



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jani Tolkkila

ASHLAND FINLAND OY:N RAKEN-
NUSKANNAN ENERGIANKULUTUK-
SEN TARKASTELU

Tekniikka ja liikenne
2014

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Jani Tolkkila
Opinnäytetyön nimi	Ashland Finland Oy:n rakennuskannan energiankulutuksen tarkastelu
Vuosi	2014
Kieli	suomi
Sivumäärä	43
Ohjaaja	Tapani Hahtokari

Tässä opinnäytetyössä on tutkittu Ashland Finland Oy:n rakennuskannan rakenteista johtuvaa energiankulutusta. Ashlandin rakennuskannan rakenteiden U-arvot ja rakenteiden läpi johtuvat energiamäärät laskettiin. Sen lisäksi Ashlandille luotiin Excel-työkalu, jolla voidaan arvioida rakenteista johtuvaa energiankulutusta sekä käyttää tulevien energiakorjausten takaisinmaksu aikojen laskemiseen.

Rakenteista johtuva energiankulutus on laskettu Rakentamismääräyskokoelman C3, C4 ja D5 mukaan. Rakenteiden tarkastelu on suoritettu rakennuksien rakennepiirustuksien pohjalta, paikan päältä havainnoimalla sekä tehdasinsinööri Pekka Pylvänäisen tietoja käyttämällä.

Tutkimuksen tavoitteet täyttyivät ja rakennuskannan rakenteiden energiankulutuksesta saatiin yleiskuva tulevia korjaustoimenpiteitä varten. Rakenteet edustavat rakennusajan vaatimuksia, joten nykyiset rakennusmääräykset eivät täyty miltään osin.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Rakennustekniikan koulutusohjelma

ABSTRACT

Author	Jani Tolkkila
Title	An Inspection of Energy Consumption at the Premises of Ashland Finland Oy
Year	2014
Language	Finnish
Pages	43
Name of Supervisor	Tapani Hahtokari

In this thesis the heat conduction from the structures on Ashland Finland Oy's premises were inspected. The U-values in the structures were calculated and the energy loss from these U-values was recorded. An Excel sheet was created where you can estimate the energy consumption can be estimated and used it to calculate the payback times for the future energy renovations.

The heat conduction was calculated on basis of the National Building codes of Finland; C3, C4 and D5. The inspection of the structures was based on the detailed structural plans, by observing and using the information from the plant engineer Pekka Pylvänäinen had to offer.

The objectives of the inspection were met and an overview of the energy consumption of the structures was made for future renovations. The structures were built in the time when requirements were different and do not fill the present building regulations in any way.

Keywords	U-value, energy consumption, energy saving, energy inspection
----------	---

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	6
1.1	Ashland Finland Oy	6
1.2	Tutkimustyö ja sen tavoitteet	6
2	MIKSI ENERGIAA TULEE SÄÄSTÄÄ	9
2.1	Ympäristöaspekti	9
2.1.1	Ilmastonmuutos ja sen vaikutus rakentamiseen	9
2.2	Valtion ilmastopoliittika taustalla	10
2.2.1	Valtion ohjaustoimet energiansäästön parantamiseksi	10
2.3	Energiatehokkuus.....	11
2.4	Lämmitysenergian hankinta Ashlandilla.....	11
3	LÄMMÖN SIIRTYMINEN	13
3.1	Konvektio	13
3.2	Johtuminen.....	13
3.3	Säteily.....	14
3.4	Rakennuksen energiankulutuksen sekä päästöjen pienentäminen.....	15
4	ENERGIANKULUTUKSEN LASKENTA	16
4.1	Energiankulutukseen vaikuttavat asiat	16
4.2	Lämmönläpäisykertoimen määrittäminen	16
4.3	Rakenteiden läpi johtuva lämpöenergian laskeminen.....	17
4.4	Alapohjan kautta johtuva energia	18
5	LÄMMÖNERISTYSVAATIMUKSET	20
5.1	Rakennusosien ja rakenteiden ilmanpitävyys.....	20
5.2	Rakennuksen vaipan lämmöneristys	20
6	TUTKIMUS	22
6.1	H-konttori	22
6.1.1	Rakenteiden energiatehokkuuden parantaminen	24
6.2	Tuotannon toimisto	25

6.2.1	Tuotannon toimiston rakenteiden energiatehokkuuden parantaminen.....	27
6.3	Korjaamo	28
6.3.1	Korjaamon rakenteiden energiatehokkuuden parantaminen	30
6.4	Aplikaatiohalli	31
6.4.1	Aplikaatiohallin rakenteiden energiatehokkuuden parantaminen	33
6.5	Varastohalli.....	34
6.5.1	Varastorakennuksen rakenteiden energiatehokkuuden parantaminen.....	36
6.6	Kattilarakennus	37
6.7	Pressuhalli.....	40
7	LASKENNASSA KÄYTETTY EXCEL-POHJA	41
8	YHTEENVETO	42
	LÄHTEET	43
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

1.1 Ashland Finland Oy

Opinnäytetyöni aiheeksi valikoitui Ashland Finland Oy:n Porvoon toimipisteen rakennuskannan rakenteiden läpi johtuvan energiankulutuksen laskenta sekä tarkastelu.

Ashland on amerikkalainen kemianalan yritys, joka omaa juuret öljynjalostukseen. Pääkonttori sijaitsee Covingtonissa, Kentuckyssa. Yhtiön liikevaihto oli vuonna 2012 noin kuusi miljardia euroa ja yrityksellä on noin 15 000 työntekijää yli sadassa maassa.

Ashlandin Porvoon tehtaat valmistavat polyesterihartseja lujitemuoviteollisuudelle. Vuosittainen tuotanto on noin 37 000 tonnia. Lujitemuovia käytetään tyypillisesti veneissä, säiliöissä, tuulivoimalan siivissä sekä autojen osissa.

1.2 Tutkimustyö ja sen tavoitteet

Tutkimustyöhöni kuuluu Ashlandin rakennuskannan rakenteiden energiankulutuksen tarkastelu. Laskettavaan rakennuskantaan kuuluu kuusi rakennusta joiden kokonaispinta-ala on n. 5000 m². Laskennasta on jätetty tehdasrakennus pois, jossa on kolme reaktoria, jotka tuottavat lämpöä niin paljon, ettei kyseiseen rakennukseen olla energiaremonttia tekemässä. Oheisessa kuvassa 1. alueen kartta missä rakennukset ovat merkitty.



Kuva 1. Aluekartta Ashlandin tehdasalueesta. Tutkittavat rakennukset vahvennettuina.

Tutkimuksen tavoitteena on hankkia Ashlandille tietoa rakennusten energiatehokkuudesta ja vertailla rakennuksia nykyisiin määräyksiin. Tämä antaa heille yleiskuvan rakennuskannan rakenteista johtuvan energiankulutukseen. Opinnäytetyön tuloksia ja laskentapohjaa voidaan käyttää tulevien korjausrakentamisen investointipäätösten tukena. Rakenteiden lisäeristyksillä saadaan säästöjä rakennusten ylläpitokustannusten pienenemisenä.

Ashlandin organisaatiolla on myös Responsible-care periaatteet, joita se on sitoutunut noudattamaan. Tässä sitoumuksessa mainitaan mm. että yritys haluaa vähentää ympäristöhaittoja, vähentää jätteen määrää sekä säästää energiaa ja uusiutumattomia resursseja. Yksi tapa toteuttaa näitä periaatteita on rakennuskannan energiatehokkuuden selvittäminen.

Ensimmäiset rakennukset ovat tehty vuonna 1968 ja viimeisin rakennus on valmistunut vuonna 1995. Tehtaat ja rakennus ovat olleet mm. Neste Oilin omistuksessa aiemmin.

Olen muokannut yhtiön käyttöön yksinkertaisen Excel-sovelluksen, jolla olen laskenut rakenteiden läpi johtuvan energian määrän. Laskupohja pohjautuu rakentamismääräyskokoelman osiin C4 Lämmöneristys, D3 Rakennusten energiatehokkuus sekä D5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta.

Varsinainen rakenteiden tutkimus perustuu Ashlandin sekä suunnittelutoimisto Neste Jacobsin arkistoista saatuihin piirustuksiin, paikanpäällä tehtyihin havaintoihin sekä tehdasinsinööri Pekka Pylvänäisen tietoihin.

2 MIKSI ENERGIAA TULEE SÄÄSTÄÄ

2.1 Ympäristöaspekti

Ympäristön kannalta energian tuotannosta ja siirrosta aiheutuu monenlaisia haitallisia vaikutuksia ympäristölle. Monet haittavaikutukset ovat globaaleja, osa vaikutuksista rajoittuvat pienelle, paikalliselle tasolle. Tällä hetkellä mittavimmat ympäristöuhat ovat ilmastonmuutos, happamoituminen, luonnonvarojen ja luonnon monimuotoisuuden väheneminen. Asioita jotka vaikuttavat energian käytön kehitykseen, ovat mm. energian tuotantotapa, energian kulutustottumukset sekä väestön määrä ja väestömäärän kehittyminen. /1/

2.1.1 Ilmastonmuutos ja sen vaikutus rakentamiseen

Vallalla olevan käsityksen mukaan ihmisten toimet vahvistavat ilmastonmuutosta. Ihminen tuottaa ilmastonmuutoksen kannalta haitallista hiilidioksidia polttamalla fossiilisia polttoaineita. Ilmastonmuutos on suurin yksittäinen syy, mikä on saanut poliittiset päättäjät toimiin. Näihin toimiin kuuluvat mm. rakentamismääräysten muutokset./4/

Suomi on sitoutunut rajoittamaan omia kasvihuonekaasupäästöjään Kioton pöytäkirjan sekä EU:n ilmastotoimien edellyttämällä tavalla. Suomella on myös oma kansallinen ilmasto-ohjelma, ilmastostrategia sekä erinäiset ilmastolait. Ilmastonmuutos muuttaa Suomen olosuhteita ja näin ollen myös rakentamisen vaatimuksia. Lämpötilan nousu tietää muutoksia sademäärissä ja lumipeitteen kestoajoissa. Ääri-ilmiöiden todennäköisyys kasvaa, eli myrskyt, rankkasateet, pitkät kuivat sekä kosteat jaksot yleistyvät. Esim. lumikuormien äärikuormat määritellään 50 vuoden toistuvuusajan perusteella. Nämä tiedot perustuvat nykyhetkeä edeltäneeseen 30 vuoden ajanjaksoon. Tänään rakennettu rakennus suunnitellaan kestämään seuraavat 50-100 vuotta, joten kun ilmasto muuttuu olisi meidän voitava arvioida tulevia lumi ja tuulikuormia koko rakennuksen käyttöiält. /5/

2.2 Valtion ilmastopolitiikka taustalla

Koska ilmastonmuuton on maailmanlaajuinen ongelma, koskettaa se myös Suomea. Ilmastonmuutosta pyritään hillitsemään, rajoittamalla kasvihuonepäästöjen tuottamista. /6/

Ympäristöministeriö on taho, joka koordinoi YK:n ilmastososopimuksen alaisia neuvotteluita. Ympäristöministeriö on myös kansallinen vastuutaho ilmastososopimuksien noudattamisessa. Kansallisessa ilmastopolitiikassa se vastaa mm. maankäyttö- ja aluesuunnittelupolitiikasta, jätepolitiikasta sekä rakentamisesta. Nämä kaikki osa-alueet kytkeytyvät tiivistä ilmastokysymyksiin. /6/

Suomen hallituksen sitouduttua EU:n ilmastotavoitteisiin, on se tuonut runsaasti tiukennuksia rakennuksien ja rakentaminen energiatehokkuusdirektiiveihin. Sama suuntaus jatkuu tulevaisuudessa ja jo vuonna 2020 loppuun mennessä on uusien rakennusten oltava lähes nollaenergiarakennuksia. /6/

2.2.1 Valtion ohjaustoimet energiansäästön parantamiseksi

Energiatehokkuutta, uusiutuvien energiamuotojen käytön edistäminen ja eri päästöjen vähentämistä ohjataan kansainvälisin ja kansallisin keinoin. Taustalla on mm. lainsäädäntöjä sekä ohjeistuksia, mutta Suomessa pyritään päästövähennyksiin vapaaehtoiskeinoin, kannustamalla ja kannustimilla. Valtio esimerkiksi myöntää määrärahoja energiakatselmuksien toteuttamiseen, erilaisiin energiakäytön tehostamiseen liittyviin investointeihin. Myös uusiutuvan energian käyttöönottoa tuetaan, kuten myös energiatehokkaan teknologian käyttöönottoa. /7/

Yksi EU:n keino ohjata jäsenmaidensa lainsäätöä on direktiivien määrääminen. Nämä eivät muuta suoraan jäsenvaltion lainsäädäntöä, mutta antavat suuntaviivoja

ja toimintaohjeita kansallisille päättäjille. Yksi Suomen rakentamiseen ja energiatehokkuuden parantamiseen liittyvä direktiivi on Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi (2009/91/EY). EU:n jäsenmaat ovat ratifioineet Kioton ilmastopöytäkirjan ja sitoutuneet vähentämään kasvihuonepäästöjä vuoden 1990 tasosta.

Euroopan unionissa rakennukset kuluttavat n. 40 % kokonaisenergiankulutuksesta. Rakennuksissa energiaa kuluttavat valaistus, lämmitys, lämmin vesi sekä jäähdytys. Direktiivissä on kolme pääaluetta, energiatodistuksen käyttöönotto (joka otettiin Suomessa käyttöön 1.7.2013), energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset sekä lämmityskattiloiden ja ilmastointilaitteiden määräaikaistarkastukset. Energiatehokkuusdirektiivi luo yhteiset raamit energiatehokkuuden parantamiseen ja yhteisten tavoitteiden määrittämiseen kaikkiin unionin jäsenmaihin. Direktiiviä sovelletaan kuitenkin kansallisella tasolla. Soveltamista tulee etenkin eri ilmasto-olosuhteista, paikallisista olosuhteista, sisäilmalle määritetyt vaatimukset ja että toimet voidaan tehdä kustannustehokkaasti. /8/

2.3 Energiatehokkuus

Valtion kannalta energiatehokkuuden parantamisen ensisijainen tavoite on säästää luonnonvaroja ja vähentää kasvihuonekaasupäästöjä kustannustehokkaasti. Energiatehokkuudella parannetaan myös huoltovarmuutta, energiakustannuksia ja energiantuotannossa syntyneitä päästöjä. /9/

2.4 Lämmitysenergian hankinta Ashlandilla

Ashlandin rakennuskanta lämpiää ostohöyryllä. He ostavat 30 barin höyryn Neste Oil:lta sekä 5 barin höyryn Borealikselta. Kummatkin höyrylaadut valmistetaan Kilpilahdella sijaitsevassa Neste Oil:n omistuksessa olevassa voimalaitoksessa. Tehdas valmistaa höyrystä lauhduttamalla lämpönsä. Tällä lämmöllä lämmitetään

rakennuskanta. Höyry on ostohöyryä joten pienentämällä rakennusten energiankulutusta, saadaan säästöjä aikaan.

Pressuhalli lämmitetään sähkölämmittimin. Sähkö hankitaan samasta Neste Oil:in voimalaitoksesta.

3 LÄMMÖN SIIRTYMINEN

Lämpöenergian eri siirtymistavat ovat tärkeä tuntea, jotta voidaan mahdollisimman tehokkailla tavoilla estää tarkoituksen vastainen lämpöenergian siirtyminen eri rakenteissa. /2, s.406/

3.1 Konvektio

Nesteet ja kaasut ovat yleisesti ottaen huonoja lämmön johteita. Ne siirtävät kuitenkin tehokkaasti lämpöenergiaa kuljetuksen avulla. Konvektio eli kuljetus tarkoittaa prosessia. Lämmennyt kaasu tai neste laajenee, pienenee aineen tiheys lämpölaajennuksen johdosta. Konvektiota sanotaan vapaaksi (luonnolliseksi), mikäli ainevirtaus tapahtuu tiheyserojen seurauksena. Golf-virta ja tuuli ovat esimerkkejä luonnollisesta konvektiosta. Konvektio on suoraan verrannollinen pinta-alaan. Tämän vuoksi lämmittimet ja jäähdyttimet tehdään mahdollisimman suuret pinnat. /2 s.407-409/

Sama pätee rakennuksiin ja rakennusten suunnitteluun. Energiaa voidaan säästää jättämällä turhat ulokkeet ja sisennykset tekemättä.

3.2 Johtuminen

Lämpöenergian johtuminen aineessa voidaan ajatella olevan seurasta molekyylien törmäyksistä keskenään, eli molekyylien värähtelyä. Molekyylit värähtelevät sitä nopeammin mitä suuremmaksi lämpötila nousee. Lämpö siirtyy kun nopeasti värähtelevät molekyylit osuvat hitaammin liikkuviin molekyyliin ja siirtää osan energiastaan seuraavaan kappaleeseen. Lämpöenergian siirtyminen ja sen nopeus vaihtelevat aineen ominaisuuksista riippuen. Kaasut johtavat huonosti lämpöenergiaa. Tämä johtuu siitä että molekyylien etäisyydet ovat suuret ja näin ollen molekyylit törmäilevät harvemmin kuin tiheässä aineessa ja lämpöenergia siirtyy hitaammin. Tämän johdosta rakennuseristeistä pyritään tekemään mahdollisimman huokoisia, jotta kaasun määrä eristeessä saadaan maksimoitua. Lämmönjohtumisen edellytys on lämpötilaero.

Lämmönjohtavuus eli verrannollisuuskerroin merkitään pienellä kreikkalaisella kirjaimella lamda, λ (W/m*K). Nämä arvot ovat saatu laboratorio olosuhteissa eivätkä näin ollen ole käyttökelpoisia rakennusteknisissä käytännönlaskuissa.

Rakennusteknisissä laskelmissa käytetään ns. normaalisia lämmönjohtavuuksia, λ_n . Tässä arvossa otetaan huomioon mm. kosteuden aiheuttamat muutokset lämmönjohtavuudessa. Samalla rakennusaineella voi olla useita eri λ_n arvoja. Tähän vaikuttaa mm. eristeen käyttötapa. Samanniminen rakennusaine voi olla ominaisuuksiltaan erilaista mm. tiheys voi olla eri ja näin materiaalin lämmönjohtavuus λ_{10} on eri. λ_{10} on rakennusaineen laboratoriossa, valvotuissa, tasalaatuisissa olosuhteissa mitattu arvo. Tähän arvoon lisätään mm. kosteudesta, ilmavirtauksesta, ikääntymisestä aiheutuvia vaikutuksia jolloin saadaan arvo λ_n . /2 s.409-418/

3.3 Säteily

Kaikki kappaleet säteilevät eli emittoivat energiaa. Tämä säteily on sähkömagneettista säteilyä. Tämä energia tulee atomien sekä molekyylien lämpöliikkeestä. Sähkömagneettinen säteily ei tarvitse väliainetta siirtymiseen. Tämä voidaan huomata esim. auringon lähettämästä lämmöstä joka kulkee avaruuden tyhjiössä. Huoneenlämpötilassa lähes kaikki eri kappaleista emittoituva energia on ihmisilmälle näkymätöntä. Infrapuna säteilyn aallonpituus on huomattavasti näkyvää valoa pidempää ja näin ollen meidän silmille näkymätöntä. Kun lämpötila nousee yli 500 0C kappale alkaa hehkumaan punaisena. Lämpötilan noustessa aallonpituus lyhenee entisestään ja 1500 0C väri muuttuu täysin valkohehkuseksi. /2 s.418-419/

Säteilyteho riippuu pinnan luonteesta. Emissiivisyydelle saadaan arvoja 0...1 väliltä. Tämä arvo kuvaa säteilytehon suhdetta ideaaliseen säteilijään eli ns. mustan

pinnan säteilytehon suhde. Täysin mustalle pinnan emissivisyys on 1. Muille pinnoille arvo on pienempi kuin yksi. /2 s.419/

3.4 Rakennuksen energiankulutuksen sekä päästöjen pienentäminen

Rakennuksen ilmanvaihdolla voi olla jopa kolmanneksen vaikutus rakennuksen lämpöhäviöihin. Mitoittamalla ilmanvaihto oikein voidaan vaikuttaa merkittävästi ilmanvaihdon lämpöhäviöihin. Nykyään ilmanvaihtojärjestelmässä on usein huomioitu lämmön talteenotto poistoilmasta. Ilmanvaihdon sekä lämmityksen säätötoimenpiteet tulee tehdä tilojen käyttötarkoituksen mukaan. Esimerkiksi tilat, jossa oleskellaan vain satunnaisesti kuten varastot voidaan lämmitystarvetta vähentää. Valaistuksessa voidaan säästää energiaa kohdentamalla valaistus suurimmilleen niille kohdille missä valaistusta tarvitaan. Näin voidaan vähentää niin sa-
nottua yleisvalaistusta. /3 s.132/

Sähkötekniset ratkaisut ovat nykyään kaikki ohjailtavissa tunnistimilla sekä aikakytkimillä. Muun muassa huoneiden lämpötiloja ja ilmanvaihtoa voidaan säätää käyttötarpeen mukaan. /3 s.132-133/

Yksinkertaisimmat keinot vähentää rakennusten lämmöntarvetta ovat; lämmityksen säätöjärjestelmien uusiminen, vaikutus on keskimäärin 5%. Lämmitysverkoston perussäätö, yläpohjan eristäminen ja käyttöveden kiertovesijohtojen lämmöneristäminen. Näiden kolmen toimen vaikutus on 10% per toimenpide eli yhteensä 30% säästöpotentiaali. Lisäksi ilmanvaihdon lämmöntalteenotolla on 20% säästöpotentiaali. /3 s.133/

4 ENERGIANKULUTUKSEN LASKENTA

4.1 Energiankulutukseen vaikuttavat asiat

Rakennuksen energiankulutukseen laskentaan vaikuttavat lämpöhäviöenergiat, joihin kuuluvat vaipasta johtuva energia, vuotoilma sekä ilmanvaihto. Käyttöveden lämmitys, lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia,, laitesähköenergia, lämpökuormat sekä jäähdytysenergiantarve. /11/.

Tässä tutkimuksessa on keskitytty vaipasta johtuvan energiankulutuksen selvittämiseen, sekä rakenteiden U-arvojen laskemiseen.

4.2 Lämmönläpäisykerroimen määrittäminen

Lämmönläpäisykerroin (U), $W/(m^2 \cdot K)$ on yleisesti tunnettu U -arvona. /10/

$$U = 1 / R_T \quad (1)$$

R_T rakennusosan kokonaislämmönvastus ympäristöstä ympäristöön.

Mikäli rakennusosan ainekerrokset ovat homogeenisia sekä tasapaksuja ja lämpö siirtyy rakenneta kohtisuoraan, voidaan rakenneosan kokonaislämmönvastus R_T laskea seuraavalla kaavalla. /10/

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_m + R_e + R_b + R_{q1} + R_{q2} + \dots + R_{qn} + R_{se} \quad (2)$$

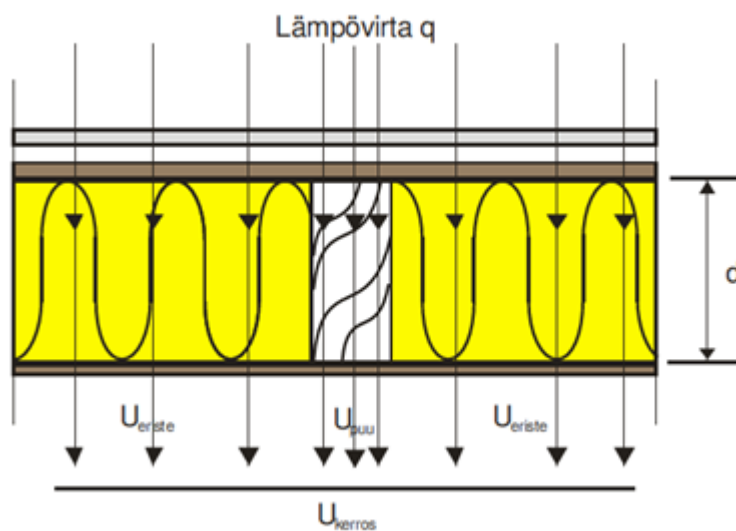
jossa R_{si} on sisäpuolisen pintavastuksen lämmönvastus ja R_{se} ulkopuolisen pintavastuksen pintavastus. R_1, R_2, \dots, R_n ovat eri aineden lämmönvastuksia.

Lämmönvastus lasketaan jakamalla ainepaksuus aineen lämmönjohtavuuden suunnitteluarvolla. R_g on maan lämmönvastus ja $R_{q1}, R_{q2}, \dots, R_{qn}$ ovat ohuiden aineiden lämmönvastuksia. /10/

Kun rakennusosa on epähomogeeninen, eli rakenteessa on rinnakkain eri lämmönvastukseltaan erilaisia aineita, lasketaan R_j kaavalla

$$1 / R_j = f_a / R_{aj} + f_b / R_{bj} + \dots + f_n / R_{nj} \quad (3)$$

jossa f_a, f_b, \dots, f_n ovat epähomogeenisessä aineessa olevan homogeenisen osa-alueen a, b, \dots, n suhteellinen osuus ainekerroksen kokonaispinta-alasta. $R_{aj}, R_{bj}, \dots, R_{nj}$ ovat epähomogeenisen aineen osa-alueen lämmönvastuksia. /10/.



Kuvio 1. Oheisessa kuvassa on esitelty epähomogeenisen rakennekerroksen lämpövirran siirtyminen rakenteen läpi.

4.3 Rakenteiden läpi johtuva lämpöenergian laskeminen

Rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia Q_{joht} lasketaan seuraavalla kaavalla

$$Q_{\text{joht}} = \sum H_{\text{joht}} (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (4)$$

koko rakennuksen ominaislämpöhäviö lasketaan kaikkien eri rakennusosien ominaislämpöhäviöiden summana.

$$\sum H_{\text{joht}} = \sum (U_{\text{ulkoseinä}} A_{\text{ulkoseinä}}) + \sum (U_{\text{yläpohja}} A_{\text{yläpohja}}) + \sum (U_{\text{alapohja}} A_{\text{alapohja}}) + \sum (U_{\text{ikkuna}} A_{\text{ikkuna}}) + \sum (U_{\text{ovi}} A_{\text{ovi}}) \quad (5)$$

jossa

Q_{joht}	rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia, kWh
$\sum H_{\text{joht}}$	rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö, W/K
U	rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W/(m ² K)
A	rakennusosan pinta-ala, m ²
T_s	sisäilman lämpötila, °C
T_u	ulkoilman lämpötila, °C
Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

Tuloksena saadaan rakenteiden läpi johtumalla kulkeutuva kWh määrä. Laskennassa käytetyt kuukausittaiset ulkolämpötilat on saatu RakMK D5 taulukosta L1.2. Arvoina on käytetty Helsingin lämpötila-arvoja. /11/

4.4 Alapohjan kautta johtuva energia

Alapohjan kautta johtumalla kulkeutuva energia lasketaan kaavalla (4), sillä erotuksella että ulkoilman lämpötila korvataan maanpohjan laskennallisella lämpötilalla. Näin laskemalla ei tarvitse ottaa huomioon maan lämmönvastusta U -arvoa laskettaessa. Alapohjan alapuolisen maan keskilämpötila saadaan allaolevalla kaavalla (6). /11/

$$T_{\text{maa, vuosi}} = T_{\text{u, vuosi}} + \Delta T_{\text{maa, vuosi}} \quad (6)$$

jossa

$T_{\text{maa, vuosi}}$ = alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila, °C

$T_{\text{u, vuosi}}$ = ulkoilman vuotuinen keskilämpötila, °C

$\Delta T_{\text{maa, vuosi}}$ = alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero (taulukko 1), °C

Taulukko 1. Ohessa alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero.

Maalaji	Alapohjan U-arvo, W/m ² K		
	<0,2	0,2 – 0,3	>0,3
	$\Delta T_{\text{maa, vuosi}}$, °C		
Savi, salaojitettu hiekka ja sora	5	7	8
Hiesu, moreeni, hieta, salaojittamaton hiekka ja sora	3	5	6
Kallio	2	3	4

Taulukko 2. Ohessa alapohjan alapuolisen maan kuukauden keskilämpötilan ja vuotuisen keskilämpötilan ero.

Kuukausi	$\Delta T_{\text{maa, kuukausi}}$, °C
Tammikuu	0
Helmikuu	-1
Maaliskuu	-2
Huhtikuu	-3
Toukokuu	-3
Kesäkuu	-2
Heinäkuu	0
Elokuu	1
Syyskuu	2
Lokakuu	3
Marraskuu	3
Joulukuu	2

5 LÄMMÖNERISTYSVAATIMUKSET

5.1 Rakennusosien ja rakenteiden ilmanpitävyys

Rakennuksen vaipan sekä tilojen väliset rakenteet tulee olla niin tiiviitä ja ilmanpitäviä ettei vuotokohtien läpi tapahtuvat vuodot ja ilmavirtaukset vaikuta asumis- ja oleskelumukavuuteen tai ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuteen. Rakenteiden liitoksiin sekä läpivienteihin tulee kiinnittää erityistä huomiota suunnittelussa sekä rakennustyötä tehtäessä.

Ikkunan ja ovien ympäröivien rakenteiden tulee olla ilmanpitäviä. Tämä vaikuttaa asumismukavuuteen sekä energiankulutukseen. Ikkunoiden ja ovien ympäröivät rakenteet tulee myös suunnitella niin, että ne kestävät vaurioitumatta käytön rasitukset. /12/

5.2 Rakennuksen vaipan lämmöneristys

Lämpimien tilojen lämmönläpäisykertoimet, eli U-arvojen vähimmäisvaatimukset ovat seuraavat

seinä	0,17 W/m ² K
hirsiseinä	0,40 W/m ² K
yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09 W/m ² K
ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,17 W/m ² K
maata vastaan oleva rakennusosa	0,16 W/m ² K
ikkunat, kattoikkunat, ovet	1,0 W/m ² K

puolilämpimien tilojen lämmönläpäisykertoimet, eli U-arvojen vähimmäisvaatimukset ovat seuraavat

seinä	0,26 W/m ² K
hirsiseinä	0,60 W/m ² K
yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,14 W/m ² K
ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,26 W/m ² K
maata vastaan oleva rakennusosa	0,24 W/m ² K
ikkunat, kattoikkunat, ovet	1,40 W/m ² K

Vaipan lämpöhäviöt saavat olla 30 prosenttia suurempia kuin yllä esiintyvissä arvoissa. Tällöin on lämpöhäviöt kuitenkin tasattava rakennuksen vuotoilmaa tai ilmanvaihdon lämpöhäviötä pienentämällä. /12/

Korjausrakentamisessa astui voimaan seuraavat rakennusosavaatimukset kun suunnittelu tapahtuu rakennusosakohtaisesti.

Ulkoseinän vähimmäis- U-arvo on 0,5 kertaa alkuperäinen arvo, mutta arvo ei saa kuitenkaan ylittää arvoa 0.17 W/(m²K). Käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä alkuperäinen U-arvo kerrotaan 0,5, mutta arvon on kuitenkin oltava 0,6 W/(m²K) tai parempi. Yläpohjan vaatimus on muilta osin sama seinän kanssa mutta U-arvo on 0,09 W/(m²K). Alapohjan energiatehokkuutta parannetaan mahdollisuuksien mukaan. Ikkunoiden ja ulko-ovien vähimmäisvaatimus U-arvolle on 1,0 W/(m²K). Vanhoja ikkunoita ja ulko-ovia korjattaessa parannetaan lämmönpitävyyttä mahdollisuuksien mukaan. /13/

6 TUTKIMUS

Olen tutkimuksessa käynyt läpi Ashlandin kilpilahden rakennuskannan. Olen Excelillä laskenut rakenteiden energiankulutuksen piirustusten sekä omien havaintojen pohjalta. Olen kertonut rakennuksista hieman yleisellä tasolla, kommentoinut rakenteiden läpi johtuvia energiankulutus lukemia sekä verrannut saatuja U-arvoja nykyisiin vaatimuksiin.

Olen sen lisäksi antanut yhdestä kolmeen ehdotusta korjauksien tekemiseen energiansäästömielessä. Nämä ovat kuitenkin suuntaa antavia, eikä toimenpiteisiin tule ryhtyä ennen kuin on huolellisesti, tapauskohtaisesti, suunniteltu haluttu lopputulos. Ehdotukset antavat kuitenkin kuvan siitä, mistä kannattaa lähteä suunnittelussa liikkeelle ja missä ovat suurimmat puutteet, mikäli rakenteiden energiatehokkuutta halutaan parantaa rakenteita korjaamalla.

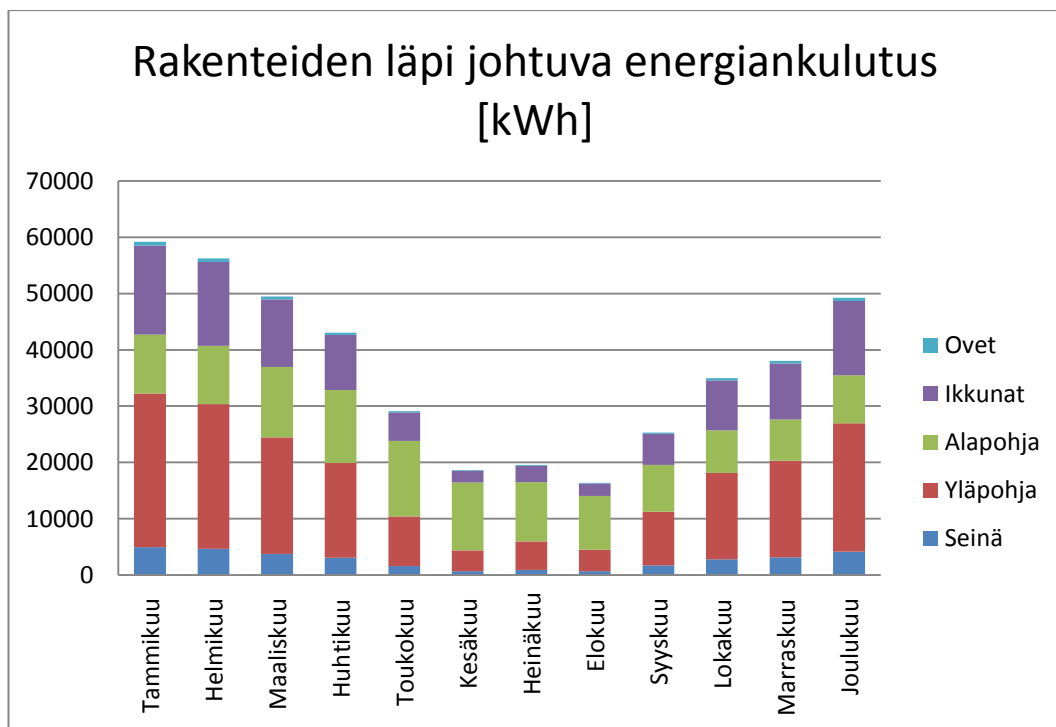
6.1 H-konttori



Kuva 2. Ohessa kuva H-konttorin sisäänkäynnistä.

H-konttori on noin 2500 m² konttorirakennus jossa on myös laboratoriotiloja ja tuotekehitystä. Rakennus on H-kirjaimen muotoinen ja saanut siitä kutsumani-

mensä. Rakennus on rakennettu 1989 ja laajennettu 1994 n. 250 m² nykyiseen koonsa. Rakennus on yksikerroksinen, siinä on viisi sisäänkäyntiä ja runsaasti ikkunapinta-alaa suhteessa seinäpinta-alaan kuten kuvasta 2. voimme nähdä.



Kuvio 2. Oheisessa kuviossa on esitelty H-konttorin rakenteiden läpi johtuva energia

Kuten yllä olevasta kuviosta 2. voidaan päätellä, ikkunoilla sekä yläpohjalla on erityisen suuri osuus lämmön johtumisessa. Yläpohjan kautta johtuu 50 % rakenteiden kautta johtuvasta energiasta. Ikkunat vastaavat 25 % ja alapohja n. 15 % rakenteista johtuvasta energiankulutuksesta. Yläpohja on erityisen huonosti eristetty, eikä piirustuksissa olevaa 250mm puhallusvillaa ole todellisuudessa kuin noin 100mm. Tämä lisää kesällä tuntuvasti myös ilmastonin tarvetta, koska ryömintätila lämpenee hyvin voimakkaasti kesähelteillä.

Yläpohjan lisäeristys on helpoin ja halvin keino parantaa energiatehokkuutta. Seinien pieni osuus lämmönjohtumisessa selittyy pienellä pinta-alalla. Koska ikkunat kiertävät käytännössä koko rakennuksen ja ovat korkeita, ei seinäpinta-alaa jää kovin paljoa.

Taulukko 3. Oheisessa taulukossa näkyvät nykyiset U-arvo vaatimukset sekä H-konttorin rakenteiden U-arvot

U-arvo vaatimukset 2010. [W/m ² K]		Rakenteiden tämänhetkiset U-arvot [W/m ² K]	
Alapohja	0.16	0.51	
Seinät	0.17	0.27	
Yläpohja	0.09	0.5	
Ikkunat	1	1.8	
Ovet	1	3	
Rakenteiden läpi johtuva energiankulutus/vuosi		439089	kWh
Energian kulutus per m ² /vuosi		171.0514	kWh/m ²

Taulukosta 1, näemme ettei rakennus täytä nykyaikaisia lämmöneristysvaatimuksia miltään osin. Suurin ongelma H-konttorissa on tällä hetkellä yläpohja. Seinärakenteet ovat suhteessa rakennuksen muihin osiin hyvin eristävät. Ikkunoilla on kuntotutkimuksen mukaan käyttöikä vielä 10 vuotta, joten niitä ei kannata lähteä energiansäästö mielessä vaihtamaan. Ovet ovat lasisia, tuulikaappimallisia, mutta niiden kokonaispinta-ala on hyvin pieni joten ovilla ei käytännön vaikutusta kokonaisenergian kulutukseen ole.

6.1.1 Rakenteiden energiatehokkuuden parantaminen

Yläpohjan lisäeristys on H-konttorin tapauksessa helpoin ja hinta-laatu suhteellisesti suosittelavin toimenpide. Tällä hetkellä n. 100mm eristys yläpohjassa jää kauas vaatimuksen täyttävästä rakenteesta. Yläpohjan yläpuolisessa ullakkotilassa on myös runsaasti tilaa lisättävälle puhallusvillalle sekä tilaa suorittaa asennustyö. Tämä toimenpide vähentää myös ilmastonin tarvetta kesähelteillä. Tällä hetkellä yläpohjan ullakkotila lämpiää kesällä voimakkaasti ja lämmitteää samalla huoneita.

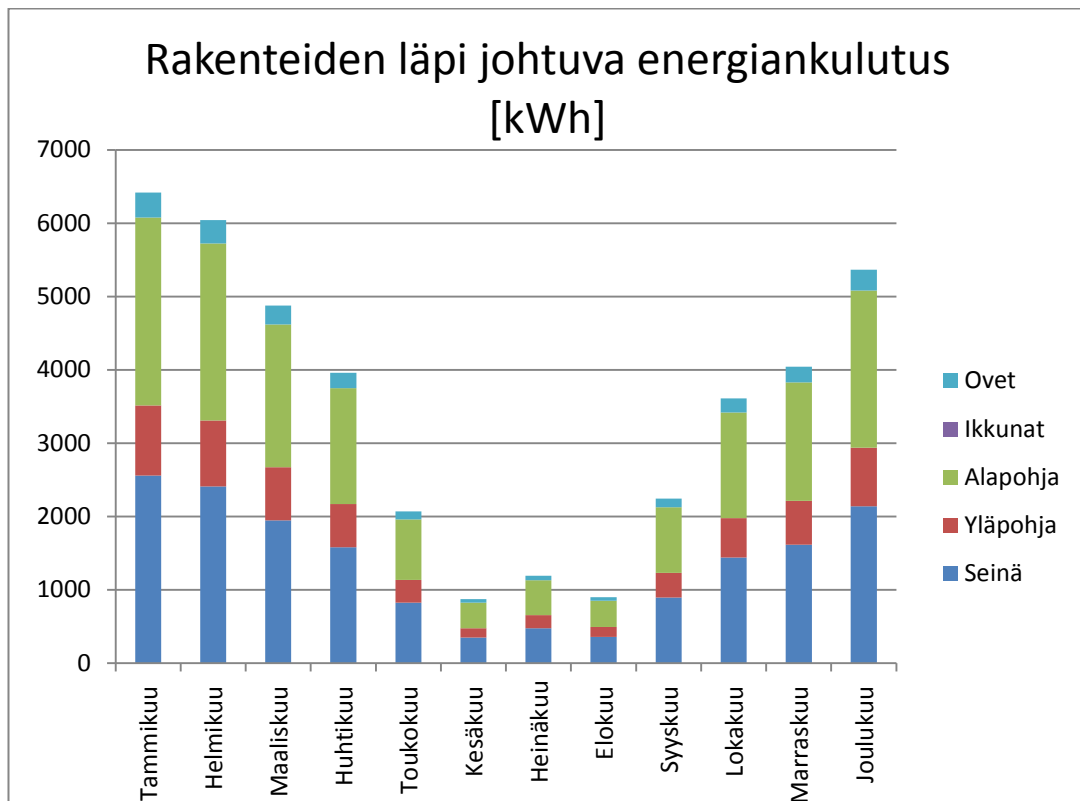
Ikkunat ovat 80-luvun lopulta ja U-arvo sen mukainen. Uusien, energiatehokkaiden ikkunoiden vaihtamisella on suuri energiansäästöpotentiaali, koska ikkunapinta-ala on suuri. Ikkunoita ei kuitenkaan kannata vaihtaa ennen kuin käyttöikä on lopussa. Kuntotutkimuksen mukaan ikkunoilla on käyttöikä ainakin 10 vuotta vielä. Ikkunoiden asennuksessa kannattaa kiinnittää erityistä huomiota ikkunoiden huolelliseen ja kunnolliseen tiivistämiseen.

6.2 Tuotannon toimisto



Kuva 2. Ohessa kuva tuotannon toimistosta sisäänkäynnistä.

Tuotannon toimisto on 1989 valmistunut rakennus. Rakennuksen toisessa kerroksessa on tehtaan valvomo sekä toimistoja tuotannon henkilökunnan käytössä. Ensimmäisessä kerroksessa on yksi tehtaan muuntamoista. Rakennus on hyvin pelkistetty, kuten kuvasta 2. nähdään. Rakennuksessa on tasakatto eikä siinä ole ikkunoita. Rakennus on ylipaineistettu, jotta tuotannon henkilökunta voi työskennellä turvallisesti mahdollisten ongelmatilanteiden, kuten kaasuvuodon sattuessa. Tämä voi tuottaa ongelmia kosteusteknisessä käyttäytymisessä ja aiheuttaa kosteuden kondensoitumista eri rakenteiden rajapinnoissa.



Kuvio 3. Ohessa kuviossa on esitelty tuotannon toimiston rakenteiden läpi johtuva energia

Rakennus on kaksikerroksinen, joten seinäpinta-ala on suuri suhteessa lattian ja katon pinta-alaan. Rakennuksessa ei ole ikkunoita, joten rakennus on muihin alueen rakennuksiin suhteellisen hyvin eristetty. Seinä ja alapohja johtavat suurimman osan lämmöstä, yläpohjan osuuden jäädessä suhteellisen pieneksi.

Tuotannon toimiston rakenteiden läpi kulkeutuvan energian jakautuminen eri rakenteiden kesken on hieman normaalisti poikkeava kuten kuviosta 3. näemme. Tämä johtuu seuraavista seikoista. Koska lattia on suhteessa muuhun rakenteeseen heikosti eristetty, johtaa se tämän takia 35 % rakenteista johtuvasta energiasta. Seinät johtavat myös noin 35% energiasta. Yläpohjan ollessa hyvin eristetty suhteessa seinien ja erityisesti alapohjaan sekä ikkunoiden puuttuessa seuraa siitä hieman erikoinen energiankulutuksen jakaantuminen rakenteiden kesken.

Taulukko 4. Oheisessa taulukossa on esitelty nykyiset U-arvo vaatimukset sekä tuotannon toimiston rakenteiden U-arvot.

U-arvo vaatimukset 2010. [W/m ² K]		Rakenteiden tämänhetkiset U-arvot [W/m ² K]	
Alapohja	0.16	0.51	
Seinät	0.17	0.3	
Yläpohja	0.09	0.19	
Ikkunat	1	-	
Ovet	1	2	
Rakenteiden läpi johtuva energiankulutus/vuosi		40652	kWh
Energian kulutus per m ² /vuosi		172.2542	kWh/m ²

Taulukosta 2, näemme että tuotannon toimisto pääsee suhteellisen hyviin U-arvoihin. Yläpohjassa on 265mm ontelolaatta sekä 150 mm mineraalivillaa. Seinien kantavat osat ovat betonia ja ulkopinnassa on 150 mm koolaus, joiden välissä on mineraalivillaeriste. Seinän ulkopinta on peltikasettia. Alapohja on ainoa rakenne, joka on hyvin heikko nykyaikaisiin vaatimuksiin nähden.

6.2.1 Tuotannon toimiston rakenteiden energiatehokkuuden parantaminen

Seinien lisäeristäminen on todennäköisesti paras tapa parantaa lisäeristystä. Koska seinät ovat puurunkoisia ja peltikasetilla vuorattuja, voidaan lisäkoolauksella suhteellisen helposti saada U-arvoa parannettua.

Yläpohjan eristäminen on yleensä kustannustehokkain tapa parantaa energiatehokkuutta. Yläpohjassa on tilaa lisäeristykselle ja se voidaan hoitaa puhallusvillalla. Ongelma on että katto täytyy purkaa. Yläpohja on muutenkin kohtalaisen hyvin eristetty, joten ainoastaan lisäeristämisen takia kattoa ei kannata purkaa ja rakentaa uudelleen.

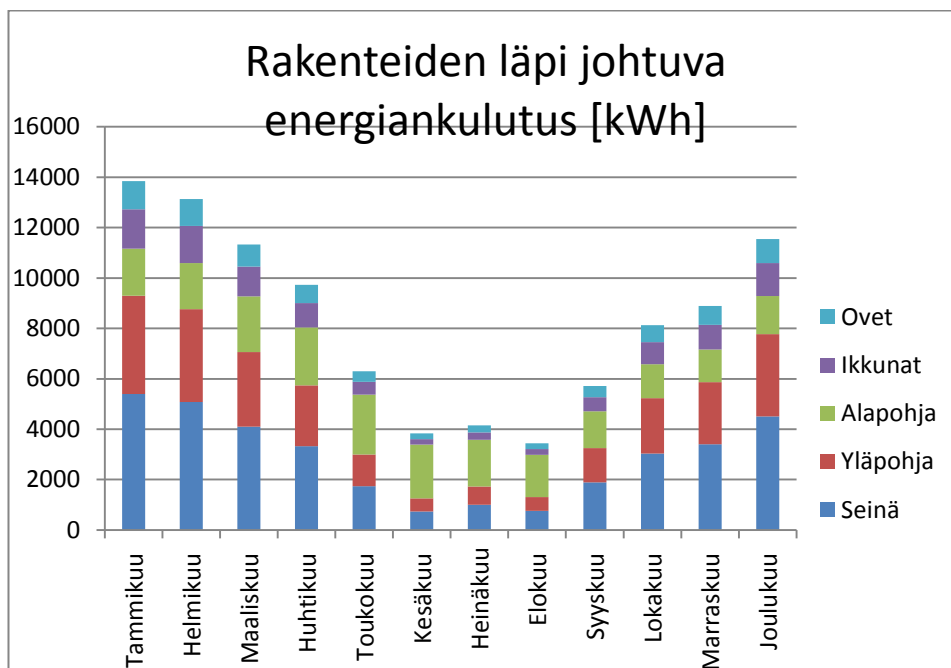
Koska tuotannon toimisto on hyvin pelkistetty rakennus, eikä ikkunoita ole, ei järkeviä rakennusteknisiä toimia seinien ja yläpohjan eristämisen lisäksi ole.

6.3 Korjaamo



Kuva 4. Oheisessa kuvassa korjaamorakennuksen sisäänkäynti.

Kuvassa 4. näemme korjaamorakennuksen, joka on 1971 valmistunut. Rakennukseen kuuluu korjaamo, jossa tehdään tehtaalle oleellisia pienempiä huolto- ja korjaustoimenpiteitä. Sen lisäksi rakennuksessa on useita toimistotiloja eri toimihenkilöille. Rakennukseen kuuluu myös PD-pilot lisäosa. Rakennus on kaksikerroksinen, käytännössä tasakattoinen. Rakennukseen on tehty ikkunaremontti muutamia vuosia sitten.



Kuvio 4. Oheisessa kuviossa on esitelty korjaamorakennuksen rakenteiden läpi johtuva energia.

Korjaamorakennus on ikkunoita lukuun ottamatta heikosti eristetty. Yläpohjassa on ainoastaan 100 mm kovaa mineraalivillaa, kantavan peltikasetin päällä, joka tukeutuu kantaviin kattopalkkeihin. Mineraalivillan päälle on tehty bitumihuopa-vesikate. Alakerran seinä on sandwich-elementeistä, jossa on 80mm kova eriste betonielementtien välissä. Yläkerran seinässä on 130 mm tiilimuuraus ja 100 mm 50x100 koolaus, jonka välissä on mineraalivillaeriste. Ulkopinnassa on 100mm betoniseinä. Alapohjassa on 100mm betonivalu, jonka alla on 70mm styroksi. Kuvioista 4. voidaan nähdä, että seinien kautta johtuu noin 40% energiasta suuren seinäpinta-alan vuoksi. Yläpohja johtaa noin 30% energiasta ollen toiseksi suurin lämmönjohtumisen lähde.

Taulukko 5. Oheisessa taulukossa on esitelty nykyiset U-arvo vaatimukset sekä korjaamon rakenteiden U-arvot.

U-arvo vaatimukset 2010. [W/m ² K]		Rakenteiden tämänhetkiset U-arvot [W/m ² K]	
Alapohja	0.16	0.51	
Seinät	0.17	0.42	
Yläpohja	0.09	0.42	
Ikkunat	1	1.4	
Ovet	1	3	
Rakenteiden läpi johtuva energiankulutus/vuosi		100050	kWh
Energian kulutus per m ² /vuosi		231.9301	kWh/m ²

Taulukosta 3, näemme että korjaamon rakenteiden U-arvot ovat ikkunoita lukuun ottamatta heikkoja. Alapohja on huonosti eristetty. Seinät ja yläpohja ovat suurin piirtein samaa tasoa, mutta katto on rakenne, jolle voi järkevin kustannuksin tehdä parannuksia. Seinät ovat rakenteiltaan sellaisia, ettei niihin ole järkevä kajota.

6.3.1 Korjaamon rakenteiden energiatehokkuuden parantaminen

Yläpohjan eristäminen on tässä tapauksessa järkevin lisäeristämisen kohde. Tässäkin tapauksessa joudutaan katto uusimaan, mutta samalla voisi tasakaton muuttaa esim. pulpettimalliseksi, jolloin päästäisiin tasakaton heikkouksista eroon. Eristettä on ainoastaan 100mm, joten tässä on huomattavan suuri parantamispotentiaali.

Seinien rakenteen takia ja suhteellisen uusien ikkunoiden takia, muita suuria rakenteisiin kohdistuvia energiakorjauksia ei ole. Alapohja on huonosti eristet-

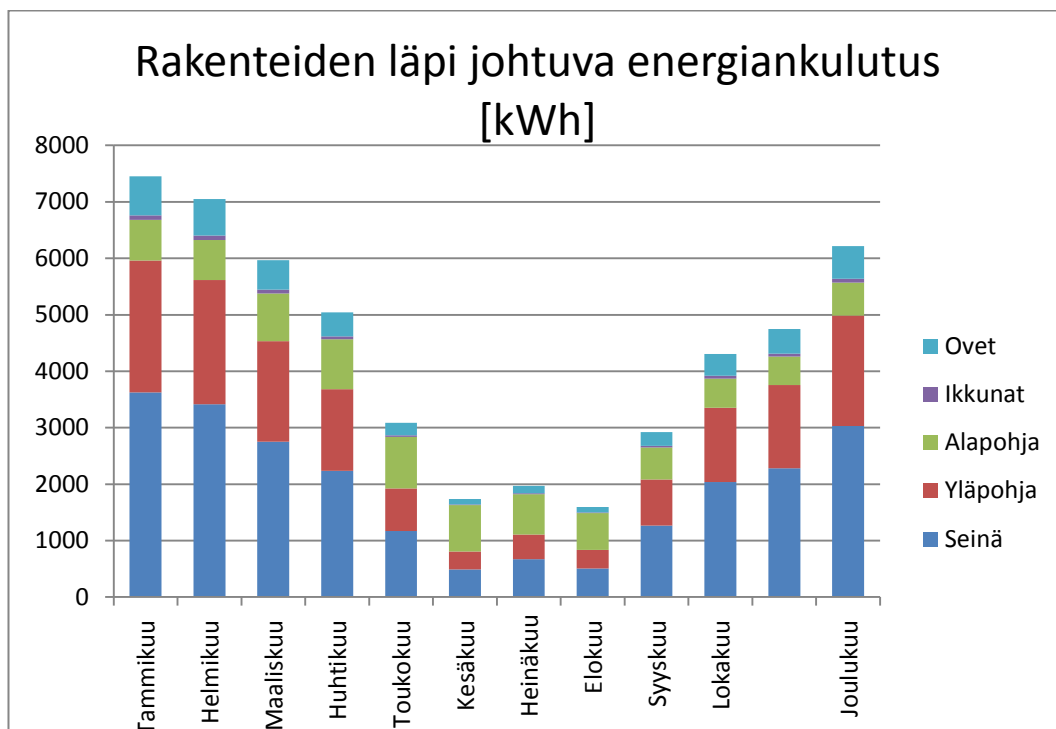
ty, mutta sen korjaamisessa ei kustannuksien puolesta ole mitään järkeä, ellei lattiaa muusta syystä ole tarvetta uusia.

6.4 Aplikaatiohalli



Kuva 5. Oheisessa kuvassa aplikaatiohallin sisäänkäynti.

Aplikaatiohalli on teknisen asiakaspalvelun työtila. Sen lisäksi hallissa on tuotekehityksen toimintaa. Rakennus rakennettu 1990 ja on teräsrunkoinen, peltikasetilla vuorattu halli.



Kuvio 5. Oheisessa taulukossa on esitelty Applikaatiohallin rakenteiden läpi johtuva energia

Kuviosta 5. voidaan päätellä, että seinät johtavat tässä tapauksessa suurimman energiamäärän, noin 45%. Yläpohja johtaa seuraavaksi eniten energiaa lävitseen eli noin 30%. Ikkunoita hallissa ei ole kuin muutama. Ovia on muutamia ja päädyssä yksi suurempi liukuovi, kuten kuvasta 5. näkyy.

Taulukko 6. Oheisessa kuviossa on esitelty nykyiset U-arvo vaatimukset sekä Applikaatiohallin rakenteiden U-arvot.

U-arvo vaatimukset 2010. [W/m ² K]		Rakenteiden tämänhetkiset U-arvot [W/m ² K]	
Alapohja	0.16	0.31	
Seinät	0.17	0.44	
Yläpohja	0.09	0.38	
Ikkunat	1	2	
Ovet	1	3	
Kokonaisenergian kulutus/vuosi		54750	kWh
Energian kulutus per m ² /vuosi		190.2561	kWh/m ²

U-arvot ovat tässäkin tapauksessa rakennusajan mukaiset kuten taulukosta 4. voimme nähdä, eli eivät täytä nykyisiä vaatimuksia. Alapohja on suhteellisen hyvin eristetty, seinän ja yläpohjan jäädessä reilusti vaatimuksista. Ikkunoiden ja ovien vaikutus kokonaisenergiankulutukseen jäävät tässä tapauksessa suhteellisen pieniksi.

6.4.1 Aplikaatiohallin rakenteiden energiatehokkuuden parantaminen

Aplikaatiohallin tapauksessa seinien lisäeristys olisi kokonaisenergiankulutuksen kannalta paras ratkaisu. Seinissä on tällä hetkellä 125mm eristettä. Halli on teräs-runkoinen, joten lisäkoolaus, joko puusta tai metallista on mahdollista, jolloin saadaan eristepaksuutta kasvatettua.

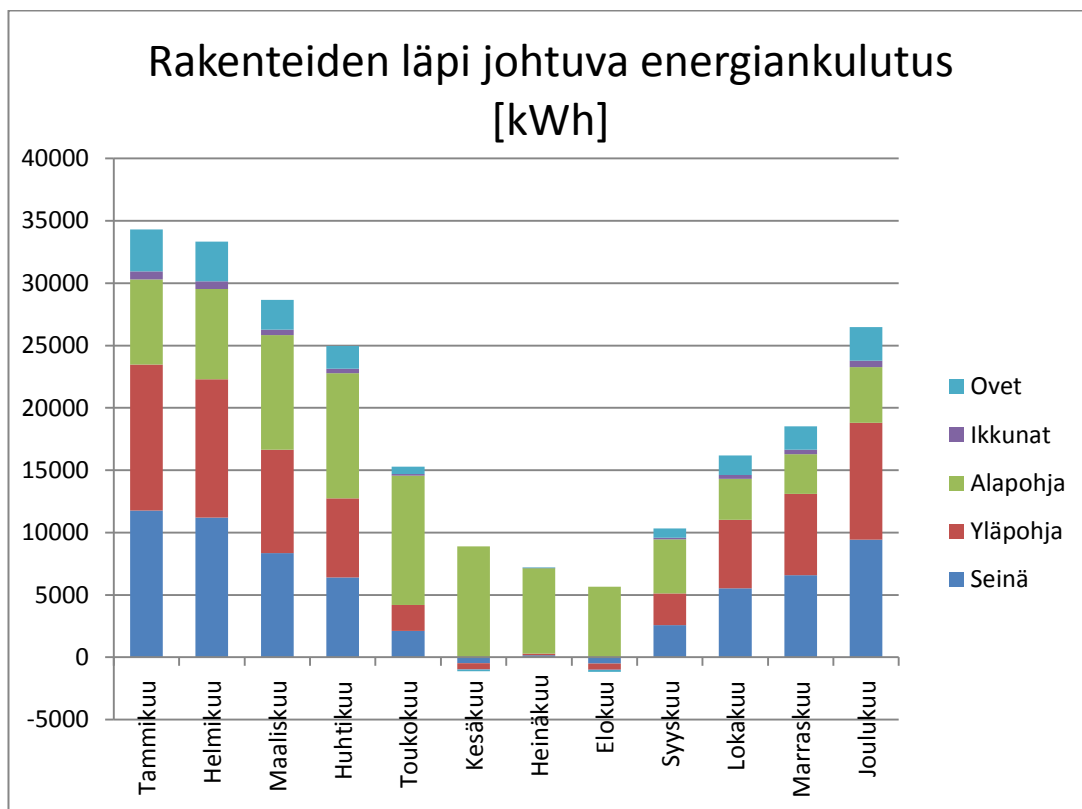
Yläpohjan eristepaksuus on nykyisellään 150mm. Yläpohjan eristys voitaisiin hoitaa sisäkautta, kattokorkeutta laskemalla jolloin itse vesikatteeseen ei tarvitsisi koskea. Tämä olisi kustannustehokas ratkaisu.

6.5 Varastohalli



Kuva 6. Oheisessa kuvassa varastohalli ylhäältä kuvattuna.

Varastohalli toimii varastona sekä tehtaan lopputuotteen lähetysterminalina. Rakennus on rakennettu 1970. Tämän jälkeen rakennukseen on tehty muutamia laajennuksia. Mm. lähetysterminalin konttoritilat on tehty. Varaston kokonaispinta-ala on noin 1500 m². Kuvassa 6. yläviistosta otettu kuva varastohallista.



Kuvio 6. Oheisessa kuviossa on esitelty varastorakennuksen rakenteiden läpi johtuva energia.

Kuviosta 6. näemme, että noin 30% energiasta johtuu alapohjan kautta. Yläpohja sekä seinärakenteet johtavat noin 50% energiasta yhteensä. Rakennuksessa on useampi suurikokoinen liukuovi, mutta koko rakennuksen pinta-alaan verrattuna jää ovien vaikutus pienehköksi.

Taulukko 7. Oheisessa taulukossa on esitelty nykyiset U-arvo vaatimukset sekä varastorakennuksen rakenteiden U-arvot.

U-arvo vaatimukset 2010. [W/m ² K]		Rakenteiden tämänhetkiset U-arvot [W/m ² K]	
Alapohja	0.24	1.05	
Seinät	0.26	0.56	
Yläpohja	0.14	0.44	
Ikkunat	1.4	1.8	
Ovet	1.4	3	
Rakenteiden läpi johtuva energian kulutus/vuosi		227510.6	kWh
Energian kulutus per m ² /vuosi		150.47	kWh/m ²

Taulukossa 5, on varaston rakenteiden U-arvot verrattuna nykyisiin vaatimuksiin. Alapohjan U-arvo on erittäin heikko. Tämän korjaaminen on kallista ja vaivalloista, eikä alapohjaan kannata kajota ellei lattiaa olla uusimassa jostain muusta syystä. Rakennus on pinta-alaltaan suuri, eikä yläpohjan kattorakenne anna mahdollisuutta yksinkertaiseen ja edulliseen puhallusvillan käyttöön. Halli on teräsrunkoinen, joten seinien lisäkoolaus on myös teoriassa mahdollista.

6.5.1 Varastorakennuksen rakenteiden energiatehokkuuden parantaminen

Yläpohjan lisäeristys kannattaa suorittaa yläpohjan peruskorjauksen yhteydessä. Toinen vaihtoehto on lisäeristää yläpohja alakautta. Katto on harjamallinen ja hyväkuntoinen, joten peruskorjaus ei ole ajankohtainen.

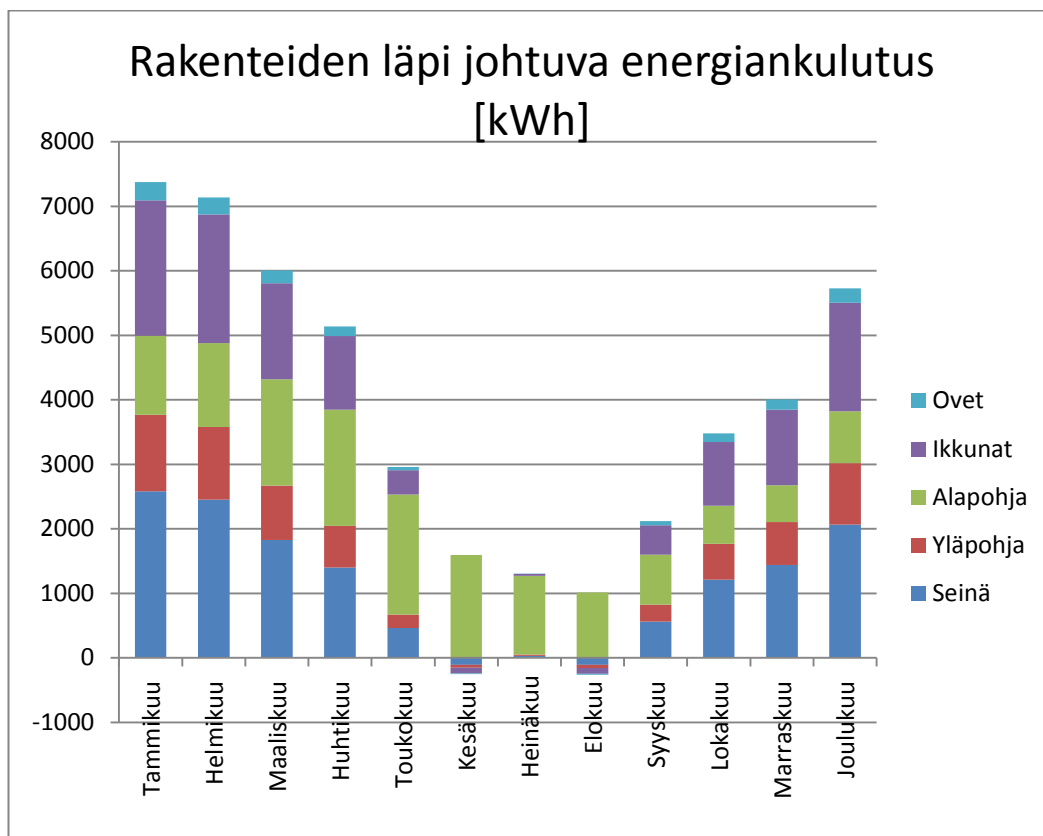
En näe varistorakennuksessa muita käytännössä toteutettavissa olevia energiakorjaustoimenpiteitä. Ilmanvaihdon lämmön talteenotto ja muut ilmanvaihtoon liittyvät toimet ovat näin laajassa hallimaisessa rakennuksessa huomattavasti kustannustehokkaampia ratkaisuja.

6.6 Kattilarakennus



Kuva 7. Oheessa kuva kattilarakennuksesta.

Kattilarakennus on rakennettu vuonna 1970 ja se on alun perin ollut laitos höyryntuotannolle. Nykyään rakennus toimii lähinnä kunnossapidon varastona. Rakennuksesta on kulku maanalaiseen merivesipumppaamoon. Rakennuksessa on kolme kerrosta, kellari, maanpäällinen kerros sekä toinen kerros. Keskellä rakennusta on huoltokuilu, jossa on hissi sekä portaat tehtaaseen merivesipumppaamoon. Kuva 7. näemme kattilarakennuksen etupuolelta kuvattuna.



Kuvio 7. Oheisessa kuviossa on esitelty kattilarakennuksen rakenteiden läpi johtuva energia

Kuviosta 7. näemme kattilarakennuksen energian johtumisen jakaantumisen eri rakenteiden kesken. Kattilarakennus on ränsistyneessä kunnossa ja vaatisi perusteellisen peruskorjauksen. Kattilarakennuksessa on suhteellisen paljon vanhoja huonokuntoisia ikkunoita, joista johtuu noin 30% energiasta. Seinät johtavat seuraavaksi eniten energiaa. Rakennuksessa on paljon kulmia ja ulokkeita, joten seinäpinta-ala tulee suureksi. Seinien läpi johtuu n. 35% rakennuksen energiasta. Maanvastaisia rakenteita on myös paljon johtuen kellarista. Ne viilentävät rakennusta seuraavaksi eniten.

Mitään yksittäistä rakenneosaa ei kannata energiansäästö mielessä korjata, ellei suurempaa peruskorjausta tehdä. Rakennuksessa on paljon maan vastaisia rakenteita.

Taulukko 8. Oheisessa taulukossa on esitelty nykyiset U-arvo vaatimukset sekä kattilarakennuksen rakenteiden U-arvot.

U-arvo vaatimukset 2010. [W/m ² K]		Rakenteiden tämänhetkiset U-arvot [W/m ² K]	
Alapohja	0.24	2.33	
Seinät	0.26	0.56	
Yläpohja	0.14	0.42	
Ikkunat	1.4	3	
Ovet	1.4	2	
Kokonaisenergian kulutus/vuosi		47344	kWh
Energian kulutus per m ² /vuosi		192.4553	kWh/m ²

Taulukosta 6. näemme ettei rakennus täytä nykyaikaisia U-arvo vaatimuksia. Rakennus on huonossa kunnossa ja vaatisi perusteellisen peruskorjauksen. Alapohja sekä maanvastaiset rakenteet ovat erityisen heikkoja. Ikkunat ovat myös huonokuntoisia.

6.7 Pressuhalli



Kuva 8. Ohessa kuva Best-hallin teräsrunkoisesta PVC päällysteisestä hallirakennuksesta ylhäältä kuvattuna.

Kuvassa 8. näemmä pressuhallin, joka on vuonna 2011 Kälviäläisen Best-hall Oy:n rakentama 600m² teräsrunkoinen halli. Halli toimii tuotannon varastotilana. Halli on PVC-muovipeitteellä pinnoitettu ulko- ja sisäpuolelta. Halli on eristämätön ja sitä lämmitetään neljällä 20 kW rakennuslämmittimellä.

Halli on mahdollista lisäeristää jälkeempään. Yläpohjaan voidaan puhaltaa 350mm puhallusvillaa, ilman rakenteellisia muutoksia. Seinärakenteeseen on rakennettava puurunkoinen koolaus ennen lisäeristämistä.

7 LASKENNASSA KÄYTETTY EXCEL-POHJA

Selitän oheisessa opinnäytetyössä käytetyn Excel-pohja peruseräteen.

Laskentapohja on alun perin Jarno Karjulan alkuperäisestä pohjasta muokattu aiheeseen sopivaksi. Laskentapohja perustuu rakentamismääräyskokoelman osiin C4, D3 ja D5.

Excel-pohja sisältää kolme eri osiota. Rakenneosa, pinta-alatiedot sekä yhteenvedon. Rakenneosaan tulee jokaiselle eri rakenneosalle erillinen välilehti, johon täytetään rakenneosan tiedot, jolloin saadaan rakenteen U-arvo selville.

Tämän jälkeen täytetään pinta-ala tiedot, eli eri rakenneosien pinta-alat. Tähän osioon tulee myös täyttää oikeat lämpötilatiedot, riippuen missä rakennus sijaitsee.

Viimeiseksi ohjelma laskee yllämainituista tiedoista eri rakenneosien energiankulutuksen, jolloin lopputuloksena saadaan taulukkomuodossa yhteenvedo koko rakennuksen käyttämästä energiasta. Tästä päästään käsiksi mahdollisten energiakorjausten takaisinmaksuaikoihin.

8 YHTEENVETO

Mielestäni opinnäytetyön tavoite saavutettiin. Ashland Oy sai yleiskuvan rakennuskannan energiatehokkuudesta. He saavat käyttöönsä Excel-pohjan, jolla laskelmat on tehty. Tätä pohjaa voidaan käyttää tulevaisuuden energiakorjausten takaisinmaksuaikojen selvittämiseen.

Tässä työssä rakennuksien U-arvot on laskettu saatavilla olevien rakennepiirustuksien mukaan. Korjausehdotuksiin olen päätenyt pääosin rakennepiirustuksien pohjalta, mutta myös paikalla tehtyjen havaintojen sekä tehdasinsinööri Pekka Pylvänäisen tietojen pohjalta.

Laskenta perustuu rakentamismääräyskokoelman osiin C4 Lämmöneristys, D3 Rakennusten energiatehokkuus sekä D5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta.

Laskennassa on huomioitu ainoastaan rakenteiden läpi johtuva energiankulutus, joten esim. ilmanvaihto tai rakennusten tiiviyttä ei ole tutkittu tässä työssä.

Rakennuksien rakenteiden energiatehokkuudet ovat rakennusajan hengen mukaisia, eli rakenteiden U-arvot eivät pääse edes parhaimmillaan lähelle uusimpia määräyksiä. Erityisesti alapohjien heikot U-arvot kiinnittivät huomion.

Energiaremontteja ei pääsääntöisesti kannata tehdä pelkästään energiansäästön nimissä, vaan sijoittaa korjaukset rakenteiden peruskorjausten yhteyteen. Ashlandin tapauksessa voidaan kuitenkin H-konttorin yläpohja ja Best-hallin pressuhalli lisäeristää vanhoja rakenteita purkamatta ja näin ollen saadaan investoinnin ja hyödyn suhde mahdollisimman suureksi.

LÄHTEET

- /1/ Energia.fi. 2013. Ympäristö ja kestävä kehitys. Viitattu 25.9.2013
<http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/ymparisto-ja-kestava-kehitys>
- /2/ Inkinen P. Tuohi J 2008 Momentti 1. Insinöörifysiikka. ISBN 978-951-116-598-9
- /3/ Lappalainen, M. 2010. Energia- ja ekologiakäsikirja, Suunnittelu ja rakentaminen. Tampere. Tammerprint Oy. ISBN 978-951-682-945-9
- /4/ Ympäristö. 2013. Ilmastonmuutoksen hillintä. Viitattu 10.10.2013
http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ilmasto_ja_ilma/Ilmastonmuutoksen_hillinta
- /5/ Ilmasto-opas.fi. 2013. Maankäyttö ja rakentaminen. Viitattu 10.10.2013
<https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/vaikutukset/-/artikkeli/a68b5e44-a4bf-4230-8255-44a6620a30cb/maankaytto-ja-rakentaminen.html>
- /6/ Ympäristöministeriö. 2013. Kansallinen ilmastopolitiikka. Viitattu. 12.10.2013
http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Ilmasto_ja_ilma/Ilmastonmuutoksen_hillitseminen/Kansallinen_ilmastopolitiikka
- /7/ Motiva. 2013. Ohjauskeinot. Viitattu 11.11.2013
<http://www.motiva.fi/taustatietoa/ohjauskeinot>
- /8/ Motiva. 2013. Energiatohokkuusdirektiivi. Viitattu. 11.11.2013
http://www.motiva.fi/taustatietoa/ohjauskeinot/direktiivit/rakennusten_energiatohokkuusdirektiivi
- /9/ Tem. 2013. Kansallinen energia ja ilmastostrategia taustaraportti. Viitattu 5.10.2013
http://www.tem.fi/files/36279/Kansallinen_energia-ja_ilmastostrategia_taustaraportti.pdf
- /10/ Finlex. 2013 Suomen rakentamismääräyskokoelma C4. Viitattu 3.10.2013
<http://www.finlex.fi/data/normit/1931-C4s.pdf>
- /11/ Finlex. 2014 Suomen rakentamismääräyskokoelma D5 Viitattu 15.1.2014
<http://www.finlex.fi/data/normit/29520-D5-190607-suomi.pdf>
- /12/ Finlex. 2014 Suomen rakentamismääräyskokoelma C3 Viitattu 26.1.2014
http://www.finlex.fi/data/normit/34163-C3-2010_suomi_221208.pdf

/13/ Ympäristöministeriö. 2013. Viitattu 3.13.2014
<http://www.ymp.fi/download/noname/%7B924394EF-BED0-42F2-9AD2-5BE3036A6EAD%7D/31396>