

Aleksi Vanhala

Asuinkerrostalon talotekninen kustannuslaskentatyökalu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

28.5.2018

Tekijä Otsikko	Aleksi Vanhala Asuinkerrostalon talotekninen kustannuslasketatyökalu
Sivumäärä Aika	29 sivua + 3 liitettä 28.5.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI, suunnittelupainotteinen
Ohjaajat	lehtori Katri Onnela LVI-toimialajohtaja Jukka Jäppinen
<p>Tämän insinööriyön tarkoituksena oli selvittää asuinkerrostalon erilaisia taloteknisiä ratkaisuja ja selvittää niiden materiaali- sekä työkustannuksia. Kustannusten pohjalta tuli luoda Microsoft Excel -pohjainen kustannuslaskentatyökalu, jolla voitaisiin kätevästi määrittää uudisasuinkerrostalon LVI-tekniisten ratkaisujen kokonaiskustannusarvio. Tämän lisäksi insinööriyössä tutkitaan laskentatyökalun toimintaa erilaisissa, käsin lasketuissa kohteissa, sekä työkalun hyötyjä ja kehitysmahdollisuuksia LVI-suunnittelun ohjaamisessa.</p> <p>Kustannuslaskentatyökalussa käytetyt kustannustiedot pohjautuvat laskentaosaston suureen tietokantaan, jonka pohjalta työkalulle on selvitetty erilaisia indeksejä ja taloteknisten toteutustapojen keskiarvokustannuksia. Erilaisten LVI-tekniisten ratkaisujen kustannusvaihtokuita on tutkittu vertailemalla yhtä perustaloa ("0-taloa") muihin verrokkitaloihin.</p> <p>Lopputuloksena laskentatyökalusta syntyi tarkka ja nopea ohjelma, jolla voidaan laskea erilaisten asuinkerrostalojen LVI-kustannuksia. Ilmanvaihdon kustannuksien määrittämisessä onnistuttiin lämmityksen, veden ja viemärin osioita paremmin. Laskentatyökalua voidaan kehittää jatkossa ja sen tarkkuutta voidaan parantaa entistä tarkemmaksi. Laskentatyökalua tullaan käyttämään LVI-suunnittelun ohjaamisessa</p>	
Avainsanat	asuinkerrostalo, kustannuslaskenta

Author Title	Aleksi Vanhala Technical building application for apartment house
Number of Pages Date	29 pages 3 x appendices 28 May 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Design
Instructors	Katri Onnela, Lecturer Jukka Jäppinen, HVAC executive manager
<p>The objective of the thesis was to study different HVAC installations, their material and labour expenses in apartment buildings, and create a Microsoft Excel based application to calculate the HVAC expenses for apartment buildings. The accuracy of the Excel application was tested with several hand calculated apartment buildings. The thesis also studied the benefits and developmental potential of the application.</p> <p>All the HVAC expenses used in the application were based on a large database kept by the accounting department. The database was the basis of various indexes and cost effects of the HVAC systems. Expenses of the HVAC installations were studied by comparing apartment buildings to a base building.</p> <p>As a result, an exact and quick application for calculation was created. The application can effectively calculate the HVAC expenses of different apartment buildings. The application worked better for the determination of the costs of ventilation than for the other HVAC sectors. However, the application can be developed to be more exact. The application will be used in the accounting department.</p>	
Keywords	apartment building, cost accounting

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Insinööriyön taustaa	1
1.2	Insinööriyön tavoitteet ja rajaukset	1
2	Erialaisten LVI-tekniiset ratkaisut asuinkerrostaloissa	3
2.1	Lämmitys	3
2.2	Vesi ja viemäri	4
2.3	Ilmanvaihto	5
3	LVI-tekniisten ratkaisujen kustannusarvojen selvittäminen	8
4	Kustannuslaskentatyökalu	10
4.1	Laskentatyökalun luominen	10
4.1.1	Laskuri- taulukko	11
4.1.2	Tulokset ja Tulostus -taulukot	16
4.1.3	Laskenta- taulukko	18
4.2	Laskentatyökalun toiminta	18
4.2.1	Indeksit	20
4.3	Laskentatyökalun tarkkuus	21
4.3.1	Asuinkerrostalokohde 1	21
4.3.2	Asuinkerrostalokohde 2	22
4.3.3	Asuinkerrostalokohde 3	23
4.3.4	Asuinkerrostalokohde 4	24
4.3.5	Asuinkerrostalokohde 5	25
4.3.6	Asuinkerrostalokohde 6	26
4.3.7	Asuinkerrostalokohde 7	27
5	Yhteenveto	28
	Lähteet	29
	Liitteet	
	Liite 1. Laskentatyökalun tuloste	
	Liite 2. Laskentatyökalun tuloste ilman katteita	
	Liite 3. Asuinkerrostalokohteiden kustannusvertailu	

1 Johdanto

1.1 Insinööriyön taustaa

Hankesuunnitteluvaihe ja tarveselvitys ovat oleellisia vaiheita rakennushankkeessa, ja niillä on merkittävä osa luomassa perustaa koko rakennushankkeelle. Hankesuunnitteluvaiheen yksi tärkeimmistä osista on selvittää hankkeen alustavat toteutusvaihtoehdot ja toteutusmahdollisuudet sekä pohtia niiden kannattavuutta.

Suunnittelun ohjaus toimii tärkeänä osana hankesuunnittelua, ja ilman hyvää ohjausta, ei päästäisi tilaajan osoittamiin kustannustavoitteisiin eikä rakentamiselle määrättyihin vaatimuksiin. Talotekniikalla on suuri osuus rakennushankkeen kustannusvaikutuksissa, ja siksi hyvä suunnittelu on rakennuksen onnistumisen kannalta erityisen tärkeää.

Nykypäivänä erilaisia taloteknisiä ratkaisuja asuinkerrostalorakentamisessa on paljon. Erilaisten taloteknisten ratkaisujen lisäksi asuinkerrostalot poikkeavat toisistaan todella paljon myös rakenteellisesti. Asuinkerrostalon erilaisten taloteknisten toteutustapojen kustannusvertailu kohteissa voi olla vaivalloista ja paljon aikaa vievää. Tällä hetkellä ei ole mitään nopeata keinoa selvittää koko rakennuksen LVI-kustannusarviota tietyillä lähtöarvoilla. Assemblin Oy:ssä tätä ongelmaa on pohdittu, ja tämä opinnäytetyöaihe käynnistettiin, jotta saataisiin luotua yritykselle nopea ja tehokas menetelmä määrittämään hankesuunnitteluvaiheessa asuinkerrostalokohteen kustannusarvio erilaisilla LVI-tekniisillä ratkaisuilla.

1.2 Insinööriyön tavoitteet ja rajaukset

Insinööriyön tavoitteena on löytää kustannusvaikutuksia uudisasuinkerrostalojen erilaisille taloteknisille suunnitteluratkaisuille ja luoda niiden pohjalta Microsoft Excel -pohjainen kustannuslaskentatyökalu. Taloteknisten suunnitteluratkaisujen lisäksi tulee selvittää, miten asuinkerrostalon erilaiset rakenteelliset ratkaisut vaikuttavat eri talotekniikan osa-alueiden materiaali- sekä työkustannuksiin.

Laskentatyökalua on tarkoitus käyttää apuna Assemblin Oy:n suunnittelun ohjaamisessa. Insinööriyössä tarkastellaan laskentatyökalun toimintaa sekä sen hyötyjä ja kehitysmahdollisuuksia. Tämän lisäksi tutkitaan seitsemällä valmiiksi lasketulla kohteella,

miten työkalu toimii kustannusarvion määrittämisessä. Lisäksi insinööriyössä selvitetään asuinkerrostaloissa useimmiten käytettävät erilaiset LVI-tekniset ratkaisut ja vertailaan näitä ratkaisuja keskenään.

Kustannuslaskentatyökalu on rajattu asuinkerrostalojen uudisrakentamiseen ja mahdollinen kerrostalon yhteydessä oleva autohalli on jätetty työkalusta pois. Uusiutuvien energiamuotojen käyttö asuinkerrostaloissa, esimerkiksi aurinkopaneelit, on jätetty tästä laskurista myös pois. Mahdollinen rakennusautomaatio on jätetty erittelemättä laskentatyökalussa. Laskentatyökalun ei ole tarkoitus olla monimutkainen ja raskas, vaan sen täytyy olla selkeä ja mahdollisimman helppo käyttää. Työkalu on ensisijaisesti tarkoitettu käytettäväksi asuinkerrostalojen rakentamiseen pääkaupunkiseudulla.

2 Erilaisten LVI-tekniset ratkaisut asuinkerrostaloissa

2.1 Lämmitys

Lämmityksen merkitys rakennuksessa on suuri. Sen päätavoite on ylläpitää rakennuksessa viihtyisät ja terveelliset lämpöolot. Oikea lämpötila esimerkiksi parantaa ilman laatua, nostaa työtehoa ja parantaa vireyttä. Lämmityksellä hoidetaan myös ilmanvaihdon jälki- tai esilämmitys sekä käyttöveden lämmitys. Näin ollen lämmityksellä on keskeinen merkitys rakennuksen sisäilmaston sekä energiatalouden kannalta. [5]

Lähes aina kun kaukolämpöverkko on saatavilla, se valitaan uusien asuinkerrostalojen lämmitysmuodoksi. Kaukolämmitys on yleisin lämmitysmuoto Suomessa, ja sen osuus asuinkerrostalon lämmitysenergian tuottamisessa onkin yli 90 % kaikista lämmitysmuodoista. Kaukolämpöjärjestelmän hyötyjä ovat ympäristöystävällisyys, edulliset liittymiskustannukset ja toimintavarmuus. [8]

Lämmönluovutuksen perusratkaisut asunnoissa ovat vesikiertoinen patteri- tai lattialämmitys. Patterilämmitys on näistä kahdesta lämmönluovutustavasta asuinkerrostalokohdeissa yleisempi [7]. Tämän lisäksi asuntojen kylpyhuoneet varustetaan joko sähköisellä tai vesikiertoisella mukavuuslattialämmityksellä. Kerhot ja liiketilat suunnitellaan yleensä patterilämmityksellä ja saunaosastot lattialämmityksellä.

Patteri- eli radiaattorilämmityksessä lämpö johtuu huonetilaan radiaattorin tai konvektorin välityksellä. Patterit mitoitetaan yleensä ikkunoiden levyisiksi, ja niiden korkeus vaihtelee ikkunapenkin koron mukaan. [8] Patteriverkoston putkistomateriaalina käytetään lähes aina teräsputkea sen halvan hinnan ja helpon työstämisen takia. Lisäksi valinta-perusteena on teräsputken pitkä historia ja luotettavuus.

Vesikiertoinen lattialämmitys on varteen otettava vaihtoehtoratkaisu patterilämmityksen ohella, vaikka se on investointikustannuksiltaan patterilämmitystä hieman kalliimpi. Lattialämmitys toteutetaan asuinkerrostaloissa jakotukkijärjestelmänä. Lattialämmityksen edut patterilämmitykseen verrattuna ovat erityisesti jalan alla koettu lämmöntunne, asunnon ”puhtaampi” ilme ilman radiaattoreita ja äänieristävyys huoneistojen välillä. Äänen eristävyys tekee asunnon lattiassa olevat putket ja niiden tarvitsema eriste sekä lämmitysjärjestelmän nousulinja. Nousulinjaratkaisut ovat erilaiset patteri- ja lattialämmitysmuodoissa. Patterilämmityksessä nousulinjat ovat päällekkäin olevien huoneistojen

kanssa linjassa, kun taas lattialämmityksessä huoneistosta toiseen kulkevat nousulinjat jäävät pois, sillä nousulinja sijaitsee usein kerrostalon rapussa. Tämä ratkaisu ei johda ääntä huoneistosta toiseen. [8]

Lämmityksen lisäksi asuinkerrostaloon voidaan suunnitella jäähdytys. Jäähdytys parantaa asukkaiden tyytyväisyyttä kesäajalla, kun sisälämpötilat saattavat nousta hetkellisesti kuumina kesäpäivinä jopa yli 24 asteen. Asuinkerrostaloissa yleisin tapa toteuttaa jäähdytys on lisätä keskitetyn ilmanvaihdon koneeseen jäähdytyspatteri, joka viilentää tuloilmaa esimerkiksi 18 asteiseksi. Korkeamman laatutason asuinkerrostalokohteissa voidaan käyttää myös huoneistokohtaisia jäähdytyslaitteita, mutta nämä ovat erittäin harvinaisia. Huonelaitteita ovat erilaiset puhallinkonvektorit, induktiolaitteet sekä split-tyyppiset jäähdytyslaitteet. Vain huoneistokohtainen jäähdytys antaa täydelliset mahdollisuudet huonelämpötilojen hallintaan, toisin kuin keskitetyn ilmanvaihdon tuloilman viilennys.

2.2 Vesi ja viemäri

Vesijohtonousujen yleisimpiä toteutustapoja asuinkerrostalokohteissa ovat keskitetty sekä linjakohtainen nousulinja. Keskitetyssä nousulinjaratkaisussa vesijohtorungot nousevat yhteisessä rapussa, josta kerroksittain jaetaan kylmä-, lämmin- sekä kiertovesiputki jokaiseen asuntoon. Linjakohtaisesti tehtynä vesijohtorungot sijaitsevat yleensä kylpyhuoneen hormissa. Yksi linja huolehtii usein päällekkäin olevien huoneistojen käytövesistä.

Asuinkerrostalokohteen vesijohtorunkojen materiaaliksi valitaan joko kupari tai komposiitti. Kupari on näistä kahdesta huomattavasti yleisempi valinta. Syynä kupariputkien suosioon on niiden pitkä historia, jolta on kertynyt pitkän ajan kokemusta ja positiivisia tuloksia. Kupariputkea pidetään myös erittäin luotettavana ja turvallisena, ja se on komposiittiputkea edullisempaa. Vesikalusteiden kytkentäjohtojen materiaalina käytetään usein myös muovia. Tässä tapauksessa muoviputki täytyy olla asennettuna suojaputkeen, jotta mahdollisilta vuotojen vahingoilta vältytään ja muoviputki on helposti vaihdettavissa uuteen. Kerrostalokohteessa voidaan käyttää myös kaikkia kolmea materiaalia sekaisin.

Viemäreiden toteutustavoissa ei ole kovin paljon erilaisia vaihtoehtoja. Ohennettu välipohjalaatta kylpyhuoneissa mahdollistaa vaakavetojen sekä lattiakaivojen sijoittamisen

puristetun laatan päälle valettuun noin 10–15 cm:n syvyiseen betonivaluun. Tässä toteutustavassa vältytään äänieristyksiltä, jotka tarvittaisiin, jos viemärit pudotettaisiin alemman kerroksen kylpyhuoneen alaslaskettuun kattoon. Viemärit voidaan suunnitella muovi-, valurauta tai desibeliviemäreiksi. Näistä kolmesta vaihtoehdosta muoviviemäri on nykyäänä uudisasuinkerrostaloissa yleisin vaihtoehto. Valurautaviemäreitä on vaikeampi käsitellä ja asentaa niiden raskaan painon takia. Tämän lisäksi valurautaviemärit ovat muoviviemäreitä kalliimpia. Valurautaviemäreitä kuitenkin käytetään vielä osassa uusia asuinkerrostaloja niiden parempien ääni- ja paloteknisten ominaisuuksien vuoksi. Desibeliviemärit olisivat hyvä kilpaileva vaihtoehto normaaleiden muoviviemäreiden tilalle, mutta niiden hankintakustannukset ovat paljon kalliimmat. Desibeliviemäreitä käytetään korkeamman laatutason asuinkerrostaloissa, kun halutaan erityistä äänenhallintaa. Toinen syy desibeliviemäriin valitsemiselle voisi olla, jos viemäriin sijoitettaisiin ääniteknisesti haastavammassa tiloissa, kuten makuuhuoneissa. Viemäriin sijoitusta ei kuitenkaan kannata ensisijaisesti suunnitella makuuhuoneisiin lähes missään tilanteessa.

Vesikalusteiden laatu vaikuttaa suuresti taloteknisiin kustannuksiin. Korkean laatutason vesikalusteet voivat olla jopa kaksi kertaa kalliimpia kuin normaalin vuokra-asumiseen tarkoitetun kerrostalon vesikalusteet. Myös WC-istuinten toteuttaminen seinäasenteisina nostaa materiaali- sekä työkustannuksia. Jos kerrostalo päätetään toteuttaa kylpyhuoneelementeillä, tämä vähentää huomattavasti asunnon vesijohtojen sekä vesi- ja viemärikalusteiden kustannuksia talotekniikkaurakassa, koska ne ovat yleensä rakennusurakoitsijan hankkimissa kylpyhuoneissa.

2.3 Ilmanvaihto

Ilmanvaihto on keskeinen LVI-tekniikan osa-alue. Se vaikuttaa huomattavasti rakennuksen energian käyttöön ja sisäilmaston laatuun. Huono sisäilma on merkittävä haitta terveydelle, ja sisäilman epäpuhtaudet aiheuttavat joka vuosi EU:n alueella kahden miljoonan henkilövuoden menetyksen. Henkilövuosien menetystä voitaisiin pienentää merkittävästi parantamalla rakennuksen ilmanvaihtoa. [1]

Kerrostalon asuinhuoneistojen ilmanvaihto voidaan pääasiassa toteuttaa joko hajautettuna tai keskitettynä ilmanvaihtojärjestelmänä. Molemmissa ratkaisussa ilmanjaon periaate on sama, mutta niiden ominaisuuksissa ja rakenteessa on eroavaisuuksia. Hajau-

tettu ilmanvaihto voidaan tämän lisäksi jakaa vielä kahteen erilaiseen ratkaisuun: ulospuhallusilman puhaltamisen rakennuksen seinästä ja ulospuhallusilman puhaltamisen rakennuksen vesikatolta. [4]

Keskitettyssä ilmanvaihdossa kerrostaloasuntojen ilmanvaihdosta huolehtii usein yksi ilmanvaihtokone, joka sijaitsee konehuoneessa tai ullakolla asuntojen yläpuolella. Ilmanvaihtokoneet jaotellaan yleensä portaikkokohtaisesti. Lähes kaikissa uusissa asuinkerrostaloissa ilmanvaihtokoneesta jaetaan ilma jokaiseen asuntoon yhteisillä kookooja kanavilla. Toinen vaihtoehto on jakaa ilma huonekohtaisin erilliskanavin. Etuina keskitettyssä ilmanvaihdossa on muun muassa se, että kaikkien asuntojen ilmanvaihdosta vastaa vain yksi kone. Tämän seurauksena tarvitsee huoltokäynnin aikana huoltohenkilökunnan käydä vain konehuoneessa katsomassa IV-konetta, eikä tällöin talon asukkaita tarvitse häiritä. Keskitetty ilmanvaihtoratkaisu toimii hyvin vuokrakerrostalo-kohteissa. [4] Lisäksi keskitettyssä IV-koneessa ovat puhaltimien ja lämmöntalteenoton hyötysuhteet yleensä paremmat kuin asuntokohtaisissa IV-koneissa.

Keskitettyssä ilmanvaihdossa palopeltien määrä voi vaihdella ilmanvaihdon suunnitteluratkaisusta johtuen ja tällä on merkittävä vaikutus investointikustannuksiin. Käyttämällä tulo- ja poistoventtiileitä savukaasuja rajoittavina kuristimina, eli käytetään nousukanavaa palonrajoittimena, vältetään palopelleiltä huoneistoon roiloista tulevissa kanavissa. Edeltävässä ratkaisussa täytyy tulo- ja poistoilmaventtiilien olla Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E7 asettamien vaatimusten osalta hyväksytyt, jotta niitä voidaan käyttää savunrajoittimina asuinkerrostaloissa. [4]

Lisäkustannuksia keskitettyyn ilmanvaihtoon tuo lisäksi tuloilman viilennys sekä tarpeenmukainen ilmanvaihto. Nämä kaksi ratkaisua, erityisesti tuloilman viilennys, eivät kuitenkaan ole kovin yleisiä asuinkerrostalorakentamisessa. Asuntojen sisälämpötilan alentaminen onnistuu kesähelteillä ilmanvaihtokoneeseen asennettavalla jäähdytyspatterilla. Jäähdytyspatterilla saadaan tuloilmaan vain pieni viilennysteho, sillä liian suurella tuloilman viilennyksellä saadaan aikaan vedon tunnetta. Lisäksi ilmanvaihtokanavisto täytyy ympäröidä lämpöeristyksen lisäksi solukumilla, sillä viileään kanaviston ulkopintaan ei saa tiivistyä kosteutta, eli suojaudutaan kondensointia vastaan. [6] Ilman auringonsuojausta tuloilman jäähdytys on kuitenkin melko turha.

Tarpeenmukaisessa ilmanvaihtoratkaisussa tuloilmakanavaan lisätään ilmamääräsäädin, joka säätyy asuinhuoneiston kuorman mukaan. Tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla

säästetään energiaa ja käyttökustannuksia, mutta investointikustannukset ovat normaalia sääätöpelitratkaisua huomattavasti kalliimmat. Energiatehokkuuteen ja investointikustannuksiin vaikuttaa ilmanvaihdon suunnittelussa valtavasti myös kanavien ja IV-koneen koko. Jos mitoitetaan kanavakoot ja IV-kone hieman väljiksi, päädytään alhaisempaan SFP-lukuun ja näin ollen saadaan energiatehokkaampi järjestelmä. [4] Materiaali- ja työ- kustannusten kannalta ylimitoittaminen on kuitenkin aina kalliimpaa.

Hajautetussa eli asuntokohtaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä jokainen asuinhuoneisto varustetaan omalla ilmanvaihtokoneella, joka sijaitsee usein WC-tilassa, kylpyhuoneessa tai eteistilan katossa. Ne kaikki ovat tiloja, joissa asukkaita ei häiritä ilmanvaihtokoneesta aiheutuvalla pienellä melulla. Myös kondenssiveden poistamisen vuoksi kylpyhuone tai WC on hyvä sijainti. Ilmanvaihtokoneita on paljon erimittaisia eri tarkoituksiin. On ilmanvaihtokoneita, joita voi sijoittaa alakaton yläpuolelle, ja koneita, joita voi sijoittaa pesutornin päälle. Tämän lisäksi on myös koneita, jotka mahtuvat hyvin esimerkiksi WC-istuimen yläpuolelle. Hajautetun ilmanvaihdon ilmanvaihtokoneen ulkoilma otetaan asunnon ulkoseinältä ja ulospuhallusilma johdetaan joko kerrostalon vesikatolle tai se puhalletaan ulos asuinhuoneiston ulkoseinästä. [4] Hankkeet, joiden rakennuslupaa haetaan vuoden 2018 alun jälkeen, voivat käyttää uutta sisäilmaston ja ilmanvaihdon opasta. Uudessa oppaassa sallitaan asuinhuoneiston ilmanvaihdon ulospuhallusilman puhaltaminen asunnon ulkoseinästä tietyn edellytyksin, kun taas vanhassa Suomen rakentamisenmääräyskokoelman osana, se on sallittu vain erityistilanteissa. [2;3.]

Tulevaisuuden asuinkerrostalorakentamisessa tullaan todennäköisesti näkemään enemmän hajautettua ilmanvaihtoa, jos ehdotus ulospuhallusilman puhaltamisesta asunnon ulkoseinästä menee lopullisesti läpi ja kohteita, joissa jäteilmän ulospuhallusta seinästä on käytetty, valmistuu. Tämä toteutustapa vanhaan toteutustapaan nähden olisi taloteknisesti kuitenkin lähes saman hintaista toteuttaa kuin ulospuhallus vesikatolta. Muissa osa-alueissa etuja kuitenkin saataisiin jäteilmän puhaltamisesta asunnon seinästä. Säästyttäisiin esimerkiksi hormien tekemiseltä ja säästettäisiin huoneistoneliöitä asunnoissa.

3 LVI-tekniisten ratkaisujen kustannusarvojen selvittäminen

0-talo ja verrokkitalot

Suurin osa LVI-tekniisten ratkaisujen materiaali- sekä työkustannuksista tullaan selvittämään Assemblin Oy:n laskentaosaston suuresta tietokannasta. Toinen tapa on laskea suoraan jostakin suunnitteluratkaisusta aiheutuvat kustannukset. Ensimmäinen vaihe kustannuslaskurin luomisessa on löytää sellainen asuinkerrostalo, joka olisi mahdollisimman lähellä keskiarvoa kaikista Assemblin Oy:n asuinkerrostalohankkeista. Tästä peruskerrostalosta käytetään insinööriyössä nimitystä ”0-talo”. 0-talon on tarkoitus olla kerrostalo, joka sisältää yleisimmin käytettyä LVI-tekniikkaa ja -toteutuksia asuinkerrostalohankkeissa. 0-talon täytyy olla talotekniisten ratkaisujen lisäksi myös rakenteellisesti lähellä asuinkerrostalohankkeiden keskiarvoa. Tämän lisäksi helpointa laskemisen ja LVI-kustannusten erittelyn kannalta olisi, jos 0-talo ei sisältäisi pesuloita, kerhotiloja eikä saunaosastoja. 0-talosta eriteltyt LVI-kustannukset toimivat monen laskurin osa-alueen lähtötietoina. Ideaali 0-talo Assemblin Oy:n laskentatietokannan mukaan olisi taulukon 1 mukainen.

Taulukko 1. 0-talon ideaalit talotekniset ja rakennustekniset ratkaisut Assemblin Oy:n laskentatietokannan mukaan.

Ideaali 0-talo
<p>Perustiedot:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Asuntojen lukumäärä n. 45–55 kpl - Asuntojen keskipinta-ala n. 50 m² - Huoneistoala n. 2000–2500 m² - Portaiden lukumäärä 1 kpl - LVI-kustannukset noin 150 e/m² - Asunnot eivät sisällä erillis-WC:itä - Asunnot eivät sisällä saunoja - Rakennuksessa ei saunaosastoja - Rakennuksessa ei kerhotiloja - Rakennuksessa ei pesuloita - Rakennuksessa ei kylpyhuone-elementtejä
<p>Vesi, viemäri ja lämmitys:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Patterilämmitys - Kylpyhuoneissa sähköinen lattialämmitys - Vesinousut Elpo-hormeissa porrashuoneissa - Ei Desibeliviemäreitä - Ei seinä-WC:itä
<p>Ilmanvaihto:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Keskitetty ilmanvaihto - Ei keskitettyä viilennystä - Ei tarpeenmukaista ilmanvaihtoa

Listamalla ja analysoimalla erilaisia asuinkerrostalohankkeita Assemblin Oy:n laskentatietokannasta löytyi muutama kohde, jotka olivat mahdollisimman lähellä ideaalin 0-talon rakennus- sekä taloteknisiä vaatimuksia. 0-taloksi valittiin Vantaalla sijaitseva seitsemänkerroksinen ja kaksiportainen kerrostalo, joka koostuu 49 asunnosta. Tämän kohteen huoneistoneliöt olivat noin 2 700 m², joten asuntojen keskipinta-ala on noin 55 m². Talo- ja rakennusteknisten suunnitteluratkaisujen mukaan tämä kohde on erittäin lähellä ideaalin 0-talon vaatimuksia.

Verrokkitaloiksi oli tarkoitus löytää Assemblin Oy:n laskentatietokannasta asuinkerrostaloja, joissa olisi 0-talosta poikkeavia LVI-tekniisiä ratkaisuja. Erilaisten LVI-tekniisten ratkaisujen materiaali- sekä työkustannuksia saatiin vertailemalla 0-talon sekä verrokkitalojen laskentatietoja toisiinsa. Tällä tavalla saatiin laskentatyökaluun erilaisille suunnitteluratkaisuille luotua indeksit, jotka toimivat kertoimina laskentatyökalun laskennassa.

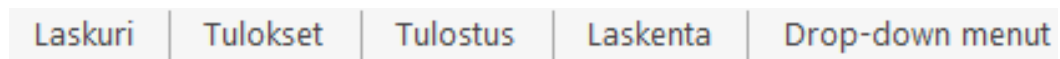
4 Kustannuslaskentatyökalu

4.1 Laskentatyökalun luominen

Laskentatyökalun pohjana toimii Microsoft Excel. Ohjelman valintaperusteena oli sen helppo muokattavuus ja jo aiempi kokemukseni kyseisestä ohjelmasta. Työkalusta oli tehtävä mahdollisimman käyttäjäystävällinen ja selkeä, jota käyttäjä pystyisi käyttämään ilman erillistä ohjekirjaa, pienellä ohjeistuksella. Mitä selkeämpi laskentatyökalu on, sitä nopeampi sitä on käyttää. Valitsin Excelin työkirjan väreiksi Assemblin Oy:n teemaan sopivat värit ja fontiksi päätyi suhteellisen helppolukuinen ja yksinkertainen Calibri.

Työkaluun on tarkoitus lisätä hankesuunnitteluvaiheessa kustannusarvion kannalta oleellisia asioita. Pienet ratkaisut, jotka eivät vaikuta lopulliseen kustannusarvioon, jätetään työkalusta pois. Toisin sanoen täytyy löytää ne LVI-suunnitteluratkaisut, jotka vaikuttavat asuinkerrostalon työ- sekä materiaalikustannuksiin kaikista eniten. Suurin osa materiaali- sekä työkustannuksista saatiin laskentatyökaluun 0-talon taloteknisistä kustannuslaskelmista.

Excelissä on viisi eri taulukkoa: laskuri, tulokset, tulostus, laskenta ja drop-down-menut (kuva 1).



Kuva 1. Kustannuslaskurin viisi taulukkoa

Laskuri-tilukko on laskentatyökalun pääsivu. Se sisältää kaikki laskemiseen syötettävät tiedot ja laskennan tulokset. Tulokset-tilukossa on tarkemmin jaoteltuja tietoja asuinkerrostalon materiaali- sekä työkustannuksista. Tulostus-tilukko kerää Laskuri-tilukkoon syötettäviä arvoja sekä valintoja ja kokoaa niitä tulostettavampaan ja selkeämpään muotoon. Laskenta-tilukossa tapahtuu koko laskentatyökalun laskenta. Laskenta-tilukkoa en tule näyttämään tässä opinnäytetyössä, sillä se on sovittu salassa pidettäväksi ja sisältää Assemblin Oy:lle kuuluvia kustannustietoja. Viimeisessä tilukossa on vain laskurin drop-down-valintojen toimivuuden kannalta kirjattuja tietoja.

4.1.1 Laskuri-taulukko

Laskurin Laskuri-taulukon ensimmäisessä osiossa (kuva 2) kysytään kohteen perustietoja. Kohteen perustiedot ovat kustannuslaskurin ydin. Perustiedot toimivat erilaisten LVI-kustannusratkaisujen pääasiallisina kertoimina. Täytettäviä perustietoja ovat: asuntojen lukumäärä, huoneistoala, portaiden lukumäärä, asuntojen erillis WC:t, asuntojen saunat, saunaosastot, kerho/liiketilat 1–60 m², kerho/liiketilat 60< m² ja pesulat. Asuntojen keskipinta-alan laskentatyökalu laskee jakamalla syötetyn huoneistoalan asuntojen lukumäärällä.

LVI-kustannuslaskentatyökalu		
Uudisasuinkerrostalo		
Kohteen perustiedot		
Asuntojen lukumäärä	=	<input type="text" value="0"/> kpl
Huoneistoala	=	<input type="text" value="0"/> m ²
Asuntojen keskipinta-ala	=	<input type="text" value="-"/> m ²
Portaiden lukumäärä	=	<input type="text" value="0"/> kpl
Asuntojen saunat	=	<input type="text" value="0"/> kpl
Asuntojen erillis WC:t	=	<input type="text" value="0"/> kpl
Saunaosastot	=	<input type="text" value="0"/> kpl
Kerho/liiketilat 1 - 60 m ²	=	<input type="text" value="0"/> kpl
Kerho/liiketilat 60< m ²	=	<input type="text" value="0"/> kpl
Pesulat	=	<input type="text" value="0"/> kpl

Kuva 2. Näkymä laskentatyökalun laskuri-taulukosta kohteen perustiedoista, johon käyttäjä syöttää kerrostalon lähtötiedot.

Edellä mainittujen kohtien lisäksi kohteen perustiedoissa kysytään, onko kohteeseen suunniteltu käytettäväksi kylpyhuone-elementtiä (kuva 3). Jos käyttäjä valitsee kylpyhuone-elementit osaksi kerrostaloa, aukeaa laskurissa lisävaihtoehto äänenvaimentimien sijainnin muuttamiselle (kuva 4). Tämän lisäksi laskuri sulkee pois asuntojen saunojen lisäämisen mahdollisuuden.

Kylpyhuone-elementit	=	<input type="text" value="Ei"/>
----------------------	---	---------------------------------

Kuva 3. Näkymä laskentatyökalussa, kun käyttäjä on valinnut, että kohteessa ei ole kylpyhuone-elementtejä.

Kylpyhuone-elementit	=	<input type="text" value="Kyllä"/>
ÄV:t kylpyhuoneissa	=	<input type="text" value="Kyllä"/>

Kuva 4. Näkymä laskentatyökalussa, kun käyttäjä on valinnut kohteeseen käytettäväksi kylpyhuone-elementit.

Perustietojen jälkeen laskentatyökalussa kysytään kerrostalon lämmitykseen sekä veden ja viemäriin liittyviä LVI-suunnitteluratkaisuja (kuva 5).

Lämmitys, vesi ja viemäri		
Lämmönjakomuoto	=	<input type="text" value="Patterilämmitys"/>
Asuntojen patterityyppi	=	<input type="text" value="Tavanomainen"/>
Kylpyhuoneen lattialämmitys	=	<input type="text" value="Sähkö"/>
Vesijohtonousut Elpo-hormeissa	=	<input type="text" value="Kyllä"/>
Vesijohtonousujen sijainti	=	<input type="text" value="Asunnoittain"/>
Vesijohtojen materiaali	=	<input type="text" value="Kupari"/>
Desibeliviemärit	=	<input type="text" value="Ei"/>
Vesimittarit	=	<input type="text" value="Paikalla luettava"/>
Vesikalusteet	=	<input type="text" value="Tavanomainen"/>
Seinä WC	=	<input type="text" value="Ei"/>

Kuva 5. Näkymä laskentatyökalun lämmitys, vesi ja viemäri -osiosta, johon käyttäjä täyttää näiden osa-alueiden LVI-suunnitteluratkaisut.

Lämmitys, vesi ja viemäri -otsikon alta löytyvät kustannusvaikutuksiltaan merkittävimmät LV-tekniset ratkaisut. Lämmönjakomuoto-valinnan alta löytyvät patterilämmitys ja lattialämmitys. Käyttäjän valitessa lattialämmityksen, sulkee tämä Asuntojen patterityyppi -valinnan pois (kuva 6). Asuntojen patterityyppi -valinnan alta voi valita patterityypeiksi

joko tavanomaiset tai korkean laatutason radiaattorit. Kylpyhuoneen lattialämmitys -valinnasta saadaan valittua joko sähköllä toimiva tai vesikiertoinen lattialämmitys.

Seuraavaksi on valittavissa, sijaitsevatko vesijohtonousut Elpo-hormeissa vai eivät, ja sen, ovatko nousut porrashuoneissa vai asunnoissa. Vesijohtorunkojen materiaaliksi on valittavissa kupari tai komposiitti. Seuraavana kysytään, käytetäänkö kohteessa desibeliviemäreitä ja onko kerrostalon asunnoissa vesimittarit. Vesimittarit voidaan valita joko paikalla luettaviksi, etäluettaviksi tai niin, että ne eivät sisälly kerrostaloon tai LVI-urakkaan ollenkaan. Vesikalusteet-valinnan alta avautuu kalusteille kolme erilaista laatutasoa: vuokra, tavanomainen ja korkea laatutaso. Tämän jälkeen kysytään, käytetäänkö kylpyhuoneissa seinä-WC:itä. Käyttäjä ei voi vaihtaa vesikalusteiden laatutasoa tai mahdollista seinä-WC:itä, jos laskurista on aiemmin valittu kylpyhuone-elementti käytettäväksi (kuva 6).

Lämmitys, vesi ja viemäri	
Lämmönjakomuoto	= Lattialämmitys
Kylpyhuoneen lattialämmitys	= Vesikierto
Vesijohtonousut Elpo-hormeissa	= Kyllä
Vesijohtonousujen sijainti	= Asunnoittain
Vesijohtojen materiaali	= Komposiitti
Desibeliviemärit	= Kyllä
Vesimittarit	= Etäluettava

Kuva 6. Näkymä laskentatyökalussa, kun on valittuna kylpyhuone-elementit ja lämmönjakomuodoksi lattialämmitys.

Kerrostalon lämmityksen sekä veden ja viemärin jälkeen tulee ilmanvaihdon osio. Ilmanvaihto otsikon alla ensimmäinen kysymys koskee rakennuksen ilmanjakotapaa, josta voi valita joko keskitetyn ilmanvaihdon (kuva 7) tai hajautetun ilmanvaihdon (kuva 8).

Ilmanvaihto

Ilmanjakotapa	=	Keskitetty
Liesikuvun tyyppi	=	esimerkki liesikupu
Liesikuvun kustannukset	=	300 €
Keskitettyjen koneiden lukumäärä	=	1 kpl
Keskitetty viilennys	=	Ei
Tarpeenmukainen ilmanvaihto	=	Ei
Huoneistokohtaiset palopellit	=	Kyllä

Kuva 7. Näkymä laskentatyökalussa, johon käyttäjä syöttää ilmanvaihtoon liittyvät suunnitteluratkaisut. Kuvassa on valittuna keskitetty ilmanvaihto.

Ilmanvaihto

Ilmanjakotapa	=	Hajautettu
Ilmanvaihtokoneen tyyppi	=	esimerkki iv-kone
Ilmanvaihtokoneen kustannukset	=	1 800 €
Seinäpuhallus	=	Ei
Liesikuvun tyyppi	=	esimerkki liesikupu
Liesikuvun kustannukset	=	300 €

Kuva 8. Näkymä laskentatyökalusta, kun ilmanjakotavaksi on valittuna hajautettu ilmanvaihto.

Kuten kuvasta 7 voi nähdä, sulkee laskuri Ilmanvaihtokoneen tyyppi- ja ilmanvaihtokoneen kustannukset -vaihtoehdot pois, jos käyttäjä on valinnut keskitetyn ilmanvaihdon. Seuraavana, jos hajautettu ilmanvaihto on valittuna (kuva 8), on käyttäjän mahdollista kirjoittaa ilmanvaihtokoneen tyyppi. Tämä kohta ei sinänsä vaikuta laskurin toimintaan, mutta tyyppi tulee mahdolliseen tulostukseen näkyviin ja varsinaista laskelmaa on helpompi tarkastella (liite 1). Ilmanvaihtokoneen kustannuksiin syötetään asuntokohtaisen ilmanvaihtokoneen materiaalikustannukset. Mahdollinen jäteilman puhaltaminen raken-

nuksen seinästä valitaan kohdasta "Seinäpuhallus". Liesikuvun tyyppi toimii samaan tapaan kuin edellä mainittu ilmanvaihtokoneen tyyppi. Liesikuvun kustannuksiin syötetään asunnon liesikuvun materiaalikustannukset. Tähän loppuvat ilmanvaihdon eri suunnitteluratkaisut, jos valittuna on hajautettu ilmanvaihto. Jos käyttäjä on valinnut keskitetyn ilmanvaihdon (kuva 8), on valittavissa vielä, kuinka monta ilmanvaihtokonetta kerrostalokohteessa on, onko järjestelmässä keskitetty viilennys ja onko järjestelmä toteutettu tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla ja suunnitellaanko asuntoihin käytettäväksi palopeltejä.

Neljäs ja viimeinen käyttäjän täytettävä osio Laskuri-työkalussa on käsihinnoittelu (kuva 9). Käsihinnoittelussa käyttäjä voi syöttää enintään kuusi LVI-tekniistä kustannusta, jotka eivät muuten ole valittavissa laskurissa. Tällä osiolla on luotu laskurista hieman monikäyttöisempi. Käsihinnoitteluun voidaan syöttää esimerkiksi mahdollisen autohallin tai kerrostalojen välisten putkien kustannukset. Laskentatyökalu lisää käsihinnoitteluun syötetyt kustannukset lopulliseen LVI-kustannusarvioon.

Käsihinnoittelu	
Käsihinnoittelu 1 nimi	= <input type="text"/>
Käsihinnoittelu 1 kustannukset	= <input type="text"/>
Käsihinnoittelu 2 nimi	= <input type="text"/>
Käsihinnoittelu 2 kustannukset	= <input type="text"/>
Käsihinnoittelu 3 nimi	= <input type="text"/>
Käsihinnoittelu 3 kustannukset	= <input type="text"/>
Käsihinnoittelu 4 nimi	= <input type="text"/>
Käsihinnoittelu 4 kustannukset	= <input type="text"/>
Käsihinnoittelu 5 nimi	= <input type="text"/>
Käsihinnoittelu 5 kustannukset	= <input type="text"/>
Käsihinnoittelu 6 nimi	= <input type="text"/>
Käsihinnoittelu 6 kustannukset	= <input type="text"/>

Kuva 9. Näkymä lasketutyökalun käsihinnoittelusta, johon käyttäjä voi syöttää kerrostalon poikkeavia LVI-kustannuksia.

Viimeisenä Laskuri-tilauksessa on kohta Laskennan tulokset (kuva 10). Laskennan tuloksissa on nähtävissä tarjoushinta sekä eurot huoneistoneliötä ja asuntoja kohti. Eurot huoneistoneliötä kohden on laskettu jakamalla tarjoushinta huoneistoneliöllä ja eurot asuntoja kohden on laskettu jakamalla tarjoushinta asuntojen lukumäärällä. Käyttäjä voi piilottaa Laskennan tulokset kokonaan näkyvistä tästä taulukosta erillisellä valinnalla.

Laskennan tulokset	
Asuinkerrostalon kustannusarvio	
Tarjoushinta	= 537 000 €
€/hm ²	= 202 €
€/asunto	= 11 930 €

Kuva 10. Näkymä laskentatyökalun Laskennan tulokset -osiosta. Kustannukset ovat satunnaisesta kohteesta.

4.1.2 Tulokset ja Tulostus -taulukot

Asuinkerrostalokohteen tarkemmat kustannustiedot löytyvät Laskurin tulokset -taulukosta (kuva 11). Tarkempien tulosten lisäksi tässä taulukossa käyttäjä pystyy syöttämään muille kustannuksille ja katteelle prosenttiosuudet. LVI-kustannusarviossa muiden kustannusten osuus on asuinkerrostaloissa yleensä noin 7–10 prosenttia. Muiden kustannusten osuus otetaan lopullisista taloteknisistä materiaali- sekä työkustannuksista ja tämän jälkeen kaikkien kustannusten päälle lisätään kate. Muut kustannukset koostuvat esimerkiksi projektin hoitamisesta aiheutuvista kuluista, matkakustannuksista, suunnittelun ohjauksesta, rahdeista, siivoamisesta, nostoista ja haalauksista sekä telineistä ja tarkastuksista.

Laskennan tulokset			
Muut kustannukset %	=	10 %	
Kate %	=	15 %	
Kustannukset yhteensä		424 219 €	
Muut kustannukset		42 422 €	
Kaikki kustannukset yht.		466 640 €	
€/hm ²		176 €	
€/asunto		10 370 €	
Tarjoushinta (sis. katteen)		536 637 €	
IV yht. (ilman käsihinnoittelua)		153 698 €	
IV tarjoushinta (ilman kh)		194 427 €	
Putki yht. (ilman käsihinnoittelua)		270 521 €	
Putki tarjoushinta (ilman kh)		342 209 €	
Kustannukset järjestelmittain ilman katteita			
	Yhteensä	€/hm ²	€/asunto
Lämmitys	111 758 €	42 €	2 484 €
Vesijohdot	54 965 €	21 €	1 221 €
Viemärit	27 270 €	10 €	606 €
V&V kalusteet	43 267 €	16 €	961 €
Ilmanvaihto	153 698 €	58 €	3 416 €
Kustannukset järjestelmittain			
	Yhteensä	€/hm ²	€/asunto
Lämmitys	128 522 €	48 €	2 856 €
Vesijohdot	63 209 €	24 €	1 405 €
Viemärit	31 361 €	12 €	697 €
V&V kalusteet	49 757 €	19 €	1 106 €
Ilmanvaihto	176 752 €	67 €	3 928 €

Kuva 11. Näkymä Laskentatyökalun Tulokset -taulukosta. Kustannukset ovat satunnaisesta kohteesta.

Tuloste-tilukossa on esitetty pelkistetympänä tilukkona laskuriin syötetyt tiedot ja LVI-kustannusarviot. Tulosteessa voidaan syöttää halutessa myös lasketulle asuinkerrostalokohteelle nimi. Käyttäjän on mahdollista tulostaa kustannuslaskelmista kaksi erilaista A4:n pituista raporttia. Toisessa tulosteessa on näkyvissä katteet, muut kustannukset ja kaikki LVI-kustannukset järjestelmiin jaoteltuina (liite 1) ja toisessa tulosteessa vain tarjoushinta (liite 2).

4.1.3 Laskenta-tilukko

Laskenta-tilukkoon on luotu kustannuslaskurissa tapahtuva laskeminen. Tilukosta on tehty mahdollisimman selkeä, jotta käyttäjä voi muuttaa tulevaisuudessa erilaisten suunnitteluratkaisujen materiaali- sekä työkustannuksia. Jokaisen talotekniikan osa-alueen kustannuslaskut ovat eriteltyinä omiin osioihinsa, jotta kustannusvaikutukset ovat löydettävissä nopeasti. Opinnäytetyössä ei tulla näyttämään yhtäkään kuvaa laskenta-tilukosta, sillä se sisältää yrityksen sisäisiä laskelmatietoja.

Viimeinen drop-down menu -tilukko sisältää kustannuslaskurin valintojen toiminnan kannalta tarpeellista tietoa.

4.2 Laskentatyökalun toiminta

Laskentatyökalussa suurin osa asuinkerrostalon materiaali- sekä työkustannuksista on sidottuja asuntojen lukumäärään (tilukko 2). Asuntojen keskipinta-ala ja portaiden lukumäärä toimivat laskentojen lisäkertoimina.

Taulukko 2. Asuntojen lukumäärän vaikutus kustannuslaskentatyökalussa.

Asuntojen lukumäärän vaikutus LVI-kustannuksiin
<p>Lämmitys</p> <ul style="list-style-type: none"> - Koko rakennuksen lämpöputket ja niiden vaatimat eristykset - Koko rakennuksen radiaattorit tai lattialämmitys - Lämmönjakohuone
<p>Vesi ja viemäri</p> <ul style="list-style-type: none"> - Koko rakennuksen vesijohdot ja niiden vaatimat eristykset - Koko rakennuksen vesikalusteet - Mahdolliset vesimittarit - Koko rakennuksen jäte ja sadevesiviemärit - Työaikaiset vesipisteet - Mittaus- ja säätötyöt
<p>Ilmanvaihto</p> <ul style="list-style-type: none"> - Koko rakennuksen kanavat ja niiden vaatimat eristykset - Koko rakennuksen säätöpellit - Koko rakennuksen venttiilit ja hajoittajat - Kattolaatikot - Äänenvaimentimet - Liesikuvut - Mahdolliset ilmamääränsäätimet - Konehuone - IV-kone - Mahdollinen keskitetty viilennys

Asuntojen lukumäärään on jouduttu sitomaan monia LVI-tekniikan osa-alueita, vaikka pelkästään asuntojen lukumäärä ei niihin vaikuta. Esimerkiksi ilmanvaihdon osalta asuntojen lukumäärään on sidottu asuntojen ilmanvaihtotekniikan lisäksi myös kellarikerroksen äänenvaimentimet, säätöpellit, palopellit, päätelaitteet sekä kanavat ja niiden eristykset. Kellarikerros on jokaisessa asuinkerrostalokohteessa niin yksilöllinen, että sen tarkka määrittäminen kustannuslaskuriin olisi ollut erittäin hankalaa.

Laskentatyökalussa asuntojen keskipinta-alalla on vaikutus lämmityksen ja ilmanvaihdon osa-alueisiin. Lämmityksen osalta asuntojen keskipinta-alan suuruus vaikuttaa asuntojen lämpöhäviöihin, ja sitä kautta se lisää lämmitystehon tarvetta, joka taas kasvattaa radiaattoreiden sekä lämpöputkinousujen määrän ja koon kautta taloteknisiä kus-

tannuksia. Lattialämmityksen osalta jokainen huoneistoneliö lisää lämmityksen kustannuksia. Ilmanvaihdon osalta asuntojen keskipinta-alan suuruus vaikuttaa kanavien, päätelaitteiden ja palopeltien kustannuksiin.

Portaiden lukumäärän muuttaminen laskentatyökalussa vaikuttaa suurimmilta osin kellarikerroksessa tehtäviin vesi- sekä lämpöjohtorunkoihin. Näiden lisäksi portaiden lukumäärään on sidottu kerrostalon alapohjan alla olevat viemärit. Ilmanvaihdon osalta portaiden lukumäärään on huomioitu vesikaton kasvava pinta-ala, joka taas vaikuttaa ilmanvaihdon kustannuksiin.

Asuntojen mahdollisia erillis-WC:itä ja saunoja sekä pesuloita, kerhotiloja ja saunaosastoja ei ole sidottu mihinkään muuhun kuin niiden omiin osioihinsa laskurissa. Nämä kaikki lisäävät vaatimansa LVI-tekniset kustannukset lopullisten kustannusten päälle. Pesuloiden, kerho- sekä liiketilojen ja saunaosastojen kustannuksiin on kaikkiin lisätty niiden tarvitsemat ilmanvaihtokoneet, kanavat ja niiden osat, päätelaitteet, äänenvaimentimet, lämpöputket, radiaattorit, vesiputket, viemärit sekä vesi- ja viemärikalusteet. Asuntojen erillis-WC:t lisäävät kustannuslaskelmiin WC-istuimen ja lavuaarin sekä niiden vaatimat vesiputket ja viemärit. Tämän lisäksi erillis-WC:t lisäävät ilmanvaihdon kustannuksiin päätelaitteen sekä sen tarvitseman kanavamäärän. Asuntojen saunoilla ei ole niin suurta vaikutusta rakennuksen taloteknisiin kustannuksiin. Yksi sauna lisää kustannuksiin muutama päätelaitetta, kuivakaivon ja hieman viemäriä sekä kanavaa.

4.2.1 Indeksit

Erilaisten LVI-teknisten ratkaisujen kustannusvaikutuksia on toteutettu indeksien avulla. 0-talon pohjalta tehtyjen perusratkaisujen indeksinä on 1, ja muiden perusratkaisuista poikkeavien ratkaisujen indeksi poikkeaa tästä. Esimerkiksi muoviviemäreiden indeksi on 1 ja desibeliviemäreiden indeksi 1,5. Esimerkissä desibeliviemäriin kerroin 1,5 kertoo viemäreiden materiaalikustannukset 1,5:llä. Erilaisten LVI-teknisten ratkaisujen kustannukset voivat muuttua paljon vuosien mittaan. Tästä syystä indeksit ovat kustannuslaskentatyökalussa listattuna omana alueenaan Laskenta-työkalussa, jossa käyttäjä voi helposti muuttaa niitä tarpeen mukaan.

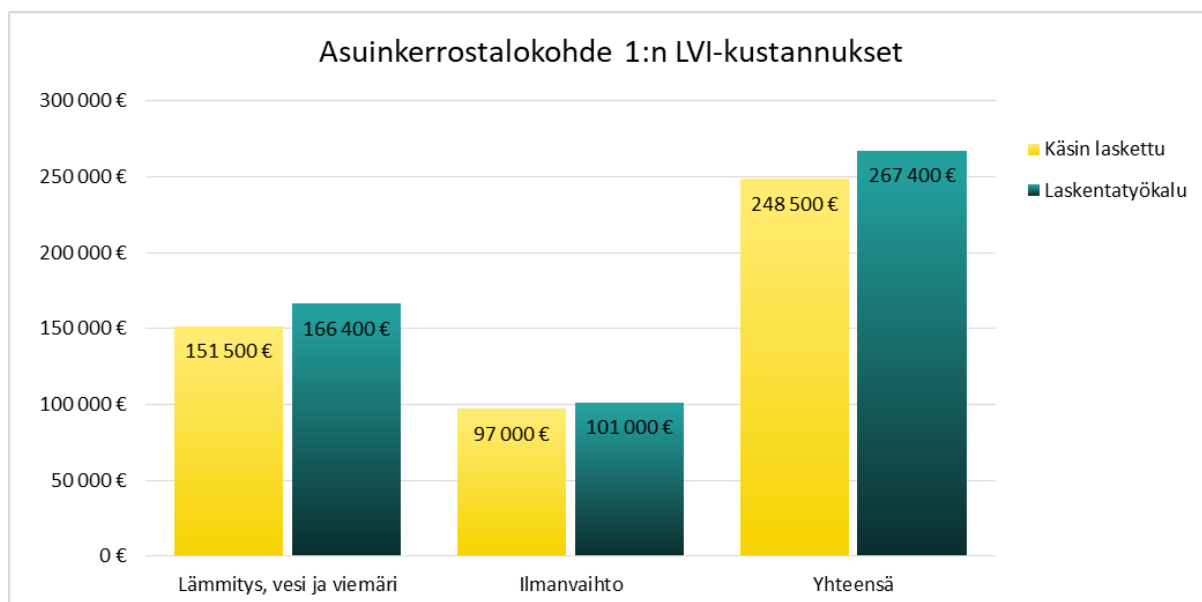
Koko asuinkerrostalon taloteknisille materiaali- ja työkustannuksille on annettu myös laskentatyökalussa indeksit. Näitä indeksejä voidaan tulevaisuudessa muuttaa, jos työn tai materiaalin kustannukset nousevat tai laskevat.

4.3 Laskentatyökalun tarkkuus

Laskentatyökalun lopullinen tarkkuus selvitettiin laskemalla monia pääkaupunkiseudulle suunniteltuja, käsin laskettuja asuinkerrostalokohteita. Tämän jälkeen vertailtiin käsin laskettuja ja laskentatyökalulla laskettuja kohteita toisiinsa. Opinnäytetyöhön valittiin seitsemän toisistaan eroavaa kohdetta lopulliseen tarkasteluun. Vertailussa tarkasteltiin ilmanvaihdon, lämmityksen sekä veden ja viemärin materiaali- sekä työkustannuksia. Tarkastelujen yhteenvetoa voi tarkastella liitteestä 3. Kaikki tarkastelussa käytettävät asuinkerrostalokohteet on sovittu salassa pidettäviksi.

4.3.1 Asuinkerrostalokohde 1

Ensimmäisessä kohteessa on 57 asuntoa ja yksi portaikko. Asuntojen keskipinta-ala on noin 40 m². Kerrostalossa on kaksi saunaosastoa ja asuntojen kylpyhuoneet on toteutettu kylpyhuone-elementeillä. Vesijohtonousut ovat asunnoittain, ja lämmönjako on toteutettu rakennuksessa patterilämmityksellä ja kylpyhuoneissa sähköisellä lattialämmityksellä. Ilmanjakomuotona on hajautettu ilmanvaihto, mutta tässä kohteessa huoneistokohtaiset ilmanvaihtokoneet eivät kuuluneet LVI-urakkaan. Jäteilma puhalletaan kohteessa asuntojen seinistä. Kuvassa 12 on esitetty asuinkerrostalokohde 1:n käsin lasketut sekä laskentatyökalun laskemat LVI-kustannukset.

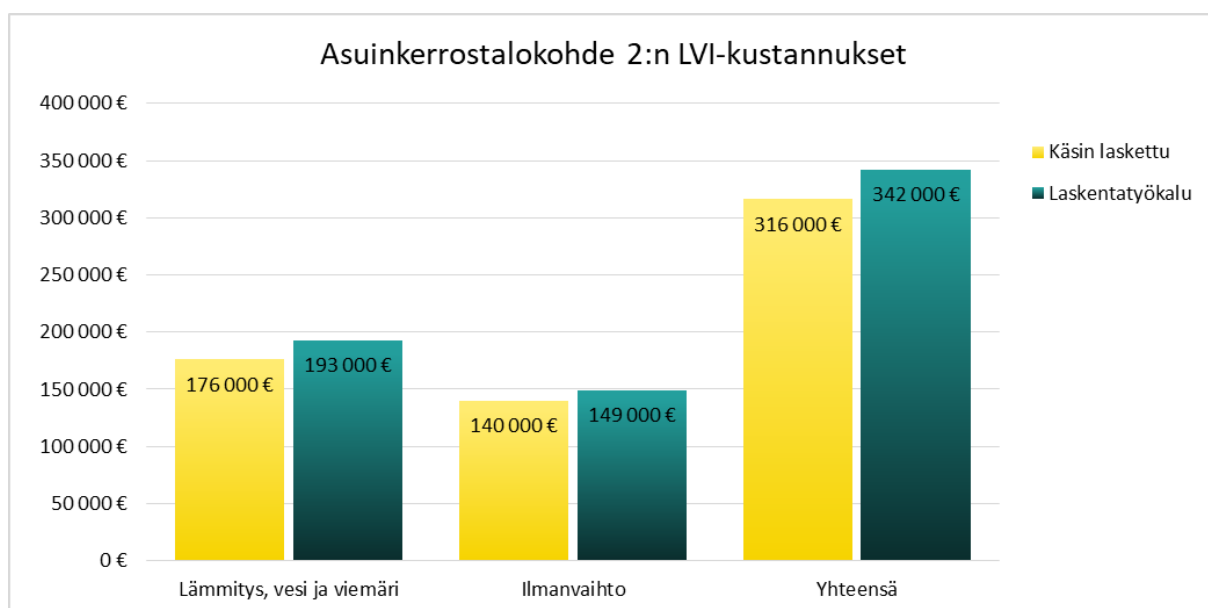


Kuva 12. Asuinkerrostalokohde 1:n kustannusvertailu.

Lämmityksen, veden ja viemärin osalta laskentatyökalu laskee 14 500 euroa suuremmat kustannukset kuin käsin laskettuna. Prosentteina tämä tekee 9,6 % suuremmat kustannukset. Ilmanvaihdon osalta laskentatyökalu laskee vain 4 000 euroa käsin laskettua suuremmat kustannukset. Prosentteina tämä tarkoittaa 4,1 % suurempia kustannuksia. Kaikki LVI-tekniikka yhteen laskettuna laskentatyökalu laskee 18 500 euroa eli 7,4 % suuremmat kustannukset kuin käsin on laskettu.

4.3.2 Asuinkerrostalokohde 2

Seuraava kohde on kaksipiortainen, 69 asuntoa sisältävät kerrostalo, joka ei sisällä mitään ylimääräisiä tiloja. Asuntojen keskipinta-ala on noin 40 m². Tässäkin kerrostalossa on käytetty kylpyhuone-elementtejä, ja lämmönjakomuotona on patterilämmitys ja sähköinen kylpyhuoneen lattialämmitys. Vesijohtonousut ovat asunnoittain ja ilmanvaihto on toteutettu yhdellä keskitetyllä ilmanvaihtokoneella. Kuvassa 13 on esitetty asuinkerrostalokohde 2:n käsin lasketut sekä laskentatyökalun laskemat LVI-kustannukset.



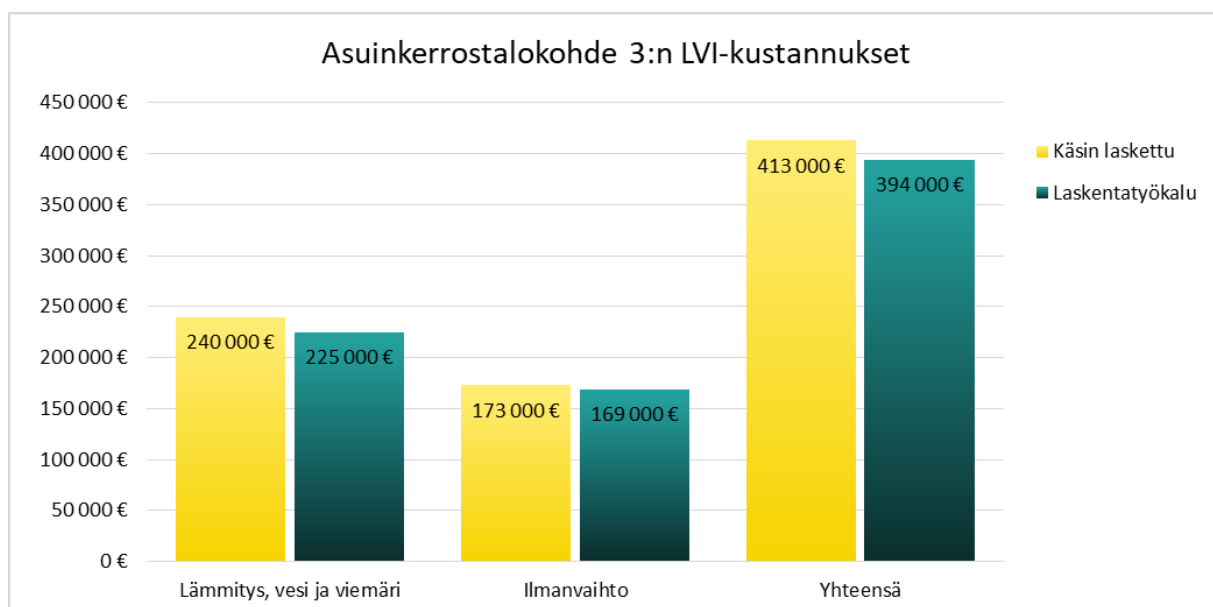
Kuva 13. Asuinkerrostalokohde 2:n kustannusvertailu.

Lämmityksen, veden ja viemärin osalta laskentatyökalu laskee 17 000 euroa suuremmat kustannukset kuin käsin laskettuna. Prosentteina tämä tarkoittaa 9,7 % suurempia kustannuksia. Ilmanvaihdon osalta laskentatyökalu laskee 9 000 euroa käsin laskettua suuremmat kustannukset. Prosentteina tämä tarkoittaa 6,4 % suurempia kustannuksia.

Kaikki LVI-tekniikka yhteen laskettuna laskentatyökalu laskee 26 000 euroa eli 8,2 % suuremmat kustannukset kuin käsin on laskettu.

4.3.3 Asuinkerrostalokohde 3

Kolmannessa kohteessa on 75 asuntoa ja 2 portaikkoa. Asuntojen keskipinta-ala on noin 40 m² ja kerrostalossa on asuntojen lisäksi saunaosasto sekä pesula. Kohde on toteutettu kylpyhuone-elementeillä ja lämmönjakomuotona on lattialämmitys. Lattialämmitys ei kuulunut kohteessa LVI-urakkaan. Vesijohtonousut ovat asunnoittain ja ilmanvaihdon rakennuksessa hoitaa kaksi keskitettyä ilmanvaihtokonetta. Kuvassa 14 on esitetty asuinkerrostalokohde 3:n käsin lasketut sekä laskentatyökalun laskemat LVI-kustannukset.

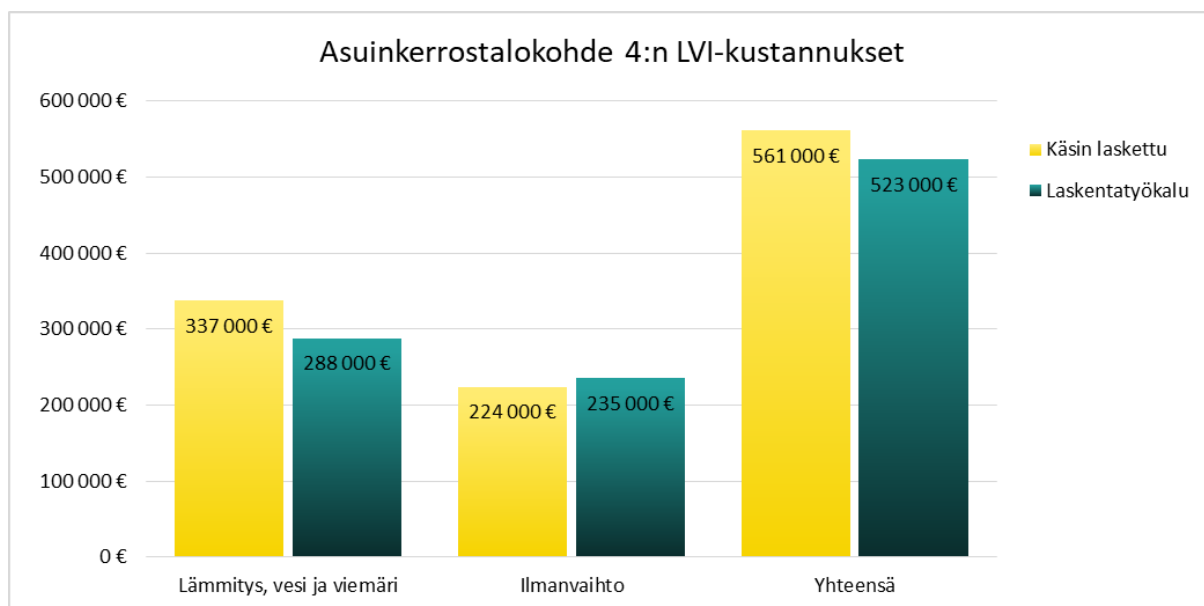


Kuva 14. Asuinkerrostalokohde 3:n kustannusvertailu.

Laskentatyökalulla oli hieman haasteita lattialämmityksen kanssa, koska se ei kuulunut LVI-urakkaan. Kuitenkin lämmityksen, veden ja viemärin osalta laskentatyökalu laskee 15 000 euroa pienemmät kustannukset kuin käsin laskettuna. Prosentteina tämä tarkoittaa 6,3 % pienempiä kustannuksia. Ilmanvaihdon osalta laskentatyökalu laskee vähäiset 4 000 euroa käsin laskettua pienemmät kustannukset. Prosentteina tämä tarkoittaa vain 2,3 % pienempiä kustannuksia. Kaikki LVI-tekniikka yhteen laskettuna laskentatyökalu laskee 19 000 euroa eli 4,6 % pienemmät kustannukset kuin käsin on laskettu.

4.3.4 Asuinkerrostalokohde 4

Kohteessa 4 on 80 asuntoa, joiden keskipinta-ala on noin 50 m². Rakennus on kaksiportainen ja asuntojen lisäksi siihen on rakennettu kolme kerho-/liiketilaa. Kahdeksassa asunnossa on erillis-WC:t. Kylpyhuoneet on toteutettu kylpyhuone-elementeillä ja niissä on sähköiset lattialämmitykset. Muiden tilojen lämmönluovutuksesta vastaa patterilämmitys. Tässäkin kohteessa vesijohtonousut ovat asunnoittain, ja kerrostalon ilmanjaon hoitaa yksi keskitetty ilmanvaihtokone. Kuvassa 15 on esitetty asuinkerrostalokohde 4:n käsin lasketut sekä laskentatyökalun laskemat LVI-kustannukset.

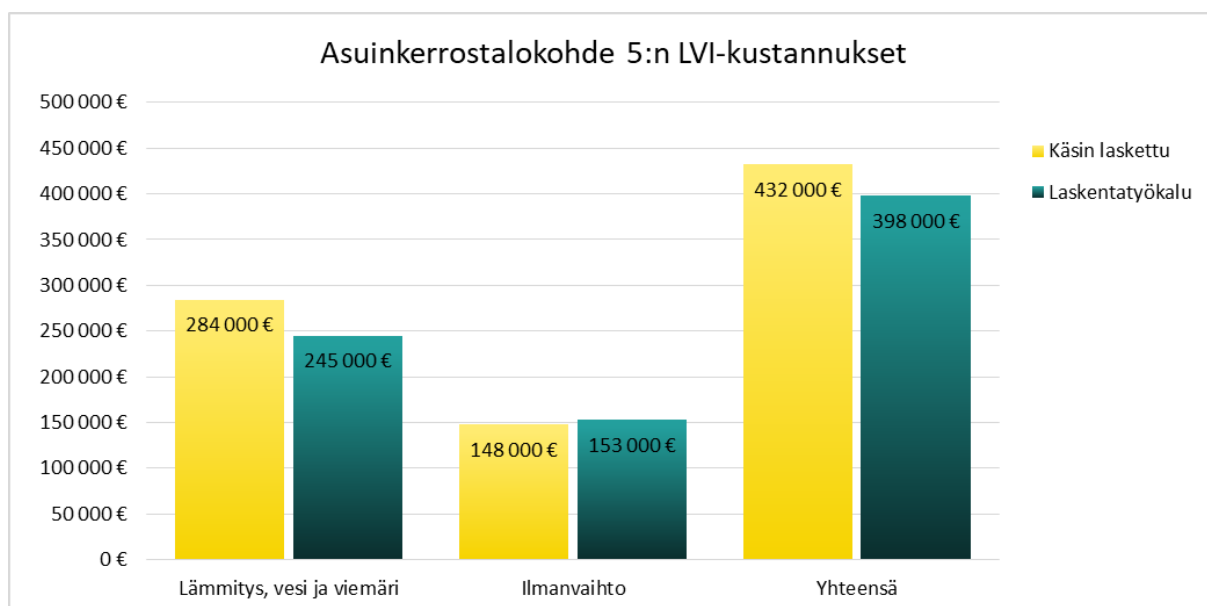


Kuva 15. Asuinkerrostalokohde 4:n LVI-kustannukset.

Lämmityksen, veden ja viemärin osalta laskentatyökalu laskee 49 000 euroa pienemmät kustannukset kuin käsin laskettuna. Prosentteina tämä tarkoittaa 14,5 % pienempiä kustannuksia. Ilmanvaihdon osalta laskentatyökalu laskee 11 000 euroa käsin laskettua suuremmat kustannukset. Prosentteina tämä tarkoittaa 4,9 % suurempia kustannuksia. Ilmanvaihdon kustannusten ylittymisen ja LVV:n kustannusten alittamisen takia kaikki LVI-tekniikka yhteen laskettuna laskentatyökalu laskee vain 38 000 euroa eli 6,8 % pienemmät kustannukset kuin käsin on laskettu.

4.3.5 Asuinkerrostalokohde 5

Kerrostalokohde 5 on suunniteltu muita tarkastelussa olevia kohteita hieman korkeammalla laatutasolla ja suuremmilla asunnoilla. Asuntoja kerrostalossa on 34, ja niiden keskipinta-ala on noin 75 m². Asunnoista 25:ssä on omat saunat. Kerrostalossa on yksi porraskäytävä, eikä kylpyhuoneita ole toteutettu kylpyhuone-elementeillä. Vesinousut sijaitsevat porrashuoneissa, ja vesikalusteiden laatu on vuokratilusteita korkeampi. Talo on lämmitetty korkeamman laatutason pattereilla ja kylpyhuoneet sähköisellä lattialämmityksellä. Ilmanvaihdosta vastaa yksi keskitetty ilmanvaihtokone. Kuvassa 16 on esitetty asuinkerrostalokohde 5:n käsin lasketut sekä laskentatyökalun laskemat LVI-kustannukset.

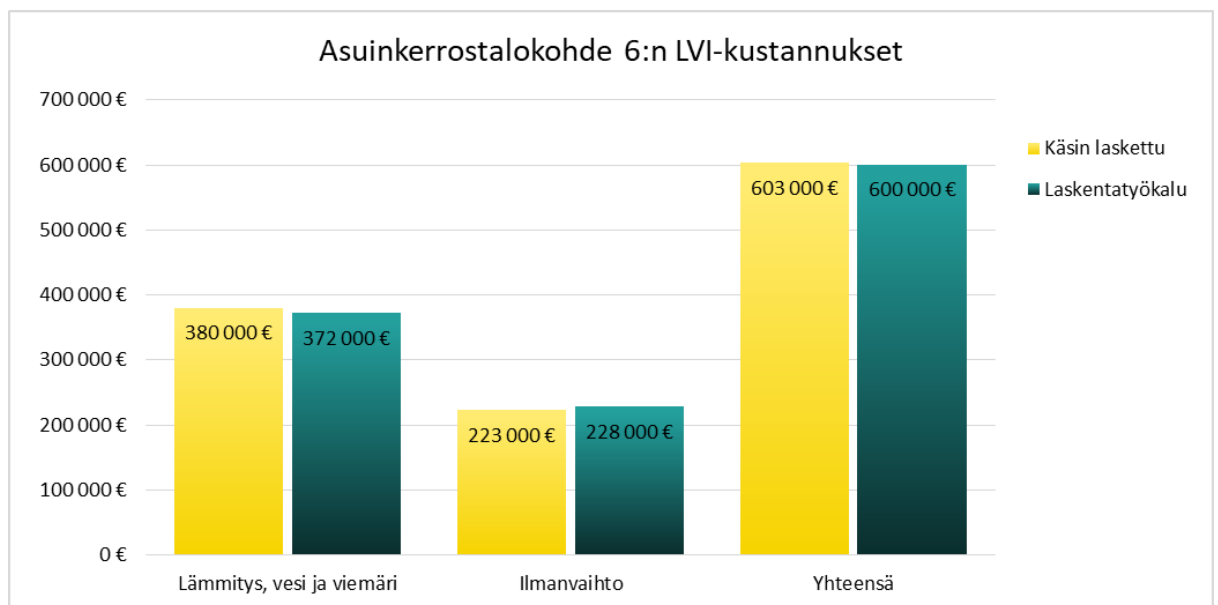


Kuva 16. Asuinkerrostalokohde 5:n LVI-kustannukset.

Lämmityksen, veden ja viemärin osalta laskentatyökalu laskee 39 000 euroa pienemmät kustannukset kuin käsin laskettuna. Prosentteina tämä tarkoittaa 13,7 % pienempiä kustannuksia. Ilmanvaihdon osalta laskentatyökalu laskee vain 5 000 euroa käsin laskettua suuremmat kustannukset. Prosentteina tämä tarkoittaa 3,4 % suurempia kustannuksia. LVI-tekniikka yhteen laskettuna laskentatyökalu laskee 34 000 euroa eli 7,9 % pienemmät kustannukset kuin käsin on laskettu.

4.3.6 Asuinkerrostalokohde 6

Kuudes kohde sisältää 59 asuntoa, joiden keskipinta-ala on noin 55 m². Rakennuksessa on kaksi portaikkoa, saunaosasto ja kerho-/liiketila. Asuntojen kylpyhuoneita ei ole toteutettu kylpyhuone-elementeillä, ja niissä on vesikiertoinen lattialämmitys. Kerrostalon muiden tilojen lämmönjakomuotona on patterilämmitys. Vesijohtorungot on kuparin sijaan toteutettu tässä kohteessa komposiitilla, ja vesijohtonousut sijaitsevat porrashuoneissa. Kerrostalon ilmanjakotapa on keskitetty ilmanvaihto, ja siitä huolehtii kaksi ilmanvaihtokonetta. Kuvassa 17 on esitetty asuinkerrostalokohde 6:n käsin lasketut sekä laskentatyökalun laskemat LVI-kustannukset.

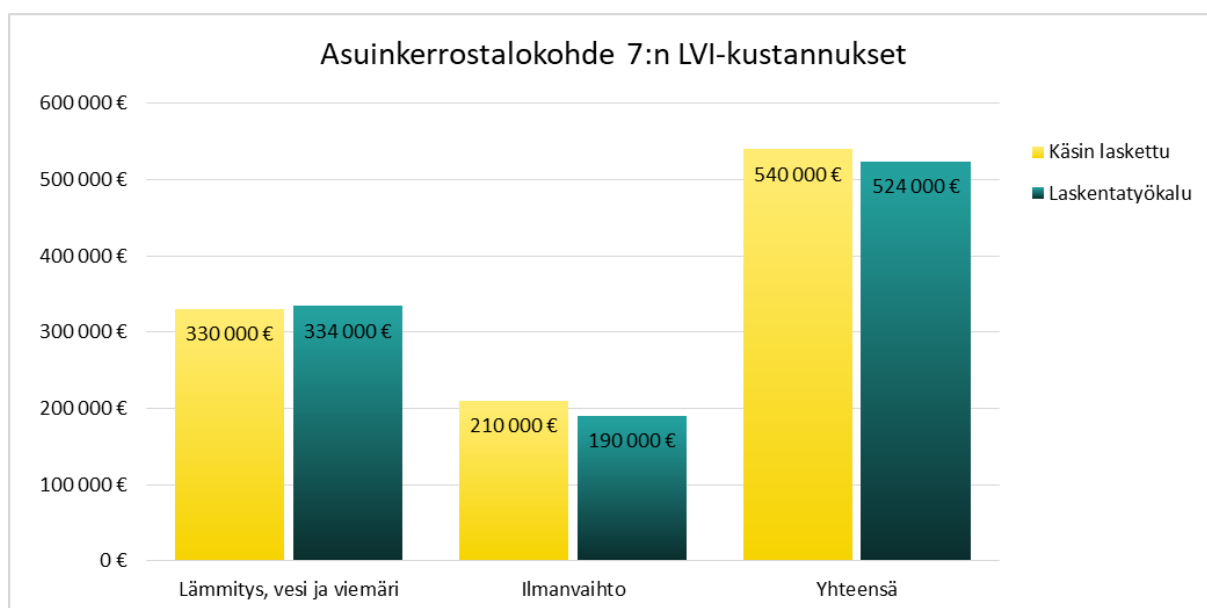


Kuva 17. Asuinkerrostalokohde 6:n LVI-kustannukset.

Tässä kohteessa laskentatyökalun ja käsin lasketun välillä on kaikista pienin ero kustannuksissa. Lämmityksessä, vedessä ja viemärissä laskentatyökalu laski vain 8 000 euroa pienemmät kustannukset kuin käsin on laskettu. Prosentteina se tarkoittaa 2,1 % pienempiä kustannuksia. Ilmanvaihdon osalta työkalu laski kustannukset 5 000 euroa yläkanttiin, joka tarkoittaa 2,2 % suurempia kustannuksia kuin käsin laskettuna. Nämä molemmat huomioiden, olivat lopulliset kustannukset käsin lasketussa ja laskentatyökalussa lähes samat. Laskentatyökalu laski vain 3 000 euroa eli 0,5 % käsin laskettuja kustannuksia vähemmän.

4.3.7 Asuinkerrostalokohde 7

Viimeinen tarkastelussa oleva kohde on kaksiportainen, 60 asuntoa sisältävä kerrostalo. Asuntojen keskipinta-ala on noin 50 m², ja rakennuksessa on saunaosasto, kerho-/liike-tila sekä pesula. Kylpyhuoneet ovat paikalla rakennettuja, ja niissä on sähköinen lattialämmitys. Vesijohtorungot on toteutettu komposiitilla, ja vesijohtonousut sijaitsevat porashuoneissa. Rakennuksen lämmönjakomuotona on patterilämmitys, ja ilmanvaihdosta huolehtii yksi keskitetty ilmanvaihtokone. Kuvassa 18 on esitetty asuinkerrostalokohde 7:n käsin lasketut sekä laskentatyökalun laskemat LVI-kustannukset.



Kuva 18. Asuinkerrostalokohde 7:n LVI-kustannukset.

Tässä kohteessa laskentatyökalu laskee kaikista pienimmän eron lämmityksen, veden ja viemärin kustannuksille. Käsin lasketut kustannukset ovat LVV:lle vain 4 000 euroa pienemmät, eli laskentatyökalu laskee 1,2 % suuremmat kustannukset. Ilmanvaihdon osalta päästiin juuri alle 10 %:n virheen, kun laskentatyökalu laskee 20 000 euroa eli 9,5 % pienemmät kustannukset käsin laskettuun nähden. LVI-tekniikka yhteen laskettuna laskentatyökalu laskee 16 000 euroa, eli vain 3 % pienemmät kustannukset kuin käsin on laskettu.

5 Yhteenveto

Erilaisia asuinkerrostalojen suunnitteluratkaisuja on monia, ja laskentatyökalun saaminen erittäin hyvään tarkkuuteen on vaikeaa. Omasta mielestäni laskentatyökalun tarkkuudessa näistä lähtökohdista huolimatta onnistuttiin. Laskentatyökalun suurin valtti on sen nopea toiminta ja helppo käytettävyys. Käyttäjä pystyy täyttämään asuinkerrostalon suunnitteluratkaisut työkaluun alle minuutissa.

Vertaillen käsin laskettuja ja laskentatyökalun laskemia LVI-kustannuksia voidaan päätellä, että laskentatyökalusta tuli kohtalaisen tarkka. Liitteestä 3 nähdään, että kaikkien kohteiden kokonaiskustannukset pysyivät alle 10 %:n virhemarginaalin. Kuitenkin tarkkailtaessa erikseen lämmitystä, vettä ja viemäriä, nähdään osissa kohteissa 10 %:n virhemarginaalin ylitys. Laskentatyökalu on ilmanvaihdon osalta LVV:tä tarkempi, sillä suurin osa kohteista jäi ilmanvaihdon kustannuksissa alle 5 %:n virhemarginaalin.

Edellä mainituista syistä laskentatyökalu vaatii vielä lisää testejä käsin laskettujen kohteiden kustannusten vertailemisesta laskentatyökalun laskemiin kustannuksiin ja hienosäätöä, jotta laskentatyökalulla laskettujen kohteiden virhemarginaalit saadaan pysymään alle 10 %:n.

Laskentatyökalua on mahdollista kehittää vielä tulevaisuudessa, ja siihen on helppo lisätä uusia LVI-tekniisiä suunnitteluratkaisuja. Mahdollisesti tulevaisuudessa lisättäviä vaihtoehtoja laskentatyökalulle voisivat olla esimerkiksi rakennusautomaatio, kellarikerroksen tarkempi määrittäminen, mahdollinen ullakko ja autohalli sekä erilaisten sisäilma-
luokkien vaikutus kustannuksiin. Myös LVI-tekniikan huolto- ja käyttökustannukset voisi yrittää lisätä laskentatyökaluun.

Lähteet

- 1 Ilmanvaihdon mitoituksen perusteet. 2017. FINVAC ry.
- 2 Sisäilmasto ja ilmanvaihto, opas. 2018. Talotekniikkainfo.
- 3 Rakennuksen sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2012. Suomen rakentamismääräyskoelma, osa D2. Ympäristöministeriö.
- 4 Sandberg, Esa. 2015. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Tampere. Talotekniikka-Julkaisut Oy.
- 5 Seppänen, Olli. 1995. Rakennuksen lämmitys. Espoo. Suomen LVI-yhdistyksen liitto ry.
- 6 Energiatehokas tuloilman viilennys. Verkkoaineisto. Energiatehokas koti. [http://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/miten_tehdaan_energiatehokas_koti/energiatehokas_ilmanvaihto_ja_jaahdytys/energiatehokas_tuloilman_vii-lennys]. Luettu 11.2.2018
- 7 Rakennuksen lämmitys. 2006. LVI 10-10397. Rakennustieto Oy.
- 8 Harju, Pertti. 2010. Lämmitystekniikan oppikirja. 4. painos. Kouvola. Penan Tieto-Opus Ky.

Laskentatyökalun tuloste

Asemlin Oy

Asuinkerrostalon
LVI-kustannusarvio

30.3.2018

Kohteen nimi:

Kohteen perustiedot

Asuntojen lukumäärä	45 kpl
Huoneistoala	2657 m ²
Asuntojen keskipinta-ala	59 m ²
Portaiden lukumäärä	1 kpl
Asuntojen saunat	0 kpl
Asuntojen erillis WC:t	12 kpl
Saunaosastot	1 kpl
Kerho-/liiketilat 1-60 m ²	2 kpl
Kerho-/liiketilat 60< m ²	1 kpl
Pesulat	1 kpl
Kylpyhuone-elementit	Ei

Lämmitys, vesi ja viemäri

Lämmönjakomuoto	Patterilämmitys
Asuntojen patterityyppi	Korkea laatutaso
Kylpyhuoneen lattialämmitys	Vesikierto
Vesijohtonousut Elpo-hormeissa	Kyllä
Vesijohtonousujen sijainti	Porrashuoneissa
Vesijohtojen materiaali	Kupari
Desibeliviemärit	Ei
Vesimittarit	Etäluettava
Vesikalusteet	Vuokra
Seinä WC:t	Ei

Ilmanvaihto

Ilmanjakotapa	Keskitetty
Hajautetun IV-koneen tyyppi	
Hajautetun IV-koneen kustannukset	
Seinäpuhallus	Ei
Liesikuvun tyyppi	esimerkki liesikupu
Liesikuvun kustannukset	300 €
Keskitettyjen koneiden lukumäärä	1 kpl
Keskitetty viilennys	Ei
Tarpeenmukainen ilmanvaihto	Ei
Huoneistokohtaiset palopellit	Ei

Käsihinnoittelu

Käsihinnoittelu 1 nimi ja kustannukset	
Käsihinnoittelu 2 nimi ja kustannukset	
Käsihinnoittelu 3 nimi ja kustannukset	
Käsihinnoittelu 4 nimi ja kustannukset	
Käsihinnoittelu 5 nimi ja kustannukset	
Käsihinnoittelu 6 nimi ja kustannukset	

Laskentatyökalun tuloste

Asemlin Oy

Asuinkerrostalon
LVI-kustannusarvio

30.3.2018

Kustannukset

Asuinkerrostalon kustannusarvio

Tarjoushinta	466 640 €
€/hm ²	176 €
€/asunto	10 370 €

Kustannukset ilman katteita

	Yhteensä	€/hm ²	€/asunto
Lämmitys	111 758 €	42 €	2 484 €
Vesijohdot	54 965 €	21 €	1 221 €
Viemärit	27 270 €	10 €	606 €
Vesi- ja viemärikalusteet	43 267 €	16 €	961 €
Ilmanvaihto yhteensä	153 698 €	58 €	3 416 €
Putki yhteensä	270 521 €	102 €	6 012 €
Kustannukset yhteensä	424 219 €		
Muut kustannukset	42 422 €		
€/hm ²	176 €		
€/asunto	10 370 €		
Muut kustannukset	10 %		
Kate	15 %		

Laskentatyökalun tuloste ilman katteita

Assemblin Oy

Asuinkerrostalon
LVI-kustannusarvio

30.3.2018

Kohteen nimi:

Kohteen perustiedot

Asuntojen lukumäärä	45 kpl
Huoneistoala	2657 m ²
Asuntojen keskipinta-ala	59 m ²
Portaiden lukumäärä	1 kpl
Asuntojen saunat	0 kpl
Asuntojen erillis WC:t	12 kpl
Saunaosastot	1 kpl
Kerho-/liiketilat 1-60 m ²	2 kpl
Kerho-/liiketilat 60< m ²	1 kpl
Pesulat	1 kpl
Kylpyhuone-elementit	Ei

Lämmitys, vesi ja viemäri

Lämmönjakomuoto	Patterilämmitys
Asuntojen patterityyppi	Korkea laatutaso
Kylpyhuoneen lattialämmitys	Vesikierto
Vesijohtonousut Elpo-hormeissa	Kyllä
Vesijohtonousujen sijainti	Porrashuoneissa
Vesijohtojen materiaali	Kupari
Desibeliviemärit	Ei
Vesimittarit	Etäluettava
Vesikalusteet	Vuokra
Seinä WC:t	Ei

Ilmanvaihto

Ilmanjakotapa	Keskitetty
Hajautetun IV-koneen tyyppi	
Hajautetun IV-koneen kustannukset	
Seinäpuhallus	Ei
Liesikuvun tyyppi	esimerkki liesikupu
Liesikuvun kustannukset	300 €
Keskitettyjen koneiden lukumäärä	1 kpl
Keskitetty viilennys	Ei
Tarpeenmukainen ilmanvaihto	Ei
Huoneistokohtaiset palopellit	Ei

Käsihinnoittelu

Käsihinnoittelu 1 nimi ja kustannukset	
Käsihinnoittelu 2 nimi ja kustannukset	
Käsihinnoittelu 3 nimi ja kustannukset	
Käsihinnoittelu 4 nimi ja kustannukset	
Käsihinnoittelu 5 nimi ja kustannukset	
Käsihinnoittelu 6 nimi ja kustannukset	

Laskentatyökalun tuloste ilman katteita

Asemlin Oy

Asuinkerrostalon
LVI-kustannusarvio

30.3.2018

Kustannukset

Asuinkerrostalon kustannusarvio

Tarjoushinta	537 000 €
€/hm ²	202 €
€/asunto	11 930 €

Asuinkerrostalokohteiden kustannusvertailu

Lämmitys, vesi ja viemäri


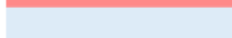
	Laskuri	Laskettu	Erotus	Laskurin virhe
Kerrostalo 1	166 000 €	151 500 €	14 500 €	9,6 %
Kerrostalo 2	193 000 €	176 000 €	17 000 €	9,7 %
Kerrostalo 3	225 000 €	240 000 €	-15 000 €	-6,3 %
Kerrostalo 4	288 000 €	337 000 €	-49 000 €	-14,5 %
Kerrostalo 5	245 000 €	284 000 €	-39 000 €	-13,7 %
Kerrostalo 6	372 000 €	380 000 €	-8 000 €	-2,1 %
Kerrostalo 7	334 000 €	330 000 €	4 000 €	1,2 %

Ilmanvaihto

	Laskuri	Laskettu	Erotus	Laskurin virhe
Kerrostalo 1	101 000 €	97 000 €	4 000 €	4,1 %
Kerrostalo 2	149 000 €	140 000 €	9 000 €	6,4 %
Kerrostalo 3	169 000 €	173 000 €	-4 000 €	-2,3 %
Kerrostalo 4	235 000 €	224 000 €	11 000 €	4,9 %
Kerrostalo 5	153 000 €	148 000 €	5 000 €	3,4 %
Kerrostalo 6	228 000 €	223 000 €	5 000 €	2,2 %
Kerrostalo 7	190 000 €	210 000 €	-20 000 €	-9,5 %

Yhteensä

	Laskuri	Laskettu	Erotus	Laskurin virhe
Kerrostalo 1	267 000 €	248 500 €	18 500 €	7,4 %
Kerrostalo 2	342 000 €	316 000 €	26 000 €	8,2 %
Kerrostalo 3	394 000 €	413 000 €	-19 000 €	-4,6 %
Kerrostalo 4	523 000 €	561 000 €	-38 000 €	-6,8 %
Kerrostalo 5	398 000 €	432 000 €	-34 000 €	-7,9 %
Kerrostalo 6	600 000 €	603 000 €	-3 000 €	-0,5 %
Kerrostalo 7	524 000 €	540 000 €	-16 000 €	-3,0 %

 = kustannukset ylittyivät
 = kustannukset alittuivat