

Kim Grönroos

# Energiätehokkuuden parantaminen julkisivuremontin yhteydessä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK) -tutkinto

Rakennusalan työnjohto

Opinnäytetyö

28.01.2013

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Kim Grönroos Energiatehokkuuden parantaminen julkisivuremontin yhteydessä 27 sivua + 2 liitettä 28.1.2013
Tutkinto	rakennusmestari (AMK)
Koulutusohjelma	rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-tekniikan työnjohto
Ohjaaja(t)	lehtori Jyrki Viranko rakennusmestari Juhani Kangas
<p>Opinnäytetyön aiheena on energiatehokkuuden parantaminen julkisivuremontin yhteydessä. Työ toteutetaan toimeksiantona Helsingin Energialle.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena on esitellä mahdollisesti tulevaa sähköaseman julkisivuremonttia ja arvioida remontin vaikutusta kiinteistön lämmöneristykseen. Tarkoituksena on tuoda esiin, miten mahdollinen urakka teknisesti toteutettaisiin, ja tämän jälkeen vertailla eri rakenteiden vaikutusta lämmöneristykseen.</p> <p>Työssä tullaan esittelemään kiinteistön nykytilaa, missä kunnossa vanhan kiinteistön julkisivu on mitkä asiat ovat johtaneet sen nykytilaan. Työssä on kuvattu kiinteistöä, jotta kokonaiskuvan ymmärtäminen olisi helpompaa. Työssä esitellään kiinteistössä havaittua rakennusvikaa, joka vaivaa suurinta osaa Hanasaaren alueen kiinteistöjä.</p> <p>Työssä esitellään kahta eri mahdollisuutta korjata kiinteistön julkisivua. Työssä on kuvailtu molempia korjaustapoja ja molemmista tavoista on myös kuvia. Työssä vertaillaan eri rakenteiden aiheuttamia arvioituja lämpöenergia häviöitä. Työn lopussa selviää, onko kannattavampaa uusia vain pintaverhous vai isompi osa rakennetta.</p>	
Avainsanat	lämmöneriste, johtuminen, elementti

Author Title Number of Pages Date	Kim Grönroos Improving the energy efficiency in connection with facade renovation 27 pages + 2 appendices 28 January 2013
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction Site Management
Specialisation option	HVAC Engineering
Instructor(s)	Jyrki Viranko, Principal Lecturer Juhani Kangas, Construction Manager
<p>The goal of this final year project was to present two different ways to improve thermal insulation of a building. The purpose was to show the importance of effective insulation when pursuing energy efficiency for the building. The building had suffered of construction defects for several years, and had now come to the end of the road.</p> <p>During the final year project, different ways and steps that help improve thermal insulation of the building were studied. Information for the thesis was gathered with the help of the instructor and a contractor, but also personal experience was used.</p> <p>The reasons for improving insulation were collected during the project. Two ways to improve effective insulation were then chosen for a closer study, presented in detail.</p> <p>In the future this research helps the company to decide what to do with the building, whether to repair it or tear it down.</p>	
Keywords	effective insulation, energy-efficient

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Yritysesittely	2
3	Rakennus	3
3.1	Perustiedot	3
3.2	Rakennuksen kunto	3
4	Korjaus	6
4.1	Korjaustavat	6
4.2	Kiinnitys pintabetoniin	6
4.3	Kiinnitys kantavaan betoniin	9
4.4	Kiinnitykset elementtiin	10
5	Energiatehokkuus	11
5.1	Määritelmä	11
5.2	Lämpöhäviö	11
5.3	Lämpöhäviön laskenta	12
5.4	U-arvo	13
6	Energiankulutus	14
6.1	Vanha elementti	14
6.2	Kiinnitys pintabetoniin	16
6.3	Kiinnitys kantavaan betoniin	17
7	Yhteenveto	20
	Lähteet	21
	Kuvat	
	Liitteet	
	Liite 1. Hinnasto kodeille Helsingissä	
	Liite 2. Lämmitystehon ja energiankulutuksen laskennassa käytettävät säätiedot	

## 1 Johdanto

Energiatehokkuus ja sen mahdollinen parantaminen on vallitseva tyylisuunta nykypäivän rakentamisessa. Valtaosa Suomen rakennuskannasta on rakennettu kymmeniä vuosia sitten ja saavuttaa lähivuosina oman elinkaarensa pään. Rakennuksen elinkaarren lähestyessä loppuaan tai rakenteiden vaurioitumisen ilmentyessä on punnittava, joko purkutöitä tai kiinteistön tuomista nykytekniikan tasolle. Näin on käynyt myös Helsingin Energian Suvilahden 10 kV:n kiinteistölle Helsingissä.

Kiinteistö on toiminut sähköasemana ja on näin ollut merkittävä tekijä pääkaupunkiseudun sähköjakeluverkkoa. Sähköaseman elementeissä on viime vuosikymmenen aikana ilmennyt rakenteellisia vaurioita, jonka johdosta on rakennuksen korjaukseen liittyvä suunnittelu aloitettu yhteistyössä mahdollisen urakoitsijan Stonelin kanssa. Stonel Oy on tunnettu julkisivukorjauksia tekevä yritys, joka on esittänyt kaksi erilaista julkisivuverhousratkaisua Suvilahden sähköasemalle. Jatkotoimenpiteet, eli korjaaminen tai purku on harkinnassa. Ratkaisu riippuu Helsingin kaupungin päätöksestä koskien energiaratkaisuja. Päätöksen on määrä tapahtua vuoden 2015 aikana.

Julkisivuremontin avulla sähköasema saisi energiatehokkaan, turvallisen ja edustavan julkisivun, mikä edustaisi Helsingin Energian arvoja paremmin kuin nykyinen ränsistynyt rakennus. Lisäksi rakennuksesta tulisi vahvempi, mikä takaisi omalta osalta sähköjakelun häiriöttömyyden pääkaupunkiseudulla. Rakennus on muutamaa pientä ikkunaa ja muuntajien tuuletusaukkoja lukuun ottamatta pelkkää tiiliseinäelementtiä, joten työssä tarkastelen vain seinän rakenteen muutosta mahdollisessa urakassa.

Opinnäytetyö tehdään Helsingin Energialle, ja työn tarkoituksena on esitellä mahdollista urakkaa ja punnita julkisivuremontista aiheutuvaa energian säästöä. Työn ohjaajana oli Helsingin energian konsernipalveluiden puolelta rakennusmestari Juhani Kangas ja koulussa työn ohjaavana opettajana toimii, lehtori Jyrki Viranko.

## 2 Yritysesittely

Helsingin Energia on yksi Suomen suurimmista energiayrityksistä, ja asiakkaita sillä on noin 400 000. Helsingin Energia tarjoaa sähkön lisäksi myös kaukolämmitystä yli 90 % pääkaupungin lämmitystarpeesta sekä on merkittävä tekijä kehitettäessä uudenlaista kaukojäähdytysjärjestelmää. Helsingin Energia tuottaa ja myy kaukojäähdytystä, joka on yleistynyt Helsingin alueella todella paljon. Kaukojäähdytys alkoi vuonna 2000, jolloin 170 liittymän liittymisteho oli noin 100 MW. Tulevaisuudessa on arvioitu liittymistehon määrän ylittävän 150 MW vuonna 2015. Muita Helsingin Energian tukipalveluita on energiatuotannon jakelujärjestelmien suunnittelu ja kunnossapito. Helsingin Energia myös vastaa koko Helsingin ulkovalaistuksesta.

Helsingin Energian historia ulottuu häilyvästi 1800- ja 1900-luvun vaiheille, jolloin Helsingin alueella toimi noin 30 eri sähköntuottajaa. Varsinaisesti Helsingin Energia syntyi vuonna 1907, jolloin sähköyhtiöt siirrettiin Helsingin kaupungin omistukseen ja näin perustettiin Helsingin kaupungin sähkölaitos. Ensimmäinen voimalaitos otettiin käyttöön 1953 Salmisaarella. Vuonna 1960 Hanasaarella aloitettiin sähkön ja lämmön yhteistuotanto A-voimalaitoksessa. Hanasaari B valmistui 14 vuotta myöhemmin. Nykyään Hanasaaren A-voimalaitos on purettu. Salmisaaren B voimalaitos otettiin käyttöön vuonna 1984. Vuosaaren on pystytetty A-voimala vuonna 1991 ja B-voimala vuonna 1997. Tulevaisuudessa Helsingin Energia siirtyy Hanasaarella enemmän pelletillä toimivaan voimalaan, sillä tällä hetkellä voimalan tehosta pieniosa tuotetaan pelletillä. Vuosaaren on suunnitteilla uudenaikainen hybridivoimala, joka valmistuessaan tulisi toimimaan kaikella mahdollisella polttoaineella esimerkiksi maakaasulla ja pelleteillä.

Helsingin Energia on osa Helen-konsernia, joka on liiketoiminnallinen kokonaisuus. Konsernin emoyrityksenä toimii Helsingin Energia sekä merkittävä määrä tytäri- ja osakkuusyhtiöitä. Helen-konserniin kuuluvia Helsingin Energian omistuksessa olevia tytäryhtiöitä ovat sähkön siirrosta Helsingin alueella vastaava Helen Sähköverkko Oy ja energiamittauspalveluja energia ja kiinteistöalan yrityksille tuottava Mitox Oy. Helsingin Energian liikevaihto viime vuonna oli 867 miljoonaa euroa, ja henkilökuntaa on noin 1200 henkeä. [7.]

### 3 Rakennus

#### 3.1 Perustiedot

Rakennus sijaitsee Helsingin Suvilahdessa, Parrukadulla, välittömässä Hanasaaren voimalan läheisyydessä. Rakennus on piirustusten mukaan rakennettu 1972, mutta tarkempia vuosilukuja ei löytynyt kuvista. Rakennuksen käyttötarkoituksena oli toimia sähkö- ja muuntamorakennuksena. Rakennus on suorakulmion muotoinen ja sen mitat ovat noin: pituus 82 m leveys 43 m ja korkeus 15,5 m. Rakennuksen sivuilla on kuusi muuntajien tuuletusaukkoa. Yhden aukon ala on noin 44 m<sup>2</sup>. Rakennus on perustettu kaivinpaalujen- ja teräsbetonipaalujen varaan, seinissä on käytetty niin sanottua sandwich teräsbetonielementti ja rappukäytävien kohdilla kuorielementtimenetelmiä, joka on ulkoapäin lukien punainen 32 mm:n tiililaatta, joka on valettu n. 45 mm:n raudoitettuun betoniin, mineraalivillaeriste ja raudoitettu betonilaatta viimeisimpänä elementissä. Elementtien välit on tiivistetty elastisella kitillä.

#### 3.2 Rakennuksen kunto

Insinööritoimisto AIB teki 9.1.2012 teknisen kuntoarvion sähköaseman kunnosta. Teknisessä kuntoarviossa seinien kunnosta todetaan seuraavaa:

Rakennuksen julkisivuelementtien elastisissa saumoissa on todettavissa saumojen "korppuuntumista" ja saumojen irtoamista kiinnityspinnoistaan paikka paikoin. Monin paikoin on tiililaattojen pintoja, jotka eivät enää ole kiinni alustassaan ja ovat lohjenneet. Myös irronneita tiiliä on rapautumisen johdosta todettavissa eritoten rakennuksen läntisellä sivulla, jonka edustalle ei tulisi pysäköidä ajoneuvoja tms. tiilipintojen putoamisriskin takia (turvallisuuteen ja terveyteen liittyvä havainto). Em. rikkoutuneet ja rapautuneet tiilet tulisi vaihtaa uusiin tiiliin heittäminen, mikäli ulkovaippaa ei vaihdeta uuteen rakenteeseen. Myös rakennuksen julkisivutiilien saumoja on rapautunut paikka paikoin ja ne tulisi niin ikään uusia muiden julkisivutiilien yhteydessä. Myös tiililaattojen saumaustaastia puuttuu paikoin ja puuttuvat saumat tulisi saumata mikäli ulkovaippaa ei vaihdeta uuteen rakenteeseen. Mikäli ulkovaippaa ei vaihdeta, niin tiilipintojen kopokartoitus tulisi suorittaa heti kun säät sen sallivat ja elementtien kiinnityksen varmistus (käyristyneet elementit) kantaviin rakenteisiin tulisi suorittaa. [1, s. 4.]

Sähköaseman seinät eivät ole siis hyvässä kunnossa (kuva 1). Tiilien lohkeilua ja irtoilua on todettu myös muissa Hanasaaren alueella olevissa rakennuksissa, ja sen on todettu johtuvan rakennusvirheestä. Esimerkiksi Hanasaaren voimalassa, konepajarakennuksessa sekä huoltorakennuksessa on havaittu samanlainen rakennusvirhe kuin Suvilahden sähköasemassa. Elementeissä on betonilaatan raudoitus liian lähellä tiili-

pintaa, teräksen ruostuessa ajan saatossa se työntää tiilipintaa enemmän ulospäin, jolloin tiili aikanaan halkeaa ja putoaa alas. Teräksen ruostuminen johtuu betonin puutteellisista säilyvyysominaisuuksista, ruostumista on edesauttanut rakenteiden perusteellinen kastuminen vesisateiden aikana. Keskimääräinen karbonisoitumisvyvyys 1970-luvulla rakennetuissa betonijulkisivutaloissa on noin 16 mm. Vastaavanlainen ongelma muhii muissakin yhtä vanhoissa rakennuksissa. [2.] Rakennusten julkisivut saavat eniten kosteusrasitusta yläosiinsa, joten korroosio nopeus rakennusten yläosissa on nopeampaa kuin alaosissa. Myös ilmansuunnalla on vaikutus julkisivun kunnan kestävyteen. Tästä tapahtumasta on olemassa selviä esimerkkejä, joista räikein lie-nee yhden elementin kaikkien tiilien putoaminen maahan Hanasaaren voimalan seinältä n. 40 m:n korkeudesta. Rakennuksen tiloissa toimii tällä hetkellä ulkopuolisia vuokra-laisia sekä muuntamotiloja. Muuntamoiden tuottamaa lämpöä hyödynnetään ohjaamalla sitä kaukolämpöverkkoon. Muuntajia jäähdytetään ulkoilmalla ja tarvittaessa kaukokylmällä.



Kuva 1. Sähköaseman seinä, jossa näkyy tiilipinnoituksen kunto rakennuksen yläosassa [1].

Hanasaaren voimalan alueella on putoavien tiilien (kuva 2) vuoksi rakennettu ovien kohdille suojaavia katoksia, joiden on tarkoitus suojata ovista kulkevia henkilöitä mahdollisesti putoavilta tiilenpalasilta. Sen sijaan alueella kulkijoita on pyydetty kiinnittämään erityistä huomiota turvallisuuden takia ja välttämään kulkemista rakennuksen reunojen läheisyydessä.





Kuva 2. Seinältä pudonnut tiilenpalanen.

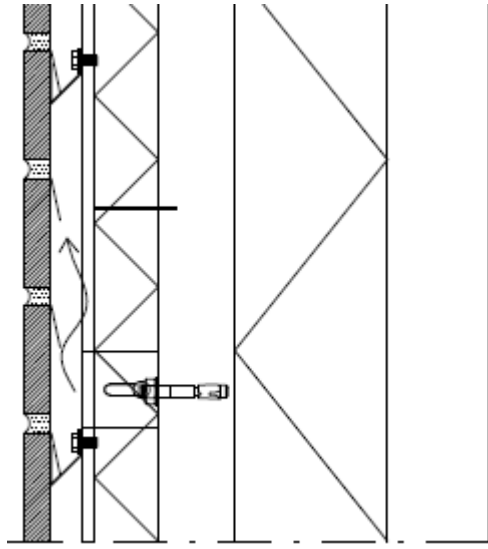
## 4 Korjaus

### 4.1 Korjaustavat

Elementtien korjaamiseen on esitetty kahta eri toteutustapaa mahdollisen urakoitsijan Stonel Oy:in puolesta. Ensimmäisessä korjaustavassa purettaisiin kuorielementin tiiliverhouspinta. Uusi tiiliverhouspinta ankkuroitaisiin pintabetoniin, ja ennen uutta tiiliverhouspintaa väliin jäisi tuuletusaukko ja tuulensuojamineraalivillaa, mikä parantaisi rakenteen lämmönläpäisykerrointa. Toisessa korjaustavassa purettaisiin tiiliverhous, pintabetoni ja vielä vanha eristys. Uusi tiiliverhous ankkuroitaisiin kantavaan betoniin. Kantavan betonin ja tiiliverhouksen väliin tulisi uusi lämmöneriste ja tuulensuojamineraalivilla, jolloin rakenteen lämmönläpäisykerroin paranisi. Korjaustapaa päätettäessä on huomioitava urakan kustannukset ja verrattava niitä säästöihin energiakustannuksissa. Pintabetonin todellisen kunnan saa vasta selville, kun tiiliverhous on purettu, mikä saattaa olla ratkaiseva tekijä korjaus tapaa päätettäessä.

### 4.2 Kiinnitys pintabetoniin

Lisättäessä 50 mm lisälämmöneristystä puretaan vanhasta elementistä siis vain uloin kerros eli tiiliverhous. Pintabetonin ollessa huonossa kunnossa sitä voidaan sitoa ankkuroimalla teräsverkkoa pintabetonin päälle, tällöin rakenne hieman tukevoituu. Rakennetta voidaan tukevoittaa ja vahvistaa ankkuroimalla pintabetonikerros kantavaan betoniin lämmöneristeen läpi. Ankkurointi kiinnitetään yläviistoon 45 asteen kulmaan sekä vaakasuoraan, tällöin voidaan taata pintabetonin kestävän uuden tulevan rakenteen aiheuttama rasitus.



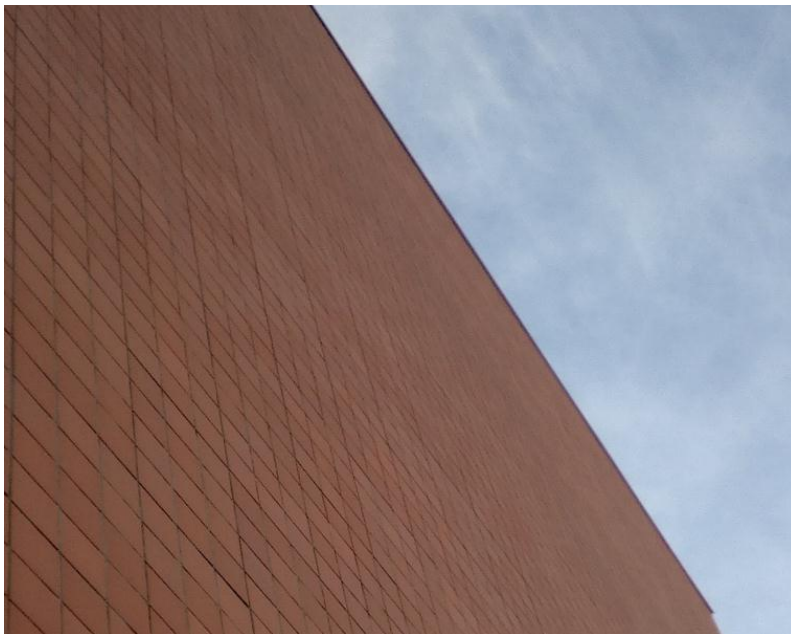
Kuva 3. 50 mm:n lisälämmöneristyksen leikkauskuva [6].

Rakennelmassa oikealta luettuna on kantava betoni 80 mm, lämmöneriste 120 mm, pintabetoni 60 mm, tuulensuojamineraalivilla 50 mm, tuuletusväli 35 mm ja tiililaattalevy 20 mm (kuva 3). Pintabetonin jälkeiset rakenteet ovat uutta rakennetta, ja siinä on 50 mm lisälämmöneristys, joka pienentää lämmönläpäisyä. Uudet rakenteet ankkuroidaan kuvan mukaisesti pintabetoniin ja tiililevyt kiinnittyvät kiskoihin, jotka on kiinnitetty ankkurointiin. Lisälämmöneristys tulee näiden kiskojen kiinnikkeiden väliin, jolloin eristys on mahdollisimman kattavasti rakenteen päällä. Rakenteen mittoja tarkasteltaessa voimme todeta rakenteen ohentuneen hiukan. Vanhan rakenteen kokonaispaksuus on noin 330 mm, jos oletetaan, että tiiliverhous on noin 50 mm ja lasketaan mukaan oletettu 20 mm tuuletusrako, tämä kuitenkin luultavimmin puuttuu. Uuden rakenteen paksuudeksi tulisi noin 365 mm, jossa uutta lämmöneristystä olisi 50 mm ja tuuletusrako 35 mm. Kiskoja kannattelevien kiinnikkeiden ja pintabetonin väliin on asetettu bitumikermiä estämään lämmön ja kosteuden johtumista rakenteisiin. Tiililaattalevyjen välit saumataan elastisella massalla, ja massan päälle puhallettava kivirouhe muodostaa verhoukselle yhtenäisen ulkonäön (kuva 4).



Kuva 4. Kahden elementin välinen elastinen sauma [4].

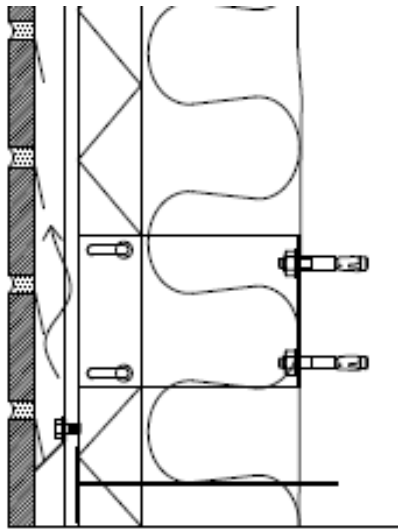
Rakenteen kestävyys kannalta merkittävin tekijä on kiinnikkeet, jotka ovat rakenteen heikoin osa. Tiiliverhous kiinnitetään kiinnikkeisiin, jotka ovat kuumasinkittyä terästä. Sinkkipinnoituksen paksuudesta riippuu, kuinka kauan rakenne kestää. Stonel on teettänyt rakenteille korroosiokokeet, joiden perusteella sinkkikerroksen paksuudesta riippuen niille luvataan 76–96 vuotta käyttöikä. [6.]



Kuva 5. Sörnäisten rantatiellä uuden tiiliverholaatoituksen saanut rakennus [5].

#### 4.3 Kiinnitys kantavaan betoniin

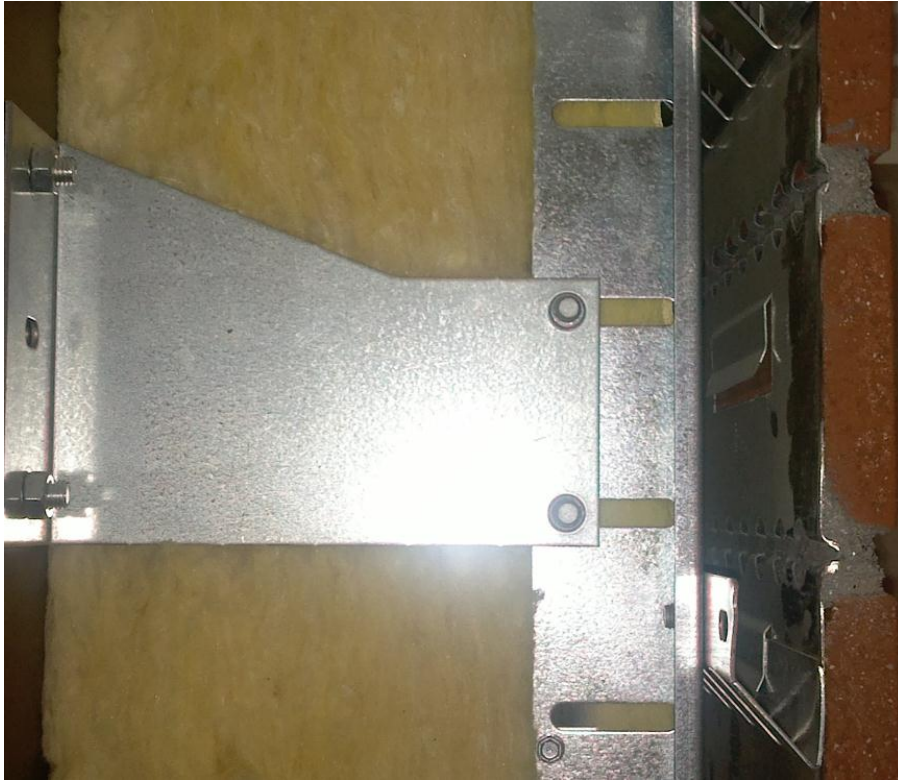
Uusittaessa elementtiä toisella tapaa alkaa urakka purkamalla tiiliverhouksesta kaikki rakenteet aina kantavaan betonikerrokseen asti. Uutta tiiliverhouspintaa ja lämmöneriste kerroksia kannattelevat kiinnikkeet ankkuroidaan tasaisin välein kantavaan betonikerrokseen.



Kuva 6. 170 mm lämmöneristettä ankkuroitu kantavaan betonikerrokseen [6].

Kuvassa 6 on oikealta luettuna kantava betoni 80 mm, uusi lämmöneriste 120 mm, tuulensuojamineraalivilla 50 mm, tuuletusväli 35 mm ja tiililaattalevy 20 mm. Tämän rakenteen mittoja tarkasteltaessa huomaa, että rakenne hiukan ohenis. Uuden rakenteen paksuus olisi noin 305 mm verrattuna vanhaan, jonka paksuus on 330 mm. Uudessa rakenteessa olisi 170 mm uutta lämmöneristettä ja 35 mm:n tuuletusrako.

Tämä tapa korjata eroaa aiemmasta siten, että tässä puretaan myös vanha ja kenties jo kosteuden johdosta huonoksi mennyt lämmöneristyskerros pois. Vanhan lämmöneristekerroksen paikalle asennetaan yhtä paksu, mutta nykyaikaisempi lämmöneristys, mikä on lämmöneristävyydeltään tehokkaampaa. Kestävyyttä tarkasteltaessa rakenteen heikoin osa on kiinnikekiskot, jotka kannattelevat tiililaattalevyjä. Tiiliverhous kiinnitetään kiinnikkeisiin jotka ovat kuumasinkittyä terästä. Sinkkipinnoituksen paksuudesta riippuu, kuinka kauan rakenne kestää. Sinkkipinnoitteen paksuus on keskimäärin 38–48 µm. Stonel Oy on teettänyt rakenteille korroosiokokeet, joiden perusteella sinkkikerroksen paksuudesta riippuen niille luvataan 76–96 vuotta käyttöikä. [6.]



Kuva 7. Sinkkipinnoitetut kiinnikkeet ja tiililaattalevyjen kiinnitys.

Tiililaattalevyt asennetaan ikään kuin roikkumaan kiskoihin. Tiililaattalevyjen takapuolella on eräänlainen kynsi, jonka varassa levyt roikkuvat kiinnikkeissä. Kiskoja kannattavien kiinnikkeiden ja pintabetonin väliin on asetettu bitumikermiä estämään lämmön ja kosteuden johtumista rakenteisiin. Tiililaattalevyjen välit saumataan elastisella massalla ja massan päälle puhallettava kivirouhe muodostaa verhoukselle yhtenäisen ulkonäön.

#### 4.4 Kiinnitykset elementtiin

Seinään kiinnitettävien esimerkiksi talotikkaiden suunnittelussa tulee olla ajoissa liikkeellä. Uuteen tiililaattaverhoukseen ei voi kiinnittää mitään raskasta, jolloin mahdolliset kiinnitykset tulee suunnitella ajoissa ja ankkuroida kantavaan rakenteeseen. Kantava rakenne on korjaustavasta riippuen joko pintabetonikerros tai kantava betonikerros. Kannattimet viedään verhouksen läpi ja ylimääräinen rako läpiviennissä eristetään elastisella massalla.

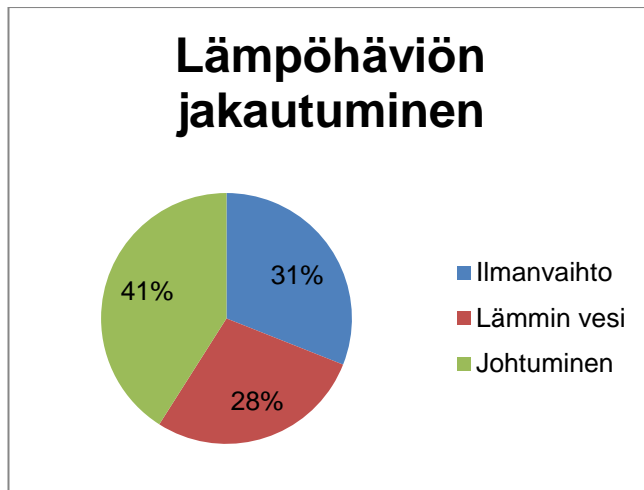
## 5 Energiätehokkuus

### 5.1 Määritelmä

Energiätehokkuudella tarkoitetaan rakennuksen vaipan johtumisen suuruuden, vuotoilman määrän ja ilmanvaihdon lämpöhäviön määrän rajoittamista, jotta mahdollisimman vähän energiaa hukkuisi ulos. Ajatuksena siis on, että mahdollisimman energiatehokas talo ei vuoda lämmitysenergiaa ulos eikä päästä kylmää ulkoilmaa sisään. Energiätehokkuus on laajempi kokonaisuus, jonka yksi osa on vaipan aiheuttamat lämpöhäviöt. Tarkastelen vaippaa seinien osalta, sen nykyisen rakenteen lämmönläpäisyn suuruutta verrattuna suunnitellun urakan jälkeisen seinän rakenteen lämmönläpäisyn suuruuteen.

### 5.2 Lämpöhäviö

Kahdessa Tampereen teknillisen yliopiston rakennustekniikan laitoksella toteutetun laajoissa tutkimuksissa selvitettiin lämmönkulutuksen jakautumista 1970-luvulla rakennetuissa talossa. Näiden tutkimusten perusteella voi todeta johtumisen olevan merkittävä tekijä rakennuksen lämpöhäviöissä (kaavio 1).



Kaavio 1. Kaaviossa näkyy lämpöhäviöiden jakautuminen 1970-luvulla rakennetuissa kiinteistöissä (muokattu [2]).

Johtumisessa ikkunoiden osuus oli 19,4 %, seinien osuus 12,9 %, yläpohjan 5,6 % ja alapohjan 3,4 %. Suvilahden sähköasemassa on vain muutama ikkuna, joten merkittävin energiatehokkuuden parannuskeino on siis lisätä seinien lämmöneristystä. Läm-

möneristyksen lisääminen ei tarkoita välttämättä määrällisesti lisää eristettä, vaan kun kyseessä on vanha rakennus, eristeiden päivittäminen nykyaikaisiksi ja tehokkaiksi lämmöneristeiksi on toimivin ratkaisu. [2.]

### 5.3 Lämpöhäviön laskenta

Lämpöhäviön laskennassa käytetään apuna Suomen rakentamismääräyskokoelman D3 kaavaa, jota hieman muokkaan tähän tarkasteluun sopivammaksi. Lämpöhäviölaskennalla (kaava 1) voidaan selvittää, kuinka paljon lämpöä hukkuu johtumisen avulla ulkoilmaan.

$$\sum H_{\text{joht}} = \sum (U_{\text{ulkoseinä}} A_{\text{ulkoseinä}}) + \sum (U_{\text{yläpohja}} A_{\text{yläpohja}}) + \sum (U_{\text{alapohja}} A_{\text{alapohja}}) + \sum (U_{\text{ikkuna}} A_{\text{ikkuna}}) + \sum (U_{\text{ovi}} A_{\text{ovi}})$$

$\sum H_{\text{joht}}$	rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö, W/K
$U$	rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W/(m <sup>2</sup> K)
$A$	rakennusosan pinta-ala, m <sup>2</sup> .

Kaava 1. Lämpöhäviön laskenta [3, s. 12.].

Rakennuksessa seinien elementtien lämpöhäviö tarkastelussa poistamme kaavasta yläpohjaa, alapohjaa, ikkunoita ja ovia koskevat kohdat. Tällöin lämpöhäviön laskelmissa käytän kaavaa 2, joka on riippuvainen seinäpinta-alasta ja lämmönläpäisykerroimesta.

$$\sum H_{\text{joht}} = \sum (U_{\text{ulkoseinä}} A_{\text{ulkoseinä}})$$

Kaava 2. Lämpöhäviön laskenta seinien osalta.

Kun rakenteen läpi johtuva ominaislämpöhäviö on saatu selville, lasketaan rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia, joka selviää Suomen rakentamismääräyskokoelmasta D5.



$$Q_{\text{joht}} = \sum H_{\text{joht}} (T_s - T_u) \Delta t / 1000$$

$T_s$  on mitoitus lämpötila sisäilmalle

$T_u$  on mitoitus lämpötila ulkoilmalle

$\Delta t$  on ajanjakson pituus tunteina, h

Kaava 3. Rakenteiden läpi johtuvan lämpöenergian laskenta lämpöhäviön avulla [4, s. 18].

#### 5.4 U-arvo

Lämmönläpäisykerrointa kuvataan lämpöhäviö ja energialaskuissa kirjaimella U. Lämmönläpäisykerroin kuvastaa, kuinka paljon rakenneosan läpi johtuu lämpöä. Esimerkiksi Suomen rakentamismääräyskokoelma D3:ssa esitetään, että rakennuksen vaippaan kuuluvan seinän rakennusosan lämmönläpäisykerroin saa olla enintään  $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Lämmönläpäisykerroin ilmoittaa lämpövirran tiheyden, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ympäristöjen välillä on yksikön suuruisen. [5, s. 3.]

Lämmönläpäisykerroimet voidaan laskea rakentamismääräyskokoelman osan C4 tai vastaavien SFS-EN-standardien mukaan.

Rakennusosan lämmönläpäisykerroin (U) lasketaan käyttäen CE merkinnällä varustetuille rakennusaineille EN-standardien mukaan määritettyjä lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja, EN-standardeissa esitettyjä taulukoituja lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja, normaalian lämmönjohtavuuden ( $\lambda_n$ ) arvoja tai muita hyväksyttävällä tavalla määritettyjä, rakennusosalle soveltuvia lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja. Jos samalle aineelle on annettu useita  $\lambda_n$ -arvoja, valitaan alaviitehuomautusten perusteella kohteeseen soveltuva arvo. [5, s. 4.]

## 6 Energiankulutus

### 6.1 Vanha elementti

Vanhan elementin lämpöhäviötä on vaikea arvioida, rakenteissa ilmenneen kosteuden ja siitä johtuvan mahdollisen lämpöeristeen heikentymisen johdosta. Mahdollinen urakoitsija Stonel Oy on aiempien kokemusten perusteella arvioinut, että vastaavan ikäisen ja samanlaisen rakenteen U-arvo olisi keskimäärin  $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Arvioimme tuolla keskiarvolla lämpöhäviön määrän ja arvioimme sen kuluttamaa energiaa vuodessa. Seinärakenteen ala saadaan laskemalla seinien koot yhteen ja vähentämällä siitä tuuletusaukkojen viemä ala. Rakennuksen sisämitat ovat pituus 81,5 m, leveys 42,5 m ja korkeus 15,0 m. [6.]

$$A = (2(81,5\text{m} \times 15,0\text{m})) + (2(42,5\text{m} \times 15,0\text{m}))$$

$$A = 3720 \text{ m}^2$$

Alasta vähennetään muuntajien tuuletusaukkojen viemä ala. Yhden aukon koko on noin  $44 \text{ m}^2$ , ja aukkoja on yhteensä kuusi kappaletta. Tuuletusaukkojen ala saadaan kertomalla yhden aukon ala kuudella.

$$A = 44 \text{ m}^2 \times 6$$

$$A = 264 \text{ m}^2$$

Seinien alasta vähentämällä tuuletusaukkojen ala, saamme todellisen seinäalan selville.

$$A = 3720 \text{ m}^2 - 264 \text{ m}^2$$

$$A = 3456 \text{ m}^2$$

Johtuvan lämpöhäviön määrän saadaan selville kertomalla U-arvolla seinäala.

$$H = U \times A$$

$$H = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K} \times 3456 \text{ m}^2$$

$$H = 1209,6 \text{ W/K}$$

Lämpöhäviön avulla voidaan selvittää rakenteiden läpi johtuvan lämpöenergian määrä. Selvittäessä kulutusta käytetään ajanjaksona vuoden tuntimäärää ja sääolosuhteina Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 sivulla 29 saatavia arvoja, joissa säävyöhykkeellä 1 vuotuinen keskimääräinen ulkoilman lämpötila on 5,3 °C ja sisälämpötila +21 °C.

$$Q = H \times (T_s - T_u) \times \Delta t / 1000$$

Q on rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia, yksikkö on kWh

H on ominaislämpöhäviö, yksikkö W/K

T<sub>s</sub> on mitoitus lämpötila sisäilmalle, 21°C

T<sub>u</sub> on mitoitus lämpötila ulkoilmalle, vuoden keskimääräinen ulkolämpötila ensimmäisellä säävyöhykkeellä 5,3°C

Δt on ajanjakso, 24h x 365 pv = 8760 h

1000 on kerroin, jonka avulla suoritetaan laatumuunnos ja tulokseksi saadaan kilowattitunteja

Sijoitetaan arvot lausekkeeseen:

$$Q = 1209,6W/K \times (21^\circ C - 5,3^\circ C) \times 8760h/1000$$

$$Q = 166\,358,7kWh/a$$

Näin voi todeta, että vuodessa ulkoilmaan johtuva lämpöenergian määrä on noin 170 000 kWh. Sähköenergian hinta Helsingin Energialla oli 1.10.2012 6,36 c/kWh, jolloin vuotuinen kilowattituntimäärä kerrottuna sähköenergian hinnalla selvittää johtuvan lämpöenergian määrän rahassa. Todellisiin kuluihin tulisi lisäksi vielä sähkön siirtomaksu, mutta pyrin kuvastamaan rahan avulla, kuinka suuresta energiamäärästä on kyse.

$$€ = 166\,358,7kWh \times \frac{0,0636}{kWh}$$

$$€ = 10\,580,41$$

Ulos johtuvan lämpöenergian määrä on rahaksi muunnettuna noin 10 600 €.

## 6.2 Kiinnitys pintabetoniin

Kiinnitettäessä uutta tiiliverhousta pintabetoniin on mahdollisuutena lisätä uutta lämmöneristettä +50 mm. Lisälämmöneriste pudottaa Stonel Oy:n mukaan rakenteen U-arvoksi  $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ , mikä on melkoinen muutos aiempaan verrattaessa. Aiemmin laskettu rakennuksen koko on sama myös tässä tapauksessa. Rakenteen läpi johtuvan lämpöhäviön määrän saa selville kertomalla rakenteen U-arvon seinäpinta-alalla. [6.]

$$H = U \times A$$

$$U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A = 3456 \text{ m}^2$$

$$H = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K} \times 3456 \text{ m}^2$$

$$H = 864 \text{ W/K}$$

Lämpöhäviön avulla voidaan selvittää rakenteiden läpi johtuvan lämpöenergian määrä. Selvittäessä kulutusta käytetään ajanjaksona vuoden tuntimäärää ja sääolosuhteina Suomen rakentamismääräyskokoelman D3 sivulta 29 saatavia arvoja, joissa säävyöhykkeellä 1 vuotuinen keskimääräinen ulkoilman lämpötila on  $5,3 \text{ }^\circ\text{C}$  ja sisälämpötila  $+21 \text{ }^\circ\text{C}$ .

$$Q = H \times (T_s - T_u) \times \Delta t / 1000$$

Q on rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia, yksikkö on kWh

H on ominaislämpöhäviö, yksikkö  $\text{W/K}$

$T_s$  on mitoitus lämpötila sisäilmalle,  $21 \text{ }^\circ\text{C}$

$T_u$  on mitoitus lämpötila ulkoilmalle, vuoden keskimääräinen ulkolämpötila ensimmäisellä säävyöhykkeellä  $5,3 \text{ }^\circ\text{C}$

$\Delta t$  on ajanjakso,  $24 \text{ h} \times 365 \text{ pvä} = 8760 \text{ h}$

1000 on kerroin, jonka avulla suoritetaan laatumuunnos ja tulokseksi saadaan kilowattitunteja

Sijoitetaan arvot lausekkeeseen

$$Q = 864 W/K \times (21^\circ C - 5,3^\circ C) \times 8760 h / 1000$$

$$Q = 118\,827,6 kWh/a$$

Näin voi todeta että vuodessa ulkoilmaan johtuva lämpöenergian määrä on noin 170 000 kWh. Sähköenergian hinta Helsingin Energialla oli 1.10.2012 6,36 c/kWh, jolloin vuotuinen kilowattitunti määrä kerrottuna sähköenergian hinnalla selviää johtuvan lämpöenergian määrä rahassa. Todellisiin kuluihin tulisi lisäksi vielä sähkön siirtomaksu, mutta pyrin kuvastamaan rahan avulla, kuinka suuresta energiamäärästä on kyse.

$$€ = 118\,827,6 kWh \times \frac{0,0636}{kWh}$$

$$€ = 7\,557,44$$

Ulos johtuvan lämpöenergian määrä vastaa rahaksi muunnettuna noin 7 600 €. Vain 50 mm:n lisälämmöneristeen lisäämisellä vuotuinen teoreettinen johtumiseen kulunut lämpöenergian määrä rahassa on vähentynyt noin 3 000 €:n verran.

### 6.3 Kiinnitys kantavaan betoniin

Kiinnitettäessä uutta tiiliverhousta kantavaan betoniin lisätään 170 mm uutta nykyai-  
kaista lämmöneristystä. Lämmöneristystä ei määrällisesti ole enempää kuin tavassa,  
jossa lisätään 50 mm uutta lämmöneristystä, uusi lämmöneristekerros on merkittävästi  
tehokkaampaa lämmöneristettä kuin pintabetonikerros ja vanha lämmöneristekerros  
yhteensä. Stonel Oy:n mukaan käytettäessä lisälämmöneristettä, jossa korvataan van-  
ha lämmöneriste ja pintabetonikerros rakenteen U-arvoksi tulee  $0,24 W/m^2K$ . Mittoja  
tarkastellen ohuimman rakenteen lämmöneriste toimii tehokkaimmin. Rakennuksen  
koko on sama kuin aiemmin on jo laskettu, ja lämpöhäviön määrä selviää kertomalla  
seinäala rakenteen U-arvolla. [6]

$$H = U \times A$$

$$U = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A = 3456 \text{ m}^2$$

$$H = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K} \times 3456 \text{ m}^2$$

$$H = 829,44 \text{ W/K}$$

Lämpöhäviön avulla voidaan selvittää rakenteiden läpi johtuvan lämpöenergian määrä. Selvittäessä kulutusta käytetään ajanjaksona vuoden tuntimäärää ja sääolosuhteina Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 sivulta 29 saatavia arvoja, joissa säävyöhykkeellä 1 vuotuinen keskimääräinen ulkoilman lämpötila on 5,3 °C ja sisälämpötila +21 °C.

$$Q = H \times (T_s - T_u) \times \Delta t / 1000$$

Q on rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia, yksikkö on kWh

H on ominaislämpöhäviö, yksikkö W/K

T<sub>s</sub> on mitoitus lämpötila sisäilmalle, 21°C

T<sub>u</sub> on mitoitus lämpötila ulkoilmalle, vuoden keskimääräinen ulkolämpötila ensimmäisellä säävyöhykkeellä 5,3°C

Δt on ajanjakso, 24h x 365 pvä = 8760h

1000 on kerroin, jonka avulla suoritetaan laatumuunnos ja tulokseksi saadaan kilowattitunteja

Sijoitetaan arvot lausekkeeseen

$$Q = 829,44 \text{ W/K} \times (21^\circ\text{C} - 5,3^\circ\text{C}) \times 8760 \text{ h} / 1000$$

$$Q = 114\,074,5 \text{ kWh/a}$$

Näin voi todeta, että vuodessa ulkoilmaan johtuva lämpöenergian määrä on noin 170 000 kWh. Sähköenergian hinta Helsingin Energialla oli 1.10.2012 6,36 c/kWh, jolloin vuotuinen kilowattitunti määrä kerrottuna sähköenergian hinnalla selviää johtuvan lämpöenergian määrä rahassa. Todellisiin kuluihin tulisi lisäksi vielä sähkön siirtomaksu. Pyrin kuvastamaan rahan avulla, kuinka suuresta energiamäärästä on kyse.

$$\text{€} = 114\,074,5 \text{ kWh} \times \frac{0,0636}{\text{kWh}}$$

$$\text{€} = 7\,255,2$$

Näin ollen voidaan todeta, että teoreettisen tarkastelun jälkeen tämänhetkinen elementti kuluttaa noin kolmasosan enemmän energiaa kuin mahdollinen korjattu rakenne. Kahden uuden rakenteen välillä ei ole merkittävää eroa.

## 7 Yhteenveto

Suvilahden 10 kV:n sähköasemassa ilmenneen rakennusvirheen takia edessä häämöttävät mahdollisesti joko purku- tai korjaustyöt. Vanha rakenne on kärsinyt ajan saatossa, eivätkä sen lämmöneristyksen ominaisuudet ole samat kuin aikanaan rakennuksen valmistuessa.

Elementtien korjaamisen on kaavailtu kahta eri vaihtoehtoa, jotka eivät lämmöneristävyyksiltään eroa kovin paljon toisistaan. Oletettavasti ratkaisevassa roolissa on pinta-betonikerroksen mahdollinen kunto, kun olemassa olevan tiiliverhouksen purkaminen on aloitettu. Pintabetonin kunto voi olla niin huono tiiliverhouksen purun jälkeen, että siihen ei pystytä ankkuroimaan mitään kiinni turvallisesti. Pintabetonikerros voi olla myös vanhentuessaan ajautunut sellaiseen kuntoon, jossa siihen ei turvallisesti voida uutta verhousta kannakoida.

Vuosittaisessa lämpöenergian säästössä kahdella eri korjaustavalla ei ole paljon eroa. Kun verrataan nykyisen rakenteen lämpöenergian johtumisesta aiheutuvaa energiahukkaa, ero uusiin rakenteisiin on melkoinen.

Työssä arvioitu hukkaan johtuva lämpöenergia on teoreettinen, eikä todellisuudessa ole arvioidun suuruinen vaan pienempi. Työssä on arvioitu tilannetta, jossa ulkoilma-lämpötilana on käytetty vuotuista keskiulkolämpötilaa. Tästä syystä todellinen hukka on määrältään pienempi.



## Lähteet

- 1 Julkisivujen rakennustekninen kuntoarvio, Suvilahden sähköasema 10 kV, AIB Insinööritoimisto, 9.1.2012
- 2 Julkisivukorjauskluusterin trendit. Rakennustaito. 7/2012, s. 10–14
- 3 Rakennusten energiatehokkuus. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D3. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 4 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. 2007. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D5. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 5 Lämmöneristys. 2003. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C4. Helsinki: ympäristöministeriö
- 6 Suunnittelijalle. 2013. Verkkodokumentti. Stonel Oy. <http://www.stonel.fi/suunnittelijalle/> Luettu 21.01.2013
- 7 Helsingin Energia. 2013. Verkkodokumentti. <http://www.helen.fi/> Luettu 21.01.2013

**Kuvat**

1. Kim Grönroos, Helsinki
2. Kim Grönroos, Helsinki
3. Stonel Oy
4. Kim Grönroos, Helsinki
5. Kim Grönroos, Helsinki
6. Stonel Oy
7. Kim Grönroos, Helsinki

## Hinnasto kodeille Helsingissä

Helsingin Energia

Voimassa 1.10.2012 alkaen

### Hinnasto kodeille Helsingissä

	Sähköenergia	Sähkön siirto ja sähkövero	Kokonaishinta*
<b>Yleissähkö</b>			
Perusmaksu €/kk	2,50	4,60	7,10
Sähkö c/kWh	6,36	3,63 2,09469	12,08
<b>Aikasähkö A</b>			
Perusmaksu €/kk	2,50	16,40	18,90
Päiväsähkö c/kWh	7,24	3,30 2,09469	12,63
Yösähkö c/kWh	5,88	2,18 2,09469	10,15

#### Yleissähkö

Yleissiirron suurin sallittu pääsulakekoko on 3 x 63 A, jos vuosikulutus ylittää 5 000 kWh.

#### Aikasähkö A

Aikasiirron suurin sallittu pääsulakekoko on 3 x 80 A.

Päiväsähkön hinta on voimassa arkipäivinä maanantaista perjantaihin klo 7 - 20. Yösähkön hinta on voimassa muina aikoina, sekä vappuaattona, juhannusaattona, jouluaattona ja uudenvuodenaattona. Helsingin Energia voi ohjata aikasähkön varaavia sähkölämmityskuormia arkisin yösähkön voimassaoloaikana siten, että varausaika on vähintään 8 tuntia vuorokaudessa.

#### Plussa-pisteet

Kotitalousasiakas voi saada Helsingin Energian sähköstä Plussa-pisteitä ilmoittamalla Plussa-korttinsa numeron.

Plussa-pisteitä kerby arvonlisäverollisesta sähkön myyntihinnasta. Pisteitä ei kerry sähkön siirrosta.

Hinnat sisältävät arvonlisäveron 23 %.

Veroluokan I arvonlisäverollinen sähkövero on 1.1.2011 alkaen 2,09469 c/kWh.

\* Kokonaishinta on voimassa Helsingissä ja se on ilmoitettu kahden desimaalin tarkkuudella.

Helsingin Energia Aika- ja palvelu	Postiosoite	Käyttöosoite	Avoisuus	Puhelin
sähköpalvelu@helen.fi www.helen.fi	00090 HELEN	Kampinkuja 2 Malminkatu 6	Ma-pe 8.30-16.00	Kotitaloudet: 010 802 802 Yritykset: 010 802 803

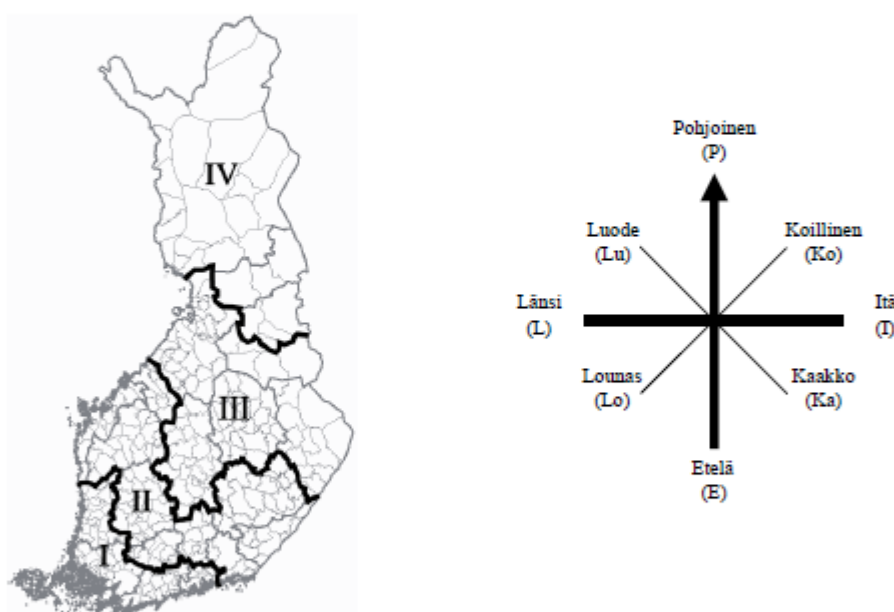
## Lämmitystehon ja energiankulutuksen laskennassa käytettävät säätiedot

### Lämmitystehon ja energiankulutuksen laskennassa käytettävät säätiedot

Lämmitysteho ja energiankulutus lasketaan tässä liitteessä esitetyillä säätiedoilla. Suomi on jaettu neljään säävyöhykkeeseen. Säävyöhykkeet esitetään kuvassa L2.1. Vaatimusten mukaisuuden osoittamisessa kokonaisenergiankulutuksen laskenta ja kesäajan huonelämpötilan laskenta tehdään säävyöhykkeen I säätiedoilla. Energiankulutuksen laskennassa käytettävän testivuoden kuukausittaiset ulkoilman keskilämpötilat ja auringon säteilyenergiat (taulukot L2.2 – L2.4) pohjautuvat Helsinki-Vantaan lentotaseen (säävyöhykkeet I ja II), Jyväskylän lentotaseen (säävyöhyke III) ja Sodankylän ilmatieteellisen tutkimuskeskuksen (säävyöhyke IV) säähavaintoasemien mittauksiin vuosilta 1980-2009. Lämmitystehontarpeen laskenta tehdään rakennuspaikan maantieteellisen sijainnin mukaisella säävyöhykkeen mitoittavalla ulkolämpötilalla (taulukko L2.1). Säävyöhykkeille I ja II on esitetty erikseen mitoittavat ja keskimääräiset ulkoilman lämpötilat. Säävyöhykkeen II tiedot pohjautuvat Jokioisten observatorion säähavaintoihin. Normituslämmitystarvelukua (S17) käytetään apuna, jos halutaan verrata testivuoden lämmitystarvetta muiden vuosien tai paikkakuntien lämmitystarpeeseen.

#### Selostus

Testivuoden tunnitaiset säätiedot eri säävyöhykkeille on saatavissa esimerkiksi ympäristöministeriön [www-sivuilla](http://www.sivuilla).



Kuva L2.1. Säävyöhykkeet.

Taulukko L2.1. Mitoittavat ja keskimääräiset ulkoilman lämpötilat eri säävyöhykkeillä.		
Säävyöhyke	Mitoittava ulkoilman lämpötila, °C	Vuoden keskimääräinen ulkoilman lämpötila, °C
I	-26	5,3
II	-29	4,6
III	-32	3,2
IV	-38	-0,4