, joka tulee vedensyöttöventtiin kotelon kannen sisään.

MAKSIMISYÖTTÖPAININE 15 BAR C-PORRAS - KERROKSET 2-16 ULOSOTOT KERROKSISSA 2"

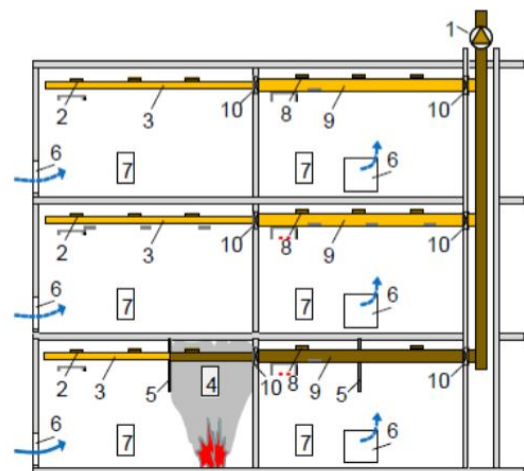
Kuva 7. Esimerkkikyltti, joka asennetaan vedensyöttöventtiin kotelon kannen sisään [16].

5.4 Savunpoisto

5.4.1 Savunpoiston määräyksiä

Määräysten mukaan savunpoisto tulee suunnitella ja rakentaa rakennuksen siten, että se on soveltuva rakennuksen eri tiloihin. Savunpoisto voidaan järjestää huonetilojen yläosassa sijaitsevilla helposti avattavilla ikkunoilla, savunpoistoon tarkoitettujen ikkunoiden ja savunpoistoluukkujen avulla erityistoimenpitein, jos näille löytyy vaateet perustellusta syystä. [15] Savunpoisto voidaan myös toteuttaa koneellisesti puhaltimien savunpoistokanavien avulla [kuva 8].

Kuva 8.7. Koneellinen savunpoistolaitteisto usean palo-osaston rakennuksessa. 1) Savunpoistopuhallin, 2) Savunhallintapelti asennettuna kanavan pintaan, 3) Savunpoistokanava, 4) Savupatja, 5) Savusulut, 6) Korvausilma-aukot, 7) Palo-osasto, 8) ja 10) Savunhallintapelti, joka soveltuu käytettäväksi useamman palo-osaston järjestelmässä, 9) Savunpoistokanava, joka soveltuu käytettäväksi useamman palo-osaston järjestelmässä.



Kuva 8. Esimerkki koneellisesta savunpoistosta rakennuksessa, jossa on useampi palo-osasto [1]

Jos kohteessa on osastoitu hissikuilu tai uloskäytävä, täytyy järjestää mahdollisuus savunpoistoon sekä korvaavan ilman virtaamiseen [26].

Kellarikerrosten tiloihin savunpoisto täytyy suunnitella niin, ettei osastoituja uloskäytäviä ja -sammutusreittejä käytetä savunpoistoon kellarin osalta. [26] Lisäksi kuvassa 9 on havainnollistettu kellarin savunpoiston mahdollisuuksia.

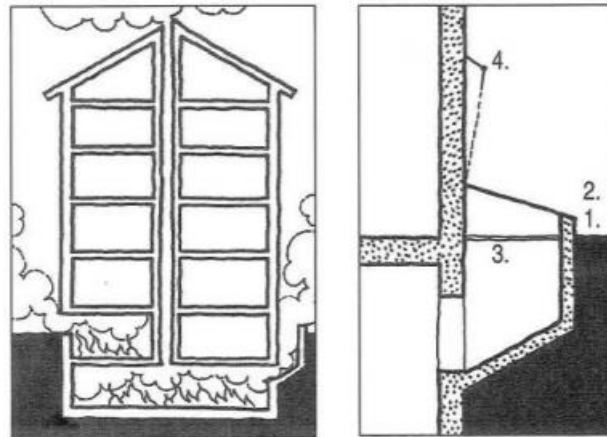
Savunpoiston osalta voidaan sallia lievennyksiä, jos rakennukseen tai sen palo-osastoon asennetaan automaattisia savunpoistolaitteistoja, jotka itsessään antavat palohälytyksen. Lievennykset täytyy voida toteuttaa niin, että alkanut palo voidaan rajoittaa tai sammuttaa henkilöturvallisuutta vaarantamatta. [26] Jos edellä mainitut ehdot täyttyvät, lievennyksiä voidaan sallia koskien

- määräyksiä, jotka koskevat rakennuksen kerrosalaa ja sen palo-osastojen pinta-alaa
- määräyksiä, jotka koskevat rakenteita, niin että lämpötilan hitaamman nousun saa ottaa mitoituksessa huomioon.

5.4.2 Savunpoiston ohjeita

Rakennuksessa, jossa on enintään kahdeksan kerrosta, tulee järjestää mahdollisuus savunpoistoon uloskäytävän yläosasta vähintään 1,0 m²:n suuruisella helposti avattavalla ikkunalla tai luukulla. [kuva 10] [26].

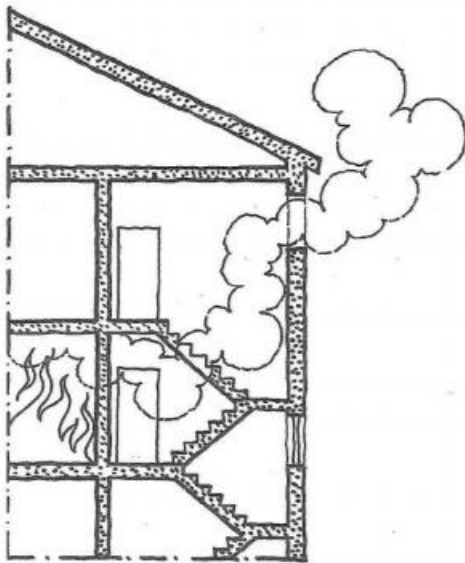
Palossa syntyvät palo- ja savukaasut eivät saa vaarantaa poistumista uloskäytäviin liittyvissä tiloissa yli kahdeksankerroksisissa rakennuksissa. Tämä varmistetaan savunpoistoa suunniteltaessa. [26]



Savunpoiston järjestämis-
mahdollisuuksia kellareista.

Esimerkki savunpoistoluukusta
1. koroke
2. lukko, sarjoitus palokunnan
reittiävaimelle
3. kalteri (putoamiseste)
4. koukku, johon luukku
tuetaan

Kuva 9. Esimerkki savunpoistosta savunpoistoluukun avulla [24]



Kuva 10. Savunpoiston toteutus uloskäytävän yläosasta [24]

6 Kustannuslaskennat ja vertailut

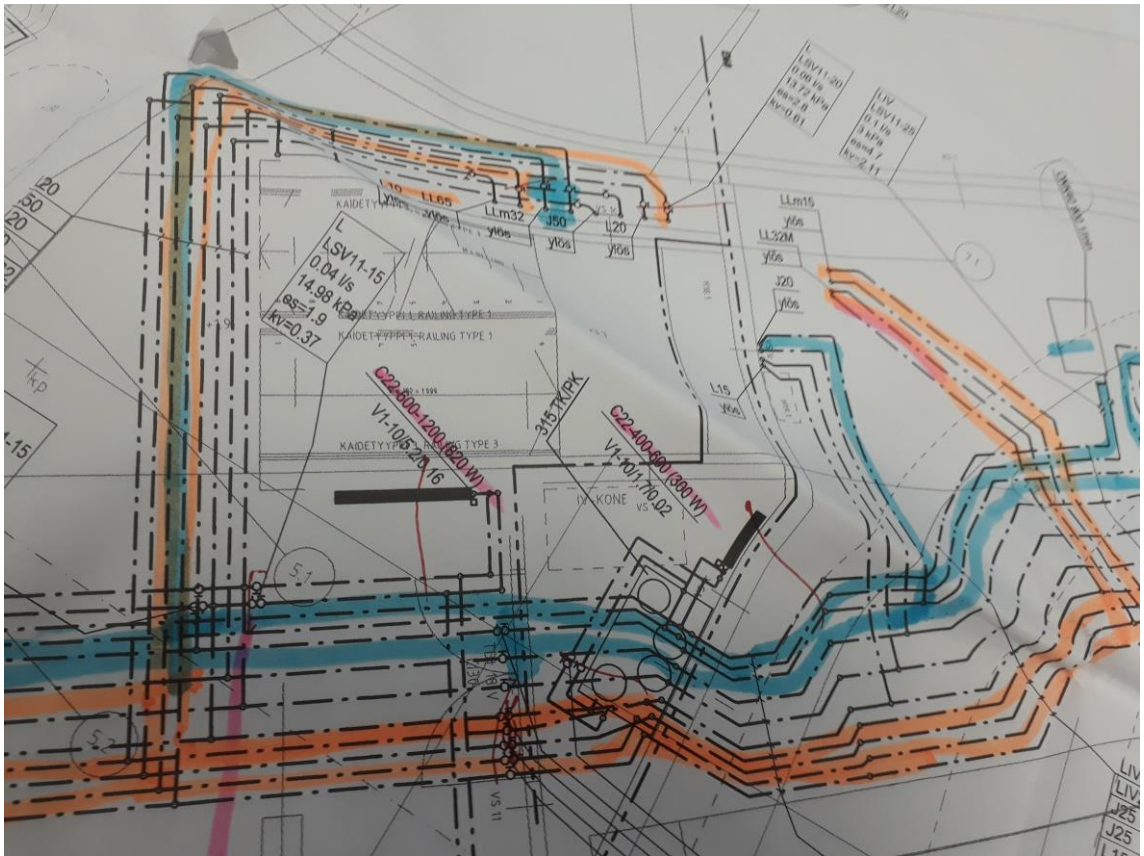
Tässä opinnäytetyön luvussa käsitellään kustannuslaskennan ja vertailun menetelmät, käytetyt laskentatavat, työkalut sekä laskennan tulokset yksityiskohtaisemmin.

Opinnäytetyön ensisijaisena tavoitteena on suorittaa kustannuslaskennat ja vertailut ennalta laskettuja PU- ja IV-massoja apuna käyttäen. Lisäksi yrityksellä on käytössään kaikkien laskennassa käytettyjen kohteiden talotekniset suunnitelmat ja lähtötiedot. Yritys ei kuitenkaan tahdo, että opinnäytetyössä tuotaisi ilmi kohteiden nimiä, koska yrityksellä ei itsessään ole omistusta kohteisiin.

Kustannuslaskentaa ja vertailua varten täytyi itse kehittää pienimuotoinen excelpohjainen laskuri, jonka ulkoasu ja käytetyt kaavat käsitellään myöhemmin.

6.1 Kustannuslaskenta

Yksinkertaisuudessaan LVI-alalla kustannukset saadaan laskettua suurilta osin suoraan paperisista tai sähköisistä LVI-suunnitelmista massalaskennalla [kuva 11]. Paperisista suunnitelmista putki- ja kanavametrit saadaan rissan avulla laskettua [kuva 12]. Rissan toimintaperiaate on, että rissaa viedään kynän tapaan halutun putki- tai ilmanvaihtokanavan osuuden yli ja rissa näyttää digitaalisella näytöllä rullatun matkan metrit. Rissaan saa itse syötettyä mittakaavat ja mahdollisen matkan yksikön. Rissa on nopeampi ja nykyaikaisempi vaihtoehto perinteiselle suhdeviivaimelle. Sähköisistä kuvista on mahdollista myös laskea putki- ja kanavametrejä erilaisten laskentaohjelmien avulla.



Kuva 11. Massoitettuja lämpö- ja jäähdytysputkia, sekä lämmityspattereita. Jo massoitettut putkimetrit merkataan yliviivaustussilla, jotta niitä ei massoitettaisi uudestaan.



Kuva 12. Massalaskennassa paljon käytetty rissa mallia Scale Master Pro XE [7]

TES:ssa on määritelty LVI-asennustöille normituntimäärät, joiden mukaan saadaan laskettua urakkaan menevät normituntimäärät. Yleensä kuitenkin yrityksillä on käytössään erilaisia laskentaohjelmia, jotka antavat suoraan lasketuille massoille normituntimäärät.

Näiden edellä mainittujen kustannusten lisäksi urakkakustannuksiin esimerkiksi sisältyvät työnjohtokustannukset, asentajien kustannukset ja muut mahdolliset kustannukset. Näitä mainittuja ja muita kustannuksia ei tässä työssä käydä läpi, mutta sisältyvät kustannuslaskennassa oleviin IV- ja PU-urakkakustannuksiin.

6.2 Kustannusvertailulaskennan menetelmät

Vertailut on tehty todellisten kohteiden laskenta-aineistojen pohjalta. Vertailussa on käytetty materiaalikustannuksia ja asennustyökustannuksia. Työssä ei kuitenkaan haluta esittää euromääräisiä summia, joten kustannukset on laskettu prosentteina.

Kustannuslaskennassa kohteiden massojen euromääräiset urakkakustannukset ja urakan asennustöiden tunnit ovat suhteutettu kunkin kohteen huoneistopinta-alaan.

Ennen kustannuslaskentojen ja vertailujen aloittamista täytyi selvittää jokaisen kohteen sisältämät LVI-massat, euromääräiset urakkakustannukset ja urakkatyöhön menevät tuntimäärät. Näiden avulla suhteutukset huoneistopinta-alaan urakkakustannusten ja tuntien osalta saatiin laskettua.

Suhteutukset ja kustannusvertailut ja -laskennat suoritettiin itsetehdyn excelpohjaisen laskurin avulla, jossa käytettiin kahta erilaista kaavaa [kuva 13]. Käytetyt kaavat käydään tapauskohtaisesti läpi tulosten kohdalla.

Tavanomainen vertailukohte			Kohde A			Kohde B			Kohde C		
		%			%			%			%
Urakkahinta PU	e		Urakkahinta PU	e	12,84	Urakkahinta PU	e	-23,22	Urakkahinta PU	e	33,36
Normitunnit PU	h		Normitunnit PU	h	-2,38	Normitunnit PU	h	7,72	Normitunnit PU	h	5,17
Urakkahinta IV	e		Urakkahinta IV	e	32,87	Urakkahinta IV	e	-33,23	Urakkahinta IV	e	-1,92
Normitunnit IV	h		Normitunnit IV	h	-7,39	Normitunnit IV	h	-32,70	Normitunnit IV	h	6,63
			Savunpoisto	e	1,53	Savunpoisto	e	7,26	Savunpoisto	e	7,35
			tunnit	h	0,31	Savunpoiston tunnit	h	0,57	tunnit	h	0,67
Asuntojen IV koneet	e		Asuntojen IV koneet	e	5,91	Asuntojen IV koneet	e	-64,76	IV-koneet	e	11,09
tunnit	h		Asuntojen Tunnit	h	2,18	As. iv koneiden tunnit	h	-98,46	tunnit	h	-74,78
IV koneet YT	e		IV koneet yleiset	e	-9,34	IV koneet yleiset tilat	e	-36,98			
YT tunnit	h		Yleiset tilat tunnit	h	-73,17	koneet YT tunnit	h	-57,99			
			Kuivancorus	e	2,11	Kuivancorus	e	3,62	Kuivancorus	e	4,07
			tunnit	h	0,97	kuivancorus tunnit	h	2,78	tunnit	h	0,04
			Paineenkorotus	e	0,95	Paineenkorotus	e	1,61	Paineenkorotus	e	1,68
			tunnit	h	0,03	aineenkorotus tunnit	h	0,03	tunnit	h	0,04

Kuva 13. Laskennassa käytetty Excel-laskuri, jossa urakkakustannukset, -tunnit ja kohteiden nimet on peitetty jo aiemmin esitettyjen syiden vuoksi

6.3 IV- ja PU-urakkakustannusten ja tuntien vertailu

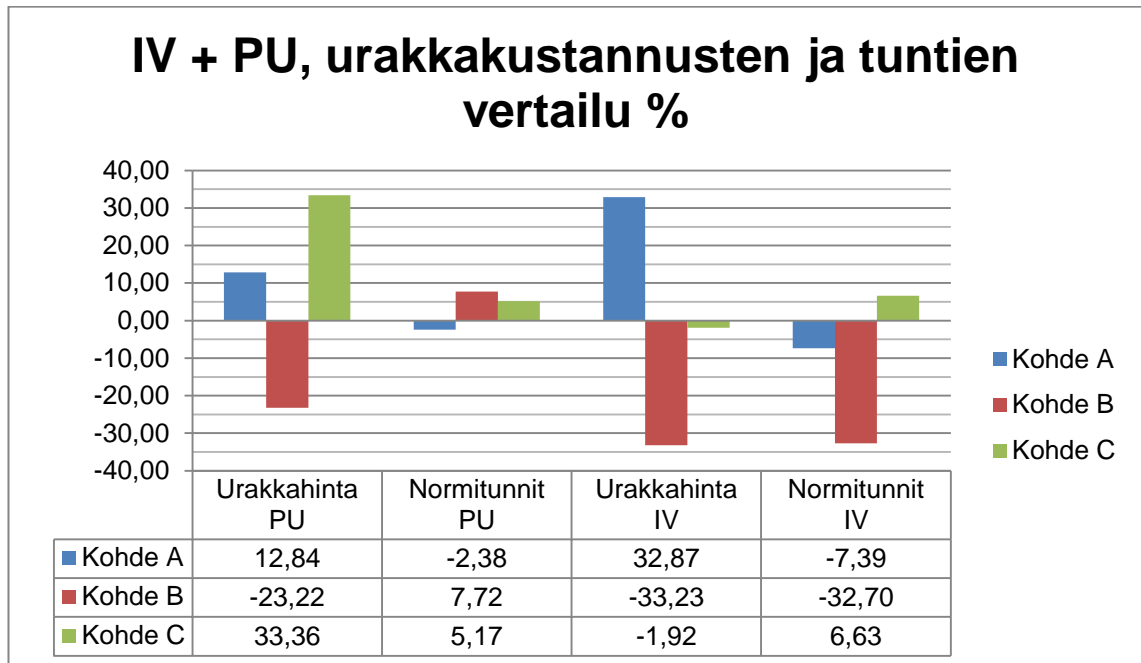
Vertailtaessa korkeiden kohteiden urakkakustannuksia ja tunteja tavanomaiseen vertailukohteeseen, laskenta suoritettiin seuraavanlaisella kaavalla:

$$Ero\% = \left(\frac{\left(\frac{\text{Kohteen ABC urakkakustannukset}}{\text{Kohteen ABC huoneisto } m^2} \right)}{\left(\frac{\text{Vertailukohteen urakkakustannukset}}{\text{Vertailukohteen huoneisto } m^2} \right)} - 1 \right) * 100$$

Kaavan muuttujat puolestaan ovat

- Ero% = korkean vertailukohteen urakkakustannusten prosentuaalinen ero verrattuna vertailukohteen urakkakustannuksiin (%)
- Kohteen ABC urakkakustannukset = korkean vertailukohteen IV/PU-urakkakustannukset (EUR)
- Kohteen ABC huoneisto m² = korkean vertailukohteen yhteenlaskettu huoneistopinta-ala (m²)

- Vertailukohteen urakkakustannukset = tavanomaisen vertailukohteen IV/PU urakkakustannukset (EUR)
- Vertailukohteen huoneisto m² = tavanomaisen vertailukohteen yhteenlaskettu huoneistopinta-ala (m²).



Kuva 14. Ilmanvaihto- ja putkiurakoiden kustannusten ja tuntien vertailu

Ensimmäinen osio laskennasta oli ilmanvaihdon- ja putkiurakan kustannusten ja tuntien osalta. Laskennan tarkoituksena oli saada näkemys, kuinka paljon eroa on korkeiden kohteiden kokonaisurakkakustannuksilla ja urakkatunneilla verrattuna tavanomaiseen kohteeseen.

Laskennan avulla selvisi, että korkean kohteen urakkakustannukset suhteessa ei välttämättä ole suuremmat kuin tavanomaisessa kohteessa [Kuva 14]. Putkiurakan kustannusten osalta kohteessa B suhteutetut urakkakustannukset ovat pienemmät tavanomaiseen nähden. Kohde C on korkeista vertailukohteista korkein kohde. Näin ollen voimme päätellä, että korkean rakentamisen vaikutus urakkakustannuksiin alkaa näkyä vasta tietyn kerrosmäärän jälkeen.

Ilmanvaihtourakan osalta ainoastaan A kohteessa urakkakustannukset ovat suuremmat kuin tavanomaisessa vertailukohteessa. Tavanomaisessa ja kohteessa A molem-

missa on huoneistokohtaiset IV-koneet, joten muissa korkeissa kohteissa IV-koneiden lukumäärä jää vähemmäksi, joka vaikuttaa ilmanvaihtourakan kustannuksiin. Kohteessa B tuntien määrä on huomattavasti pienempi kuin muissa, koska kyseisessä kohteessa on keskitetty ilmanvaihto.

6.4 Savunpoiston kustannusvaikutus

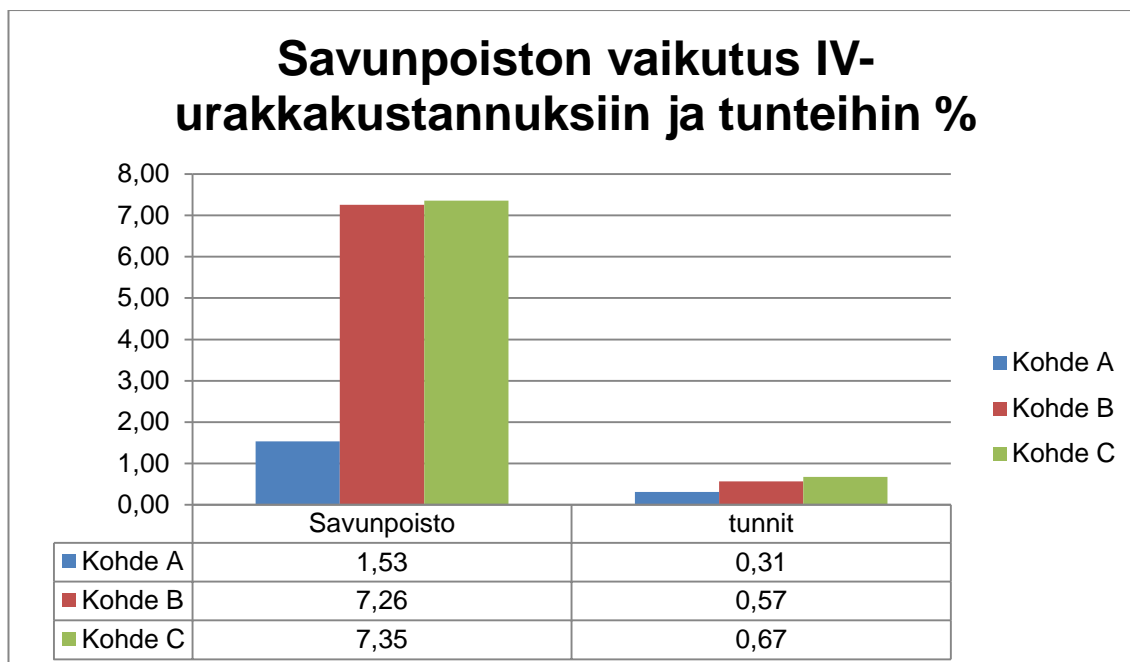
Tavanomaisessa kohteessa ei ole savunpoistoa, joten laskenta on toteutettu siten, että on laskettu, kuinka paljon savunpoiston osuus tuo lisää kustannuksia ilmanvaihtourak-
kakustannuksiin prosentteina. Laskenta toteutettiin käyttämällä seuraavanlaista kaavaa.

$$Ero\% = \left(\frac{\left(\frac{ABC\ savunpoiston\ kustannukset}{Kohteen\ ABC\ huoneisto\ m^2} \right)}{\left(\frac{Vertailukohteen\ IV\ urakkakustannukset}{Vertailukohteen\ huoneisto\ m^2} \right)} \right) * 100$$

Kaavan muuttujat ovat seuraavanlaisia:

- Ero% = savunpoiston kustannusvaikutus tavanomaisen kohteen IV-urakan kustannuksiin (%)
- ABC savunpoiston kustannukset = korkean kohteen savunpoiston kustannusten osuus (EUR)
- Kohteen ABC huoneisto m² = korkean vertailukohteen yhteenlaskettu huoneistopinta-ala (m²)
- Vertailukohteen IV-urakkakustannukset = tavanomaisen vertailukohteen lasketut IV-urakan kustannukset (EUR)

- Vertailukohteen huoneisto m² = tavanomaisen vertailukohteen yhteenlaskettu huoneistopinta-ala (m²).



Kuva 15. Savunpoiston kustannusvaikutus IV-urakkakustannuksiin ja tunteihin

Toisen osion tarkoitus laskennassa oli selvittää savunpoiston kustannusvaikutuksia ilmanvaihtourakan kustannuksiin. Laskennan avulla saamme selville, että savunpoisto tuo noin seitsemän prosenttia lisää kustannuksia IV-urakkaan, kuten kuvassa 15 näemme. Kohteessa A savunpoistokanavat ovat rakenteelliset, joten ne eivät sisälly IV-urakkaan. Näin ollen kohteessa A savunpoiston kustannusten osuus on huomattavasti pienempi. Tuntien osuus urakassa ei kasva merkittävästi juuri ollenkaan. Kohteessa A on myös käytössä käytävillä sprinklerijärjestelmä, joka voi vaikuttaa savunpoiston toteutustapaan. Tässä opinnäytetyössä ei kuitenkaan ole otettu kohteen sprinklerijärjestelmää mitenkään huomioon.

6.5 Ilmanvaihtokoneiden kustannusten ja tuntien vertailu

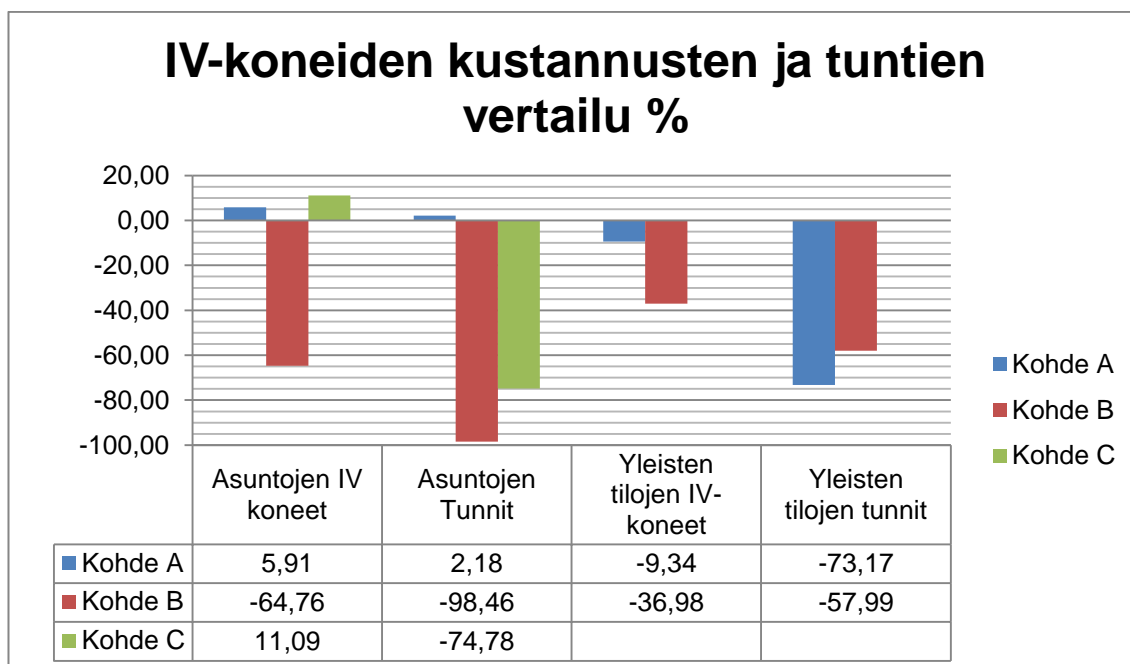
Ilmanvaihtokoneiden ja tuntien vertailussa pystyttiin suoraan vertailemaan korkeiden kohteiden ilmanvaihtokoneita tavanomaisen kohteen ilmanvaihtokoneisiin. Kuitenkin

ainoastaan kohteessa A ilmanvaihto oli toteutettu huoneistokohtaisilla ilmanvaihtokoneilla, kuten tavanomaisessa vertailukohteessa. Ilmanvaihtokoneiden vertailussa laskennasta rajattiin kokonaan ilmanvaihtokoneiden kanavistot varusteineen, päätelaitteineen ja eristyksineen pois, eli ainoastaan ilmanvaihtokoneiden kustannukset ja asennustunnit huomioitiin. Laskennassa eriteltiin myös huoneistoja palvelevat ilmanvaihtokoneet ja yleisiä tiloja palvelevat ilmanvaihtokoneet erikseen.

$$Ero\% = \left(\frac{\left(\frac{\text{Kohteen ABC IV-koneiden kustannukset}}{\text{Kohteen ABC huoneisto m}^2} \right)}{\left(\frac{\text{Vertailukohteen IV-koneiden kustannukset}}{\text{Vertailukohteen huoneisto m}^2} \right)} - 1 \right) * 100$$

Kaavan muuttujat ovat seuraavat:

- Ero% = korkean vertailukohteen IV-koneiden kustannusten prosentuaalinen ero verrattuna vertailukohteen IV-koneiden kustannuksiin (%)
- Kohteen ABC IV-koneiden kustannukset = korkean vertailukohteen IV-koneiden yhteenlasketut kustannukset (EUR)
- Kohteen ABC huoneisto m² = korkean vertailukohteen yhteenlaskettu huoneistopinta-ala (m²)
- Vertailukohteen IV-koneiden kustannukset = tavanomaisen vertailukohteen IV-koneiden yhteenlasketut kustannukset (EUR)
- Vertailukohteen huoneisto m² = tavanomaisen vertailukohteen yhteenlaskettu huoneistopinta-ala (m²)



Kuva 16. IV-koneiden vertailu kustannusten ja tuntien osalta

Laskennan kolmas osio sisältää kustannusvertailut ilmanvaihtokoneista ja niiden asennustunneista. Laskennassa käytettyjen kohteiden ilmanvaihtoratkaisu oli jokaisessa toteutettu eri tavalla, jolloin kohteet olivat erittäin soveltuvia kyseiseen laskentaan. Samalla laskennassa päästiin myös näkemään, vaikuttaako korkea rakentaminen ilmanvaihtokoneiden kustannuksiin, kun korkea kohde ja tavanomainen kohde ovat toteutettu samalla ilmanvaihtoratkaisulla.

Kuten kuvassa 16 näemme, kohteessa A asuntokohtaisten ilmanvaihtokoneiden kustannukset eivät juurikaan kasva tavanomaiseen nähden. Molemmat näistä kohteista oli toteutettu huoneistokohtaisten ilmanvaihtokoneiden avulla. Kuitenkin toimittajan hinnannuutokset pystyvät selittämään tuon kuuden prosentin korotuksen. Tuntien osalta kohteessa A ei ole myöskään suurta eroa.

Kohteessa B on suurimmat huomattavat erot verrattuna tavanomaiseen kohteeseen. Kohteessa B on keskitetty ilmanvaihto ja yksi ilmanvaihtokone palvelee jokaista huoneistoa. Näin ollen laskennan avulla saatiin tulokseksi, että suhteutuksen jälkeen kohteessa, jossa on keskitetty ilmanvaihto, ilmanvaihtokoneen kustannukset ovat noin 75 % vähemmän ja tunteja olisi lähes 100 % vähemmän. Suuri poikkeama asennustyön hinnasta muodostuu keskitetyn ilmanvaihtokoneen skaalaedusta, jossa asennettavaksi tulee vain yksi ilmanvaihtokone, kun taas kohteessa A niitä on 188.

Kohteessa C, jossa on lohkokohtaiset IV-koneet, kustannukset ovat noin 11 % suuremmat kuin tavanomaisessa. Tuntien määrä kuitenkin on noin 75 % vähemmän. Kohteessa C ei ole erillisiä yleisten tilojen ilmanvaihtokoneita, joten vertailua näistä ei ole voitu tehdä.

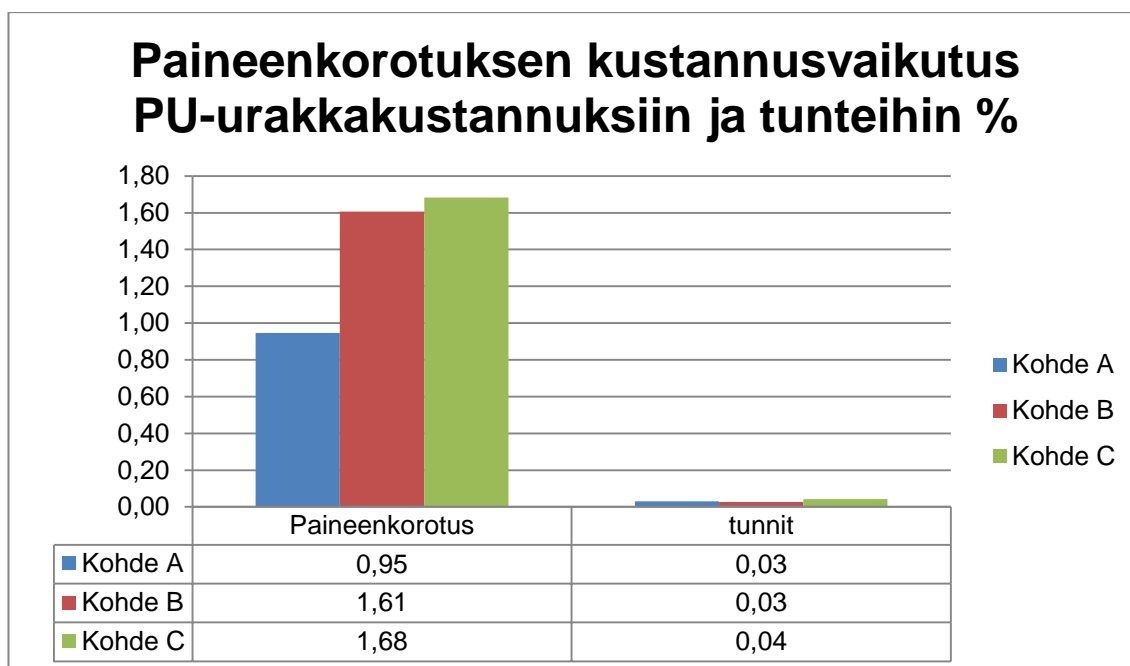
Yleisten tilojen koneet ovat korkeissa kohteissa todella pieni osa urakkaa, joten yhteisten tilojen ilmanvaihtokoneiden osuus kustannuksissa ja tunneissa on huomattavasti suurempi tavanomaisessa kuin korkeissa rakennuksissa. Tämä johtuu osittain siitä, että isoissa asuinrakennuksissa yleisten tilojen osuus suhteessa asuntoihin on yleensä pienempi.

6.6 Paineenkorotuksen kustannusvaikutus

$$Ero\% = \left(\frac{\left(\frac{ABC \text{ paineenkorotuksen kustannukset}}{Kohteen ABC huoneisto m^2} \right)}{\left(\frac{Vertailukohteen PU urakkakustannukset}{Vertailukohteen huoneisto m^2} \right)} \right) * 100$$

Kaavassa olevat muuttujat ovat seuraavat:

- Ero% = korkean vertailukohteen paineenkorotuksen kustannusten vaikutus tavanomaisen kohteen IV-urakan kustannuksiin (%)
- ABC paineenkorotuksen kustannukset = korkean kohteen paineenkorotuksen kustannusten osuus (EUR)
- Kohteen ABC huoneisto m² = korkean vertailukohteen yhteenlaskettu huoneistopinta-ala (m²)
- Vertailukohteen PU urakkakustannukset = tavanomaisen vertailukohteen PU urakkakustannukset (EUR)
- Vertailukohteen huoneisto m² = tavanomaisen vertailukohteen yhteenlaskettu huoneistopinta-ala (m²).



Kuva 17. Paineenkorotuksen kustannusvaikutus putkiurakan kustannuksiin ja tunteihin

Laskennan neljännessä osiossa käsiteltiin paineenkorotuksen kustannusvaikutuksia putkiurakkakustannuksiin ja -tunteihin. Paineenkorotuksen osuus putkiurakan kokonaiskustannuksista on pieni, mutta kuitenkin hyvä vertailtava talotekninen järjestelmä.

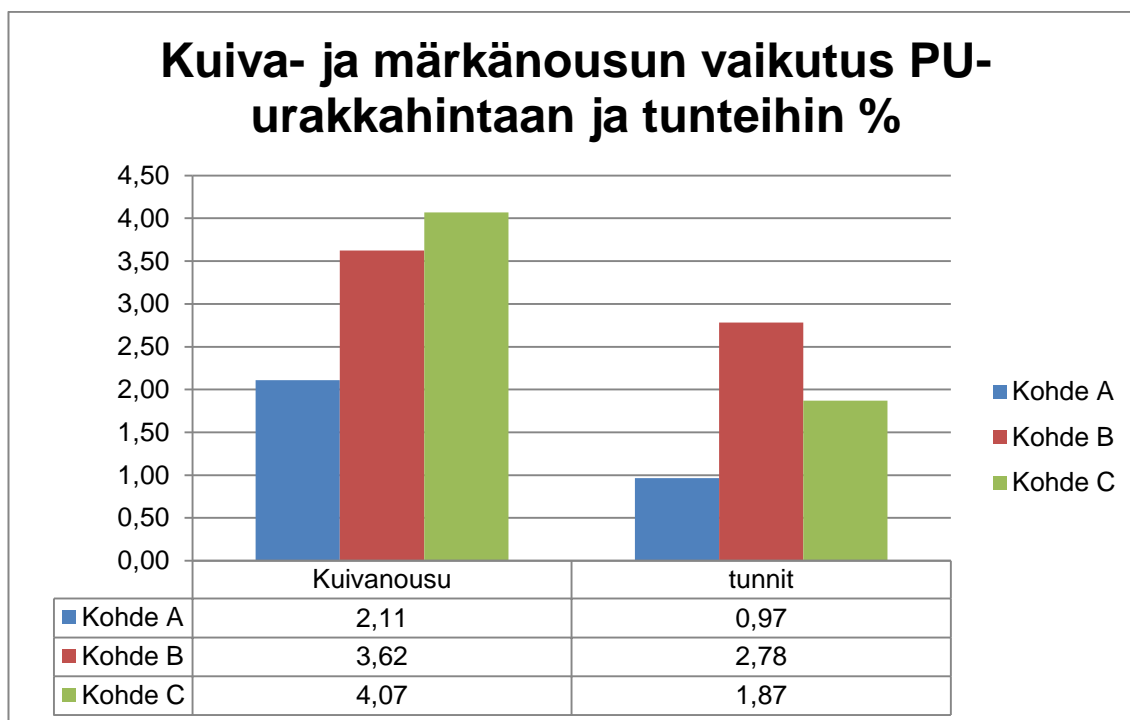
Paineenkorotuksen kustannus on teoriassa suorassa suhteessa rakennuksen korkeuteen. Kuten kuvassa 17 näkyy, paineenkorotuksen osalta kustannukset ovat joka kohdeessa suurin piirtein samaa luokkaa, joten voimme todeta, että paineenkorotuksen yksikkökustannus ei kuitenkaan muutu merkittävästi korkeuden kasvaessa. Paineenkorotuksen toteutustapa voi kuitenkin vaihdella kohdekohtaisesti, joten kustannuseroja voi syntyä myös vastaavankokoisten kohteiden välillä. Kuitenkin laskennan avulla saamme tulokseksi, että paineenkorotus aiheuttaa noin 1–2 prosenttia lisää kustannuksia putkiurakkaan.

6.7 Palokunnan kuiva- ja märkänousun kustannusvaikutus

$$Ero\% = \left(\frac{\left(\frac{ABC \text{ palokunnan sammutusvesijohdon kustannukset}}{Kohteen ABC huoneisto m^2} \right)}{\left(\frac{Vertailukohteen PU urakkakustannukset}{Vertailukohteen huoneisto m^2} \right)} \right) * 100$$

Kaavassa olevat muuttujat ovat seuraavat:

- Ero% = korkean vertailukohteen kuiva- tai märkänousun kustannusten vaikutus tavanomaisen kohteen PU-urakan kustannuksiin (%)
- ABC palokunnan sammutusvesijohdon kustannukset = korkean kohteen kuiva- tai märkänousun kustannusten osuus (EUR)
- Kohteen ABC huoneisto m² = korkean vertailukohteen yhteenlaskettu huoneistopinta-ala (m²)
- Vertailukohteen PU urakkakustannukset = tavanomaisen vertailukohteen PU urakkakustannukset (EUR)
- Vertailukohteen huoneisto m² = tavanomaisen vertailukohteen yhteenlaskettu huoneistopinta-ala (m²).



Kuva 18. Palokunnan kuiva- ja märkänousun kustannusvaikutukset putkiurakan hintaan ja tunteihin

Laskennan viimeisessä osiossa käsiteltiin palokunnan sammutusvesijohdon kustannusvaikutusta toteutustavasta riippumatta, putkiurakan kustannuksiin ja tunteihin. Tavanomaisessa kohteessa ei ole asennettua palokunnan sammutusvesijohtoa.

Tulosten perusteella näemme, että kerrosten kasvaessa, myös urakkakustannukset ja tunnit kasvavat. Voimme siis päätellä, että palokunnan sammutusvesijohdon kustannukset ovat teoriassa suorassa suhteessa rakennuksen korkeuteen nähden.

Kohde B on kohteistamme matalin, mutta kohteeseen on asennettu erillinen paineenkorotusasema palokunnan sammutusvesijohdolle. Kuten näemme erillinen paineenkorotusasema vaikuttaa sekä urakkakustannuksiin että urakan tunteihin merkittävästi. Kohde C on korkein kohteistamme ja kohteessa on puolestaan palokunnan sammutusvesijohto toteutettu märkänousuna. Kuitenkaan märkänousuun tulevat lisäkustannukset eivät vaikuta urakkakustannuksiin yhtä huomattavasti kuin erillinen paineenkorotusasema.

Kuvan 18 tulosten perusteella voimme karkeasti arvioida palokunnan sammutusvesijohdon tuovan noin 2–4 % lisää urakkakustannuksia ja 1–2 % urakkatunteja. Erillis-

tä paineenkorotusasemaa täytyisi verrata myös erikorkuisissa kohteissa, jotta saataisiin tarkempaa tilastotietoa erillisen paineenkorotusaseman aiheuttamista kustannusvaikutuksista. Kuitenkin laskennan perusteella 16-kerroksisessa kohteessa erillinen paineenkorotusasema tuo noin 4 % lisää urakkakustannuksia ja vajaa 3 % lisää urakkatunteja.

7 Yhteenveto ja johtopäätökset

Työ suoritettiin Caverion Suomi Oy:n asunnot-yksikölle, ja tavoitteena oli saada kustannustietoa mahdollisista korkean uudistalorakentamisen kustannusvaikutuksista verrattuna tavanomaiseen uudiskerrostalorakentamiseen.

Opinnäytetyössä perehdyttiin korkealle rakentamiselle ominaisiin taloteknisiin järjestelmiin hieman tarkemmin teorian ja määräysten osalta. Lisäksi työssä käytettiin yrityksen jo valmiina olevaa laskenta- ja kustannustietoa hyväksi, jonka avulla kustannusvertailut saatiin Excelissä laskettua.

Olen itse tyytyväinen omaan työpanokseen ja suoritukseen insinööriyön osalta. Saavutin omat ja yrityksen asettamat tavoitteet insinööriyön osalta. Sain myös kartoitettua hieman lisää tietoutta erinäisistä taloteknisistä järjestelmistä ja korkeasta rakentamisesta. Pääsin myös samalla näyttämään osaamiseni ja mielenkiitoni omaa alaa kohtaan. Insinööriyötä kirjoittaessani toimin samalla Caverion Suomi Oy:ssä projektinhoitajaharjoittelijana putkipuolella, joten ilmanvaihtoon liittyvät asiat eivät olleet niin tuttuja kuin putkipuoleen liittyvät asiat. Kaikki aikaisempi kokemus ilmanvaihtoon liittyen on lähinnä ammatti- ja ammattikorkeakoulusta hankittua.

Tämä opinnäytetyö on vain pintaraapaisu käsiteltävään aiheeseen ja opinnäytetyön laajuuden puolesta voidaan todeta, että korkean rakentamisen kustannukset alkavat näkymään vasta tietyn kerrosmäärän jälkeen. Korkea rakentaminen Suomessa on vielä verrattain lapsen kengissä, joten laskelmien pohjana käytettyjen kohteiden määrä oli vähäinen. Tästä johtuen pitkälle meneviä johtopäätöksiä ei tuloksista voi vielä tehdä.

Tuloksia voisi parantaa vertailemalla isompaa määrää kohteita, vielä korkeampia rakennuksia sekä vertailla laskettuja ja toteutuneita kustannuksia keskenään. Näin ollen saataisiin tarkemmin selville suorat kustannusvaikutukset korkeasta rakentamisesta

sekä korkean rakentamisen mahdolliset ylimääräiset kustannukset. Mahdolliset laskentavirheet vaikuttavat tuloksiin, jolloin olisi viisaampaa vertailla toteutuneita kustannuksia ja näin ollen saataisiin huomattavasti tarkempia tuloksia mahdollisista kustannusvaikutuksista. Lähtötietoaineistosta ei ollut luotettavasti eroteltavissa asuntojen ja huoneistojen ilmanvaihtokanavistojen massoja, minkä vuoksi ne on päätetty rajata pois laskennasta. Ottamalla nämä huomioon kustannusvaikutuksissa saataisiin huomattavasti tarkempia tuloksia ilmanvaihtokoneiden tulosten osalta.

Kirjoittaessani opinnäytetyötä huomasin, ettei korkeasta rakentamisesta ja sen kustannusvaikutuksista löytynyt paljon tietoa tai opinnäytetöitä, ja näin ollen korkean rakentamisen kasvaessa opinnäytetyöni voi olla Caverion Suomi Oy:lle ja muille yrityksille hyödyllinen. Uskon myös, että opinnäytetyön jatkumahdollisuudet ovat erittäin hyvät. Laajuutta ja käytettävissä olevan materiaalin määrää kasvattamalla opinnäytetyötä voisi halutessaan jatkaa, jos haluttaisiin saada enemmän ja tarkempaa tietoa korkean rakentamisen kustannusvaikutuksista.

Lähteet

- 1 Aro, Esa. 2014. Ilmastointitekniikan kirjat 2014. Verkkoaineisto. <<https://docplayer.fi/918219-Samk-ilmastointitekniikan-kirjat-2014-esa-sandberg-01-10-2014.html>> Luettu 12.11.2018.
- 2 Asuntokohtainen ilmanvaihto uuteen kerrostaloon. 2018. Verkkoaineisto. Vallox Oy. <https://www.vallox.com/tietoa_ilmavaihdosta/asuntokohtainen_ilmavaihto_uuteen_kerrostaloon.html> Luettu 11.12.2018
- 3 Caverion lyhyesti. 2018. Verkkoaineisto. Caverion Corporation <<https://www.caverion.fi/tietoa-caverionista/caverion-lyhyesti>> Luettu 13.11.2018.
- 4 Hasu, Eija. Staffans, Aija. 2018. Korkean rakentamisen pilvilinnat. Verkkoaineisto. Yhdyskuntasuunnittelun seura Ry. <<http://www.yss.fi/journal/korkean-rakentamisen-pilvilinnat/>> Luettu 13.11.2018.
- 5 Helsinki määrittelee korkean rakentamisen periaatteet: Korkea rakentaminen on mahdollistaa historiallista kaupunkikuvaa vaarantamatta. 2011. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki. <<https://www.uuttahelsinki.fi/fi/uutiset/2011-11-24/helsinki-maarittelee-korkean-rakentamisen-periaatteet-korkea-rakentaminen>> Luettu 24.10.2018.
- 6 High-rise building (ESN 18727). 2018. Verkkoaineisto. Emporis GMBH. <<https://www.emporis.com/building/standard/3/high-rise-building>> Luettu 24.10.2018.
- 7 Karttamittari Scale Master Pro XE. 2018. Verkkoaineisto. Ingeo Oy. <<https://www.ingeo.fi/tuotteet.html?id=52/232>> Luettu 7.1.2019.
- 8 Kiinteistön vesi- ja viemärlaitteiston (KVV) rakentamisesta vastaava työnjohtaja. 2018. Verkkoaineisto. Fise Oy. <<http://fise.fi/patevyyspalvelu/hae-patevyytta/tyonjohtajat/kiinteiston-vesi-ja-viemarilaitteiston-kvv-rakentamisesta-vastaava-tyonjohtaja/>> Luettu 24.10.2018.
- 9 Kuitunen, Jarmo. 2014. Toimiva ilmanvaihtojärjestelmä. Verkkoaineisto. Ekokumppanit Oy. <<http://www2.ekokumppanit.fi/tarmo/files/2014/05/kuitunen140407.pdf>> Luettu 9.1.2019.
- 10 Kylmän veden paineenkorotus- ja kastelujärjestelmät. 2018. Verkkoaineisto. Kolmeks Oy. <<http://www.kolmeks.fi/tuotteet/pumput-ja-paineenkorotusasemat/kylman-veden-paineenkorotus-ja-kastelujarjestelmat>> Luettu 9.11.2018.

- 11 LVI-suunnitelmat kohde A. 2016. Optiplan Oy.
- 12 LVI-suunnitelmat kohde B. 2016. Sweco talotekniikka Oy.
- 13 LVI-suunnitelmat kohde C. 2016. Ramboll Finland Oy .
- 14 LVI-suunnitelmat, tavanomainen kohde. 2016. Wise Group Finland Oy.
- 15 Matilainen, Veijo. 2018. Asuinrakennusten ilmanvaihto. Verkkoaineisto. Optiplan Oy. <<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK050306.pdf>> Luettu 12.11.2018.
- 16 Ohje kuiva- ja märkänousujen suunnittelusta ja toteutuksesta. 2015. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki. <http://www.hel.fi/static/liitteet/pela/Ohje_kuiva_ja_markanousujen_suunnittelu_ta_ja_toteutuksesta_29_15PELT.docx> Luettu 9.11.2018.
- 17 Osman, Mohammed. 2014. Keskitetyn ja hajautetun ilmanvaihtojärjestelmän vertailu. Opinnäytetyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 18 Paineenalennusventtiili. 2019. Verkkoaineisto. Oy Sääto Ab. <https://saato.fi/wp-content/uploads/Z-Tide_RDT.pdf> Luettu 9.1.2019.
- 19 Repo, Harri. 2009. Suomi hurrahti kerralla korkeaan rakentamiseen. Verkkoaineisto. Tekniikka & Talous 21.12.2009. <<https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/rakennus/2009-12-21/Suomi-hurrahti-kerralla-korkeaan-rakentamiseen-3283191.html>> Luettu 13.11.2018.
- 20 Savunpoistosuunnitelma kohde B. 2016. Sweco talotekniikka Oy.
- 21 Siikanen, Unto. 2012. Rakennusten lämpö- ja kosteusfysikaalisia näkökohtia. Rakentajain kalenteri 2012, 2. 73-88. Saatavilla: <<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK120401.pdf>> Luettu 12.11.2018.
- 22 Tulkintakortti. 2015. Verkkoaineisto. Pääkaupunkiseudun rakennusvalvonta. <<https://www.pksrava.fi/doc/tulkintakortit/MRL-122e02.pdf>> Luettu 24.10.2018.
- 23 Vakiopaineventtiili. 2016. Verkkoaineisto. Oras Ltd. <<https://www.oras.com/fi/tuotteet/oras/product/4330/>> Luettu 9.1.2019.
- 24 Vähäkoski, Kimmo. 2018. Savunpoiston järjestelyt ja suunnittelu. Verkkoaineisto. Pelastusopisto <https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/koulutus--ja-esitysaineistot/2015/041115_savunpoiston-jarjestelyt.pdf> Luettu 12.11.2018.

- 25 Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistosta 1047/2017. 2017. Rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoja koskevat määräykset uuteen asetukseen. Helsinki: ympäristöministeriö. <[http://www.ymparisto.fi/FI/Ajankohtaista/Rakennusten_vesi_ja_viemarilaitteistoja_\(45503\)](http://www.ymparisto.fi/FI/Ajankohtaista/Rakennusten_vesi_ja_viemarilaitteistoja_(45503))> Luettu 9.11.2018.
- 26 Rakennuksen paloturvallisuus: määräykset ja ohjeet. 2011. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa E1. Helsinki: ympäristöministeriö.