

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Talonrakennustekniikka
Emmi Alitalo

Opinnäytetyö

Energiatehokas päiväkotikankaanpäähän

Työn ohjaaja DI Raimo Koreasalo
Työn tilaaja Casatino Oy, työn valvojana INS. Jan-Patrik Helenius
Tampere 04/2010

Tekijä	Emmi Alitalo
Työn nimi	Energiatehokas päiväkotikoti Kankaanpäähän
Sivumäärä	81 sivua + 1 liite
Valmistumisaika	04/2010
Työn ohjaaja	DI Raimo Koreasalo
Työn tilaaja	Casatino Oy, työn valvojana INS. Jan-Patrik Helenius

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia Kankaanpäähän rakennetun päiväkodin energiatehokkuutta ja selvittää, mitkä asiat vaikuttavat eniten energiankulutukseen päiväkodissa. Tavoitteena oli myös tutkia energiatehokkuutta suunnittelun näkökulmasta ja selvittää, paljonko voidaan ennalta vaikuttaa suunnittelun keinoin lopputuloksen energiatehokkuuteen esimerkiksi tilantehokkuuden avulla.

Opinnäytetyössä tutkittiin rakenteiden vaikutusta energiatehokkuuteen ja laskettiin lämmönläpäisykerroin päiväkodin rakenteille. Tuloksia verrattiin uusiin 2010 vuoden rakentamismääräyksiin, jotka kiristivät U-arvoja noin 40 %. Uusien määräyksien myötä huomio kiinnittyi entistä enemmän lämmöneristyksen paksuuteen sekä ilmatiiveyteen, joka on tilaelementtirakentamisessa suuressa osassa.

Toisena tutkimuskohteena olivat päiväkodin talotekniset järjestelmät. Talotekniikkaa tutkittiin pitkälti päiväkodin energiatodistuksen avulla. Työssä tutkittiin eri vaihtoehtoja, millä energiatodistuksen saisi parempaan luokkaan. Työssä todettiin myös, että tehokkaalla lämmöntalteenotolla varustettulla ilmanvaihtojärjestelmällä voidaan vaikuttaa paljon energiankulutukseen.

Opinnäytetyössä on selvitetty käyttäjän vaikutusta energiatehokkuuteen. Varsinainen käytöstä aiheutunut energiankulutus saadaan selville vasta seurantamenetelmällä rakennuksen valmistuttua. Työssä on myös tutkittu uusia materiaalivaihtoehtoja, joita on käytetty ensimmäistä kertaa tässä kohteessa ja joita voidaan käyttää kenties seuraavissa kohteissa lämmönläpäisykerroimen sekä tiiveyden parantamiseen.

Opinnäytetyöstä muodostui kaiken kaikkiaan hyvä perustietopaketti energiatehokkuudesta ja siihen vaikuttavista asioista. Työ on tarkoitettu niin käyttäjän kuin rakentajan luettavaksi selventämään energiatehokkuuteen liittyviä määräyksiä.

TAMK University of Applied Sciences
Department of Construction Engineering
Civil Engineering

Writer	Emmi Alitalo
Thesis	Energy efficient kindergarten to Kankaanpää
Pages	81 pages + 1 appendice
Graduation time	April 2009
Thesis Supervisor	Raimo Koreasalo
Co-operating Company	Casatino Co, Jan-Patrik Helenius

Abstract

The main purpose of this thesis was to investigate Kankaanpää kindergarten's energy efficiency and make clear which things are affecting the most in energy consumption. The idea was also investigate energy efficiency from planning's point of view and make clear, how much we can affect before to the result if we have good plans.

Structures were investigated in this thesis and their affect to energy efficiency. Coefficient of thermal transmittance (U-value) was calculated to kindergarten's structures. Results were compared to new, 2010 building specifications which tightened U-values for 40 percent. Because of new specifications, attention was attached more in thermal insulation and air tightness which are very important in prefabricated element construction.

Other investigation target was kindergarten's house technical systems. House technology was investigated mostly help with kindergarten's energy certificate. Different kind of options how to get this energy certificate to the better level were investigated and noticed that ventilation system equipped with warm reclaiming is very good way to affect energy consumption.

User's effect to energy efficiency was also examined. The actual energy consumption caused of usage, will be discovered not until building is ready and there are some follow-up results. I have also investigated new material options which could be used in new kindergartens.

This thesis became, all in all, quite good basic knowledge packet of energy efficiency and things which are affecting to it. This thesis is meant to clarify users and constructors from energy efficiency and its specifications.

Keywords energy effectivity, coefficient of thermal transmittance, air tightness, energy certificate, ventilation system

Sisällysluettelo

1	Johdanto	6
2	Kohteen esittely	7
3	Energiatehokkuus	9
3.1	Mitä tarkoittaa energiatehokkuus?.....	9
3.1.1	Rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia.....	11
3.1.2	Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia	12
3.1.3	Vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia	12
3.1.4	Lämmitysjärjestelmä.....	13
3.1.5	Lämpökuormat ja sisälämpötilat.....	13
3.2	Energiatodistus.....	14
3.3	Uudet energiamääräykset 2010.....	16
3.3.1	Kiotoon ilmastopimus	16
3.3.2	Energiatehokkuusdirektiivi	17
3.3.3	Rakentamismääräykset 2010.....	18
3.3	Tilaelementtirakentaminen ja sen ongelmat	19
3.4	Energiatehokkuuden tulevaisuus.....	22
4	Energiatehokkuus projektin eri vaiheissa	23
4.1	Rakennuttaja.....	24
4.2	Suunnittelijat	25
4.2.1	Arkkitehti	26
4.2.2	RAK-suunnittelu	27
4.2.3	LVI-suunnittelu.....	28
4.2.4	SÄH-suunnittelu.....	28
4.2.5	RAU-suunnittelu	29
4.3	Rakennustyöntekijät.....	29
4.4	Viranomaiset	30
5	Tontti ja tilojen suunnittelu	31
5.1	Tontti.....	31
5.2	Piha ja viheralueet.....	31
5.3	Tilojen suunnittelu	32
5.4	Päiväkodin arkkitehtoninen suunnittelu.....	32
6	Rakenteet	35
6.1	U-arvon määrittäminen	36
6.2	Päiväkodin rakenteet ja niiden energiatehokkuus.....	38
6.2.1	Perustukset	39
6.2.2	Alapohja.....	41
6.2.3	Ulkoseinä	45
6.2.4	Yläpohja.....	48
6.2.5	Ikkunat	52
7	Talotekniikka	54
7.1	Päiväkodin energiatodistus	54
7.2	Ilmanvaihto ja rakennusautomaatio	58
7.3	Lämmitystarve	61
7.4	Sähkö.....	63

8 Käyttäjä	65
8.1 Huoltokirja	65
8.2 Opastaminen käytännössä	66
9 Uusia materiaalivaihtoehtoja	68
9.1 SPU Eristeet	68
9.2 Isover.....	69
9.3 Knauf Insulation.....	69
9.4 Tremco	71
9.5 Grafiittieriste	71
9.6 Ekovilla	72
10 Kustannusvertailu	73
11 Yhteenveto	75
Lähteet	78
Liitteet	82
Liite 1: CD päiväkodin piirustuksista ja energiatodistuksesta	82

1 Johdanto

Tämän työn tarkoituksena on kertoa mahdollisimman kattavasti energiatehokkaan päiväkodin rakentamisesta vaihe vaiheelta siten, että työ etenee rakennusprojektin alusta loppuun. Tarkoituksena on selvittää, mitkä asiat vaikuttavat rakennuksen energiatehokkuuteen ja energiankulutukseen ja miten jo suunnitteluvaiheessa syntyy ratkaisuja, jotka vaikuttavat koko energiatehokkaan rakennuksen muodostumiseen.

Energiatehokkuuden päätarkoitus on ensisijaisesti palvella käyttäjää ja tämän tarpeita elämän varrella. Oma talo, tai vaikkapa oma päiväkotikoti, on suuri investointi, jolla on talouteen, terveyteen ja asumismukavuuteen vaikuttavia tekijöitä.

Energiatehokkaan päiväkodin rakentaminen ei automaattisesti tarkoita sitä, että rahaa kuluisi huomattavasti enemmän kuin normaalin päiväkodin rakentamiseen. Hyvät suunnitteluratkaisut, järkevät materiaali- ja rakenneratkaisut sekä laadukas toteutus ja tekniikka edesauttavat energiankulutuksen pienenemistä niin, että rakennus maksaa tulevaisuudessa itse itsensä takaisin energiankulutuksessa.

Vuonna 2010 voimaan astuneet uudet Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaiset energiamääräykset ohjaavat osaltaan rakentamista muuttamalla muun muassa rakennuksen rakenteita ja talotekniikkaa. Lisäksi on asetettu rakennusten energiatehokkuusdirektiivi, jonka tarkoituksena on pienentää rakennuksen hiilidioksidipäästöjä ja näin ottaa huomioon entistä vahvemmin ilmastonmuutokseen vaikuttavat tekijät.

2 Kohteen esittely

Casatino Oy on palvelurakentamiseen erikoistunut yritys, jonka pääkohteina ovat päiväkodit, koulut ja hoivakodit. Casatino Oy valmistaa rakennukset tilaelementteinä. Tilaelementit valmistetaan Kankaanpäässä sijaitsevassa tehtaassa lämpimissä ja kuivissa sisätiloissa ja kuljetetaan tämän jälkeen työmaille ympäri Suomea. Tässä työssä esimerkkikohteena ja tutkimuksen alla on Suomen ja kenties koko maailman energiankulutukseltaan tehokkaimmaksi esitelty päiväkoti.

Kankaanpään päiväkoti tuli ajankohtaiseksi, koska tarvittiin lisää tilaa uusille lapsille. Nykyiset päiväkotien tilat ovat hajallaan ja osassa on tällä hetkellä käyttökielto. Ajatus energiatehokkaaseen päiväkotiin lähti puhtaasti uusien määräysten ja osittain ”ajan hengen” takia. Kohteessa on vaatimuksena hyvät toimivat ryhmätilat sekä henkilökunnan tilat, ryhmäkohtaiset pienryhmähuoneet, hyvä tilojen valvottavuus, ryhmien erilliset eteistilat ja sisäänkäynnit sekä yhdistettävyyttä. (Salmijärvi 2010.) Kuvassa 1 on havainnekuva valmiista päiväkodista.



Kuva 1: Valmiin päiväkodin havainnekuva 2009. (Arkkitehtitoimisto Lassila)

Energiatehokas päiväkotikoti valmistuu Kankaanpäähän kesäkuun 2010 loppuun mennessä, ja ovensa se avaa näillä näkymin lapsille elokuussa 2010. Rakentaminen on aloitettu marraskuussa 2009 ja elementtien asennus valmiille perustuksille aloitettiin tammikuussa 2010. Päiväkoti sijaitsee Kankaanpään koulukeskuksen vieressä ja on kooltaan 840 m². Päiväkotiin mahtuu neljä ryhmää ja lapsia yhteensä noin 66–84. Rakennuttajana projektissa toimii Kankaanpään kaupungin omistama Kankaanpään Yrityspalvelu Oy.

Päiväkodin päätavoitteena on kuluttaa vähiten energiaa hoivapaikkaa kohden. Päiväkodin suunnitteluvaiheessa on kiinnitetty paljon huomiota talotekniikan kehittämiseen ja tilankäytön tehokkuuteen. Talotekniikan päätavoitteina ovat olleet tehokas lämmön talteenotto sekä ilmastoinnin optimointi. Muita mielenkiintoisia yksityiskohtia ovat esimerkiksi hiilidioksidianturit ja valo-ohjauksen läsnäolotunnistimet.

Tässä kohteessa suurelle huomiolle nousevat käyttäjät. Kohteessa on huomioitu käyttäjien opastusta siten, että tavoitteena on kehittää arjen toimintamallit kustannuksia ja energiaa säästäviksi. Myös päiväkodin rakenteet on muunneltu vastaamaan energiatehokasta rakennusta. Energiatehokkaan päiväkodin rakentamisessa erityistä huomiota on kiinnitetty tilaelementtirakentamisen tiiveyteen ja sen vaikutuksiin energiatehokkuuden kannalta. Päiväkodin kehitystyössä on ollut mukana muun muassa SPU Systems Oy sekä TAC eli nykyinen Schneider Electric Building Systems.

3 Energiatehokkuus

Energiatehokkaan rakennuksen pääideana on hyvä lämmöneristys ja kunnollinen tiivistäminen. Oikealla lämmöneristeiden ja tiiviiden rakenteiden suunnittelulla ja toteutuksella estetään esimerkiksi kosteuden pääsy rakenteisiin niin, että rakenteiden riski vaurioitua pienenee. (Energiatehokas rakentaminen 2009, 10–11.)

Casatinon näkemyksen mukaan energiatehokas rakennus koostuu neljästä pääajatuksesta, jotka ovat tilantehokkuus, talotekniikka, käyttäjä ja rakenteet (Nurmi 2009). Jokainen osa-alue tuo oman vaikutuksensa energiankulutukseen. Tulee muistaa myös se, että energiatehokkuus ei tarkoita samaa kuin itse energiankulutus. Energiatehokkaan talon peruseriaatteena on, että energia ei saisi aiheuttaa haittavaikutuksia ihmiselle eikä luonnolle. Näin pyritäänkin siihen, että rakennus pitää lämmön sisällään, jolloin lämmönlisäyksen tarvetta ei ole ja kustannuksia ja energiaa säästyy. (Energiatehokas rakentaminen 2009, 10–11.)

3.1 Mitä tarkoittaa energiatehokkuus?

Energiatehokkuudelle on annettu seuraavanlainen määritelmä:

”Energiatehokkuus tarkoittaa lämmitysenergian tehokasta käyttöä rakennuksessa. Energiankulutus ilmaistaan rakennuksen pinta-ala- tai tilavuusyksikköä kohden, kWh/m² tai kWh/m³. Energiatehokkaan talon vuotuinen energiankulutus on enintään puolet tavanomaisen talon kulutuksesta. Passiivitalo on elinkaarensa energiatehokkuuden ansiosta usein ihanteellisin ratkaisu, sillä sen energiankulutus on korkeintaan neljäsosa tavanomaisen talon kulutuksesta.”
(Energiatehokas koti 2009a.)

Matalaenergiatalo on siis rakennus, joka käyttää vain puolet tavallisen rakennuksen energiamäärästä. Ympäristöministeriö on antanut ohjeet siten, että matalaenergiatalon laskennallisen lämpöhäviön pitäisi olla enintään 60 % rakennukselle saadusta vertailulämpöhäviöstä (RakMK D3). Passiivitalo ei tarvitse varsinaista lämmitysjärjestelmää, koska lämmitys on järjestetty esimerkiksi sähkölaitteista ja ihmisistä aiheutuvalla lämmöllä. Suomessa ei kuitenkaan riitä

talvisin pelkkä sähkölaitteista johtuva lämpö, vaan rinnalle tarvitaan lämmitystä esimerkiksi kosteuden hallinnan vuoksi. (Energiatehokas rakentaminen 2009, 38.)

Kun mietitään rakennuksen energiatehokkuutta, pääajatuksena on energiatarpeen pienentäminen. Mitä vähemmän rakennus käyttää ja tarvitsee energiaa toimiakseen, sitä energiatehokkaammin se toimii. Rakennuksen energiankulutus koostuu kolmesta tekijästä:

- lämmitysenergiasta
- sähköenergiasta
- jäähdytysenergiasta.

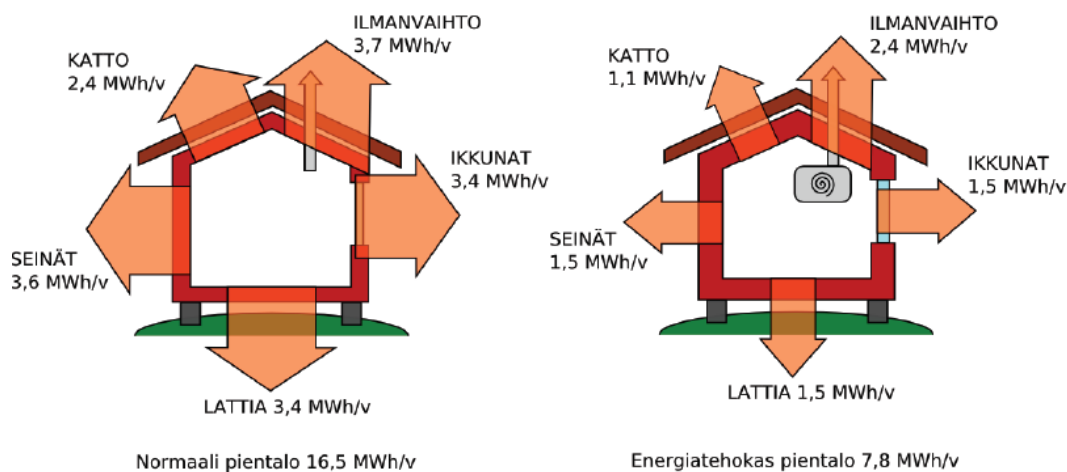
Lämmitysenergia koostuu tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmitysenergian kulutuksesta. Rakennus tulisi suunnitella siten, että lämmön pääseminen rakennuksesta ulos olisi mahdollisimman vaikeaa. Tämä tarkoittaa sitä, että rakennuksen lämpöhäviötä tulisi pienentää. (Energiatehokas rakentaminen 2009, 38.)

Lämpöhäviöt jaetaan kolmeen tekijään:

- rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia
- ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia
- vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia.

Nämä tekijät vaikuttavat rakennuksen sisätilojen lämmitystarpeeseen. Kun lämpöhäviö pienenee, saadaan toivottu sisäilman lämpötila tavallista pienemmällä lämmitysjärjestelmällä. (Energiatehokas rakentaminen 2009, 38.)

Kuvasta 2 nähdään energiankulutuksen muuttuminen eri rakenneosissa, kun käytetään energiatehokkaita ratkaisuja.



Kuva 2: Energiankulutuksen muuttuminen. (www.ymparisto.fi)

3.1.1 Rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia

Lämpöhäviötä, joka johtuu maaperän ja vaipparakenteen läpi ulos, sanotaan rakenteiden läpi johtuvaksi lämpöenergiaksi. Energian johtumiseen seinärakenteen läpi ulkoilmaan voidaan vaikuttaa kunnollisella lämmöneristyksellä. Parempi lämmöneristys takaa lämmön johtumisen pienenemisen seinien läpi. Jos materiaalin lämmönjohtavuus on alhaisempi, sitä vähemmän eristettä tarvitaan vastaavissa eristerakenteissa. Energiatehokkaan eristekerroksen läpi ei saa mennä myöskään kylmäsiltoja, jotka heikentäisivät rakennetta paikallisesti. (Energiatehokas rakentaminen 2009, 41.) On siis tärkeää kiinnittää huomiota työaikaiseen tarkkuuteen, jotta eristeet on asennettu riittävän tiiviisti.

Myös ikkunoiden ja ovien määrä sekä koko vaikuttavat rakenteiden lämmöneristävyyteen. Suuret ikkunat lisäävät huomattavasti lämpöhäviötä, koska ikkunoiden lämmöneristävyys on muita rakenneosia heikompa. Ovien ja ikkunoiden kautta johtuu noin kymmenkertainen määrä pinta-alayksikköä kohti verrattuna muuhun vaippaan. Ikkunoiden karmirakenne eristää heikommin kuin varsinainen lasiosa eli olisi parempi rakentaa isoja ikkunoita kuin monta pientä. (Energiatehokas rakentaminen 2009, 41.) Toisaalta ikkunat tuovat myös lämpöä auringosta, jolloin lämmityksen ja valaistuksen tarve pienenee. Ikkunoille on kehitelty myös energialuokitus, jonka avulla kuluttajat voivat vertailla ikkunoita keskenään. Energialuokitus on vastaava kuin energiatodistuksessa.

3.1.2 Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia

Mikäli rakennuksen tiiveys on kunnossa ja rakennus on eristetty moitteettomasti, voi myös ilmanvaihto toimia energiatehokkaasti. Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia on lämpöenergiaa, jota tarvitaan, kun ulkoa tullut ilma lämmitetään sisälämpötilan vaatimaksi. (Energiatehokas rakentaminen 2009, 42–44.)

Jotta saavutetaan riittävä ilmanvaihtuvuus, sisäilman tulee vaihtua ainakin kerran kahden tunnin aikana. Tästä ilmasta otetaan lämpöä talteen siten, että ilmanvaihtokone varustetaan useimmiten lämmön talteenottolaitteistolla. Näin lämpö saadaan hyödynnettyä mahdollisimman tehokkaasti. Onnistunut ilmanvaihtojärjestelmä tulee olla säädettävissä, jotta ilmanvaihtoa voidaan tehostaa tai pienentää tarpeen vaatiessa. (Energiatehokas rakentaminen 2009, 42–44.)

3.1.3 Vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia

Jos rakennuksen vaipparakenne on epätiivis, syntyy rakennukseen hallitsematonta ilmanvaihtoa. Tätä sanotaan vuotoilmaksi. Vuotoilman suunta on mahdollinen sekä sisään- että ulospäin. Rakenteissa on silloin tällöin kohtia, esimerkiksi huonosti tiivistettyjä koloja tai läpivientejä, jotka päästävät ilmaa lävitseen. Kun ulkoilma pääsee vaipparakenteen läpi, energiaa kuluu enemmän, koska kyseistä ilmaa pitää lämmittää. Ilmatiiveys on yksi energiatehokkaan rakennuksen pääajatuksista. (Energiatehokas rakentaminen 2009, 41–42.)

Ilmatiiviyttä tutkitaan ilmanvuotoluvun mittauksella. Vuotoilmanvaihtuvuutta ilmaistaan termillä ilmanvuotoluku n50. Termi tulee siitä, että vuotoilmanvaihtuvuutta mitataan 50 Pascalin paine-erolla, jonka yksikkö on 1/h eli kerran tunnissa. Ilmanvuotoluku n50 saadaan tiiviysmittauksella ja lisäksi apuna käytetään lämpökameraa, jolla pystytään havaitsemaan ongelmakohtat. Rakenteiden ilmatiiviyys vähentää myös vedontunnetta, parantaa ääneneristystä, takaa puhtaamman sisäilman sekä parantaa ilmanvaihdon toimivuutta. (Energiatehokas rakentaminen 2009, 41–42.)

3.1.4 Lämmitysjärjestelmä

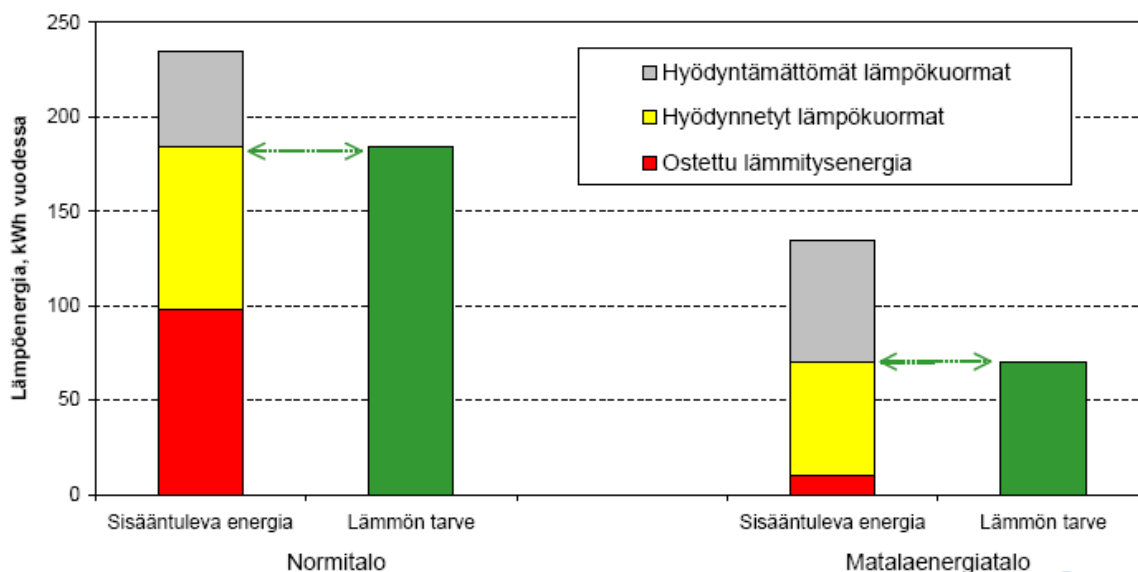
Energiatehokkaita lämmitysjärjestelmiä on olemassa useita, koska energiatehokkaassa talossa lämmitysenergiaa kuluu vähemmän normitaloon verrattuna. Koska lämmitysenergiantarve pienenee energiatehokkuuden myötä, ympäristöystävällisemmät vaihtoehdot ovat entistä suositumpia. (Energiatehokas rakentaminen 2009, 44–45). Tällaisia ovat muun muassa maalämpö ja kaukolämpö. Lisäksi käytetään niin sanottuja tukilämmitysjärjestelmiä, kuten tulisijoja, ilmalämpöpumppuja ja aurinkolämmitystä. Tilojen lämmityksen lisäksi tulee muistaa myös lämpimän veden lämmitystarve. (Energiatehokas koti 2009b.) Lämmitystä tarvitaan seuraaviin asioihin:

- Tilojen lämmitykseen 10–15 %
- Tuloilman esilämmitykseen (+17 °C) 10–15 %
- Käyttöveden lämmitykseen 20–30 %
- Huoneisto- ja kiinteistösähköön 50–60 %.

Lämmitysjärjestelmän valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi asumismukavuus, käyttökustannukset, talon ja tontin antamat mahdollisuudet lämmitysjärjestelmän valinnassa sekä käyttäjän tarpeet. (Energiatehokas koti 2009b.)

3.1.5 Lämpökuormat ja sisälämpötilat

Lämpökuormat ovat lämpöä, joka vapautuu esimerkiksi ihmisistä, valaistuksesta, sähkölaitteiden kautta aiheutuvasta lämmöstä sekä auringon valosta, joka tulee sisälle ikkunoista. Lämpökuormat eivät ole siis laitteilla ohjattua lämpöä. Nämä lämmönlähteet ovat ilmaisia, ja niitä on voi hyödyntää energiatehokkaassa asumisessa. Lämpökuormat vaikuttavat myös lämmitystarpeeseen siten, että lämmitystarve pienenee ja lämmityskausi lyhenee rakennuksessa. Varsinaista lämmitysjärjestelmää tarvitaan vasta talven tullen, ja se voidaan lopettaa jo aikaisin keväällä. (Energiatehokas rakentaminen 2009, 44–45.) Kuva 3 esittää lämpökuormien vaikutusta ja hyödyntämistä lämmityksessä.



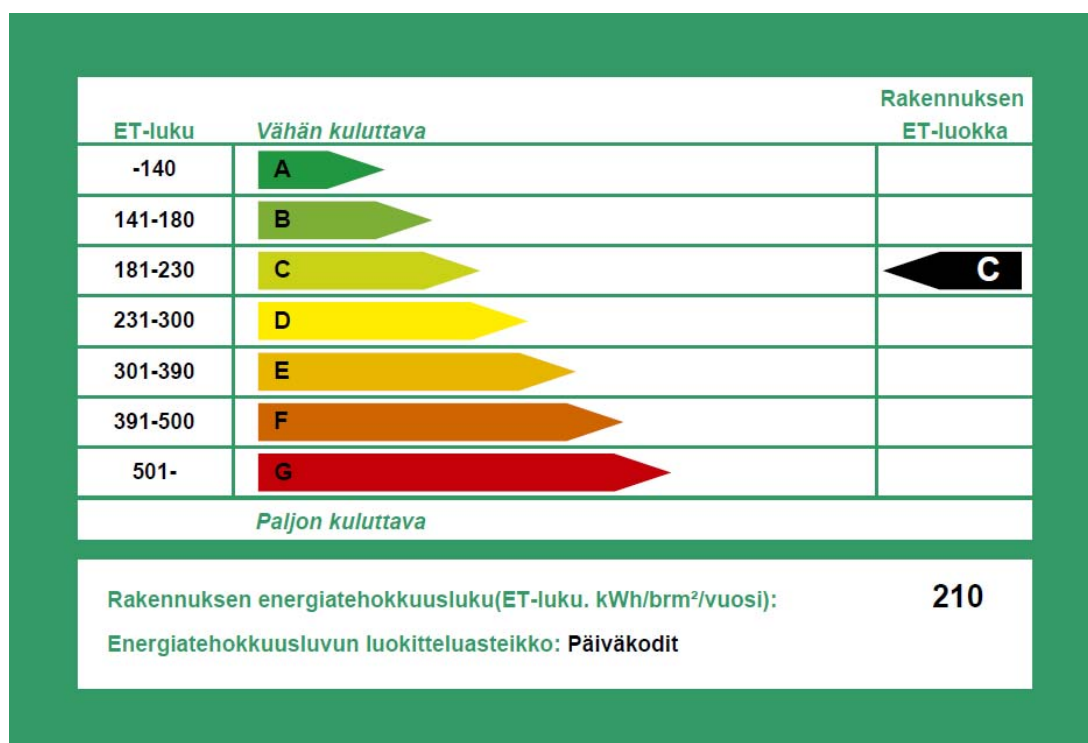
Kuva 3: Lämpökuormien hyödyntäminen lämmityksessä (<http://passiivitalo.vtt.fi>)

Koska energiatehokkaat talot eristetään ja tiivistetään huolella, rakennuksen sisälämpötilat saattavat nousta kesäaikaan liian suuriksi, kun lämpö ei pääse ulos talosta. Tämä johtuu useasti siitä, että ikkunoiden suunnitteluun ei panosteta tarpeeksi. Jotta auringon liialliselta paahteelta vältyttäisiin, ikkunat tulisi varustaa esimerkiksi kaihtimin ja markiisein sekä välttää liian suuria ikkunapintoja. Rakennuksen lämpeneminen pyritään estämään rakenteellisella tavalla. Jäähdytysenergiaa käytetään vasta tarvittaessa. (Energiatehokas rakentaminen 2009, 44–45.)

3.2 Energiatodistus

Energiatodistuksen tarkoituksena on auttaa kuluttajia vertailemaan rakennusten energiatehokkuutta. Todistuksessa kerrotaan energiamäärä, jonka talo tarvitsee tarkoitustaan vastaavaan käyttöön. Rakennuksen energiatehokkuutta kuvataan asteikolla A-G, joka tarkoittaa rakennuksen energialuokkaa. A-luokan rakennus on energiatehokkuudeltaan paras ja kuluttaa siis vähiten energiaa. Eniten kuluttaa rakennus, joka kuuluu G-luokkaan. Samaa luokitteluasteikkoa käytetään myös esimerkiksi kodinkoneissa ja ikkunoissa. Jos rakennuksessa on hyvä rakenteiden lämmöneristys, tiiviys sekä ilmanvaihdon lämmöntalteenotto, rakennus saa hyvän energialuokan. Vuonna 2008 rakennukset sijoittuivat yleisimmin D-luokkaan, mutta nyt yhä useampi talo kuuluu A- ja B-luokkaan. Energiatodistuksen päätavoitteena on myös, että rakennusten suunnittelun yhtenä tärkeimmistä kriteereistä olisi energiatehokkuus. Energiatodistuksesta ilmenee muun muassa rakennuksen

lämmitysenergian tarve, laite- ja kiinteistösähkön kulutus ja jäähdytysenergian määrä. Näiden tekijöiden avulla lasketaan bruttoalaan suhteutettu ET-luku eli energiatehokkuusluku. ET-luku saadaan, kun rakennuksen kokonaisenergiankäyttö jaetaan bruttoalalla. Rakennuksen lämmitysmuodolla ei ole vaikutusta energialuokan muodostumiseen. (Motiva 2009a; Ympäristöministeriö 2009a-b.) Kuva 4 on esimerkki energiatodistuksen ET-luvun taulukosta.



Kuva 4: Esimerkki rakennuksen ET-luvun määrittämisestä (Casatino Oy)

Energiatodistusta tarvitaan rakennusta tai sen tiloja myytäessä tai vuokrattaessa. 1.1.2008 tuli voimaan energiatodistusta koskeva lainsäädäntö. Energiatodistus on vapaaehtoinen, mikäli pientalo tai enintään kuuden asunnon rakennus on valmistunut ennen 1.1.2008. Myöskään jos kyseessä on loma-asunto, jota ei käytetä yli neljää kuukautta vuodessa, teollisuusrakennus, kirkko, suojeltu rakennus tai kooltaan alle 50 m²:n rakennus, energiatodistusta ei ole pakko hankkia. Jo rakennettuihin rakennuksiin lainsäädäntöä sovelletaan vuoden 2009 alusta alkaen. Nykyään kaikilla uusilla rakennuksilla tulee olla voimassaoleva energiatodistus. Taloyhtiöissä energiatodistus on liitetty isännöitsijätodistukseen. EU on säätänyt oman direktiivin energiatehokkuudesta, joka on energiatodistuksen taustalla. (Motiva 2009a; Ympäristöministeriö 2009a-b.)

Energiatodistuksen laatii rakennuksen pääsuunnittelija, ja todistus laaditaan rakennuslupahaun yhteydessä. Mikäli jo rakennetulla pientalolle laaditaan energiatodistusta, todistuksen laatii pätevästienergiatodistuksen laatija. Rakennuksista tehdään laaja energiaselvitys, jonka osana on energiatodistus. Energiaselvitys tehdään Suomen rakentamismääräyskokoelman D3-osan mukaan siten, että siinä käsitellään muun muassa lämpöhäviöiden vertailulaskelma, lämmitysteho rakennuksessa, ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho sekä energiankulutus rakennuksen sijaintipaikkakunnalla. Energiatodistus on voimassa neljä vuotta, jos kyseessä on yli kuuden asunnon rakennus tai liike- tai palvelurakennus ja todistus on laadittu rakennuslupamenettelyn yhteydessä. Energiatodistus on voimassa kymmenen vuotta, jos kyseessä korkeintaan kuuden asunnon rakennus ja se on laadittu rakennuslupamenettelyn, energiakatselmuksen tai erillisen energiatodistuksen yhteydessä. (Motiva 2009a; Ympäristöministeriö 2009a-b.)

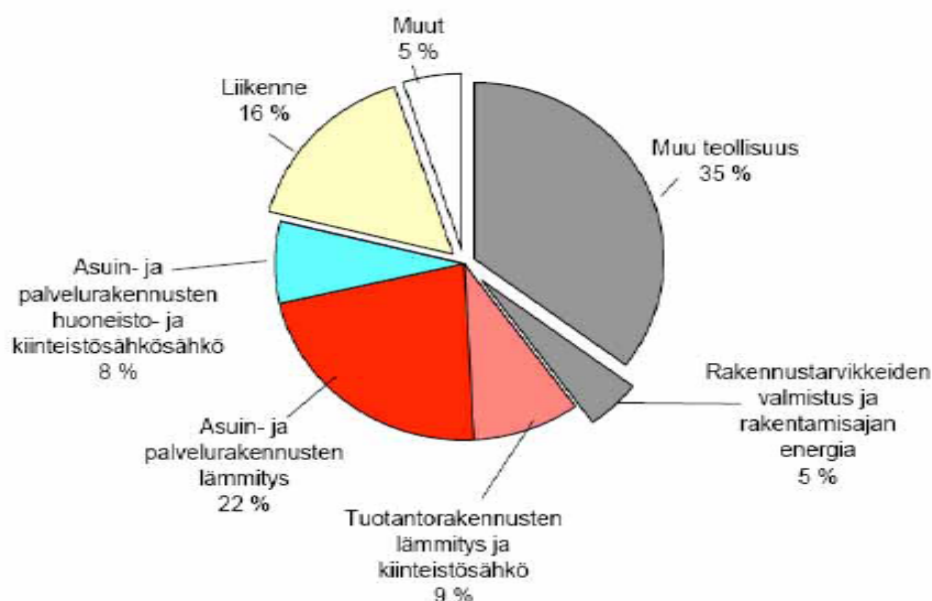
3.3 Uudet energiamääräykset 2010

Vuoden 2010 alussa astuivat voimaan Ympäristöministeriön asettamat uudet energiamääräykset. Uusissa määräyksissä etualalle nousivat vaipparakenteen lämmöneristys sekä rakennuksen ilmanpitävyys. Uudet määräykset vaikuttavat siten, että vuonna 2009 voimassa olleet määräykset tiukkenivat noin 30–40 %. Uusien määräyksien myötä rakentamisessa siirrytään entistä vahvemmin matalaenergiarakentamiseen, jonka johdosta esimerkiksi seinien eristepaksuudet kasvavat ja lämmönläpäisyarvot eli U-arvot laskevat huomattavasti. Myös ikkunapinta-alaa rajoitetaan noin 15 prosenttiin. (Kiiski 2008.)

3.3.1 Kioton ilmastopimus

EU:n tavoitteena on vähentää huomattavasti kasvihuonepäästöjä, kuten hiilidioksidia, ja näin hidastaa uhkaavaa ilmastonmuutosta. Tästä johtuen rakentamismääräykset kiristyvät. Kioton ilmastopimuksen päätavoitteena on vähentää kasvihuonepäästöjä noin 5,2 % viimeistään vuoteen 2012 mennessä. Tästä johtuu myös se, että vuonna 2012 energiamääräykset kiristyvät vielä noin 20 % lisää. Tällöin tarkasteluun otetaan myös primäärienergia. Päästöjä pyritään pienentämään tehostamalla energiankäyttöä, koska energiatehokas rakennus on osa aktiivista ilmastonsuojelua. (Europa 2007.)

Euroopan Unionin alueella rakennusten on todettu kuluttavan noin 40 % kokonaisenergiankulutuksesta. Rakennusten energiatehokkuuteen tulee kiinnittää entistä enemmän huomiota lähitulevaisuudessa, jotta energiasäästöjä saavutettaisiin riittävästi. Ympyrädiagrammista näkee energian loppukäytön Suomessa (Kuva 5).



Kuva 5: Energian loppukäyttö Suomessa 2003 (<http://www.julkisivuyhdistys.fi>)

3.3.2 Energiatehokkuusdirektiivi

Energiatehokkuusdirektiivin (2002/91/EY) tarkoituksena on parantaa energiatehokkuutta siten, että hiilidioksidipäästöt pienentyisivät nykyisestä tasosta. Direktiivissä on kolme pääkohtaa, jotka ovat

- energiatodistuksen käyttöönotto
- energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset ja
- lämmityskattiloiden ja ilmastointilaitteiden määräaikaistarkastukset.

(Haakana 2009.)

3.3.3 Rakentamismääräykset 2010

1.1.2010 astuvat voimaan uudet rakentamismääräykset, jotka ohjaavat rakentamista. Määräykset vaikuttavat muun muassa rakennuksen lämmöneristykseen, rakennuksen sisäilmastoon ja ilmanvaihtoon sekä rakennuksen energiantarpeeseen ja lämmitystehontarpeen laskentaan.

Suomen rakentamismääräyskokoelman C-osassa on asetettu vaatimukset rakennuksen eristykselle. C3-osassa on annettu lämmöneristyksen vaatimukset, enimmäis- ja vertailuarvot, joita käytetään laskettaessa rakennuksen lämpöhäviötä. (RakMK C3.)

C4-osassa on selitetty, miten esimerkiksi seinien sekä ylä- ja alapohjan lämmönläpäisykerroin lasketaan. Tällöin puhutaan U-arvosta. Mitä pienempi U-arvo on, sitä parempi on rakenteen lämmönläpäisykerroin. (RakMK C4.) Taulukko 1 kertoo energiamääräysten kehittymisestä vuosien varrella:

Taulukko 1: Rakennusten energiamääräysten kehitys
(<http://www.energiatehokaskoti.fi>)

Rakennusosien U-arvot (W/m ² ,K)	1976	1978	1985	2003	2007	2010
Ulkoseinät	0,4	0,29	0,28	0,25	0,24	0,17
Yläpohja	0,35	0,23	0,22	0,16	0,15	0,09
Alapohja	0,4	0,4	0,36	0,25	0,24	0,16 0,17
Ikkuna	2,1	2,1	2,1	1,4	1,4	1,0
Ovet	0,7	0,7	0,7	1,4	1,4	0,7

Ilmatiiveys (n ₅₀ -luku, 1/h)	6	6	6	4	4	2
LTO:n vuosihyötysuhde	0	0	0	30%	30%	45%
Vaipan lämpöhäviön jousto	0	0	0	10%	20%	30%

Suomen rakentamismääräyskokoelman D-osassa on asetettu vaatimukset rakennuksen taloteknisille ominaisuuksille. Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistoille on asetettu osassa D1 vaatimukset. Esimerkiksi kuumalle vedelle on asetettu tietyt astemäärät. Myös putkien eristäminen tulee ottaa huomioon. (RakMK D1.)

D2-osassa ohjeistetaan hyvän sisäilmaston vaatimuksia. Lämpöä otetaan talteen poistoilmasta tai sitten lämpöhäviötä tulee muilla tavoilla pienentää. Koneellisen ilmanvaihdon suunnittelussa tulee ottaa huomioon sähkönkulutus. (RakMK D2.)

Osassa D3 kerrotaan tarkasti koko rakennuksen energiatehokkuusvaatimukset. Osan avulla saa myös tarpeelliset ohjeet energiaselvityksen laadintaan. Energiaselvityksessä osoitetaan rakennuksen vaatimustenmukaisuus. Energiatehokkuus tarkoittaa käytännössä hyvää lämmöneristystä, poistoilman lämmöntalteenottoa (LTO) ja vaipan kunnollista tiiviyyttä. (RakMK D3.)

D5- osassa perehdytään lämmitystehontarpeeseen ja energiankulutuslaskelmiin. Laskelmissa huomioidaan koko vuoden aikana tarvittu lämpö, sähkö ja jäähdytysenergia. Laskelmien avulla saadaan selville esimerkiksi, kuinka paljon rakennus tarvitsee lämmitystehoa suurimmillaan, eli talven aikana. Tämän mukaan pystytään mitoittamaan rakennuksen lämmitysjärjestelmät. (RakMK D5.)

Uusien määräysten myötä energiankulutus ja huonetilojen lämmitysenergian osuus pienenevät huomattavasti. Samalla aiheutuu laitteista syntyvän sähkön ja lämmitetyn käyttöveden takia kustannuksia, jotka osaltaan kasvattavat energiankulutusta. Näiden seikkojen takia tulee jatkossa kiinnittää enemmän huomiota valaistukseen sekä laitteisiin ja niiden energiatehokkuuteen. (Rautiainen 2009.)

3.3 Tilaelementtirakentaminen ja sen ongelmat

Casatino Oy:n kaikki rakennukset valmistuvat siis tilaelementtitekniikalla. Tilaelementtirakentaminen on rakentamista, jossa rakennus muodostuu kuivissa halliolosuhteissa valmistetuista tilaelementeistä eli viipaleista. Kuivaa tehdastilaa Casatinolla on noin 3500 m². Jokainen tilaelementti on omanlaisensa, ja elementeille on annettu rakenne- ja kokoonpanokuvat. Rakennekuvien pohjalta työntekijät valmistavat omalla työpisteellään tilaelementtiin kuuluvat osat, eli alapohjan, ulko- ja väliseinät sekä katon. Valmiit rakenneosat nostetaan kattonostimella kokoonpanopaikalle. Kokoonpanokuvien avulla työmiehet pystyttävät alapohjan päälle ulko- ja sisäseinät niille tarkoitetuille paikoille.

Casatino Oy:n tehtaalla tilaelementit kulkevat kiskolla. Kiskoilla elementit siirtyvät työpisteeltä toiselle. Kiskoilla tehdään sisä- ja ulkopuoliset kirvesmiestyöt, eli

esimerkiksi pinnat laitetaan kuntoon: seinät tasoitetaan ja maalataan, kattoon laitetaan levyt ja lattiaan muovimatto. Lisäksi ennen näitä työvaiheita asennetaan talotekniikkaan kuuluvat osat. Viipaleisiin asennetaan myös kaikki ikkunat ja ovet sekä kiintokalusteet. Tilaelementit saavat ulkoeristyksen ja lopulta ne pakataan muoveihin kuljetusta varten ja varustetaan numeroin. Viipaleet nostetaan nostoliinoin katonosturilla kuorma-auton lavalle ja kuljetetaan pystytettäviksi työmaalle. Työmaalla on tätä ennen tehty maanrakennustyöt, talotekniikan liitännät ja perustukset tilaelementtejä varten. Kuvassa 6 on keskeneräinen tilaelementti Kankaanpään tehtaalla.



Kuva 6: Kankaanpään päiväkodin tilaelementtien valmistaminen 2009 (Emmi Alitalo)

Tilaelementtirakentamisen etuna on rakentamisen helppous ja nopeus. Tilaelementit valmistuvat melko lyhyessä ajassa, koska työtä eivät hidasta esimerkiksi sääolosuhteet. Koska tilaelementtejä tehtäessä samaan aikaan tekeillä ovat perustukset työmaalla, talotekniikka ja itse elementti, työ valmistuu huomattavasti nopeammin, ja näin lyhennetään hankkeen läpimenoaikaa. Nopeimmat rakennukset ovat valmiina hyvin pienessä ajassa. Esimerkiksi Kankaan koulu valmistui 75 päivässä. Tilaelementtejä voi ostaa tai vuokrata, eli ne sopivat monenlaiseen tarpeeseen. Lisäksi tilaelementtejä on mahdollista siirtää paikasta toiseen jälkikäteen,

jos esimerkiksi kysyntä muuttuu ja rakennusta tarvitaan jossain muualla. Etuna on myös se, että hankkeen kustannukset ovat paremmin tiedossa jo heti alussa, koska useimmiten elementtiurakalla on kiinteä hinta ja kustannusriskit on helpompi havaita (Huuhka 2007).

Tilaelementtien suurin ongelma on tiiveys. Koska tilaelementit liitetään toisiinsa työmaalla, ongelmana ovat erityisesti tilaelementtien väliset liitoskohdat ja niiden tiivistäminen. Liitoksien suunnitteluun pitäisi kiinnittää huomiota jo suunnitteluvaiheessa, jotta lopputulos olisi halutunlainen. Ongelmana liitoksissa on myös se, että usein työn aikana voi esiintyä huolimattomuutta, joka taas on suoraan verrannollinen tiiviyteen ja kylmäsiltojen muodostumiseen. Myös tilaelementtien kuljetus on osittain haitta, koska rakenteen suunnittelussa pitää huomioida tavanomaista parempi lujuus, jotta elementtejä pystytään siirtämään paikasta toiseen. Elementtien kuljetus vaatii erikoiskalustoa, mikä kasvattaa kustannuksia.

3.4 Energiatehokkuuden tulevaisuus

Vuoteen 2010 tilojen lämmityksen energiantarvetta kiristettiin siis 30- 40 % aikaisemmista määräyksistä. Tulevaisuudessa arvot tulevat todennäköisesti kiristymään entisestään. Vuonna 2012 energiamuodot otetaan tarkemmin huomioon ja energiatehokkuutta lisätään entisestään. Vuonna 2012 tarkastelun kohteeksi nousevat kokonaisenergia ja primäärienergia. Energiantarvetta vähennetään noin 20 % vuoden 2010 tasosta. Vuonna 2012 pyritään siis vahvasti siihen, että kaikki rakennukset olisivat matalaenergiataloja. Vuosiin 2015–2020 mennessä EU:n tavoitteena on, että rakennettavilla uudistaloilla ei olisi lainkaan lämmitys- eikä viilentämistarvetta. Tavoitteena on, että ostoenergian tarve vuositasona olisi 0 kWh/m². Vuoteen 2020 mennessä pyritään siihen, että kaikki uudisrakennukset olisivat passiivitaloja. (Tuomaala 2008.)

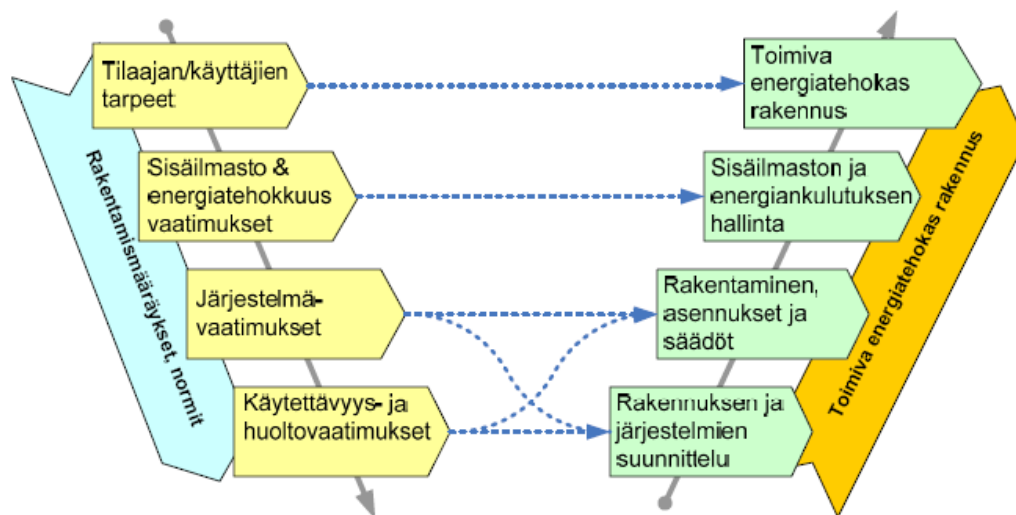
Rakenneteknisesti nämä muutokset vaikuttavat pääasiassa ikkunoiden kehittymiseen entuudestaan, lämmöntalteenoton kehittymiseen sekä rakennuksen eristyksen ja tiiveyden parantamiseen. Tulevaisuudessa pyritään entisestään parantamaan lämmönhallintaa, eli kehitetään ilmanvaihtoa, lämmitysjärjestelmää ja valaistusta sekä käytetään mahdollisimman paljon rakennusautomaation säätötekniikoita. Ostoenergian vähennyksen yksi keino on erilaisten lämpöpumppujen käyttö lämmön siirrossa. Koska matalaenergia- ja passiivitalot ovat nostattamassa koko ajan suosiotaan, tulevaisuudessa energiatehokkuudesta tulee vahva kriteeri talon ostossa ja rakentamisessa. Energiatalojen arvon ja hinnan nousu osaltaan edistää myös vanhojen talojen energiakorjauksia. (RIL 249-2009, 257.)

4 Energiatehokkuus projektin eri vaiheissa

Jotta rakennuksesta todella tulee energiamääräykset täyttävä ja energiatehokas kokonaisuus, tulee kohde suunnitella huolella etukäteen. Suunnittelu vaatii osaavia ammattilaisia, joiden työpanos maksaa itsensä takaisin rakennuksen valmistuttua. Suunnittelun osuus rakennuskustannuksista on vain noin 4-10 %. Suunnittelutyö vaatii rakennuttajan, suunnittelijoiden ja työmiesten välistä jatkuvaa yhteistyötä, sillä suunnitteluvaiheessa määräytyy noin 90 % lopullisista kustannuksista. Kun suunnittelu toimii yhteistyössä, suunnitelmat tukevat toinen toistaan siten, että toimivilla rakenneratkaisuilla pystytään vaikuttamaan esimerkiksi lämmitystarpeen mitoittamiseen ja samalla myös sen toteutukseen. Rakennushankkeella tulee olla myös nimetty pääsuunnittelija. Hänen tehtäviinsä kuuluu varmistaa, että arkkitehti-, rakenne- ja LVISAK-suunnitelmat sopivat yhteen. Yleensä pääsuunnittelija on kohteen arkkitehti. (Energiatehokas koti 2009c; Motiva 2008, 9-10.) Suunnittelun aikana erityishuomiota tulisi kiinnittää

- eri energiavaihtoehtoihin ja niiden vaihtoehtotarkasteluun
- riittävän laajoihin suunnitelmiin ja suunnitelmien ajantasaisuuteen
- yhteistyöhön sekä tiedonvaihtoon suunnittelijoiden ja tuotannon välillä
- laadunvarmistukseen ja erilaisiin seuranta- ja mittausmenetelmiin
- käyttäjien opastukseen sekä talotekniikan säätöön ja säännölliseen seurantaan (RIL 249-2009, 39).

Kuva 7 esittää energiatehokkaan rakentamisen tavoitteet ja vaatimukset.



Kuva 7: Tavoitteiden ja vaatimusten asettaminen rakennushankkeessa (<http://www.vtt.fi>)

4.1 Rakennuttaja

Tilaajan edustajana ja suunnittelutiimin vetäjänä rakennuttajalla on suuri vastuu kohteen valmistumisessa halutunlaiseksi. Rakennuttaja valvoo, että tilaajan haluamia ratkaisuja ja kustannuksia noudatetaan. Mahdolliset lis- ja muutostyöt aiheuttavat aina lisäkustannuksia, jotka usein pystytään välttämään hyvällä ennakkosuunnittelulla. Talonrakentaminen jakautuu kuuteen vaiheeseen:

- tarveselvitysvaiheeseen
- hankesuunnitteluvaiheeseen
- rakennussuunnitteluvaiheeseen
- rakentamiseen
- käyttöönottoon
- käyttöön.

Tarveselvitysvaiheessa rakennuttaja pohtii tilaajan kanssa, mitä tiloja ja niiltä vaadittavia ominaisuuksia uuteen päiväkotiin tarvitaan. Rakennuttaja kartoittaa tavoitteet, tilantarpeen, laskee alustavasti investointikustannukset ja valmistelee hankepäättöksen. Hankesuunnitteluvaiheessa selvitetään yksityiskohtaisesti kohteen toteuttamismahdollisuudet, vaihtoehtoiset toteuttamistavat sekä toteuttamistarpeet. Hankesuunnitteluvaiheessa rakennuttajan tärkeimpiä tehtäviä ovat alustavan

aikataulun laadinta, kiinteistöselvitykset, rahoitussuunnitelmien laadinta, tavoitehinalaskelmien tekeminen, hankemuodon valinta sekä suunnittelijoiden ja työntekijöiden palkkaaminen. Rakennussuunnitteluvaiheessa rakennuttaja tekee paljon yhteistyötä suunnittelijoiden kanssa. Tässä vaiheessa tehdään arkkitehti- ja erikoissuunnitelmat, suoritetaan rakennusosa-arviolaskentaa sekä tarjouslaskentaa, tehdään rakennuksen huoltokirjan runko ja tutkitaan, että rakennuksen energiatehokkuusluokka on saavutettavissa. Rakentamisvaiheessa kaikkien suunnitelmien tulee olla valmiita niin, että päästään mahdollisimman häiriöttömään rakentamiseen. Käyttövaiheessa panostetaan mittaus- ja seurantamenetelmiin sekä huoltokirjan noudattamiseen. Käytön aikana tulee myös huolehtia tarvittavista säädöistä ja ylläpidosta määräaikailla huolloilla ja tarkastuksilla. (Energiatehokas koti 2009c.)

Kankaanpään päiväkodin rakennuttajana toimii Kankaanpään yrityspalvelu Oy:n rakennusmestari Kalevi Salmijärvi. Päiväkodin rakentaja valittiin KVR-urakkakilpailun perusteella. Urakkakilpailuun valittiin seitsemän alan ammattilaista, joista Casatino Oy voitti kilvan. Tarjouskilpailussa painoarvo oli tarjoushinnalla (50 %), energiatehokkuudella (15 %) sekä suunnitelmien sisällöllä ja laadulla (35 %). Hankkeen aloituskokous pidettiin 4.12.2009 ja kokoukseen osallistuivat tilaajan ja KVR-urakoitsijan edustajat. (Salmijärvi 2010.)

4.2 Suunnittelijat

Työlle pitää valita kunnolliset suunnittelijat. Kun suunnittelijat on valittu, tehdään kirjalliset sopimukset, joista selviää esimerkiksi kunkin suunnittelijan vastuut, maksuerät ja aikataulut. Aikataulut on hyvin tärkeää, jotta työ voidaan aloittaa heti, kun rakennuslupa on myönnetty. Kankaanpään päiväkotia toteutetaan KVR-urakkana, jossa urakoitsija eli Casatino Oy on valinnut suunnittelijat jo ennen tarjouksen tekemistä, koska tarjouksessa edellytettiin suunnitelmaluonnokset (Haastattelu, Salmijärvi 2010.) Tärkeimpiä energiatehokkaan suunnittelun aikaisia ratkaisuja ovat ilmanvaihdon lämmöntalteenotto, rakenteiden lämmönläpäisyn pienentäminen ja ilmanvuotojen pienentäminen rakennusvaiheessa. (RIL 249-2009, 55.)

4.2.1 Arkkitehti

Arkkitehti on usein kohteen pääsuunnittelija, koska hänellä on korkein koulutus alalta. Hän huolehtii, että rakennuksesta tulee haluttu kokonaisuus. Pääsuunnittelija toimii usein kohteen rakennussuunnittelijana. Rakennussuunnittelussa arkkitehti laatii kohteen pohjaratkaisut, leikkauskuvat sekä julkisivut ja pintamateriaalit. Arkkitehti sovittaa talon tontille ja suuntaa tilat siten, että energiatehokkuusvaatimukset täyttyvät. Hänen tehtävänä on myös tarkastaa muiden suunnittelijoiden suunnitelmien yhteensopivuus ja energiatehokkuuteen kuuluvat ratkaisut. Pääsuunnittelija vastaa myös siitä, että kaikki viranomaisasiat ovat kohteessa hoidettu. (Energiatehokas koti 2009c.) Energiatehokkaassa arkkitehtisuunnittelussa tärkeitä asioita ovat esimerkiksi tilantehokkuus ja talon muoto, ikkunoiden sijoittelu ja koko sekä aurinkosuojaus. Rakennuksen muodolla voidaan vaikuttaa suoraan lämpöhäviön suuruuteen, koska ulkovaipan pinta-ala määrää kuinka paljon seinästä johtuu lämpöä. Tämän perusteella energiatehokkain muoto on selkeä neliömäinen rakennus. Tilantehokkuudella pyritään minimoimaan turhat tilat ja säätelemään huoneiden sijoittelua siten, että poikkeavat olosuhteet omaavat tilat olisivat sijoiteltu teknisesti järkevästi.

Tässä kohteessa arkkitehtinä ja pääsuunnittelijana toimii Arkkitehtitoimisto Pekka Lassila Oy:n arkkitehti SAFA Pekka Lassila. Kankaanpään päiväkodin suunnittelun lähtökohtana oli rakennuksen hyvä kestävyys, sopeutuminen olemassa olevaan rakennuskantaan, ympäristöystävällisyys sekä alhaiset käyttökustannukset. Energiatehokkaan rakennuksen suunnittelu on haastavampaa kuin tavallisen rakennuksen, mutta myös paljon kiinnostavampaa. On tärkeää suunnitella rakenteet ja LVIS-ratkaisut yhteensopiviksi. Arkkitehtisuunnittelussa tilaelementtirakentamisesta on selvää hyötyä, sillä suunnittelu on paljon nopeampaa ja se mahdollistaa kuivat rakenteet toisin kuin perinteinen rakennustapa. Päiväkodin suunnitteluun kului aikaa noin 5 kuukautta.

4.2.2 RAK-suunnittelu

Rakenneteknisesti energiatehokkuuden tärkeimpiä mittareita ovat rakenteiden lämpö- ja kosteustekninen toiminta. Suunnittelun tavoitteena ovat ilma- ja höyrytiiveys, lämmöneristävyys, kylmäsiltojen minimointi, tuulensuojaus, rakenteiden tuuletus sekä rakennekosteuden minimointi. (RIL 249-2009: 55.) Energiämääräysten myötä tulee kiinnittää entistä enemmän huomiota uusien rakennevaihtoehtojen toimivuuteen. Kun alapohjan paksuus kasvaa lisää, ongelmana saattaa olla eristekerroksen painuminen siten, että eriste irtoaa lämpimästä pinnasta ja tällöin ulkoilma virtaa rakenteisiin ja niiden läpi. Eristämisessä ollaan koko ajan siirtymässä entistä enemmän käyttämään puhallusvilla ja muita puhallettavia tuotteita. Tästä aiheutuu eristekerroksen painumista sekä ilmavirran lisääntymistä varsinkin pystyrakenteisiin. (prkklehti 2010, 7.)

Rakennesuunnittelu lähtee liikkeelle arkkitehdin luonnoksista ja luonnoksien pohjalta piirrettävistä 1:50 rakennekuvista. Tilaelementtirakentaminen vaikuttaa suunnitteluun siten, että suunnittelu on haasteellisempaa saumojen tiivistyksen ja jäykistyksen osalta. Suunnittelussa pitää ottaa huomioon myös se, että rakennesuunnittelu tapahtuu tuotannon ehdoilla eli suunnitelmat tulee valmistua siinä tahdissa, että tuotanto hallissa toimii ilman taukoja. (Pitkänen 2010.)

Kankaanpään päiväkodin rakennesuunnittelusta vastaa Jani Pitkänen Puukeskukselta. Pitkäsen mukaan energiatehokkaan rakennuksen rakennesuunnittelu ei poikkea paljonkaan normaalin rakennuksen suunnittelusta, koska suunnittelussa voidaan hyödyntää vanhojen kohteiden rakenteita. Kohteen rakenteet eivät ole nimittäin muuttuneet kuin eristeiden ja tiivistyksen osalta. Kohteen rakenteiden suunnitteluun meni noin kaksi viikkoa. Ajallisesti kohde oli nopea suunnitella, koska rakenteisiin tuli uutena ainoastaan polyuretaanilevyt. Rakennesuunnittelijan vastuulla ovat myös rakenteiden U-arvot, jotka piti päivittää vastaamaan uusia vuoden 2010 määräyksiä. Rakennesuunnittelijan tärkeimpiä työtehtäviä olivat elementtisuunnittelu, rakennesuunnittelu ja perustuksien suunnittelu. Suunnittelun raja meni käytännössä tuulensuojan kohdalla eli pintamateriaalien suunnittelusta vastasi arkkitehti. (Pitkänen 2010.)

4.2.3 LVI-suunnittelu

LVI-suunnittelija laatii kiinteistön KVV-suunnitelman eli tekee kohteen vesi- ja viemäröintisuunnitelmat sekä suunnittelee lämmityksen ja ilmanvaihdon. LVI-suunnittelija vastaa, että kohde on suunniteltu määräysten mukaan. Tärkeimpiä asioita LVI-suunnittelussa, jotka vaikuttavat energiatehokkuuteen, ovat:

- lämmitysjärjestelmän valinta
- lämmöntalteenoton järjestäminen poistoilmasta
- lämmönjaon suunnittelu
- ilmanvaihto ja sen ohjaus
- sisälämpötilojen ohjattavuus
- lämmin käyttövesi ja sen säätäminen tarvittaessa
- läpimenojen ilmatiiveys
- vesikalusteet. (Energiatehokas koti 2009.)

Kohteen LVI-suunnittelusta vastaa LVI Mustaniemi Oy, LVI-insinööri Sami Alastalo.

4.2.4 SÄH-suunnittelu

Sähkösuunnittelija laatii kohteelle sähkösuunnitelman ja vastaa, että suunnitelmat ovat määräysten mukaisia. Esimerkiksi LVI-laitteet, valaistuksen taso, kodinkoneiden kulutus ja valaisimet vaikuttavat määräävästi energiatehokkuuteen.

Kohteen sähkösuunnittelusta vastaa tässä kohteessa Sähkösuunnittelu Pepekia, Petri Koivumäki. Kohteen sähkönkulutus jakaantuu siten, että eniten sähköä kuluttavat LVI-laitteet. Toiseksi eniten sähköä kuluttavat keittölaitteet ja lopuksi muut sähkölaitteet, kuten toimistolaitteet ja valaistukset. Päiväkodissa on kiinnitetty erityistä huomiota käyttäjien sähkönkäyttöön ja säätelyyn siten, että esimerkiksi valaistusta ohjataan pitkälti rakennusautomaation liikkeentunnistimilla sähkönkulutuksen minimoimiseksi. Sähkönkulutukseen vaikuttavat oleellisesti esimerkiksi päiväkodin käyttöajat ja siten taas sähköasiat ovat tiiviisti kytköksissä rakennusautomaatioon. (Koivumäki, Mantila 2010.)

4.2.5 RAU-suunnittelu

Rakennusautomaatiosuunnittelu tarkoittaa yksinkertaisesti taloteknisten järjestelmien automaattista ohjausta ja säätöä tarpeenmukaisesti. On olemassa monenlaisia järjestelmiä, joilla saadaan kiinteistön toiminnot automatisoitua itsenäiseksi kokonaisuudekseen. Rakennusautomaatio kattaa esimerkiksi kulunvalvonnan, automaattiset palohälytykset, lukitusjärjestelmät, lämmitysjärjestelmän sekä ilmanvaihdon säädöt ja erilaiset turvallisuus- ja valvontatoiminnot. Standardissa EN 15232 ”Rakennusten energiatehokkuus. Rakennusautomaation, säädön ja kiinteistönhoidon vaikutus energiatehokkuuteen” on arvioitu suunnitteluvaiheessa tapahtuvan automaation suunnittelun tärkeyttä ja vaikutusta energia-asioihin. (Sähköala 2009.) Standardissa on säädetty esimerkiksi rakennuksen automaation energiatehokkuusluokat A-D, jossa A-luokka tarkoittaa korkean energiatehokkuuden mahdollistavaa automaatio- ja hallintajärjestelmää (Automaatioseura 2009.)

Kankaanpään päiväkodin rakennusautomaation suunnittelijana toimii Kim Eklund Schneider Electriciltä. Rakennusautomaatiosuunnittelijan tärkein työtehtävä on taloteknisten järjestelmien yhteensovittaminen ja näiden järjestelmien automaattisen ohjaamisen suunnittelu. Parhaisiin tuloksiin rakennusautomaation kannalta päästään erikoissuunnittelijoiden tiiviillä yhteistyöllä. Järjestelmiä pyritään ohjaamaan mahdollisimman tarpeenmukaisesti, mutta siten että käyttäjän näkökulmasta olosuhteet pysyvät hyvinä. Tässä kohteessa rakennusautomaatiojärjestelmällä optimoidaan ilmanvaihtoa, lämmitystä ja sähkön kulutusta mittaroimalla ja säätämällä mittaustietojen perusteella järjestelmää. (Eklund 2010.)

4.3 Rakennustyöntekijät

Rakentajien rooli on tärkeä, sillä he toteuttavat kaikki suunnitelmat käytännössä. Rakennuksen lopullinen energiatehokkuus määräytyy vasta työmaalla. Energiatehokkaan päiväkodin rakentaminen on samanlaista rakentamista kuin muissakin kohteissa, mutta hyvin huolellinen ja vastuuntuntoinen toteutus takaavat energiatehokkaan lopputuloksen. (Energiatehokas koti 2009c.)

Kylmäsilat sekä rakennuksen ilmanpitävyys ovat suurimpia haasteita energiatehokkaalla työmaalla. Erityistä huolellisuutta pitää noudattaa tilaelementtien liitoskohdissa, ylä- ja alapohjan liitoskohdissa seinään sekä ikkunoiden oikeaoppisessa tiivistämisessä. Ilmansulun kanssa pitää myös noudattaa erityistä

tarkkuutta. Ilmansulun saumakohtat teipataan huolella ja tarkistetaan, että ilmansulkumuovi on ehjä. myös erilaiset läpimenot, kuten sähköjohdot, ovat ongelmallisia. Kylmäsillat aiheuttavat lämpövuotoja rakenteen läpi. Kylmässä rakenteen kohdassa sisäilman kosteus saattaa tiivistyä ja aiheuttaa kosteusongelmia kuten homeita. Kylmäsiltoja ilmenee eniten esimerkiksi seinän ja lattian liitoskohdissa. Lisäksi eristykseen asentaminen oikeaoppisesti takaa energiatehokkaan lopputuloksen, koska kylmäsiltoja ei pääse muodostumaan. (Energiatehokas koti 2009c.)

Projektissa toimii nimetty vastaava työnjohtaja, jonka tehtävänä on vastata työmaasta ja sen työntekijöistä. Ennen kohteen aloittamista vastaava työnjohtaja hyväksytetään rakennusvalvontaviranomaisella. Hänen tehtävänä on valvoa, että työmaa etenee annetun rakennusluvan ja rakennusmääräysten mukaisesti ja että kohteesta tehdään kaikki tarvittavat katselmukset ja tarkastukset. Lisäksi vastaava työnjohtaja on vastuussa mahdollisten virheiden korjaamisesta ja piirustuksien oikeellisuudesta. Kankaanpään päiväkodin työmaan vastaavana työnjohtajana toimii Timo Pihlaja.

4.4 Viranomaiset

Jokaisella kunnalla on oma rakennusvalvonnan yksikkö, jossa työskentelee rakennustarkastaja. Tarkastajan tehtävänä on vahtia rakennuttajan etuja koko projektin ajan. Hänellä on myös paras mahdollinen tieto ja taito paikkakunnan rakentamismääräyksistä. Rakennustarkastajan pitää olla puolueeton asiantuntija rakennusalalta. Rakennustarkastaja myöntää kohteelle myös rakennusluvan. Viranomaisvalvonnan tehtävänä on myös pitää aloituskokous sekä erilaisia katselmuksia tarpeen mukaan. Tällaisia katselmuksia voivat olla esimerkiksi pohjakatselmus, rakennekatselmus, sijaintikatselmus, LVI-katselmus sekä loppukatselmus (Kolkka 2010).

5 Tontti ja tilojen suunnittelu

5.1 Tontti

Rakentaminen alkaa sopivan tontin valinnalla, koska tontin valinta vaikuttaa myös energiankulutukseen. Rakennus kannattaa rakentaa siten, että auringonsäteet etelästä tulevat rakennuksen pitkälle sivulle ja niiden huoneiden ikkunaan, joissa lämmitystarve on suurin. Pohjoispuolella olisi hyvä olla suojaisaa metsää tuulen suojana. Pohjoispuolelle kannattaa sijoittaa rakennuksen tiloista sellaiset, joilla lämmitystarve ei ole niin suuri kuten makuuhuoneet, työhuoneet ja tekniset tilat. Myös pinnanmuodot vaikuttavat. Mitä korkeammalla rakennus sijaitsee, sitä lämpimämpää tontilla on. Ei siis kannata rakentaa esimerkiksi laakson pohjalle, koska lämmitystarve kasvaa. (Energiatehokas koti 2009d.)

On tärkeää muistaa, että tontti valitaan ensin – vasta sitten suunnitellaan rakennus. Rakennus sovitetaan ympäristöönsä eikä ympäristöä rakennuksen mukaan. Tontin paras paikka energiankulutuksen kannalta rakennukselle on mahdollisimman aurinkoinen ja tuulelta suojattu kohta. Tontin korkein kohta on myös eduksi, sillä se on luonnollisesti tontin kuivin paikka ja pinta- sekä pohjavedet eivät ole haitaksi. Rakennus kannattaa suunnitella siten, että sitä olisi tulevaisuudessa mahdollisimman helppo laajentaa tai täydentää. Etukäteen on hyvä tutustua tontin rakennusoikeuteen, jotta jälkepäin ei tule suuria yllätyksiä. (Energiatehokas koti 2009d.)

5.2 Piha ja viheralueet

Asema- ja rakennuskaavassa on ohjeistettu myös pihasuunnittelua. Osa toimivaa rakennusta on energiataloudellinen pihapiiri ja pienilmasto. Varsinkin tässä kohteessa suuri huomio kiinnittyy piha-alueisiin, koska päiväkodin pihan tulee olla viihtyisä ja lapsille mahdollisimman kotoisa oleskelutila. Leikki-tilat ulkona suunnataan auringon valoon ja lämpöön siten, että leikkialueet ovat mahdollisimman paljon etelän puolella. Piha-alueelle rakennetaan aita, joka antaa tuuli- ja näkösuojan. Lisäksi päiväkodin molemmille puolelle tulee katetut terassit, jotka suojaavat tarvittaessa sateelta ja auringon paahteelta. Myös puulajien valinta tontilla auttaa säätelemään tontin pienilmastoa. Havupuut antavat suojan pohjoisen kylmille tuulille kun taas lehtipuut suojaavat kuumalta paahteelta kesäisin. (Energiatehokas koti 2009d.)

5.3 Tilojen suunnittelu

Tiloja suunniteltaessa on hyvä käyttää ympäristöä apuna: käyttää mahdollisimman paljon luonnonvaloa ja lämpövyöhykkeitä. Rakennuksen käyttäjien tarpeet ja elämäntavat on hyvä huomioida huonejärjestystä mietittäessä, koska myös niin sanotut turhat neliöt joudutaan lämmittämään ja huoltamaan. Myös ilmanvaihdon ja lämmityksen järjestäminen vaikuttavat huoneiden asetteluun. Lämpimät tilat asetellaan yleensä rakennuksen keskiosaan ja mahdollisimman paljon etelään auringon puolelle.

5.4 Päiväkodin arkkitehtoninen suunnittelu

Arkkitehtonisesti tärkeimpiä asioita mihin pitää kiinnittää huomiota ovat ilmansuunnat ja rakenteet sekä tontti kaupunkialueella. Myös ympärillä olevat rakennukset sekä rakennusvalvonnan ja kaupungin arkkitehdin mielipiteet vaikuttavat rakennussuunnitteluun. Kaupunkialueella tontit ovat tarkoin määrättyjä, jolloin on vaikeaa saada tehokkain mahdollinen ratkaisu. Asemakaavat sanelevat esimerkiksi rakennuksen paikan ja suunnan tontilla (Lassila 2010.)

Päiväkodin tontin lohkomaton kokonaispinta-ala on 1,67 ha, josta päiväkodille on osoitettu puolet tontin pinta-alasta eli 8302,0m². Lohkomattoman tontin rakennusoikeus on 8000m², josta päiväkodin tontin rakennusoikeus on puolet, 4000m². Rakennus liitetään kunnan viemäri-, sähkö- ja kaukolämpöverkkoon. Tontin sadevedet johdetaan rakennuksesta pois päin sopivin kallistuksin kaupungin sadevesiviemäriin. Näistä on laadittu erillinen pinnantasaussuunnitelma. Asemakaavan perusteella tontti on varsin tasainen ja suorakaiteen mallinen, joka tekee tontista selkeän suunnitella. Tontille on kaksi varsinaista liittymää sekä ajoneuvo- ja jalankulkuportti. Tontin pohjoinen ja itäinen sivu on pitkälti tiheää kuusi- ja mäntymetsää, joka toimii tehokkaasti tuulensuojana. Tontti rajoittuu etelän puolella Kangasmoisionkatuun ja lännenpuolella vieressä olevan koulukeskuksen pihaan. Kangasmoisionkadun toisella puolella on rauhallista rivitaloasuinalueita.

Tässä kohteessa tilantehokkuus on asetettu myös päätavoitteeksi. Käytännössä tilantehokkuus tarkoittaa päiväkodissa käytävien ja aulatilojen prosentuaalisesti vähäistä määrää. Joissain päiväkodeissa voi olla pelkästään satoja neliöitä pelkkää käytävää, joka taas näkyy kustannuksissa, koska neliöille tulee nopeasti hintaa noin 2000–2900 euroa/m². (Lassila 2010.)

Tontille tulee nurmialueita yhteensä 2630m², sorapintaisia alueita 1060m², asfaltoituja alueita noin 1330m², laatoitettuja alueita noin 235m², turvahiekka-alueita noin 240m² sekä kivituhka-alueita yhteensä noin 520m². Autopaikkoja tontille tulee 20 kappaletta, joista 8 on varustettu lämpöpistokkeella. Lisäksi pihaan on suunniteltu niin sanottuja 15 minuutin saattopaikkoja lasten vanhemmille. Päiväkodin ajoneuvoliikenne on suunnattu Kangasmoisionkadun puolelle, jolloin lapset eivät ole liikenteen kanssa tekemisissä kuin tullessa ja lähtiessä päiväkodista. Lisäksi on suunniteltu saattoliikenteelle ympyrän mallinen kulkusuunta, jolloin vältetään turhaa ajoneuvoliikennettä tontilla. Erillinen huoltopiha on paikoitusalueen takana, jossa sijaitsevat myös jätekatos/ talovarasto. Rakennuksen pelastustie on rakennuksen rauhallisemmalla puolella eli pohjoispuolella metsän tuntumassa sekä toinen pelastustie leikkipihan läpi. (Lassila 2009.) Kuvassa 8 on keskeneräinen päiväkodin työmaa.



Kuva 8: Kuva keskeneräiseltä sisäpihalta 2010 (Emmi Alitalo)

Päiväkodin leikkipihaa ympäröi 1200mm korkuinen aita, joka takaa turvallisen ulkoilun alueen. Aita varustetaan huoltoajoneuvo- ja käyntiportein siten, että käyntiportti on 1m ja ajoneuvoportti 3,5m leveä. Porttien salpaus tehdään lapsiturvalliseksi. Pihavarusteet ovat seuraavanlaiset: 3 hiekkalaatikkoa, 4kpl keinuja, liukumäki 0-3-vuotiaille, torniliukumäki 3-6-vuotiaille, kiipeilyteline 3-6-vuotiaille sekä lisäksi pöytäpenkkiryhmä ja penkkejä. Lisäksi leikkipihan alueelle on

suunniteltu 3kpl pihavarastoja sekä kasvimaat lapsille. Päiväkodin alueelle tulee myös useita istutuksia, osittain suojaamaan auringonpaahteelta ja osittain tuomaan viihtyisyyttä.

Päiväkodin pohjaratkaisu ei varsinaisesti muuttunut muihin kohteisiin verrattuna ikkuna-aukokuksia lukuun ottamatta. Päiväkodeissa ryhmätilojen valovaatimus on 10 % lattiapinta-alasta, joten ikkunat ja niiden suuntaus on pitkälti käyttötarkoituksen mukaan suunniteltuja. Päiväkodin tilantehokkuus on huomioitu pohjaratkaisuja suunniteltaessa ja turhia käytävä- ja aulatiloja on minimoitu eli niin sanotut turhat neliöt on pyritty minimoimaan. Päiväkoti on muodoltaan L- kirjaimen mallinen ja malli tulee suoraan tilaohjelmasta. Energiatehokkain muoto olisi pyöreä, niin sanottu nurkaton malli. Suorakaide- malli on toiseksi paras vaihtoehto. Julkisivumateriaaleina on pitkälti käytetty punaista tiiltä sekä vaakalaudoituksena harmaan väristä puuta. Tehosteosat ovat pääosassa keltaokraista julkisivurakennuslevyä. Tällaisiin materiaaleihin päädyttiin, koska kevyet puupaneelit ovat ekologisista ja uusiutuvaa luonnonvaraa. Tiili on Kankaanpään rakennuskannassa hyvin vallitseva materiaali ja ympäristön rakennukset ovat kaikki punatiilisiä. Normaalisti Casatino Oy ei käytä kohteissaan tiilivuorausta. Ikkunoiden alla oleva mineraalipohjainen Sembrit julkisivulevy on huoltovapaa ja lapsikohteisiin soveltuva turvallinen julkisivumateriaali. (Lassila 2010.)

Päiväkoti on suunniteltu neljälle eri-ikäisten lasten ryhmälle. Henkilökunta- ja palvelevat tilat sijaitsevat sisääntulon yhteydessä. Henkilökunnan pukutilat sijaitsevat päiväkodin väestönsuojassa. Nämä tilat ovat suunnattu pitkälti päiväkodin pohjoiseen suuntaan eli sillä puolella ikkunapinnat ovat pienempiä. Piha-alueet ja lepohuoneet ovat suunniteltu etelään päin valon puolelle. Lisäksi suurena etuna on, että jokaiselle ryhmälle on oma sisäänkäynti ja märkäeteinen leikkipihan puolelta. Tässä kohteessa suunnittelun kannalta energiatehokkaat ratkaisut saavutettiin paremmilla materiaaleilla, joten rakenteet pysyivät lähes saman paksuisina ja tyyppisinä.

6 Rakenteet

Rakenteiden kannalta eniten energiatehokkuuteen ja energiankulutukseen vaikuttavat vaipan hyvä eristys sekä kunnollinen ilmanpitävyys. Jotta rakennuksen sisäilma ja asumismukavuus täyttyisivät parhaalla mahdollisella tavalla, tulee rakennuksesta tehdä jo alusta alkaen hyvin eristetty, tuulenpitävä ulkopinnalta ja sisäpuolelta tiivis vaippa. Rakennusmääräyskokoelman osassa C3 on kerrottu rakennuksen vaipan lämmöneristyksestä. Laskettaessa lämmönläpäisykerrointa eli U-arvoa rakenteelle, lämpimän tilan seinän vertailuarvo on 0,17 W/m²K, yläpohjan 0,09 W/m²K, alapohjan 0,17 W/m²K tai 0,16 W/m²K riippuen perustuksista, ikkunan 1,0 W/m²K ja oven 0,7 W/m²K. Ikkunapinta-alan vertailuarvo on enintään 50 % julkisivun pinta-alasta tai 15 % kerrostasoalojen summasta. Yleissääntönä on, että rakennuksen vaipan lämpöhäviö ei saa ylittää määräyksissä annettuja lämpöhäviön vertailuarvoja. Vaipan eristyksen lisäksi tulee kiinnittää huomiota rakennuksen routaeristykseen. Rakennuksen U-arvot lasketaan osan C4 mukaan tai SFS-EN-standardien mukaan. (RakMk C3 2010, 6-7.)

Tiiviissä rakennuksessa ilman kulku on tarkoin ohjattu: Ilmanvaihtolaitteen lämmöntalteenotto kierrättää ulkoa tulevan raittiin ilman ja lämmittää sen sisäilmaan sopivaksi. Hallitun ilmanvaihdon pääajatus onkin, että rakennuksen ilmanpitävyys toimii ja ilma kulkee vain sille tarkoitettujen laitteiden kautta, ei kylmäsiltojen tai vedon tunteen muodossa. (Motiva 2008, 16.) Rakennusmääräyskokoelman osassa C3 on annettu yleiset määräykset rakenteiden ilmanpitävyydestä. Rakennuksen tulee saavuttaa käyttötarkoituksen mukaiset sisäilmaston arvot siten, että talon lämpö- ja kosteustekniset ominaisuudet ovat määräysten mukaiset. Ilmavirtaukset mahdollisten vuotokohtien läpi eivät saa aiheuttaa häiriötä käyttäjälle eikä suunnitellulle ilmanvaihtojärjestelmälle. Rakennustyön laatu ja läpiviennit tulee hoitaa huolellisesti, koska ne aiheuttavat suurimpia ongelmia rakenteissa. Erityistä huomiota tulee kiinnittää myös ovien ja ikkunoiden asentamiseen. Ikkunoiden ja ovien karmit ja puitteet tulee olla oikein tiivistettyjä. (RakMk C3 2010, 5.)

6.1 U-arvon määrittäminen

Rakenteiden kannalta merkittävin tapa mitata energiatehokkuutta on määrittää rakenteiden U-arvot. Lämmönläpäisykerroin kertoo, minkälaisella teholla (W)1 m²:n kokoisen alueen läpi karkaa lämpöä sisä- ja ulkolämpötilan erotusta kohti. Suomen Rakentamismääräyskokoelman osa C3 uudistui 1.1.2010, jolloin astuivat voimaan uudet, tiukentuneet rakenteiden U-arvovaatimukset. Osassa C4 on kerrottu miten lämmönläpäisykerroimet määritetään. Lämmönläpäisykerroin määritetään CE-merkinnällä varustetuille lämmöneristeille lämmönjohtavuuden suunnitteluarvojen, normaalisten lämmönjohtavuuksien sekä muiden EN- standardeissa hyväksytyjen lämmönjohtavuusarvojen perusteella. Lämmönläpäisykerroin eli U-arvo lasketaan seuraavasti kaavan 1 mukaan:

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (1)$$

, jossa R_T on rakennusosan kokonaislämmönvastus.

Kokonaislämmönvastus R_T lasketaan kaavalla 2, kun kyseessä on tasa-aineinen ja tasapaksu ainekerros ja kun lämpö siirtyy rakenteeseen nähden kohtisuorasti:

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 \dots + R_g + R_b + R_q + R_{se} \quad (2)$$

, jossa $R_{si,se}$ on sisä- ja ulkopuolinen pintavastus

R_q on ohuen ainekerroksen lämmönvastus

R_b on maan lämmönvastus

R_g on rakennusosassa olevan ilmakerroksen lämmönvastus

$R_{1,2..n}$ on eri ainekerroksien lämmönvastus.

Ainekerroksen lämmönvastus R saadaan laskettua seuraavasti kaavan 3 avulla:

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (3)$$

, jossa d on ainekerroksen paksuus (m)

λ on lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo, kuten normaalin lämmönjohtavuus.

Säännöllisesti toistuvat kylmäsilat otetaan laskennassa huomioon.

Mikäli rakenteessa esiintyy epätasa-aineisia kerroksia, U-arvo lasketaan seuraavasti kaavan 4 mukaan:

$$U = \frac{1}{R_j} = \frac{f_a}{R_{aj}} + \frac{f_b}{R_{bj}} + \dots + \frac{f_n}{R_{nj}} \quad (4)$$

, jossa R_j on rakennusosan kokonaislämmönvastus

$f_{a,b,n}$ on ainekerroksen suhteellinen osuus (%)

$R_{aj,bj}$ on ainekerroksen lämmönvastus.

Ainekerroksen lämmönvastus saadaan laskettu kaavalla 5 seuraavasti:

$$R_{aj} = \frac{d_j}{\lambda_{aj}} \quad (5)$$

, jossa d_j on ainekerroksen paksuus (mm)

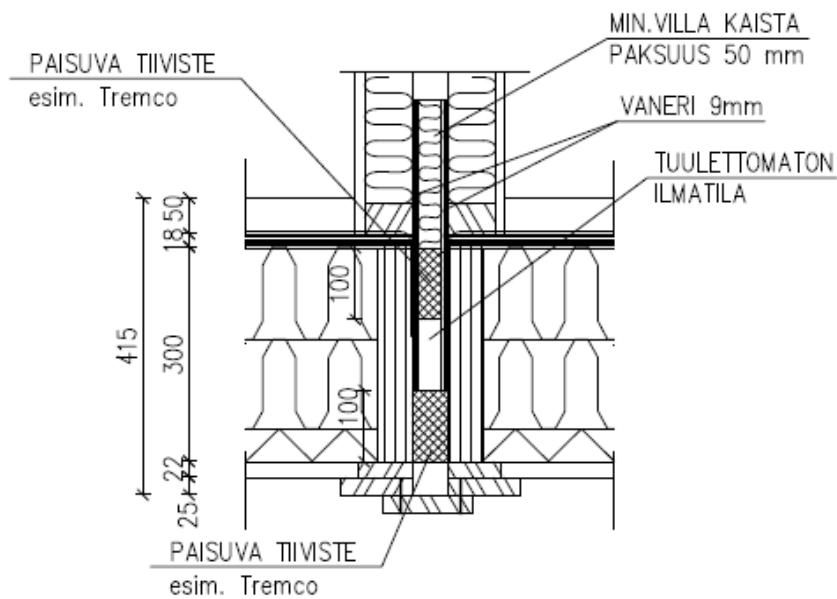
λ_{aj} on lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo, kuten normaalin lämmönjohtavuus.

6.2 Päiväkodin rakenteet ja niiden energiatehokkuus

Rakenteiden vaikutus energiatehokkuuteen näkyy pitkälti rakenteiden tiiviudessa ja materiaalivalinnoissa. Rakenteiden lämmöneristävyys sekä tiiviys vaikuttavat myös rakennuksen lämpöhallinnan mitoittamiseen ja ovat näin osana myös taloteknistä suunnittelua. Kankaanpään päiväkodin rakenteet eivät ole paksuudeltaan muuttuneet kovinkaan paljoa vaan energiatehokkaat ratkaisut on saatu aikaan paremmilla rakennusmateriaalivalinnoilla. Uutena on ainakin tilaelementtisaumojen tiivistäminen betonilattiasaumoissa, joka tapahtuu tässä kohteessa Tremcon tuotteella, joka on eleastinen laajeneva tiivistenauha. Seinissä on käytetty Tremcon laajenevaa polyuretaanivaahtoa. Kuvassa 9 on rakenneleikkaus tilaelementtien välisestä saumasta, jossa näkyy tiivistekaista ja uretaanivaahto.



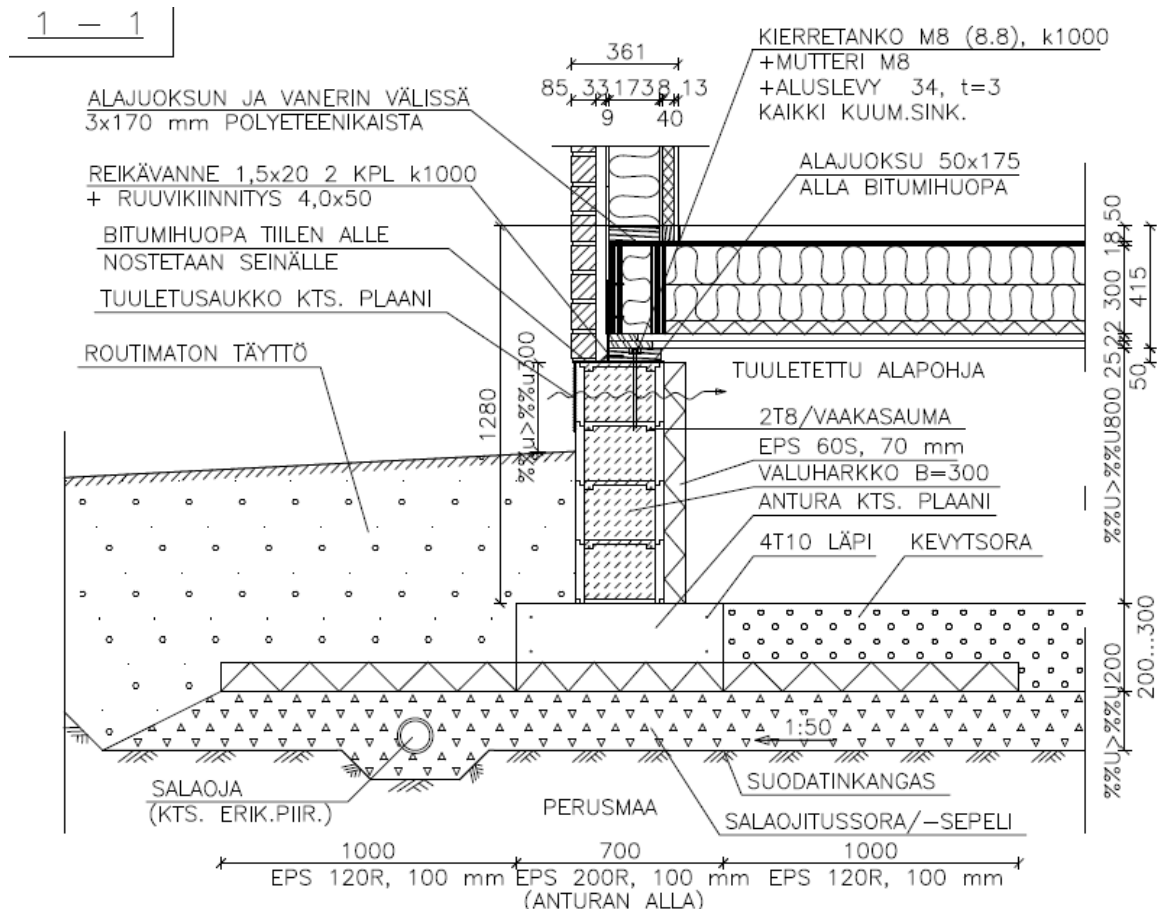
Kuva 9: Tilaelementtien välinen liitos Tremcon tuotteilla. (Emmi Alitalo)



Kuva 10: Tilaelementtien välinen liitos (Puukeskus)

6.2.1 Perustukset

Kankaanpään päiväkodin perustamistapa on matalaperustus, jossa perustukset ovat routarajan yläpuolella. Alapohjan alla on tuuletettu ryömintätila, jonka korkeus on yli 800mm. Pohjatutkimuksen perusteella pohjamaa on savea tai silttiä, jolloin maanhan on asennettu suodatinkangas. Suodatinkankaan päällä on noin 350..450mm tiivistettyä murskesoraa. Kallistukset ovat salaojiin 1:50. Perustusvaiheessa on tärkeää huomioida maalajien routivuus. Mikäli maaperä on hyvin hienojakoista ja kosteaa, maaperän lämmönjohtokyky paranee ja täten roudan on helpompi tunkeutua maahan. Kun kyseessä on lämmin rakennus, rakennuksesta johtuu lämpöä maahan siten, että routaa ei synny rakennuksen alle. Rakennus tulee varustaa riittävin routaeristein. Myös rakennuspohjan kunnollinen kuivatus on tärkeä osa rakentamista. Jotta perustukset toimisivat halutulla tavalla, tulee maaperän olla riittävän kuivaa. Kuivuutta edesauttavat kunnollinen salaojitus sekä maanpinnan kallistukset rakennuksesta poispäin. Pihasuunnittelun yhteydessä suunnitellaan esimerkiksi sadevesiviemärointi, josta ilmenee kallistukset, maanalaiset sadevesiviemärit sekä kaivot ja mahdolliset avo-ojat tontin lähetyvillä. (Siikanen 2009, 207-212.) Kuvassa 11 on päiväkodin perustukset.



Kuva 11: Päiväkodin perustukset (Puukeskus)

Energiatohokkaan rakentamiseen kuuluu myös maaperän radonin huomioonottaminen. Radonin suurin lähde on maaperän huokosilma. Radonia tulee myös talousvesistä, alapuolisista täyttökerroksista sekä rakennusmateriaaleista. Tosin nämä tekijät ovat hyvin pieniä Suomessa. Radonin poistamisen tavoitteena on, että estettäisiin radonin pääsy rakennuksen sisätiloihin. Tärkein radonin estämiseen liittyvä tavoite on rakenteiden tiivistäminen, joka on myös avainenergiatohokkuuteen. Tiivistämisen tarkoituksena on katkaista rakennuspohjan virtaukset huoneiden ilmaan. Energiatohokkuuteen liittyy tiiviisti puhdas sisäilmasto, jota pyritään muokkaamaan hyvällä ilmanvaihdolla. Radonin kannalta ilmanvaihdossa tulisi kiinnittää huomiota rakennuksen alipaineistukseen. Rakennuksen tiiviyys, sisä- ja ulkolämpötilojen ero sekä koneellisen ilmanvaihdon ilmavirtojen säätö vaikuttavat alipaineisuuteen. Perustusvaiheessa radonin pääsyä rakennuksessa ylöspäin voidaan vähentää esimerkiksi huolehtimalla alapohjan ryömintätilan tehokkaasta tuuletuksesta, huolehtimalla maaperän päälle tiivis kerros sekä pienentämällä maaperän paineen ja huoneilman alipaineen suhdetta.

Rakentamismääräyskokoelman osassa D2 ”Rakennuksen sisäilmasto ja ilmanvaihto” on annettu määräävät arvot radonpitoisuuksille: Radonin vuosikeskiarvo saa olla enintään 200Bq/m³. (Siikanen 2009, 205-217.)

6.2.2 Alapohja

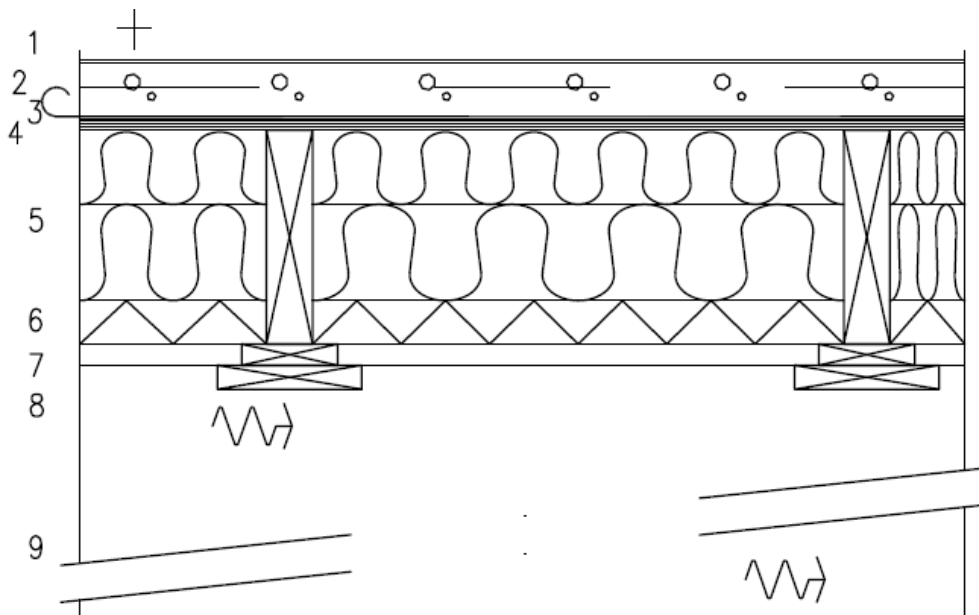
Alapohjassa tulee kiinnittää erityistä huomiota tuulensuojaan sekä ilmatiiveyteen. Alapohjan kautta rakenne on tekemisissä maan kosteuden ja ryömintätilan tuuletuksen kanssa. Tuulensuojan tulee olla hyvin tiivis. Niin sanotussa rossipohjassa alapohjan eristyksen muodostavat tuulensuojalevy sekä lämmöneriste. Sekä tuulensuojan että lämmöneristeen tulee täyttää koko sille varattu tila, jotta vältetään ilmavuodot. Lähes poikkeuksetta alapohjaan kohdistuu sisäpuolinen alipaine, ja tällöin ulkoilma yrittää tunkeutua rakenteen läpi sisätiloihin. Suurimpia ongelmia ryömintätilaan rajoittuvalle alapohjalle ovat esimerkiksi puutteellinen ryömintätilan tuuletus, tuulensuojan ja eristeen asentaminen virheellisesti, alapaarteen ja perustuksen välisen kosteussulun puuttuminen, alapohjan riittämätön jäykistäminen, läpivientien huono eristys ja tiivistäminen yms. (Siikanen 2009, 224-229.)

Kuvassa 12 tehdään päiväkodin alapohjaa.



Kuva 12: Alapohjan tekoa 2009 (Emmi Alitalo)

Alapohjan rakenne on seuraavan kuvan mukainen:



Kuva 13: Päiväkodin alapohjan rakenneleikkaus (Puukeskus)

Kankaanpään päiväkotiin tulee poikkeuksellisesti 50mm:n betonivalu pintaan, koska kohteeseen tulee vesikiertoinen lattialämmitys (2). Betonivalun alla on höyrünsulkuna käytetty PEL-kalvo, joka limitetään vähintään 200mm ja saumat teipataan tiiviisti kiinni (3). Jäykisteenä käytetään 18 mm:n OSB-levyä, joka liimataan ja ruuvataan primääripalkkeihin (4). Palkisto koostuu Kerto-T 45*300 K400 rungosta, jonka välit on vuorattu Isoverin KL35 125+125mm villalla (5). Villan alla on tuulensuojalevynä Isoverin RKL-A 60mm (6). Palkiston alle tulee tukilaudat 22*100 ja 25*150 (7,8).

Rakenteen U-arvoksi on saatu 0,14 W/m²K. Seuraavassa kohdassa lasketaan kyseisen rakenteen lämmönläpäisykerroin vastaavalle rakenteelle tarkistukseksi kaavoilla 1, 2, 3, 4 ja 5:

$$R_{si,se} = 0,13 + 0,04 = 0,17 \frac{m^2 K}{W}$$

$$R_{betoni} = \frac{0,050m}{2,0 \frac{W}{mK}} = 0,025 \frac{W}{m^2 K} \quad (3)$$

$$R_{OSB-levy} = \frac{0,018m}{0,138 \frac{W}{mK}} = 0,1304 \frac{W}{m^2 K} \quad (3)$$

$$R_{tuulensuoja} = \frac{0,045m}{0,031 \frac{W}{mK}} = 1,452 \frac{W}{m^2 K} \quad (3)$$

Lämmönvastukset on saatu Rakentamismääräyskokoelman osan C4 taulukoista. Rakenteessa otetaan huomioon kylmäsiltojen vaikutus, koska rakenteessa toistuu säännöllisesti kylmäsilta koko vaipan alueella, tässä tapauksessa runkopuut. (RakMK C4,5.) Runkopuiden vaikutus lasketaan käyttäen epätasa-aineisen lämmönläpäisykerroimen kaavoja 4 ja 5:

$$R_{aj, puu} = \frac{0,300m}{0,13 \frac{W}{mK}} = 2,308 \frac{W}{m^2 K} \quad (5)$$

$$R_{aj, min.villa} = \frac{0,255m}{0,033 \frac{W}{mK}} = 7,727 \frac{W}{m^2 K} \quad (5)$$

Kun lasketaan puun ja villan suhteellinen osuus käyttäen K400 jakoa, saadaan puun suhteelliseksi osuudeksi 10 % ja villan osuudeksi 90 %. Kun nämä arvot sijoitetaan kaavaan 4, saadaan laskettua rakennusosan kokonaislämmönvastus:

$$\frac{1}{R_j} = \frac{0,90}{7,727} + \frac{0,10}{2,308} = 0,1598 \quad (4)$$

$$R_j = \frac{1}{0,1598} = 6,258 \frac{W}{m^2 K}$$

Kokonaislämmönvastukseksi tulee lopulta $R_T + R_j = 1,647 + 6,258 = 7,905 \frac{W}{m^2 K}$,

jolloin lämmönläpäisykerroin saadaan kaavalla 1:

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{7,905} = 0,1265.. \approx 0,13 \frac{W}{m^2 K} \quad (1)$$

Lattian U-arvo täyttää siis vuoden 2010 vähimmäismääräystason $0,16 \frac{W}{m^2 K}$. Arvoksi saatiin hivenen parempi U-arvo, mutta todennäköisesti erotus johtuu niin sanotusta U-arvon korjauskertoimesta. Mikäli U-arvoa halutaan parantaa entisestään, vaihtoehtoina on paremman eristeen käyttäminen tai rakenteen paksuntaminen. Koska betonivalu on haluttu tähän kohteeseen vesikiertoisien lattialämmityksen vuoksi, sillä ei pystytä vaikuttamaan lämmönläpäisykertoimeen. Betonin vaikutus laskennallisesti oli melko pientä. Betonivalu hankaloittaa suunnittelua ainoastaan siten, että betonista aiheutuu elementtiin huomattavasti painon lisäystä, joka taas täytyy ottaa huomioon tilaelementtien siirtämisessä sekä kuljetusvaiheessa työmaalle.

Vaihtoehtoisesti alapohjaan on suunniteltu rakennetta, jossa alapohjaan tulisi betonivalun tilalle polyuretaanilevy (SPU) ja vanerilevy pintaan. Polyuretaanilla päästään huomattaviin muutoksiin rakenteessa. 40mm uretaanilevyä laskee lämmönläpäisykertoimen arvoon lähelle $0,11 \frac{W}{m^2 K}$, jolloin ollaan jo lähellä matalaenergiarakennuksen tasoa. Uretaanilevyn ongelmana alapohjissa on painuminen ajan saatossa. Tosin ominaisuuksiltaan sen pitäisi olla riittävän kestävä. Toisena vaihtoehtona on alapohjan paksuntaminen eli toisin sanoen eristekerroksen kasvattaminen. Mikäli rungosta tehtäisiin 360mm korkea ja villan määrää kasvatettaisiin samassa suhteessa eli villaa tulisi 125+125+70mm, U-arvoksi saataisiin myös parempi luku. Rakenteen paksuntaminen on silti hivenen kyseenalaista, koska ongelmaksi tulee kertopuukokojen loppuminen. Myös villan erikokoisten levyjen hankinta nostattaa kustannuksia, koska tähänkin esimerkkilaskelmaan tarvittiin 70mm Isoverin eriste, jota ei muualla tarvita. Lisäksi Suomen ilmasto tulee lämpenemään ilmastonmuutoksen takia jatkuvasti eikä Suomessa talvet ole tulevaisuudessa enää kovinkaan kylmiä. On mietittävä, kuinka paljon rakennetta on järkevä paksuntaa jos paksulle lämmöneristeelle ei ole varsinaista tarvetta lämmitysmielessä. Turhat eristeet kasvattavat rakennuskustannuksia huomattavasti. Yhtenä vaihtoehtona voisi olla myös puhallusvillan hyödyntäminen alapohjassa. Puhallusvillalla on hyvä lämmönjohtavuus ja se on kevyttä.

6.2.3 Ulkoseinä

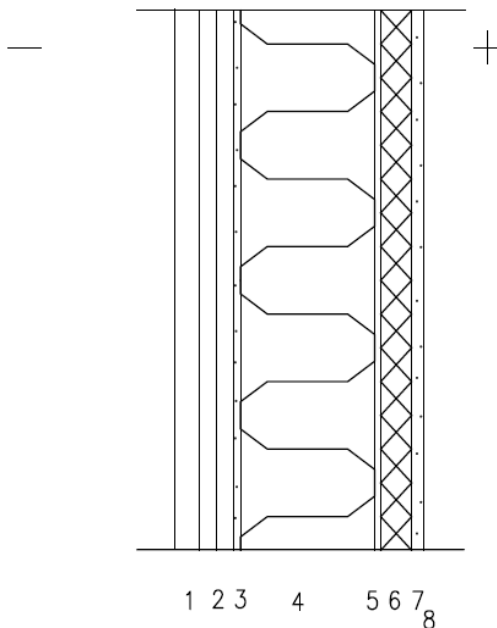
Tilaelementtirakentamisessa seinäelementit suunnitellaan viipalekohtaisesti ja seinistä laaditaan elementtikuvat. Seinän rankorakenteen ja tolppajaot määräävät pitkälti elementtien ikkuna- ja oviaukotukset. Ulkoseinän tärkeimpiä rakennekerroksia ovat höyrnsulku, lämmöneriste ja tuulensuoja sekä tuuletusväli. Suurimpia ongelmia puurakenteisissa seinissä ovat höyrnsulun läpi menevät läpiviennit, jotka aiheuttavat konvektiovirtausta, höyrnsulun väärä paikka rakenteessa, joka saa kosteuden tiivistymään lämpimällä puolella höyrnsulkua, eristeiden virheellinen asennus, puutteellinen tuuletus ulkoverhouksen takana sekä ikkuna- ja oviaukkojen tiivistykset. (Siikanen 2009, 260-265.)

Kuvassa 14 on päiväkodin seinäelementti.



Kuva 14: Ulkoseinän tekoa 2009 (Emmi Alitalo)

Päiväkodin ulkoseinärakenne on seuraavanlainen kun kyseessä on elementti puuverhouksella:



Kuva 15: Päiväkodin ulkoseinärakenne (Puukeskus)

Päiväkodin ulkoverhoukseksi tulee pääasiassa 28mm:n profiloitu ulkoverhouslauta (1). Tuuletettuun ilmarakoon tulee pysty- ja vaakalaudoitus 22*100 K600 (2). Tuulensuojalevyksi tulee Gyprocin 9mm:n tuulensuojalevy, jonka saumakohtat teipataan (3). Kantava runko on kooltaan 48*173mm ja rungon välit täytetään tiiviisti Isoverin lämmöneristeellä (4). Jäykisteeksi tulee 8mm OSB-levy (5). Uutena seiniin tulee polyuretaanieriste 40mm (6). Sisäpintaan tulee 13mm kipsilevy.

Ulkoseinärakenteen U-arvoksi on saatu $0,16 \frac{W}{m^2 K}$. Seuraavaksi on laskettu vastaavanlaisen rakenteen U-arvo:

$$R_{si,se} = 0,13 + 0,04 = 0,17 \frac{m^2 K}{W} \quad (3)$$

$$R_{kipsilevy} = \frac{0,009m}{0,300 \frac{W}{mK}} = 0,03 \frac{W}{m^2 K} \quad (3)$$

$$R_{OSB-levy} = \frac{0,008m}{0,13 \frac{W}{mK}} = 0,0615 \frac{W}{m^2 K} \quad (3)$$

$$R_{uretaanilevy} = \frac{0,040m}{0,024 \frac{W}{mK}} = 1,66666 \frac{W}{m^2 K} \quad (3)$$

$$R_{kipsilevy} = \frac{0,013m}{0,300 \frac{W}{mK}} = 0,04333 \frac{W}{m^2 K} \quad (3)$$

Lämmönvastukset on saatu Rakentamismääräyskokoelman osan C4 taulukoista. Rakenteessa otetaan huomioon kylmäsiltojen vaikutus, koska rakenteessa toistuu säännöllisesti kylmäsilta koko vaipan alueella, tässä tapauksessa runkopuut. (RakMK C4 2003, 5.) Runkopuiden vaikutus lasketaan käyttäen epätasa-aineisen lämmönläpäisykertoimen kaavoja 4 ja 5:

$$R_{aj, puu} = \frac{0,173m}{0,13 \frac{W}{mK}} = 1,3307 \frac{W}{m^2 K} \quad (5)$$

$$R_{bj, min.villa} = \frac{0,173m}{0,033 \frac{W}{mK}} = 5,2424 \frac{W}{m^2 K} \quad (5)$$

Kun lasketaan puun ja villan suhteellinen osuus käyttäen K600 jakoa, saadaan puun suhteelliseksi osuudeksi 8 % ja villan osuudeksi 92 %. Kun nämä arvot sijoitetaan kaavaan 4, saadaan laskettua rakennusosan kokonaislämmönvastus:

$$\frac{1}{R_j} = \frac{0,92}{5,2424} + \frac{0,08}{1,3307} = 0,2356 \quad (4)$$

$$R_j = \frac{1}{0,2356} = 4,244 \frac{W}{m^2 K}$$

Kokonaislämmönvastukseksi tulee lopulta $R_T + R_j = 1,971 + 4,244 = 6,215 \frac{W}{m^2 K}$, jolloin lämmönläpäisykerroin saadaan kaavalla 1:

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{6,215} = 0,1608.. \approx 0,16 \frac{W}{m^2 K} \quad (1)$$

Sain lämmönläpäisykerroimeksi saman arvon, joten U-arvo pitää paikkansa. Ulkoseinässä on uutena ominaisuutena polyuretaanilevy, joka parantaa U-arvoa. Ilman uretaanilevyä rakenteen U-arvo olisi noin $0,24 \frac{W}{m^2 K}$. U-arvoa voidaan parantaa samalla tavalla kuin alapohjassa eli joko paksuntamalla rakennetta entisestään tai sitten kehittämällä lisää polyuretaanin tai muiden lämmönjohtavuudeltaan hyvien materiaalien käyttöä seinässä. Polyuretaanilla on matala lämmönjohtavuusarvo, $0,024 \frac{W}{mK}$, joka parantaa rakenteen lämmönläpäisykerrointa. Jos polyuretaania lisätään 1cm kerros, U-arvo paranee heti 0,16:sta arvoon 0,15.

6.2.4 Yläpohja

Yläpohjarakenne on tärkeä osa energiatehokasta kokonaisuutta. Yläpohjalla tulee olla kantavuutta, tiiviyttä ja lämmöneristävyyttä. Yläpohjan rakenteelliset tärkeimmät osat ovat höyrynsulku, lämmöneristeet, kattoristikot, tuuletustila sekä kate. Yläpohjassa parhaita eristeitä ovat puhallettavat puukuitueristeet ja mineraalivillat. Yläpohjissa noudatetaan tarkasti palomääräyksiä ja – osastointia, joten villan laadullakin on väliä. Puhallusvilla on hyvä eriste yläpohjaan, koska se tasoittuu tiiviisti koko yläpohjaan täyttäen hankalimmatkin kolot. Lisäksi puhallusvillalla on hyvä kosteuskapasiteetti eli se luovuttaa ja imee kosteutta tarvittaessa. Tällöin esimerkiksi homeriski aluskatteessa pienenee kun ilmatilan kosteus pienenee. (Siikanen 2009, 246-256.)

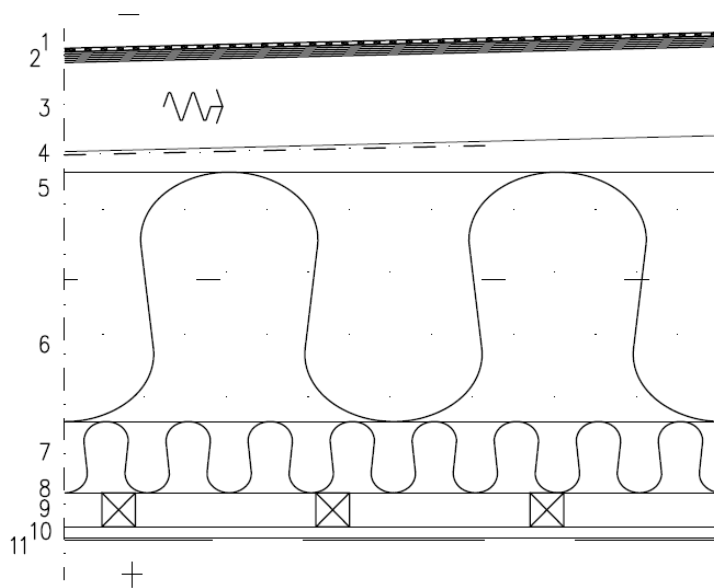
Kuvassa 16 on keskeneräinen vesikatto.



Kuva 16: Vesikaton tekoa 2009 (Emmi Alitalo)

Yläpohjaan ei tarvita varsinaista tuulensuojaa, koska käytetään ilmanohjauspahveja reunoissa. Myös yläpohjan riittävä tuuletus on tärkeää. Jotta ilma kiertäisi tuuletustilassa, yläpohja tulee aina varustaa ilman tulo- ja menoaukoilla. Liian isot tuuletusaukot taas lisäävät tuhoeläinten riskiä, joten aukot kannattaa varustaa esimerkiksi hyönteisverkoilla. Yleisimpiä virheitä yläpohjassa ovat huonosti asennettu höyrynsulku, epätiivis lämmöneriste, virheellinen aluskate, ilmanohjauspahvien puuttuminen sekä läpivientien kohdalla tapahtunut kosteuden tiivistyminen. (Siikanen 2009, 246-256.)

Yläpohjan rakenne on seuraavanlainen:



Kuva 17: Päiväkodin yläpohjan rakenneleikkaus (Puukeskus)

Vesikaton pintamateriaalina on kumibitumikermi (1). Bitumikermin alla on 15 mm Wisa Kate -levyt, jotka ovat homesuojattu ja pontattu (2). Yläpohjassa käytetään valmiita NR-ristikoita K900 jaolla (3). Kohdassa (4) kuvataan tuulenohjainpahvia. Kohdassa (5) on tuuletettu ilmatila. Yläpohjaan tulee 500mm Isoverin puhallusvillaa (6) sekä Isoverin 100mm lämmöneristelevy (7). Lämmöneristeiden alla on höyrynsulku eli PEL- kalvo, jonka reunat limitetään vähintään 200mm ja teipataan huolellisesti (8). Alakaton koolaukset tulevat K300 jaolla 48*48 puista (9) ja koolauksiin kiinnitetään 13mm kipsilevy. Puhallusvillan paksuudessa ei ole huomioitu painumavaraa eli se pitää huomioida erikseen puhallettaessa. Tiettyihin kattoihin tulee myös kattoluukut ullakolle. Yläpohjan palonkestoluokka on P3.

Yläpohjarakenteen U-arvoksi on saatu $0,082 \frac{W}{m^2 K}$. Seuraavaksi on laskettu vastaavanlaisen rakenteen U-arvo:

$$R_{si,se} = 0,13 + 0,04 = 0,17 \frac{m^2 K}{W} \quad (3)$$

$$R_{puh.villa} = \frac{0,500m}{0,045 \frac{W}{mK}} = 11,111 \frac{W}{m^2 K} \quad (3)$$

Lämmönvastukset on saatu Rakentamismääräyskokoelman osan C4 taulukoista. Rakenteessa otetaan huomioon kylmäsiltojen vaikutus, koska rakenteessa toistuu säännöllisesti kylmäsilta koko vaipan alueella, tässä tapauksessa runkopuut. (RakMK C4 2003, 5). Runkopuiden vaikutus lasketaan käyttäen epätasa-aineisen lämmönläpäisykerroimen kaavoja 4 ja 5:

$$R_{aj,puu} = \frac{0,100m}{0,13 \frac{W}{mK}} = 0,769 \frac{W}{m^2 K} \quad (5)$$

$$R_{bj,min.villa} = \frac{0,100m}{0,035 \frac{W}{mK}} = 2,857 \frac{W}{m^2 K}$$

Kun lasketaan puun ja villan suhteellinen osuus käyttäen K900 jakoa, saadaan puun suhteelliseksi osuudeksi 5 % ja villan osuudeksi 95 %. Kun nämä arvot sijoitetaan kaavaan 4, saadaan laskettua rakennusosan kokonaislämmönvastus:

$$\frac{1}{R_j} = \frac{0,95}{2,857} + \frac{0,05}{0,769} = 0,3975 \quad (4)$$

$$R_j = \frac{1}{0,3975} = 2,516 \frac{W}{m^2 K}$$

Kokonaislämmönvastukseksi tulee lopulta $R_T + R_j = 11,281 + 2,516 = 13,797 \frac{W}{m^2 K}$, jolloin lämmönläpäisykerroin saadaan kaavalla 1:

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{13,797} = 0,0724.. \approx 0,07 \frac{W}{m^2 K} \quad (1)$$

Oma laskelmani eroaa hivenen saadusta arvosta, mutta uskon sen johtuvan puun suhteellisesta määrästä sekä siitä, että oikeat U-arvot on laskettu tietokoneohjelmalla. Yläpohjan etuna on se, että puhallusvilla on lämmönjohtavuudeltaan niin hyvää tavaraa ja sillä on paras λ -arvo. Puhallusvillan käytössä on se ongelma, että se luokitellaan ilmapoksi tuotteeksi, jolloin sillä on U-arvo laskelmissa automaattisesti alennuskerroin, joka on 0,01 Myös tämä kerroin on saattanut vaikuttaa tulokseeni. Yläpohjan U-arvoa voidaan parantaa lisäämällä puhallusvillaa esimerkiksi 100mm. Voidaan myös harkita, voisiko yläpohjassa hyödyntää polyuretaania eristeenä.

Yläpohjassa lämmönläpäisykerrointa pystytään tulevaisuudessa laskemaan vielä entisestään, jotta alapohjan ja ulkoseinän U-arvo voitaisiin antaa olla mahdollisimman samana.

6.2.5 Ikkunat

Ikkunoilla on suuri osuus vaipan energiatehokkuuteen, koska ne eristävät huonoiten lämpöä. Ikkunoiden suunnittelussa tulisi aina huomioida ikkunoiden koot, energiatehokkuusluokat sekä ikkunoiden ilmansuunta. Pääsääntönä on, että rakennuksissa pitäisi välttää hyvin suuria ikkunapintoja ja ikkunat olisi hyvä suunnata etelään, jolloin auringon valoa voidaan käyttää parhaiten hyödyksi. Ikkunoiden pinta-alan olisi hyvä olla noin 12–20% asuinpinta-alasta. Vaikka ikkunat eristävät lämpöä huonosti, on niillä myös erinomainen kyky ottaa vastaan auringon säteilyä, joka taas auttaa vähentämään esimerkiksi lämmitykseen käytettyä energiaa. Myös ikkunoiden U-arvot kiristyivät uusien energiamääräysten myötä. Tällä hetkellä energiatehokkaan ikkunan U-arvo saa olla enintään 1,0 W/m²K. (Motiva 2009b.) Ikkunoiden U-arvoa pystytään kiristämään vielä jonkin verran, mutta jos tavoitellaan alle 0,7 W/m²K arvoa, ongelmaksi saattaa muodostua kosteuden kondensoituminen. Lasi voi tulla myös hauraammaksi ja sen rikkuminen on helpompaa pienellä U-arvolla. (prkklehti 2010, 7.)

Myös ikkunoiden eristävyyttä kuvataan lämmönläpäisykerroimella (W/m²K). U-arvo voidaan määrittää joko ikkunan valoaukolle, ikkunan kehälle tai voidaan määrittää ikkunan keskimääräinen lämmönläpäisykerroin. Mitä pienempi ikkunan U-arvo on, sitä paremmin se eristää lämpöä. Ikkunoiden energiatehokkuutta laskettaessa huomioon otetaan myös niin sanottu g-arvo eli auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin. G-arvon tarkoituksena on selvittää kuinka paljon ikkuna pystyy hyödyntämään auringosta tulevaa säteilyenergiaa. Aikaisemmin on useaan otteeseen sivuttu, miten rakenteen lämmöneristys ja ilmatiiveys ovat merkittäviä energiatehokkuuteen vaikuttavia asioita, joten on luonnollista että juuri ikkunarakenne on merkittävässä osassa kun puhutaan ilmatiiveydestä. Mikäli ikkuna ei ole ilmatiivis, se lisää vuotoilmanvaihtoa ja tästä taas aiheutuu edelleen lämpöhäviötä. Tiiveyteen vaikuttavat esimerkiksi ikkunoiden tiivisteet sekä ikkunan osien liitokset. Myös lasien selektiivipinnoitteilla sekä eristyslasien täytekaasuilla on vaikutusta: mikäli lasien välinen lämpösäteily pienenee ja eristyslasien välitilassa on

hidasliikkeisempää kaasua kuin ilma, ikkunan lämmöneristävyys on parempi. (Motiva 2009b; Fenestra 2009.)

Vuonna 2006 tuli voimaan vapaaehtoinen ikkunoiden energialuokitus, jossa ikkunat saavat saman energialuokitusasteikon A-G kuin energiatodistuksessa sekä kodinkoneissa. Ikkunan energialuokituksessa määrätään vertailuarvo E, joka muodostuu lasketun U-arvo, g-arvon sekä ilmatiiveyden mukaan. Vertailuarvon E yksikkö on kWh/m²,a. Vertailuarvo kertoo, kuinka monta kilowattituntia ikkunaneliömetri kuluttaa vuodessa energiaa.

Kankaanpään päiväkotiin ikkunat toimittaa Karvia Ikkunat.

7 Talotekniikka

Uudisrakennuksen kustannuksista jopa 25 % muodostuu talotekniikasta. Talotekniikalla tarkoitetaan lähinnä rakennuksen teknisiä laitteita, järjestelmiä sekä palveluita. Talotekniikalla vaikutetaan pitkälti käyttäjän viihtyvyyteen sekä taataan käyttäjälle hallitut ja viihtyisät ilmasto-olosuhteet. Hallitut olosuhteet syntyvät lämmön, veden sekä viemäröinnin, ilmanvaihdon, sähkön ja rakennusautomaation yhteistoiminnasta. Energiatohokkuuden kannalta talotekniikan osuus energiankulutuksessa on hyvin suuri. Energiatohokkailla laitevalinnoilla pystytään vaikuttamaan paljon rakennuksen energiankulutukseen. Suunnitteluvaiheessa talotekniikan osuus on myös tärkeä, koska talotekniset järjestelmät vievät tilaa ja niille tulee jättää riittävät tilavaraukset. Talotekniikan järjestelmiä ei voi myöskään sijoittaa aivan mihin tahansa, koska laitteista aiheutuu aina melua, joka ei saa häiritä arkista elämää. Kankaanpään päiväkodissa talotekniset järjestelmät ovat märkäeteisten yhteydessä, jolloin ne eivät ole suorassa yhteydessä oleskelu- ja lepohuoneisiin.

7.1 Päiväkodin energiatodistus

Olen työssäni pyrkinyt tutkimaan mahdollisimman kattavasti Kankaanpään päiväkodin energiatodistusta ja miettimään vaihtoehtoja, millä ET-luvun saisi paremmaksi ja täten koko päiväkodin energiatodistuksen parempaan luokkaan. Päiväkoti on nykyisen todistuksen mukaan vahvaa C-luokkaa, joka on kohtuullinen arvosana kyseiselle rakennukselle. Kummastusta herättää lähinnä se, että kun päiväkodin tiedoilla on laskettu rakennuksen lämmitysteho sekä rakennuksen lämpöhäviöiden tase, suunnitteluratkaisu täyttää puhtaasti lämpöhäviövaatimukset ja vastaa selkeästi matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötasoa, mutta silti rakennus on vain C-luokkaa. Kyseisen päiväkodin energiatodistus tahdottaisiin luokkaan A tai B eli olen hakenut syitä ja mahdollisia ideoita, millä luokka paranisi.

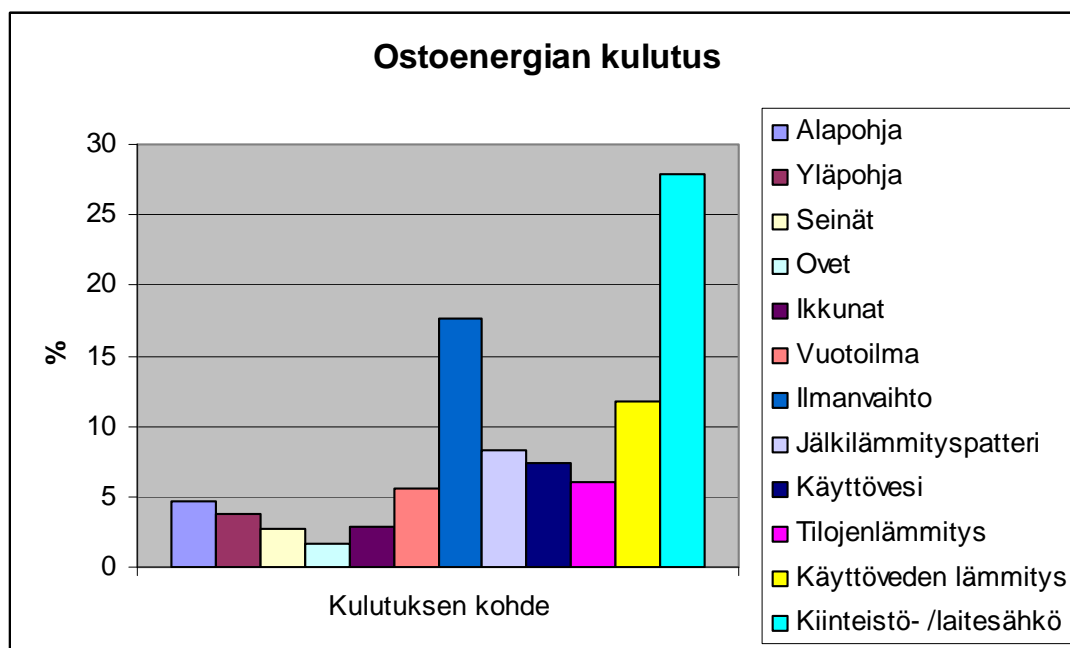
Seuraavassa on taulukoitu ostoenergian kulutuksen lukemat energiatodistuksen yhteenvedosta ja laskettu niille prosentuaaliset osuudet:

Taulukko 2: Ostoenergian kulutus päiväkodissa (Emmi Alitalo)

Nimike	kWh	%
Alapohja	13476	4,6
Yläpohja	10829	3,7
Seinät	8018	2,7
Ovet	4535	1,6
Ikkunat	8443	2,9
Vuotoilma	16388	5,6
Ilmanvaihto	51291	17,6
Jälkilämmityspatteri	24300	8,3
Käyttövesi	21842	7,4
Tilojenlämmitys	17466	6
Käyttöveden lämmitys	34052	11,7
Kiinteistö-/laitesähkö	81400	27,9
Yhteensä	292040	100

Taulukon perusteella olen tehnyt janadiagrammin, josta näkee kunkin osa-alueen suhteellisen kulutuksen:

Taulukko 3: Ostoenergian yhteenveto (Emmi Alitalo 2010)



Taulukon mukaan vähiten kuluttavat rakenteet eli ovet, ikkunat, seinät, yläpohjat ja alapohjat. Taulukkoa tulkitsemalla näkee, että päiväkodin rakenteet ovat energiatehokkaita ja niiden lämpöhäviö on loppujen lopuksi aika pieniä verrattuna isompiin kuluttajiin. Energiatodistuksen luokkaan ei siis pystytä enää oikein vaikuttamaan rakenteiden U-arvoa parantamalla, koska ne ovat jo hyviä ja tiiviitä. Vuotoilman kuluttama energiamäärä on myös yllättävän pieni vaikka kyseessä on

kuitenkin tilaelementtikohde, jossa luulisi olevan tiiveysongelmia esimerkiksi saumakohdissa. Selkeästi eniten ostoenergiaa kuluttavat kiinteistö- ja laitesähkö sekä ilmanvaihto eli kulutuksen mukaan ne ovat heikoimpia osia kohteessa. Ilmanvaihtohan on tällaisessa kohteessa merkittävässä asemassa kun kerran puhutaan energiatehokkaista ratkaisuista. Tutkittuani kohteen ilmanvaihdon kulutusta ja laitetietoja totesin kuitenkin, että ilmanvaihto on erittäin hyvin suunniteltu ja energiatehokkaasti toteutettu, koska esimerkiksi kohteessa on joka osastossa oma ilmanvaihtokone ja koneita on tällöin yhteensä seitsemän. Kaikki koneet ovat varustettu lämmöntalteenotolla, jossa on hyvä vuosihyötysuhde. Ilmanvaihdon osuutta voisi tietenkin parantaa esimerkiksi ilmanvaihtokoneen käyntiaikoja tutkimalla eli jos päiväkodissa on lapsia kahdeksan tuntia päivässä viitenä päivänä viikossa, voisi muina aikoina ajatella, että rakennusautomaatiolla säädettäisiin laitteiden toimintaa pienemmälle. Tässä tulee taas vastaan se ongelma, että energiatodistusta laadittaessa laskentatapa ei ole kovin edullinen päiväkotia ajatellen, koska käyttöasteen vaikutus ET-lukuun on huomioitu välttävästi. Yhteenvetona voisi sanoa, että tämä päiväkoti on rakenteiden, ilmanvaihdon ja vuotoilman perusteella hyvää matalaenergiatasoa.

Kiinteistö- ja laitesähkön osuus on melko suuri yksittäinen kuluttaja tässä kohteessa. Kiinteistösähkön kulutus on vuodessa siis 81 400 kWh ja lämmitysenergian kulutus käyttäen säävyöhykettä 3 (Jyväskylä-Luonetjärvi) on yhteensä 88 943 kWh vuodessa. Suhteessa kiinteistösähkön osuus on melko suuri, koska se on lähellä koko rakennuksen energiankulutuksen arvoa. Sähkönkulutuksen määräksi tulee vuositasolla noin 100 kWh neliötä kohden, joka on paljon. Normaalisti hyvä arvo vuodessa neliölle olisi noin 20–30 kWh. 81 400 kWh on laskennallinen kulutus, joten melko varmasti todellinen kulutus tulee laskemaan vuodessa noin 18-60 kWh/m², joka on normaali, todellinen arvo Casatinon aiemmissa kohteissa. Esimerkkinä voisi verrata Kärjenniemen päiväkodin kulutusta, jolla oli myös suurempi laskennallinen kulutus rakennusvaiheessa. Todellinen mitattu sähkönkulutus oli lopulta 31 937 kWh. Kärjenniemen päiväkoti oli energiatodistuksessa A-luokan päiväkoti. Täytyy siis muistaa, että laskennallinen kulutus poikkeaa aina lopullisesta mitatusta kulutuksesta. Jostain syystä laite- ja kiinteistösähkön suuri osuus rankaisee aika paljon ET-luvun arvoa. Tämä johtuu suureksi osaksi siitä, että ET-lukua laskettaessa sähkön kulutus lasketaan bruttopinta-alakohtaisesti, joka taas suosii suuria kohteita, koska laskut lasketaan vakiokertoimilla sekä isoille että pienille kohteille. Tämä taas

on ristiriidassa energiatehokkaan ajatuksen kanssa, koska energiankulutuksen kannalta taas pyritään arkkitehtonisesti mahdollisimman pieniin tiloihin, jossa turhat ns. hukkaneliöt on poistettu.

Mitkä nyt sitten olisivat mahdollisia keinoja parantaa ET-lukua ja täten saada päiväkotit parempaan luokkaan? Yksi vaihtoehto olisi mitata kohteen valmistuttua uudelleen ilmanvuotoluku, koska tällä hetkellä laskelmissa käytetään vakioarvoa 4. Uusien määräyksien myötä ilmanvuotoluvun tulisi olla 2 tai alle, jotta saavutettaisiin hyvä matalaenergiataso. Laite- ja kiinteistösähkön osuutta pitäisi pyrkiä pienentämään esimerkiksi siten, että luovuttaisiin bruttopinta-alaisesta laskutavasta ja hankittaisiin laitteiden kulutuksesta parempaa tietoa suunnittelun yhteydessä. Toki tässä tulee ongelmaksi se, että laitesähkön kulutusta on vaikea arvioida etukäteen. Sähkön kulutuksesta suuri osuus koostuu ilmanvaihtokoneista ja niiden suuresta määrästä, joita taas tarvitaan energiatehokkaan lopputuloksen saamiseksi. Sähkönkulutuksen pienentäminen onnistuu todennäköisesti ilmanvaihdon puolittamisella eli ilmanvaihtokoneiden pyörimisnopeus on noin 40-50 %, jolloin sähkönkulutus tippuu samassa suhteessa neljännekseen. Näillä keinoilla energiatodistuksen luokka nousisi vähintään B-luokkaan. Kulutukseen vaikuttaa myös valaistus, jota tällaisessa kohteessa on paljon. Valaistusta on sitäkin jo pyritty alentamaan liiketunnistimilla ja vakiovaloantureilla. Loppujen lopuksi käyttöelektrisyys ei ole niin huono vaikka sen osuus suuri onkin. Yksi keino olisi parantaa LTO:n vuosihyötysuhdetta mahdollisimman hyväksi, mutta sekin tässä kohteessa on jo hyvä. Myös käyttäjällä on suuri vaikutus energiankulutukseen eli olisi hyvä jos energiatodistus laadittaisiin vasta kun käyttö on saatu ohjeistettua ja kulutus on asettunut normaaliksi.

Energiatodistuksen ET-lukuun ei tässä tapauksessa pystytä vaikuttamaan oikein mitenkään itse rakenteilla, joten Casatinon työssä ei ole parantamisen varaa todistuksen kannalta. Tällöin todistusta laadittaessa ei saisi huomioida vain ET-lukua, koska se ei kerro koko totuutta energiatehokkuudesta tällaisissa päiväkotihankkeissa. Kun verrataan normaaliin omakotitaloon, jossa rakenteet eivät täytä matalaenergiavaatimuksia, talo saattaa siitä huolimatta olla A- ja B-luokkaa. Tämä johtuu juuri siitä, että energiatodistus ei ota huomioon esimerkiksi päiväkodin käyttöastetta riittävästi, laskentaohjelmalla vakioarvo-oletukset lasketaan samoilla arvoilla pientaloille ja päiväkodeille ja samaten sähkönkulutus on paljon helpompi

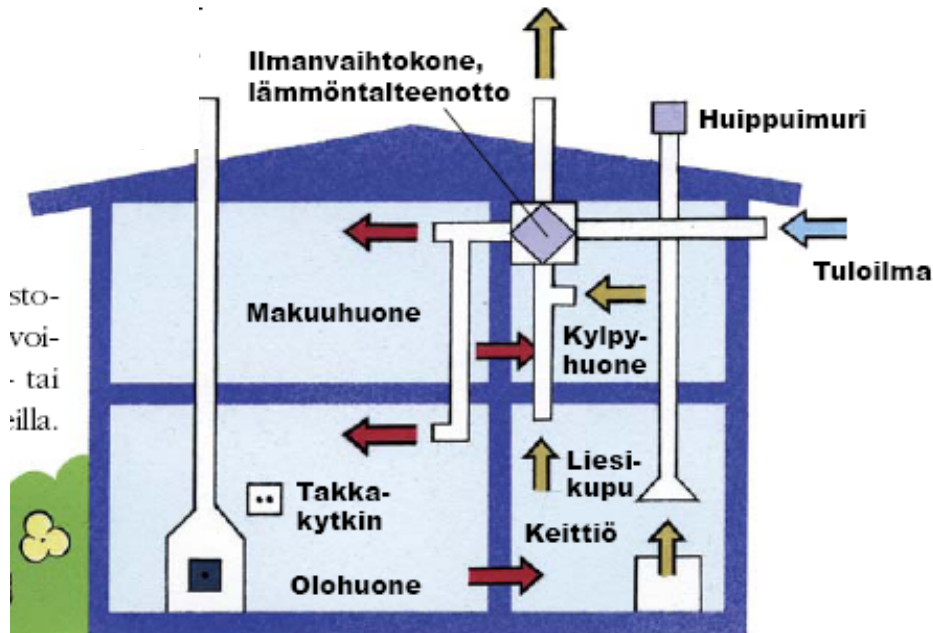
määrittää pienelle omakotitalolle saati sitten isolle palvelurakennukselle, jossa koneita ja laitteita on paljon.

7.2 Ilmanvaihto ja rakennusautomaatio

Tehokas ilmanvaihto on energiatehokkaan rakennuksen peruslähtökohta. Pääajatuksena on, että ilmanvaihtojärjestelmä siirtää huoneilman epäpuhtaudet ulos ja tuo tilalle puhdasta korvausilmaa. Puhdasta ilmaa tuodaan pääsääntöisesti makuu- ja oleskeluhuoneisiin ja käytettyä ilmaa poistetaan keittiöstä, pesuhuoneesta sekä WC:stä, missä epäpuhtauksia syntyy eniten. Tämä perustuu pääasiassa paine-eroihin, jossa ilma kulkee suuremmasta paineesta pienempään paineeseen. Toimivan ilmanvaihdon tärkein ominaisuus on säädeltävyys. Ilmanvaihtolaitteiston tulee olla käytössä koko ajan, mutta sellaisina aikoina kun rakennusta ei käytetä, laitteiston tulisi toimia vähintään minimiteholla. Ilman pitäisi päästä vaihtumaan tiloissa noin kerran kahdessa tunnissa. Jotta ilmanvaihto olisi rakennuksen tarpeille riittävä, tulee ilmanvaihdosta tehdä mittauksia määräjain ja säätää järjestelmää tarpeen mukaan. Myös ilmanvaihtokoneistoa pitää huoltaa. Ilmanvaihtokoneen suodattimet pitää puhdistaa sopivin väliajoin ja tarkastaa, että laitteiston putket ovat asianmukaisesti eristetty, jotta kosteus ei pääse tiivistymään ilmanvaihtoputkien pintaan. Kosteus ilmanvaihtoputkissa antaa hyvä kasvualustan haitallisille mikrobeille, jotka huonontavat tuloilmaa. (Hengityслиitto 2009, 2-5.)

Paras tapa saavuttaa toimiva ilmanvaihto on hankkia rakennukseen koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Pääajatuksena on, että jo käytetty huoneilma johdetaan rakennuksesta ulos ja tilalle puhalletaan mahdollisimman puhdasta ja raikasta ilmaa. Toimiva ilmanvaihtolaitteisto on varustettu lämmöntalteenottolaitteella (LTO). LTO:n tarkoituksena on lämmittää ulkoa tuleva raitis ilma sopivan huonelämpötilan lämpöiseksi. Lämmitys tapahtuu poistuvan ilman avulla. Ennen kuin raikas ilma ulkoa pääsee sisään, se kulkee ilmansuodattimen läpi. Lämmöntalteenotolla varustettu tulo- ja poistoilmanvaihtolaitteisto on hyvin energiaa säästävä, koska se siirtää jopa 50–80 % lämpöä käytetystä ilmasta puhtaaseen ilmaan. Talvella lämmöntalteenoton lämpö ei välttämättä riitä, joten tuloilmaa pitää lämmittää noin +17 asteeseen. Tehokkaalle ilmanvaihdolle on myös annettu enimmäisarvoja. Jotta rakennus olisi energiatehokas, sen pienin ulkoilmavirta talvella saisi olla 0,35 dm³/s/m², suurin ulkoilmavirta kesällä 1,5 dm³/s/m², ilmanvaihtokanaviston tiiveysluokka D, lämmöntalteenoton hyötysuhde yli 65 %, ilmanvaihtolaitteiden

sähkönkulutus alle 2,0 kW/(m³,s) ja ilmanvaihdon ohjaus pitää olla tarpeenmukaisesti ohjattavissa. (Motiva 2008, 15-17, 26.) Seuraavassa on kuva koneellisen tulo- ja poistoilman periaatteesta:



Kuva 18: Koneellinen poisto- ja tuloilman periaate (Hengitysliitto)

Hyvään ilmanvaihtoon liittyy aina myös hyvä sisäilmasto. Rakentamismääräyskokoelman D2-osassa on kerrottu sisäilmastoon vaikuttavista tekijöistä. Sisäilmaston yhteydessä puhutaan useasti lämpöoloista, ilmanlaadusta sekä ääni- ja valaistusominaisuuksista. Myös ulkoilman laatu, rakennuksen sijaintipaikka, maaperä, rakennusmateriaalit sekä ilmanvaihtoratkaisut vaikuttavat. Lämpöolot pitäisi pysyä niille annetuissa arvoissa eli suunnitteluarvona käytetään 21 astetta oleskelutiloissa. Lämpöoloihin vaikuttaa myös ns. vedon tunne, joka aiheutuu rakenteiden puutteellisesta tiiviydestä. Rakennus tulee suunnitella niin, että ilman kulku sekä pintalämpötilat pysyvät sallituissa arvoissa. Tästä syystä esimerkiksi päiväkodissa käytetään lattialämmitystä. Ilmanlaatu pitää olla hyvä ja rakentamismääräyskokoelmassa on annettu tiettyjen haitallisten aineiden enimmäispitoisuudet. Taulukossa on esimerkiksi maininta radonin sallitusta määrästä. Myös rakennuksen ilmankosteus vaikuttaa sisäilman laatuun. Hyvä sisäilman kosteus on noin 30-40 %. Talvikaudella arvo saattaa laskea jopa 20 %, jolloin sisäilma alkaa olla liian kuiva. Ääniominaisuuksissa on tärkeää ottaa huomioon LVIS-laitteiden äänitehotasot ja samaten rakenteiden ääneneristävyyt. Valaistuksesta on määrätty, että riittävä valo pitää aikaansaada ilman turhaa energian

kulutusta. Tätä varten käytetään pitkälti rakennusautomaatiota, jonka avulla mahdollistetaan esimerkiksi liikkeentunnistimella toimivat valot. (RakMK D2 2010, 6-8; Siikanen 1996, 171-180.) Hyvä sisäilmasto on jaettu kolmeen erilaiseen tavoitetasoon S1, S2 ja S3. Energiatehokkaan talon tavoitetaso on vähintään S2- taso, joka on hyvä sisäilmasto. Lisäksi pintamateriaalien päästoluokka tulee olla parasta M1- tasoa. (Sisäilmayhdistys 2008, 2-3.)

Kankaanpään päiväkodin ilmanvaihtojärjestelmä on siis koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, joka on varustettu lämmöntalteenotolla, jonka vuosihyötysuhde on 74 %. Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on hyvä, joten siinä ei ole parannettavaa. Erikoisuutena tässä kohteessa on lämmöntalteenotto, joka on toteutettu ns. vastavirtakennolla. Juuri vastavirtakenno takaa lämmöntalteenotolle hyvän hyötysuhteen. Lämmöntalteenottokennon lämpötilahyötysuhde on kaikilla koneilla noin 88 %. Vastavirtakennon etuna on se, että ilmat eivät sekoitu kulkiessaan kennon läpi, jolloin niin sanottu likainen ilma WC-tiloista voidaan ohjata myös samaa kautta ulos. Normaaleissa kohteissa on käytetty pyörivää kennoa, jossa ilmat sekoittuvat ja likainen ilma ohjataan eri reittiä ulos. Kohteessa on myös panostettu ilmanvaihdon tarpeenmukaiseen ohjaukseen esimerkiksi ilmavirtasäätimillä. Lepohuoneissa on ns. hiilidioksidianturit, jotka säätelevät ilmanvaihtoa huoneilman hiilidioksidipitoisuuden mukaan. Näin kohteessa taataan mahdollisimman viihtyisä sisäilmasto. Päiväkodissa on huoneistokohtainen säätöjärjestelmä, jolla pystytään säätämään esimerkiksi vedenkulutusta ja ilmanvaihtoa. Päiväkodissa on seitsemän ilmanvaihtokonetta, jotka on sijoitettu siten, että kaikilla on oma toiminta-alueensa. Tämä helpottaa laitteistokohtaista säätöä. Keittiön ilmanvaihto on varustettu tuloilmakoneella ja huippuimurilla. Huippuimuri on varustettu liuos-lämmöntalteenotolla.

7.3 Lämmitystarve

Lämmitystarve riippuu pitkälti rakenteista ja ilmanvaihdosta. Kun tutkitaan rakennuksen energiankulutusta, täytyy ensin tietää, paljonko rakennuksen eri osat vaikuttavat kulutukseen. Lämmitystarve määräytyy sen mukaan kuinka paljon energiaa menee rakenteiden ja ilmanvaihdon mukana hukkaan ja taas toisaalta kuinka paljon ilmaista energiaa saadaan esimerkiksi käyttäjien sekä sähkölaitteiden tuottamana ilmaisenergiana. Lämmitystarpeen laskennassa tarvitaan lähtötietoina ainakin rakennusosien pinta-alat, rakennusosien lämmönläpäisykertoimet, rakennuksen ilmatilavuus, ilmanvaihdon ilmavirrat, ilmanvaihtojärjestelmän käyntiajat sekä ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde. Näiden tietojen avulla saadaan määrättyä lämpöhäviöt. Lämpöhäviöiden suuruutta kuvaavat rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia, vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia, ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia sekä ilmanvaihdon poistoilmasta talteenotettu energia. Lämpöhäviöiden lisäksi rakennuksessa on saatavilla niin sanottua ilmaisenergiaa, jota saadaan erilaisista lämpökuormista kuten henkilöiden luovuttamasta lämpöenergiasta, lämmityslaitteista, valaistuksesta sekä sähkölaitteista vapautuvasta lämpökuormaenergiasta ja ikkunoiden kautta tulevasta auringon säteilyenergiasta. (RakMK D5 2007.)

Päiväkodin energiaselvityksen perusteella lämmitystehontarve on yhteensä 357 439W. Olen verrannut lukua B-luokan omakotitalon energiatodistuksen arvoihin, jossa kyseisen kohteen vastaava lämmitystehontarve on 92 732W eli esimerkiksi näkee vähän päiväkodin lämmitystehontarpeen suuruusluokkaa. Lämmitystehontarve koostuu huonelämmityksen tehontarpeesta, ilmanvaihdon tuloilman jälkilämmityspatterin tehontarpeesta sekä käyttöveden lämmitystehon tarpeesta. Energiaselvityksessä tehdään rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus. Lämpöhäviöiden tasauksessa lasketaan rakennusosille, vuotoilmalle ja ilmanvaihdolle suunnitteluarvot wattia per lämpöaste (W/K), joita sitten verrataan annettuihin vertailuarvoihin. Kankaanpään päiväkodin suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset ja vastaa matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötasoa.

Lämmitystarpeeseen vaikuttaa tietenkin myös huoneilta vaaditut lämpöolot. Rakentamismääräyskokoelmassa on annettu arvot eri huoneiden lämpötilasta: makuutiloissa lämpötila saa olla alhaisempi 17 astetta, oleskelutiloissa 21 astetta ja kylpyhuoneissa yleensä hivenen suurempi 23 astetta. Huoneistokohtaisia lämpöoloja

pyritään hallitsemaan huonekohtaisilla säätöjärjestelmillä. Pitää muistaa, että 1 lämpöasteen korotus tarkoittaa vuosittaisessa lämpölaskussa jopa 5 % nousua. On siis tärkeää miettiä lämpöä säätaessä, kannattaako huonekohtaista lämpöä nostamalla parantaa viihtyisyyttä. Oikea tapa olisi säätää tällöin ilmanvaihtoa pienemmälle. (tts 2009.)

Kankaanpään päiväkodissa lämmöntuotto tapahtuu kaukolämmöllä ja lämmönjakotapana on Uponorin vesikiertoinen lattialämmitys. Aikaisemmissa Casatinon kohteissa lämmitys on tapahtunut vesikiertoisella patterilämmityksellä. Lattialämmitys on jakotapana hyvä, koska sillä saadaan oleskeluvyöhykkeelle tasainen ja mukava lämmön tunne. Lattialämmitys taas omalta osaltaan vaikuttaa vedenkulutukseen ja lämmöntarpeeseen, koska lattialämmitysputkistossa kulkee noin 40 asteinen menovesi ja 35 asteinen paluuvesi. Käyttöveden lämpöhäviöt ovat usein myös ongelmallisia siinä mielessä, että jos lämpimän käyttöveden kiertojohto on todella pitkä, saattaa kiertojohdon loppupäässä vesi olla jo jäähtynyttä, koska matkalla on tapahtunut lämpöhäviötä.

Kaukolämpö mielletään halvaksi ja hyväksi lämmöntuottajaksi, mutta ensi vuoden alusta on kaavailtu energiaveron nousua. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että kaukolämpö kallistuu ja entistä enemmän lämmitysjärjestelmiksi valitaan uusiutuvia energialähteitä kuten maalämpöä ja aurinkoenergiaa. Tulevissa päiväkotikohteissa voisi ajatella hyödynnettävän esimerkiksi maalämpöä, joka hyödyntää maaperän kykyä varastoida energiaa. Toinen vaihtoehto olisi hyödyntää auringon lämpösäteilyä ja käyttää aurinkopaneeleja sekä aurinkokeräimiä. Aurinkokeräin kerää auringonsäteet ja muuttaa ne tarvittavaksi lämmöksi. Molemmat vaihtoehdot ovat käyttökustannuksiltaan alhaisia, mutta ongelmana Suomen ilmastossa on, että esimerkiksi pelkkä aurinkokeräin ei riitä lämmitysjärjestelmäksi vaan rinnalle tarvitaan varmempi peruslämmönlähde.

7.4 Sähkö

Rakennuksen sähkönkulutus jaetaan huoneistosähköön sekä kiinteistösähköön. Huoneistosähkö kuvaa elämiseen käytettyjen palveluiden sekä laitteiden sähkönkulutusta kun taas kiinteistösähkö kuvaa, kuinka paljon sähköä kuluu taloteknisten järjestelmien ylläpitoon sekä niihin liittyviin laitteisiin. Yleensä sähköä kuluu suurimmaksi osaksi sähkölaitteisiin, valaistukseen sekä erilaisiin säätö- ja ohjausjärjestelmiin. Sähkölaitteiden valinta, oikeaoppinen asennus sekä sijoittaminen asunnossa vaikuttavat myös laitteiden kulutukseen. Nykyään kaikki sähkölaitteet varustetaan energiamerkillä, joka on samanlainen kun energiatodistuksen asteikko. Asteikkona ovat luokat A-G ja erityisen tehokkaissa laitteissa on merkinnät A+ ja A++. Energiamerkit löytyvät ainakin perinteisistä pyykin- ja astianpesukoneista, lamputa sekä ilmastointilaitteista. (Energiehokas koti 2009d.) Sähkölaitteiden kulutuksessa suurin vaikuttava tekijä on käyttäjä. Käyttäjän käyttötottumukset määräävät pitkälti, saadaanko laitteista irti suurin hyöty vai kuluuko sähköä huolimattoman käytön johdosta harakoille. Vaikka uudet laitteet, kuten televisiot ja pyykinpesukoneet, ovat energiamerkein varustettuja ja energiaa säästäviä, niiden vääränlainen käyttö aikaansaa lisäkulutusta. Esimerkiksi elektroniikkalaitteet tulisi olla kokonaan sammutettuja kun niitä ei katsota, pelkkä valmiustila ei riitä. Pyykinpesukoneessa pitäisi pestä vain täysiä koneellisia, koska vajaa kuluttaa enemmän. Myös vedenkulutukseen kannattaa kiinnittää huomiota astian- ja pyykinpesukoneiden kanssa.

Valaistuksella on sähkönkulutukseen iso vaikutus varsinkin isoissa kohteissa, jossa valaistusta tarvitaan paljon. Loistelamput, halogeenilamput sekä hehkulamput ovat yleisimpiä valonlähteitä. Viime aikoina on ollut paljon puhetta energiasäästölamputa, kun vanhat hehkulamput poistuvat markkinoilta. Sanotaan, että energiasäästölamppu kestää 6-15 kertaa pitempään kuin perinteinen hehkulamppu. Valaistukseen kuluvan sähkön pienentämisessä suurimmassa osassa ovat erilaiset rakennusautomaatiojärjestelmät, jotka säätelevät ja minimoivat valojen käytön. Sekä sisä- että ulkovalaistusta voidaan säädellä. Sisällä voi olla erilaisia liikkeentunnistimia ja ulkona hämäräkytkimiä sekä lähestymiskytkimiä. (Energiehokas koti 2009d.)

Tässä kohteessa sähkönkulutuksen osuus on ensisilmäyksellä melko suuri. Kiinteistö- ja laitesähkön osuus on 81 400 kWh, joka on suhteessa melkein yhtä paljon kuin rakennuksen koko lämmitysenergian kulutus. Eniten sähköä päiväkodissa syö ilmanvaihtokoneiden sähkönkulutus sekä valaistus. Ilmanvaihtokoneita on seitsemän kappaletta, jolloin kulutuskin on suhteessa suurempi. Laitteiden oikeilla säädöillä vaikutetaan paljon ilmanvaihdon energiankulutukseen. Sähkönkulutusta voisi pienentää esimerkiksi ilmanvaihdon pienentämisellä silloin, kun päiväkodissa ei ole toimintaa ja esimerkiksi viikonloppuisin ilmanvaihto voisi toimia pienimmällä mahdollisella teholla. Ilmanvaihtokoneen pyörimisnopeus voisi olla noin 40-50 % luokkaa. Toisin kuin omakotitalossa, keittiöllä ja sen laitteilla ei ole päiväkodissa sähkönkulutukseen niin paljon vaikutusta, koska keittiö on toiminnassa pienen ajan päivästä ja laitteet on valittu energialuokiltaan hyväksi. Valaistukseen ja sen kuluttamaan sähköön on pyritty vaikuttamaan pitkälti rakennusautomaatiolla eli valaistuksessa käytetään liiketunnistimia sekä vakiovaloantureita, jotta valot olisivat mahdollisimman vähän päällä turhaan.

8 Käyttäjä

8.1 Huoltokirja

Huoltokirja on käsikirja, johon kerätään kaikki rakennuksen tarpeellinen tieto rakennusvaiheen alusta loppuun ja jota ylläpidetään aina rakennuksen mahdolliseen myyntihetkeen asti. Huoltokirja on ollut pakollinen taloa rakennettaessa vuoden 2000 alusta alkaen. Huoltokirja on monessa asiassa hyödyksi: se on osaltaan arvopaperi, josta löytyy laitteiden käyttöohjeet ja huolto- sekä korjaushistoria, tarvittavien huoltotöiden muistilista ja kaikki tekniset tiedot yksissä kansissa. Huoltokirjan laatii rakennushankkeeseen ryhtyvä henkilö. Rakennusvalvontaviranomaisen tehtäviin kuuluu loppukatselmuksen yhteydessä tarkistaa, että huoltokirja on laadittu asianmukaisesti. Maankäyttö- ja rakennuslaissa on määrätty, että huoltokirjasta määrätään tarkemmin rakennusluvassa, ja että loppukatselmuksenvaiheessa huoltokirjan tulee olla riittävän valmis annettavaksi rakennuksen käyttäjälle. (Kolkka 2010.) Käyttö- ja huolto-ohje määritellään seuraavasti Maankäyttö- ja rakennusasetuksessa:

” Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje on laadittava, jollei erityisestä syystä muuta johdu, rakennusta varten, jota käytetään asumiseen tai työskentelyyn. Käyttö- ja huolto-ohje sisältää rakennuksen käyttötarkoituksen ja rakennuksen ominaisuudet sekä rakennuksen ja sen rakennusosien ja laitteiden suunniteltu käyttöikä huomioon ottaen tarvittavat tiedot rakennuksen asianmukaista käyttöä ja kunnossapitovelvollisuudesta huolehtimista varten.” (RakMk A4 2000, 3-4.)

Huoltokirjan lähtötiedoissa on rakennuksen perustiedot: tiedot tontista sekä rakennuksen laajuustiedot. Lisäksi lähtötiedoissa annetaan tarvittavat yhteystiedot, kuten esimerkiksi suunnittelijoiden ja urakoitsijan yhteystiedot. Rakenteista kerrotaan keskeisimmät tiedot. Usein mukana on joitakin suunnittelijoiden selostuksia ja leikkauskuvat, joista ilmenee rakenneleikkaukset. On erityisen tärkeää päivittää rakennusprojektin lopussa todelliset kuvat huoltokirjaan, jotta rakenteet todella vastaavat oikeaa tilannetta. Pintamateriaaleista on hyvä kirjoittaa muistiin julkisivumateriaalit ja käytettyjen aineiden tiedot. Huonetiloista kirjoitetaan ylös materiaalit ja tuotenimet, kuten laatta- ja värimallit, siltä varalta, jos kohteessa tehdään tulevaisuudessa korjaustöitä ja halutaan samanlaisia tuotteita lisää.

Huoltokirjassa on hyvä olla mukana myös paikantamispiirroksiset. Paikantamispiirroksissa esitetään esimerkiksi alakaton sisään jäävät ilmanvaihdon ja sähköjen huoltokohteet sekä puhallusvillan joukossa olevat asennukset. Huoltokirjassa pidetään myös kulutusseurantaa, jossa kirjataan veden, sähkön ja lämmön kulutus. Ylipäänsä kaikenlainen dokumentointi ja tietojen seuraaminen sopivin väliajoin on tarpeellista, jotta laitteista ja tuotteista saadaan irti suurin hyöty käyttäjälle. Huoltokirjan liitteeksi laitetaan usein ajantasaiset suunnitelma- asiakirjat, laite- ja materiaalivalmistajien ohjeet, sopimukset sekä mahdolliset työaikaiset valokuvat. Huoltokirja voi olla paperimuotoinen kirja, mappi tai sähköisessä muodossa oleva niin sanottu nettihuoltokirja.(Kolkka 2010.)

8.2 Opastaminen käytännössä

Energiatehokas rakennus ei synny pelkästään rakennusaikaisilla ratkaisuilla. Kun rakennus on valmistunut, alkaa varsinainen energiankulutuksen tarkkaileminen. Käyttäjän käyttötottumuksilla on suuri vaikutus rakennuksen energiankulutukseen ja siihen, minkälaisiksi rakennuksen todelliset kulutustasot asettuvat. Pitkäkestoinen käyttömukavuus syntyy parhaiten henkilökohtaisella käyttäjien opastuksella. Hyvä tapa olisi esimerkiksi tehdä kohteesta niin sanottu käyttäjäkansio, jossa on kerrottu rakennuksen oikeaoppisesta käytöstä ja ohjeistettu laitteiden käyttöä. Rakennukselle on LVISAK-suunnittelun yhteydessä annettu tietyt kulutustasot, joita pitäisi noudattaa. Rakennusautomaatio mahdollistaa kulutustasojen säännöllisen seuraamisen, jolloin pystytään asettamaan ns. hälytysrajat esimerkiksi sähkön- ja vedenkulutukselle. Rakennuksen energiankulutusta verrataan asetettuihin suunnitteluarvoihin ja kun poikkeaman syyt löytyvät, voidaan taas opastaa käyttäjää tehokkaampaan elämiseen. (RIL 249-2009, 251-254.)

Kankaanpään päiväkodissa käyttäjän huomioonottaminen tapahtuu käytännössä siten, että pyritään huomioimaan jokapäiväisen elämisestä aiheutuvat kulutukset ja minimoimaan niitä omilla käyttötottumuksilla. Esimerkiksi päiväkodissa keittiöllä on suuri heikentävä vaikutus energiatehokkuuteen, koska keittiössä on paljon sähkölaitteita ja vedenkulutus on suurimmillaan siellä. Sähkölaitteiden käyttöä ja vedenkulutusta tulisi seurata ja esimerkiksi vettä valuttaa mahdollisimman vähän ylimääräistä. Ilmanvaihtokoneet ovat ratkaisevassa asemassa energiankulutuksen parantamisessa. Päiväkodin kohdalla ongelmaksi muodostuvat ilmanvaihtokoneiden käyttöajat. Päiväkodissa on toimintaa noin kahdeksan tuntia päivässä, viitenä päivänä

viikossa. Päiväkodin käytön aikataulutusta tulisi säätää ja tehdä siitä tarkat suunnitelmat. Päiväkodissa käyttäjät ovat suurimmaksi osaksi lapsia, jolloin se tekee käyttäjän osuudesta entistä vaativampaa. Kankaanpään päiväkodissa on panostettu hyvin paljon rakennusautomaatioon. Päiväkotiin tulee esimerkiksi liikkeentunnistimilla toimivat valot, jolloin sähköä ei kulu turhaan ja sähkönkulutus pysyy aisoissa sekä vakiovaloanturit, jotka huomioivat ikkunasta tulevan auringon valon. Käytössä energiatehokkuus vaikuttaa niinkin pienissä jokapäiväisissä asioissa kuten oven auki pitäminen. Päiväkodin kaikkien ovien lämpöhäviö on yhteensä 1334W kun ovet ovat kiinni. Koko vaipan lämpöhäviö on päiväkodissa 16 078 W. Mikäli yhtä ovea, jonka koko on noin 2 m², pidetään auki pitkään, yhden oven lämpöhäviö on lähellä samaa suuruusluokkaa kuin kaikkien ovien lämpöhäviö kiinni ollessaan. Tällöin, jos kaikki päiväkodin ovet olisivat samaa aikaa auki kauan, ovien lämpöhäviö olisi samaa kokoluokkaa kuin päiväkodin vaipan tämänhetkinen kokonaislämpöhäviö. Myös WC-tilat varustetaan hanoilla, jotka toimivat liikkeentunnistimilla turhan vedenkulutuksen minimoimiseksi. Kalusteilla pystytään pitkälti vaikuttamaan käyttäjiin valitsemalla mahdollisimman ns. automatisoituja ratkaisuja. Myös ilmanvaihtoa ja lämmitysjärjestelmää säädetään tässä kohteessa huonekohtaisilla säätimillä, joilla pyritään tekemään käyttäjän viihtyvyys parhaaksi mahdolliseksi. On tärkeää, että käyttäjä perehdytetään säätöpäätteiden käyttöön, jotta energiankulutuksen kannalta säädöt pysyisivät optimistisina ja takaisivat myös laitteille parhaan mahdollisen toiminnan.

9 Uusia materiaalivaihtoehtoja

Seuraavissa kohdissa on tutkittu hivenen tässä kohteessa käytettyjä uusia materiaalivaihtoehtoja sekä tutkittu uusia mahdollisia vaihtoehtoja, joita voisi käyttää seuraavissa päiväkotikohteissa.

9.1 SPU Eristeet

SPU- eristeiden idea perustuu hyvään lämmöneristyskykyyn sekä ilmanpitävyyteen. Polyuretaanieristeen etuna on se, että se saavuttaa saman lämmöneristävyyden puolta pienemmällä seinän vahvuudella kuin esimerkiksi tavallinen villa. Lisäksi uretaanieristettä käytettäessä ei tarvitse käyttää lainkaan höyrynsulkua. Koska rakenteet eivät vaadi paksuntamista, säästetään rahaa runkomateriaaleissa sekä työkuksannuksissa. SPU- levyjen saumat sekä läpiviennit tiivistetään saumavaahdolla, jolloin myös ilmanpitävyys on hyvä. Matalaenergiataloissa pyritään ilmanvuotolukuun, joka on alle 1. Tähän on melko mahdotonta päästä esimerkiksi villan kanssa, koska pehmeät eristeet eivät koskaan ole niin tiiviitä asentaa. Samaten höyrynsulkumuoviin tulee väistämättä reikiä läpivienneistä ja nauloista, jolloin niitä on vaikea tiivistää aivan sataprosenttisesti. (SPU 2010.)

SPU- eristeet luottavat pitkälti eristeiden ja rakenteiden yksinkertaisuuteen. Heidän rakennedetaljinsa koostuvat pääasiassa ainoastaan runkotolpista sekä polyuretaanilevystä. Levyn paksuutta vaihtelemalla saadaan parempi U-arvo tarvittaessa. Etuna SPU- eristeissä on helppo työstäminen sekä nopea asennus. U-arvon parantamisen kannalta polyuretaanilevy on hyvä tuote, koska sen lämmönjohtavuus on tällä hetkellä markkinoiden pienimpiä eli arvo on tällä hetkellä

$\lambda_{design} = 0,024 \frac{W}{mK}$. Lisäksi levyn etuna on diffuusiotiivis alumiinipinnoite, joka

estää kosteuden pääsyn rakenteiden läpi. SPU -eristeitä saa monessa eri koossa. Eri koot taas edesauttavat eristeiden monipuolista käyttöä. Kankaanpään päiväkodin seinärakenteissa on nyt kokeiltu ensimmäistä kertaa polyuretaanilevyn käyttöä ja sen ansiosta seinärakenteen U-arvo onkin tippunut huomattavasti. SPU- eristeen haittana on lähinnä hinta, joka on tällä hetkellä kalliimpi kuin tavallisen pehmeän villan. Se on yli kaksi kertaa kalliimpi kuin villaeriste, mutta toisaalta sitä riittää saman U-arvon saavuttamiseksi puolet pienempi kerros. Se täytyy kuitenkin huomata, että SPU:n uudella lämmönjohtavuudeltaan hyvällä eristeellä ei ole vielä CE -merkintää.

9.2 Isover

Isoverin tuotteena on perinteinen mineraalivilla. Isover mainostaa eristeitään eri tähtiluokituksella. Isover KL-33 on tällä hetkellä viiden tähden ultra-luokkaa. Lämmönjohtavuudeltaan se on villaeristeiden parhaimmistoa, koska sen lambda on $\lambda_{design} = 0,033 \frac{W}{mK}$. Mineraalivillaeristeen etuna on ääneneristävyys verrattuna esimerkiksi polyuretaanieristeeseen. (Isover 2010.)

Casatino käyttää tällä hetkellä kaikissa rakenteissaan Isoverin mineraalivillaa. Mineraalivilla on polyuretaaniin verrattuna halpa vaihtoehto, koska se on melkein puolet halvempaa.

9.3 Knauf Insulation

Knauf Insulation valmistaa periaatteessa samankaltaista kivi- ja mineraalivillaa kuten Isoverkin, mutta erikoispiirteensä on ns. ECOSE –technology. Patentin ideana on vähentää tuotteeseen sidottua energiamäärää sekä parantaa ekologista kestävyttä. Villan valmistuksessa käytetyssä sidosaineessa ei ole käytetty formaldehydiä eikä muita öljypitoisia kemikaaleja vaan se pohjautuu ainoastaan luonnollisiin, uusiutuviin raaka-aineisiin. Knauf -eristeellä on hyvä ääneneristävyys sekä lämmön- ja tuleneristyskyky. Villaan ei ole lisätty väriaineita, vaan se saa luonnollisen ruskean sävyn. Villan on sanottu pölyävän vähemmän ja villalla pitäisi olla erinomainen kestävyysominaisuuksiltaan. Knaufin tutkimuksien mukaan tämä tuote parantaa myös sisäilman laatua, koska se ei esimerkiksi pölyä. Tuoteperheessä on paljon erilaisia tuotteita, esimerkiksi EcoBatt sekä EcoBlanket. Eristeiden valmistuksessa käytetään muun muassa lasipulloja ja hiekkaa. EcoBattin lämmönjohtavuus on melko samaa luokkaa kuin Isoverilläkin eli lambda-arvo on $\lambda_{design} = 0,035 \frac{W}{mK}$. Knauf

Insulationilta löytyy myös oma puhallettava lasivilla. Casatinon erääseen kohteeseen kokeiltiin Knauf Insulationin puhallusvillaa, joka soveltuu kaikkiin rakenneosiin. Puhalluseristeen tuotenimenä on Perimeter Plus, jonka kanssa hyödynnetään Blow-in-Blanket -järjestelmää. Blow-in-Blanket -järjestelmän ideana on verkkomateriaalin taakse puhallettava puhalluseriste. Rakenteeseen kiinnitetään ns. verkkokangas, joka nidotaan kiinni. Kankaaseen tulee reikä puhallusvillaputkelle, jonka avulla villa puhalletaan tiiviisti runkopuiden väliin. Puhallusvillan lämmönjohtavuusarvo vaihtelee 0,033 ja 0,042 W/m²K välillä riippuen asennuksen tiiveydestä. Blow-in-

Blanket-järjestelmän etuna ovat nopea ja siisti työtapa sekä se, että eriste saadaan hyvin tiiviisti esimerkiksi läpivientien ympärille. Haittoina ovat mahdollinen puhalluseristeen painuminen. Lisäksi Casatinon kokeilun aikana työssä meni kuitenkin sen verran aikaa verkkokankaan asentamiseen ja nitomiseen, että nopeammassa ajassa olisi saatu normaalit villat paikoilleen. (Knauf Insulation 2010.) Lisäksi puhallukseen tarvitaan omat työvälineet ja puhalluslaitteisto, jotta tuotantotyössä ei tulisi seisauksia tilauksien takia. Kuvassa 19 on malli Blow-in-Blanket- järjestelmän periaatteesta.



Kuva 19: Blow-in-Blanket- järjestelmä (Knauf Insulation)

9.4 Tremco

Tremco Illsbruck Oy:n tuotteina ovat erilaiset saumaus- ja tiivistysratkaisut. Heillä on tuotteita muun muassa ikkunoiden ja ovien tiivistykseen sekä julkisivujen tiivistykseen ja saumaukseen. Kankaanpään päiväkotia on ensimmäinen kohde, jossa on käytetty Tremcon Illsbruck Elastic Foamia ja paisuvaa Illmod Trio- nauhaa tilaelementtien välisissä saumoissa. Elastic Foam on yksikomponenttinen elastinen laajeneva polyuretaanivahto. Tuotteen asennus käy kätevästi saumausvaahtopistoolilla. Tuotteen etuja ovat muun muassa hyvä joustavuus 35 % asti, pieni jälkipaisuminen, helppo työstäminen ja leikkaaminen sekä kylmien olosuhteiden sietokyky. Vaahdon lämmönjohtavuusarvo on 0,025-0,030 W/mK. Vaahdon etuna on myös nopea kuivumisaika, vahto on kovettunut 10 minuutissa ja leikkausvalmis 45 minuutissa. Suoraa UV- säteilyä vahto ei kestä vaan alkaa haurastua pitkän ajan saatossa. Tremcon itse paisuvat nauhat on hyviä isojen saumojen tiivistämiseen. Nauhan etuna on liimautuva, tahmea pinta, joka auttaa asentamista, sääolosuhteiden kesto sekä hyvä tiiviys. Paisuva nauha kestää pakkasta aina -30 asteeseen saakka. Paisuvan nauhan lämmönjohtavuus on 0,048 W/mK (Tremco Illsbruck 2007.)



Kuva 20: Illpod Trio paisuva tiivistenauha (Tremco Illsbruck)

9.5 Grafiittieriste

Grafiittieriste on eristemarkkinoilla uusi tulokas. Grafiittieristettä valmistaa UK-muovi Oy. Ukorex grafit- eristeellä on yli 20 % parempi lämmöneristyskyky kuin vastaavilla tuotteilla. Lisäksi energialuokaksi on saatu paras A+-luokka.

Lämmönjohtavuus on 0,030 W/mK. Eristevaihtoehtoja löytyy seinän ja katon eristykseen sekä lattia- ja routaeristykseen. (Grafiittieriste 2009.)

Tyhjiö- ja grafiittieristeen ideana on eristeen tehokas rakenne, joka estää kokonaan lämmön kulkeutumisen rakenteen läpi. Eristeen sisällä on ns. partikkeleita, jotka valmistetaan höyrystetystä piistä ja partikkelit sisältävät hiukkasia, jotka katkaisevat lämpösäteilyn. Lämmön johtuminen tapahtuu eristeen läpi siten, että molekyylit liikkuvat ja päästävät virtausta lävitseen. Tyhjiöeristeessä tällaista ei tapahdu, koska molekyylit eivät kosketa toisiaan piirakenteiden pienen koon takia. Eristeen haittana on se, että eristeet pitää tilata valmiiksi oikean kokoisina, koska levyjä ei voi sahata, koska tyhjiörakenne vaurioituu. Kiinnitykseen käytetään ainoastaan vaahtoja ja liimoja. Ongelmaa tuottavat myös läpiviennit, joita on tilaelementeissä melko paljon. Grafiittieriste on kalliimpaa kuin tavallinen polystyreenilevy, sen hinta on noin ¼ kalliimpaa. (Rakennusmaailma 2010.)

9.6 Ekovilla

Ekovilla on lämmöneristyskyvyltään ja luonnonmukaisuudeltaan erinomainen tuote. Ekovillalla on kaksi asennustapaa. Eriste voidaan asentaa puhaltamalla kuivapuhalluksena tai se voidaan kuivaruisuttaa, jolloin ruiskutettava eriste tarttuu ja sitoutuu painumattomaksi kerrokseksi. Ekovillan normaalin lämmönjohtavuus on aina 0,041 W/mK. Yläpohjissa puhallusvilla on hyvin yleinen, koska se menee pienimpiinkin kattoristikoiden rakoihin ja eristää tehokkaasti paksulla kerroksellaan. Ekovillan tuotteita voidaan käyttää myös seiniin ja lattioihin. Kaikissa rakenteissa tulee muistaa ilmansulkupaperi, jolla saavutetaan lopullinen ilmanläpäisemättömyys. Ekovillalta ilmestyy myös levyeriste, jolloin tuoteperheessä on kaikkia eristevaihtoehtoja. Eristelevyn on tarkoitus tulla markkinoille huhtikuussa 2010. Ekovilla tuodaan työmaalle pienissä paketeissa, joissa se on pakattuna noin 1/5 koostaan. Puhallusvillan ongelmana tilaelementtirakentamisessa on tuotteiden painuminen esimerkiksi kuljetuksen aikana. Lisäksi puhallusvillan tulee kuivua hetki, jolloin se asettaa tuotannossa haasteita. (Ekovilla 2010.)

10 Kustannusvertailu

Päiväkodit ovat isoja kohteita, joista aiheutuu kustannuksia aivan eri tavoin kuin esimerkiksi pientalossa. Energiatehokkuus näkyy pitkälti uusissa materiaalivaihtoehdoissa, paremmissa työtavoissa sekä energiatehokkaammissa LVISAK- laitevalinnoissa. Kankaanpään päiväkotiin on tullut paljon uusia taloteknisiä ratkaisuja, samaten myös rakenteisiin on tullut joitain muutoksia. Suurimpia rakenteellisia muutoksia ovat olleet polyuretaanilevyn käyttäminen ulkoseinissä sekä vesikiertoisen lattialämmityksen vaatima betonilattia kaikkiin tilaelementteihin. Taloteknisesti aikaisemmin käytetyt patterit ovat jääneet pois ja tilalle on tullut muun muassa lattialämmitys sekä tehokas ilmanvaihtojärjestelmä.

Casatinon uusia, vuoden 2010 rakenteita ei ole jouduttu paljon muokkaamaan tätä kohdetta varten, koska vanhatkin rakenteet olivat U-arvoltaan hyviä. Lähinnä kustannuksia rakenteissa ovat aiheuttaneet ulkoseinän polyuretaanilevyt, alapohjan betonivalu sekä yläpohjan puhallusvillan paksuntaminen. Uretaanilevy on normaaliin villaan verrattuna kalliimpaa, joten siitä aiheutuu lisäkustannuksia. Uretaanilevyn hinta on noin puolet kalliimpaa, mutta toisaalta säästöä syntyy siinä, että polyuretaanilevyä riittää puolet ohuempi kerros saavuttamaan saman lämmönjohtavuuden. Aikaisempien seinärakenteiden hinta on ollut noin 14 euroa neliöltä. Kankaanpään päiväkodin seinärakenteen on nyt 23 euroa/m². Normaalisti alapohjiin on tullut betonivaluja ainoastaan märkätiloihin, mutta tässä kohteessa kaikki lattiat valetaan lattialämmityksen takia. Aiemmin alapohjan hinta neliöltä on ollut noin 33 euroa/m², mutta Kankaanpään päiväkodin alapohjan hinta on noin 83,40 euroa/m². Alapohjan betonin hinnan lisäkustannus on noin 40 e/m² luokkaa. Lisäksi betonin levitystä varten on vuokrattu niin sanottu betonisiilo, josta menee vuokramaksu. Mikäli valettavia lattioita tehtäisiin jatkossa kaikkiin kohteisiin, säästöä saisi aikaan ainakin sillä, että ostettaisiin omaan käyttöön betonisiilo, jolloin vuokrasta päästäisiin kokonaan. Rakenteiden osalta lisäkulut ovat kuitenkin kohtuullisen pienet, jolloin mielestäni kustannukset aiheutuvat suurimmaksi osaksi talotekniikasta. (Pihlaja 2010.)

Talotekniikassa lisäkustannuksia aiheuttaa muun muassa suuri ilmanvaihtojärjestelmä, rakennusautomaation lisääminen sekä lattialämmityksen asentaminen. Lisäksi päiväkodissa kuluu aina paljon sähköä, jota on pyritty säättämään erilaisilla laitteilla. Ilmanvaihtokoneista aiheutuu noin 25 %

lisäkustannuksia, joka johtuu pitkälti tehokkaasta vastavirtakennosta. Ilmanvaihtotöihin kuluu noin 8 % lisää rahaa, samaten sähkötöistä joudutaan maksamaan noin 7 -8 % lisää. Rakennusautomaation kustannukset ovat noin kolminkertaiset tavalliseen kohteeseen verrattuna, mutta kuitenkin kokonaisrakennuskustannuksissa automaation osuus on pieni, noin 5 %. (Helenius 2010.)

Talotekniset ratkaisut nostavat selvästi kustannuksia, jolloin voisi nopeasti luulla, että energiatehokas päiväkoti on kallis sijoitus normaaliin päiväkotiin verrattuna. Näin ei kuitenkaan välttämättä ole, koska voisi melkein sanoa, että raha, joka on rakentamisvaiheessa käytetty uusiin taloteknisiin järjestelmiin yms. maksaa itsensä takaisin sähkön-, veden-, lämmityksen- sekä ilmanvaihdon kustannuksissa pitemmällä aikavälillä. Päiväkodissa on pyritty valitsemaan energiatehokkaita laitteita ja ratkaisuja, jotka kaupassa ovat maksaneet enemmän, mutta jotka pitkällä aikavälillä kuluttavat energiaa huomattavasti vähemmän. Esimerkiksi Kankaanpään päiväkodissa on panostettu energiatehokkaaseen vastavirtakennoilla toimivaan ilmanvaihtojärjestelmään, joka on kalliimpi kuin tavallinen versio. Laitteiden lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on kuitenkin markkinoiden parhaimmista, jolloin säästetään esimerkiksi lämmityskustannuksissa.

11 Yhteenveto

Tarkoituksena oli saada tuloksia ja johtopäätöksiä Kankaanpään päiväkodin energiatehokkuudesta. Casatinon tavoitteena on saavuttaa energiankulutukseltaan tehokas päiväkotikoti, jossa energiankulutusta voitaisiin tutkia hoivapaikkaa kohden. Pääalalle nousivat selkeästi rakenteet, talotekniikka, tilantehokkuus sekä käyttäjän vaikutus. suurimmaksi osaksi lähdeaineisto koostui erilaisista energiatehokkuutta käsittelevistä oppaista sekä Internet- sivustoista. Energiatehokkuudesta on toistaiseksi vielä melko vähän painettua tietoa. Tutkin energiatehokkuutta myös suunnittelun näkökulmasta ja haastattelin tätä osiota varten kohteen arkkitehtiä, rakennesuunnittelijaa sekä LVISAK -suunnittelijoita. Tarkoitus oli saada näkökohta myös sille, miten paljon voidaan vaikuttaa kunnollisella ja harkitulla suunnittelulla.

Kankaanpään päiväkodin tontin ja tilojen suunnittelun kohdalla pääasioiksi nousivat rakennuksen sijoittelu tontille ilmansuuntien mukaan, ikkunoiden sijoittelu sekä tilantehokkuuden tärkeys. Suuri rahallinen säästö syntyy tilojen minimoimisella siten, että turhat hukkaneliöt jätetään pois arkkitehtisuunnittelussa. Kun ylimääräiset neliöt jätetään pois, on myös lämpöhäviötä aiheuttavaa pintaa vähemmän. Kankaanpään päiväkodin suunnittelun lähtökohtia olivat juuri alhaiset käyttökustannukset tilantehokkuuden avulla sekä kestävyys ja sovittaminen vanhaan rakennuskantaan.

Rakennesiosissa tutkin rakenteiden lämmönläpäisykerrointa, lämmöneristävyyttä sekä ilmanpitävyyttä. Laskin alapohjalle, yläpohjalle sekä ulkoseinälle U-arvot ja vertasin niitä Casatinon antamiin arvoihin. Saamani U-arvot olivat samaa luokkaa kuin Casatinon antamat arvot ja ne täyttivät uudet, vuoden 2010 rakentamismääräykset. Tutkin myös rakenteita ja niiden materiaaleja. Casatinon vanhat rakenteet olivat jo U-arvoltaan hyviä, joten uusien määräyksiä mukaiset rakenteet on saavutettu hyvin pienillä muutoksilla. Uutena tulivat ainoastaan polyuretaanin käyttö ulkoseinärakenteessa sekä betonivalu kaikkiin alapohjiin. Lisäksi yläpohjassa selvittiin puhallusvillan lisäyksellä. Tilaelementtirakentamisessa ilmatiiveydellä on iso vaikutus energiatehokkuuteen, koska saumoja ja läpivientejä on enemmän. Rakenteissa oli huomioitu tiiveyden korostuminen esimerkiksi uusilla Tremcon tiivistemateriaaleilla. Rakenteellisesti tiiveyttä heikentävät ikkunat, jotka ovat rakenteen heikoin osa. Päiväkotiin on valittu kaiken kaikkiaan energiatehokkaita materiaaleja ja ratkaisuja ja lämmönläpäisykertoimet ovat hyvät. Otin myös hivenen

selvää Casatinon käyttämistä materiaaleista sekä mahdollisista uusista materiaalivaihtoehtoista, joita voisi käyttää vastaavissa kohteissa.

Talotekniikan osiossa tutkimus kohdistui lähinnä Kankaanpään päiväkodin energiatodistukseen ja ideoihin, millä C-luokan todistuksen saisi parempaan luokkaan halvimalla. Energiatodistuksen ongelmana on käyttöasteen vaikutuksen huomioiminen riittävästi. Työn aikana todettiin, että ET -luku ei kerro riittävän kattavasti todellista tilannetta, koska useimmiten todelliset kulutukset muuttuvat käytön aikana. Tässä kohteessa suuri parannus tehtiin ilmanvaihtojärjestelmällä sekä erilaisilla energiaa säästävillä rakennusautomaatoratkaisuilla. Päiväkotiin tuli yhteensä seitsemän ilmanvaihtokonetta, jotka oli varustettu tehokkaalla vastavirtakennoisella lämmöntalteenotolla ilmanvaihdon poistoilmasta. Muita rakennusautomaation hienouksia olivat esimerkiksi huonekohtaiset säätöpäätteet, hiilidioksidianturit sekä vakiovaloanturit.

Käyttäjän valinnat vaikuttavat energiatehokkuuteen myös pitkäaikaisesti. Vaikka rakennus olisi luokiteltu kuinka energiatehokkaaksi hyvänsä, mutta sillä on paljon energiaa kuluttavat käyttäjät, energiankulutuksessa on vaikea päästä hyviin lopputuloksiin. Tärkeitä seurantakohteita ovat muun muassa lämpimän veden kohtuullinen kulutus, tuuletuksen järjestäminen ilman ovien auki pitämistä sekä sopivan sisälämpötilan ylläpitäminen.

On vaikeaa tutkia vasta valmistuvan päiväkodin energiatehokkuutta, koska vasta käytönaikaiset tulokset ilmanvaihdosta, sähkön- ja vedenkulutuksesta kertovat todellisuudessa asian oikean laidan. Etukäteen ei oikeastaan pysty sataprosenttisesti tutkimaan kuin ainoastaan rakenteiden energiatehokkuutta. Todellinen ilmanpitävyyskin määräytyy vasta rakennuksen valmistuttua kun päästään mittaamaan ns. ilmanvuotoluku. Pääajatuksena kuitenkin on, että suunnittelun aikainen tilantehokkuus on kaikkein tärkeintä energiatehokkaassa rakentamisessa. Seuraavaksi tulevat talotekniset ratkaisut, sitten käyttäjän vaikutus ja lopuksi rakenteet. Usein luullaan, että rakenteilla on suuri vaikutus energiatehokkuuteen, mutta loppujen lopuksi niiden osuus kokonaistarkastelussa on melko pieni. Olen projektini aikana tutkinut erilaisia rakenteita ja taloteknisiä ratkaisuja ja uskon vahvasti, että Casatinon päiväkotia on uudet määräykset huomioon ottaen

energiatohokkuudeltaan sekä energiankulutukseltaan Suomen parhaimmista niin talotekniikan kuin rakenteidenkin osalta.

Kuva 21 kuvaa päiväkodin valmiusastetta opinnäytetyöni lopussa.



Kuva 21: Päiväkodin valmiusaste työni lopussa (Emmi Alitalo)

Lähteet

Painetut lähteet

Isover 2009. Energiatehokas rakentaminen: Kirja fiksusta asumisesta. Yrityksen julkaisu.

Motiva 2008. Hyvä Talo: Rakennetaan energiatehokas pientalo. Yrityksen julkaisu.

Siikanen, Unto 1996. Rakennusfysiikka, perusteet ja sovellukset. Tampere: Rakennustieto Oy.

Siikanen, Unto 2008. Puurakentaminen. Tampere: Rakennustieto Oy.

Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2009. RIL 249-2009: Matalaenergiarakentaminen, asuinrakennukset. Saarijärvi: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry

Sähköiset lähteet

Automaatioseura 2009. VTT: Energiatehokkuus ja rakennuksen automaation luokitus [pdf] [viitattu 10.2.2010]. Saatavissa: http://www.automaatioseura.fi/index/tiedostot/BAFF09_Hyvarinen.pdf

Ekovilla 2010. Tuotteet. [www-sivu] [viitattu 19.3.2010] Saatavissa: <http://www.ekovilla.com/ekovilla-eristys.php>

Energiatehokas koti 2009a. Pientalon energiatehokkuus [www-sivu] [viitattu 30.12.2009]. Saatavissa: <http://www.energiatehokaskoti.fi/fi/lisatietoja/useinkysyttya/pientalonenergiatehokkuus.html>

Energiatehokas koti 2009b. Lämmitysjärjestelmän valinta. [www-sivu] [viitattu 7.1.2010]. Saatavissa: <http://www.energiatehokaskoti.fi/fi/suunnittelu/lammitysjarjestelmanvalinta/>

Energiatehokas koti 2009c. Talontekijät. [www-sivu] [viitattu 27.1.2010]. Saatavissa: <http://www.energiatehokaskoti.fi/fi/talontekijat/>

Energiatehokas koti 2009d. Virtuaaliopas. [www-sivu] [viitattu 29.1.2010]. Saatavissa: <http://www.energiatehokaskoti.fi/flashguide/>

Europa 2007. Kioton pöytäkirja ilmastonmuutoksesta. [www-sivu] [viitattu 29.12.2009] Saatavissa: http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/28060_fi.htm

Fenestra 2010. Ikkunoiden energiatehokkuus avainasemassa. [www-sivu] [viitattu 3.3.2010]. Saatavissa: <http://www.fenestra.fi/portal/suomi/ikkunat/>

Grafiittieriste 2009. Tuotteet. [www-sivu] [viitattu 19.3.2010]. Saatavissa: <http://www.grafiittieriste.fi/index.html>

- Haakana, Maarit. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi. [www-sivu] [viitattu 29.12.2009]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=306357>
- Hengitysliitto 2009. Hengitysliitto Heli ry:n opas: Terveellisen rakennuksen ilmanvaihto. [pdf] [viitattu 16.3.2010]. Saatavissa: http://www.hengitysliitto.fi/content/Julkaisut_materiaalit/Oppaat_aineistot/Asu_terveesti/Terveellisen_rakennuksen_ilmanvaihto.pdf
- Huuhka, Lasse 2007: Asiakkuuksien arviointi ja asiakkuusstrategioiden luonti Tilamarkkinat Oy:ssä [pdf] Opinnäytetyö, ylempi AMK-tutkinto. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu. [viitattu 12.1.2010]
- Isover 2010. Tuotteet [www-sivu] [viitattu 18.3.2010]. Saatavissa: <http://www.isover.fi/fi/Tuotesivu/?intProductCategoryID=50>
- Kiiski, Timo 2008. Uudet energiamääräykset määräävät: seinät paksummaksi vuonna 2010. [www-sivu] [viitattu 29.12.2009]. Saatavissa: <http://www.suomela.fi/uudet-energiamaaraykset-maaraavat-seinat-paksummaksi-vuonna-2010.aspx>
- Knauf Insulation 2010. Tuotteet. [www-sivu]. [viitattu 18.3.2010]. Saatavissa: <http://www.knaufinsulation.fi/tuotteet.aspx>
- Motiva 2009a. Energiatodistus. [www-sivu] [viitattu 17.1.2010]. Saatavissa: <http://www.motiva.fi/rakentaminen/energiatodistus>
- Motiva 2009b. Ikkunoiden energialuokitus. [www-sivu] [viitattu 3.3.2010]. Saatavissa: http://www.motiva.fi/rakentaminen/rakentajan_ohjeet/hyva_talo/ikkunat/
- prkklehti 2010. PRKK OPAS: lämmin talo [cd-levy Asta-messuilta] [viitattu 12.3.2010]
- Rakennusmaailma 2010. Tyhjiö- ja grafiittieristeet Suomeenkin. [www-sivu] [viitattu 19.3.2010]. Saatavissa: <http://www.rakennusmaailma.fi/artikkelit/tyhjio-ja-grafiittieristeet-suomeenkin>
- Rautiainen, Kimmo 2009. Rakentamismääräykset uudistuvat 2010. [www-sivu] [viitattu 29.12.2009]. Saatavissa: <http://www.energiatehokaskoti.fi/midcom-serveattachmentguid-bb4ad2d99d4999c835b2e1578f6e7aac/tiukemmat-energiatehokkuusvaatimukset-vuoden-2010-alussa.pdf>
- Sisäilmayhdistys 2008. Sisäilmastoluokitus 2008, Sisäympäristön uudet tavoitearvot. [pdf] [viitattu 16.3.2010]. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi/attachments/kehityshankkeet/sisailmastoluokitus2008-esittely.pdf>
- SPU-systems 2010. SPU eristeet. [www-sivu] [viitattu 18.3.2010]. Saatavissa: http://www.spu.fi/energia_perustietoa

- Sähköala 2009. Automaatiolla energiansäästöjä. [www-sivu] [viitattu 10.2.2010].
 Saatavissa:
http://www.sahkoala.fi/ajankohtaista/artikkeleita/energiatehokkuus/fi_FI/2011_09_knx/
- Tremco Illsbruck 2007. Tuoteselosteet. [pdf]. [viitattu 19.3.2010]. Saatavissa:
http://www.tremco.fi/celumdb/documents/ILLBRUCK_ELASTIC_FOAM_TDS_FIN_7013.pdf
- Tuomaala, Pekka 2008. VTT: rakennuskannan ja rakennusten energiankäyttö [pdf] [viitattu 13.1.2010]. Saatavissa:
<http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari/images/stories/File/energiaseminaari08/Tuomaala.pdf>
- Työtehoseura TTS ry 2009. Kodin energiaopas. [www-sivu] [viitattu 18.3.2010].
 Saatavissa: <http://www.tts.fi/kodinenergiaopas/lammitys/index.html>
- Ympäristö.fi. Suomen rakentamismääräyskokoelma 2010. [www-sivu] [viitattu 29.12.2009]. Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=321569&lan=fi#a2>
- Ympäristöministeriö 2009a. Rakentamismääräykset ohjaavat energiatehokkuuteen 2009.[pdf] [viitattu 29.12.2009]. Saatavissa:
http://www.motiva.fi/files/1636/Rakmaarays_esite_final_sivutettu.pdf
- Ympäristöministeriö 2009b. Energiatodistus. [www-sivu] [viitattu 17.1.2010].
 Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=328750&lan=FI>

Painamattomat lähteet

- Alastalo, Sami. LVI-Mustaniemi Oy. Haastattelut 2010, Kankaanpää
- Eklund, Kim. Schneider Electric. Haastattelut 2010. Tampere.
- Helenius, Jan-Patrik. Nurmi, Tino. Pihlaja, Ville & Virtanen, Marko. Casatino Oy. Haastattelut 2009–2010. Tampere.
- Koivumäki, Petri & Mantila, Jari. Pepekia Oy. Haastattelut 2010. Kankaanpää.
- Kolkka, Olli, rakennustekniikan lehtori. Pientalotyömaan vastaavan johtajan lisäkoulutus, opetusmateriaali 2010. Huoltokirja, Viranomaisvalvonta.
- Lassila, Pekka. Arkkitehtitoimisto Lassila Oy. Arkkitehti. Haastattelut 2010, Tampere.
- Pitkänen, Jani. Puukeskus Oy. Haastattelut 2010, Tampere.
- Salmijärvi, Kalevi. Kankaanpään Kaupunki. Rakennusmestari. Haastattelut 2010, Kankaanpää.

Kuvat

1. Valmiin päiväkodin havainnekuva 2009. Arkkitehtitoimisto Pekka Lassila.
2. . Energiankulutuksen muuttuminen
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=61691>
3. Lämpökuormien hyödyntäminen lämmityksessä
<http://passiivitalo.vtt.fi/files/passiivitalon%20lammitys.pdf>
4. Esimerkki rakennuksen ET-luvun määrittämisestä (Kuva: Casatino Oy)
5. Energian loppukäyttö Suomessa 2003
<http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari/images/stories/File/energiaseminaari08/Tuomaala.pdf>
6. Kankaanpään päiväkodin tilaelementtien pystytys 2009 (Emmi Alitalo)
7. Tavoitteiden ja vaatimusten asettaminen rakennushankkeessa
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2413.pdf>
8. Kuva keskeneräiseltä sisäpihalta 2010 (Kuva: Emmi Alitalo)
9. Tilaelementtien liitos Tremcon Elastic Foamilla (Kuva: Emmi Alitalo)
10. Tilaelementtien välinen liitos (Kuva: Puukeskus)
11. Päiväkodin perustukset (Kuva:Puukeskus)
12. Alapohjan tekoa 2009 (Kuva: Emmi Alitalo)
13. Päiväkodin alapohjan rakenneleikkaus (Kuva: Puukeskus)
14. Ulkoseinän tekoa 2009 (Kuva: Emmi Alitalo)
15. Päiväkodin ulkoseinärakenne (Kuva: Puukeskus)
16. Vesikaton tekoa 2009 (Kuva: Emmi Alitalo)
17. Päiväkodin yläpohjan rakenneleikkaus (Kuva: Puukeskus)
18. Koneellisen poisto- ja tuloilman periaate
(http://www.hengitysliitto.fi/content/Julkaisut_materiaalit/Oppaat_aineistot/Asu_terveesti/Terveellisen_rakennuksen_ilmanvaihto.pdf)
- Kuva 19. Blow-in-Blanket- järjestelmä
http://www.puhalluseriste.fi/Perimeter_Plus.pdf
- Kuva 20. Illbod Trio paisuva tiivistenauha
http://www.tremcoillbruck.fi/fi/tuote/02836_index.html?markets=4&applications=34&products=5475&char=I
- Kuva 21. Päiväkodin valmiusaste työni lopussa (Emmi Alitalo)

Taulukot

1. Rakennusten energiamääräysten kehitys.
<http://www.energiatehokaskoti.fi/midcom-serveattachmentguid-bb4ad2d99d4999c835b2e1578f6e7aac/tiukemmat-energiatehokkuusvaatimukset-vuoden-2010-alussa.pdf>
2. Ostoenergian kulutus päiväkodissa (Taulukko: Emmi Alitalo)
3. Ostoenergian yhteenveto (Taulukko: Emmi Alitalo)

Liitteet

Liite 1: CD päiväkodin piirustuksista ja energiatodistuksesta