



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mikko Tapani Ollila

PIENTALON SUUNNITTELU JA
ENERGIATEHOKKUUDEN
TUTKIMINEN

Tekniikka ja liikenne
2009

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Vaasan ammattikorkeakoulun rakennustekniikan koulutusohjelmassa. Työn ohjaajana on toiminut lehtori Minna Uimonen, jota haluan kiittää opastuksesta. Tilaajana työssä on toiminut yksityinen henkilö, jota haluan myös kiittää mielenkiintoisesta ja opettavaisesta opinnäytetyön aiheesta.

Mikko Ollila

Vaasassa 27.11.2009

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Mikko Ollila
Opinnäytetyön nimi	Pientalon suunnittelu ja energiatehokkuuden tutkiminen
Vuosi	2009
Kieli	suomi
Sivumäärä	50 + 20 liitettä
Ohjaaja	Minna Uimonen

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella asuinrakennus ja lämmin autotalli yksityiselle tilaajalle, jolla on rakennustontti Kurikassa. Työhön kuului myös kyseisten rakennusten rakennuslupakuvien piirtäminen sekä 3D-mallin ja kustannusarvion laatiminen. Tavoitteena oli suunnitella tilaajan tarpeisiin sopivat ratkaisut. Työssä selvitettiin myös kuinka rakennuslupa haetaan Kurikassa ja mitä rakennusluvan hakeminen vaatii. Työssä tutkittiin kohteessa käytettävien rakenteiden energiatehokkuutta. Työssä vertailtiin nykyisiä 1.1.2008 voimaan tulleita lämmöneristemääräyksiä ja 1.1.2010 voimaan tulevia määräyksiä keskenään ja arvioitiin, miten muuttuvat määräykset vaikuttavat rakenteiden kustannuksiin kyseisessä kohteessa. Tavoitteena oli selvittää, onko vuonna 2010 voimaan tulevien määräysten noudattaminen taloudellisesti kannattavaa. Lisäksi kohteen asuinrakennuksesta laadittiin lämpöhäviöiden tasauslasku ja energiatodistus vuoden 2008 ja vuoden 2010 lämmöneristemääräyksiä käyttäen.

Kohteen rakennussuunnittelussa toteutettujen rakennuslupakuvien ja 3D-mallin toteutus onnistui tilaajan mielestä hyvin. Lupakuvia käytettiin rakennuslupaa haettaessa ja 3D-mallia tutkittiin erityisesti mahdollisten materiaali muutosten kannalta. Kohteen kustannusarvioksi saatiin yhteensä 286 000 €. Kannattavuuslaskelmissa todettiin, että mikäli rakenteet toteutettaisiin vuoden 2008 määräysten sijaan uusien määräysten mukaisesti, energiatehokkuutta parantavista rakenteista aiheutuvat kustannukset olisivat varsin suuret. Lisäeristyksestä aiheutuvien kustannusten takaisinmaksuaika todettiin liian pitkäksi, joten kohde toteutettiin vuoden 2008 lämmöneristemääräysten mukaisesti. Lämpöhäviöiden tasauslaskussa saatujen tulosten perusteella kohteen suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset nykyisillä ja tulevilla lämmöneristemääräyksillä. Energiatodistuksesta saatujen tulosten perusteella kohteen energiatehokkuusluku vuoden 2008 arvoilla on E ja vuoden 2010 arvoilla D.

Asiasanat 3D-malli, kustannusarvio, energiatehokkuus

VAMK University of Applied Sciences
Rakennustekniikan koulutusohjelma

ABSTRACT

Author	Mikko Ollila
Topic	Residence design with Inspection of Energy Efficiency
Year	2009
Language	Finnish
Pages	50 + 20 Appendices
Name of Supervisor	Minna Uimonen

The purpose of the thesis has been to design a residence and garage in Kurikka. The research includes drawing permit pictures, 3D-model and the estimate of costs. The result is such a design suggestion for a home for the client in which the requirements are fulfilled. The aim was also to find out how the building licence is applied in Kurikka and what does it take to apply for it. Moreover, energy efficiency in different kinds of construction is examined. Current and upcoming thermal insulation values between each other are considered in addition to finding out how the changed thermal insulation values affect the costs. The aim was to find out whether following the upcoming regulation would be economical. In addition to that the thermal loss is examined and an Energy Certificate is made.

The client was satisfied with the permit pictures and the 3D-model. The permit pictures were used in applying for the building permit and the 3D-model was examined especially by paying attention to the possible changes in materials. The estimate of costs is 286 000 €. While counting the costs it became clear that the investments made for the energy efficiency would be rather high with the new regulation in comparison to the current rules. Due to that the current thermal insulation values were used in the building project. The calculation of thermal costs indicates that conditions are fulfilled. According to the Energy Certificate the values are E based on current regulation and D based on upcoming regulation.

Keywords 3D-model, estimate of cost, energy efficiency

SISÄLLYS

ALKUSANAT	2
TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
1 JOHDANTO	7
2 RAKENNUSHANKE	8
2.1 Kohteen rakennussuunnittelu	8
2.2 Rakennusluvan hakeminen.....	13
2.3 Kohteen kustannusarvio	15
3 ENERGIATEHOKKUUS,ENERGIATODISTUS JA LÄMMÖNERISTEMÄÄRÄYKSET	20
3.1 Yleistä energiatodistuksesta ja rakenteiden energiatehokkuudesta.....	20
3.2 Energiatehokkuusdirektiivi	22
3.3 Rakennuksen lämmöneristysmääräykset	23
3.3.1 Nykyiset lämmöneristysmääräykset.....	23
3.3.2 Tulevat lämmöneristysmääräykset.....	24
4 KOHTEEN RAKENNERATKAISUJEN VERTAILU VUOSIEN 2008 JA 2010 MÄÄRÄYKSIEN MUKAAN	25
4.1 Yleistä	25
4.2 Kohteen yläpohja vuoden 2008 määräyksien mukaan.....	25
4.3 Kohteen yläpohja vuoden 2010 määräyksien mukaan.....	28
4.4 Kohteen alapohja vuoden 2008 määräyksien mukaan	28
4.5 Kohteen alapohja vuoden 2010 määräyksien mukaan.....	29
4.6 Kohteen ulkoseinä vuoden 2008 määräyksien mukaan	30
4.7 Kohteen ulkoseinä vuoden 2010 määräyksien mukaan	32
5 KOHTEEN TASAUSLASKU JA ENERGIATODISTUS.....	35
5.1 Rakennuksen lämpöhäviöiden tasauslasku	35
5.2 Energiatodistus nykyisillä (2008) arvoilla toteutettuna	38
5.3 Energiatodistus tulevilla (2010) arvoilla toteutettuna.....	41
5.4 Rakenteiden takaisinmaksuajan laskenta	43

YHTEENVETO	45
LÄHTEET	48
LIITTEET	50

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella yksityiselle tilaajalle omakotitalo ja lämmin autotalli. Suunnittelu on toteutettu tilaajan toiveiden perusteella. Rakennukset suunnitellaan Kurikan Miedonkylään, jossa on tilaajan omistama 1,7 hehtaarin rakennustontti. Tontti sijaitsee kaavoittamattomalla alueella, jossa ei ole vielä kaupungin viemäriinjouja. Lähitulevaisuudessa alueelle on kuitenkin tulossa kaupungin viemäriinja, johon rakennuskohde aiotaan myöhemmin liittää.

Rakennushanke lähti liikkeelle tilaajan tarpeesta. Tilaajalla oli tarve asuinrakennukseen ja lämpimään autotalliin. Tilaaja oli toivonut asuinrakennukseen erityisen tilavaa olohuonetta ja suurta makuuhuonetta sekä toimivaa kodinhoitohuonetta, josta oli uloskäynti katetulle terassille. Lisäksi tilaaja toivoi rakennukseen erillistä työhuonetta ja vierashuonetta sekä kahta erillistä WC:tä. Autotallilta tilaaja oli toivonut erillistä lämmintä tilaa, jossa mahtuisi työskentelemään ja kylmää autokatosta. Myös autotalliin sijoitettava puuvarasto oli pakollinen. Muilta tiloilta tilaajalla ei ollut erityisempiä toiveita. Tavoitteena oli suunnitella tilaajalle toimivat pohjaratkaisut rakennuslupakuvineen ja 3D-mallin. Rakennuslupakuvat on piirretty Autocad-ohjelmistolla ja 3D-malli Archicad-ohjelmistolla.

Tilaaja halusi kohteesta myös kustannusarvion, joka on tehty Rakennusosien kustannuksia 2009 -kirjan avulla. Kustannusarvio toivottiin tehtäväksi rakennusosittain, jotta kustannuksia voitaisiin seurata. Tilaaja halusi myös selvittävän, mitä rakennusluvan hakeminen Kurikassa vaatii.

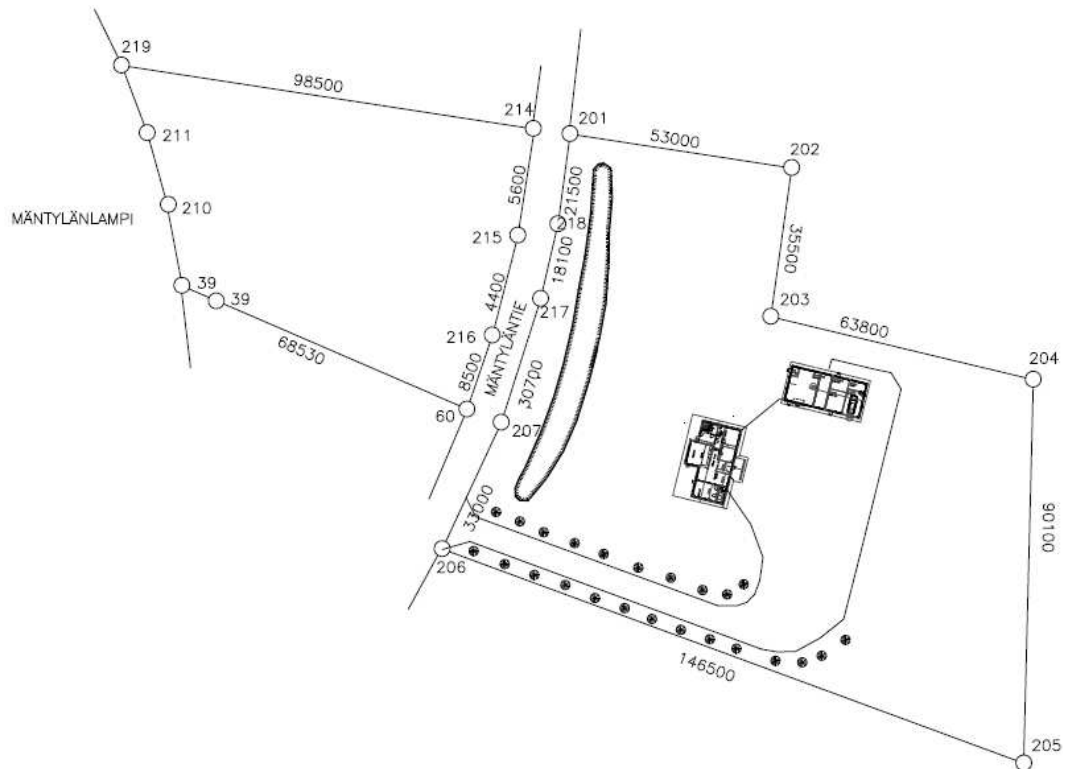
Työn tavoitteena oli myös tutkia kohteen rakenteiden kustannuksia ja energiatehokkuuksia nykyisillä vuoden 2008 ja tulevilla vuoden 2010 lämmöneristemääräyksillä. Saatujen tuloksien perusteella valittiin tilaajalle parhaimmat mahdolliset rakenneratkaisut.

2 RAKENNUSHANKE

2.1 Kohteen rakennussuunnittelu

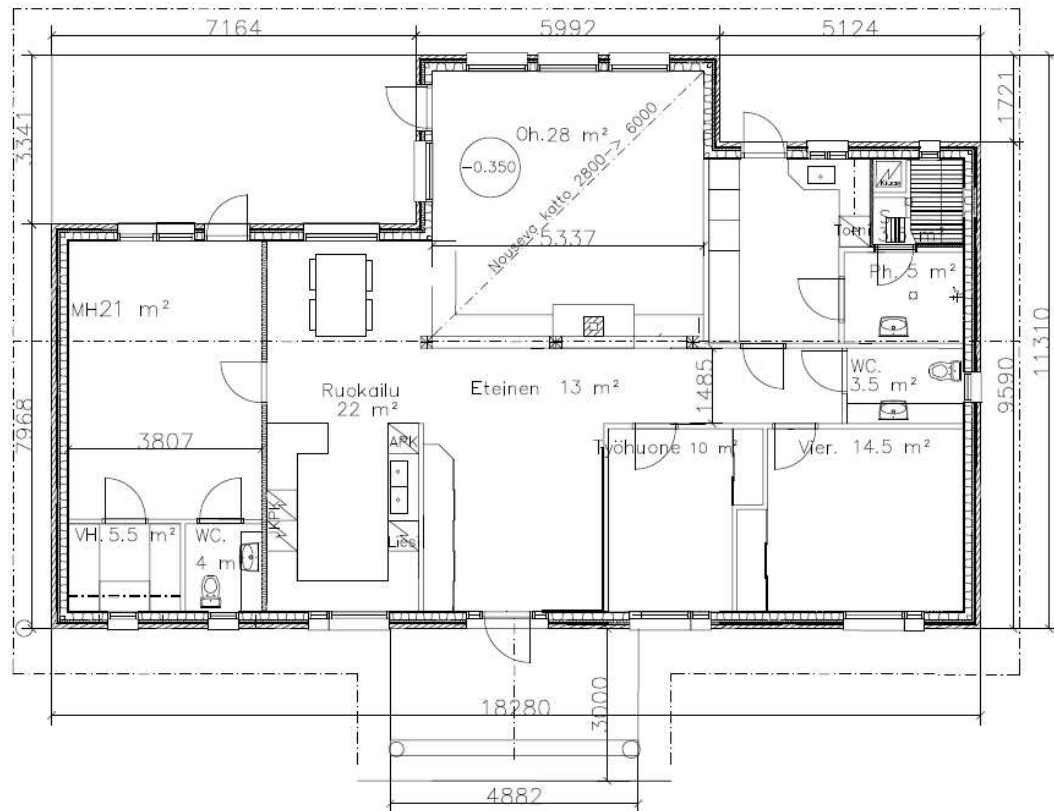
Kohteen suunnitteluvaihe alkoi kesäkuussa 2008. Alustavat luonnokset valmistuivat lokakuussa 2008, jonka jälkeen luonnoskuvia on muutettu useasti. Lopulliset rakennuslupakuvat saatiin valmiiksi helmikuun lopulla 2009. Rakennuslupakuviin sisältyvät asemapiirroskuva, julkisivukuvat, pohjakuvat sekä rakenneleikkauskuvat. Lopulliset rakennuslupakuvat ovat liitteessä 1.

Tontille on tarkoitus rakentaa uusi asuinrakennus ja lämmin autotalli. Suunnittelussa noudatettiin tilaajan tarpeita ja toiveita. Tilaaja halusi käyttää hyväksi todettuja ja yleisesti käytössä olevia rakenneratkaisuja. Asuinrakennuksen ja autokatoksen perustuksena käytetään anturaperustusta ja harkkosokkelia. Tähän ratkaisuun päädyttiin tilaajan kanssa. Rakennus rakennetaan puurunkoisena, koska kohteen käyttäjä on jo aiemmin sahauttanut omatoimisesti kaikki siihen tarvittavat materiaalit. Rakennukset verhoillaan vaakapaneeleilla sekä julkisivumuurauksella, joilla pyritään tuomaan julkisivuihin näyttävyyttä. Kattorakenteeksi valittiin naulalevyristikot ja katteeksi peltikate tiiliprofiililla. Tavoitteena on suunnitella sellaiset kattoristikot, joihin on mahdollisuus rakentaa käyttöullakko. Etupiha päällystetään sorapeitteiseksi ja takapiha on nurmikkoa ja niittyä. Kaikki kaivettu ylimääräinen pintamaa päätettiin kasata maavalliksi läheisen Mäntyläntien viereen. Seuraavassa (kuva 1) on asemapiirros, josta näkyy rakennuksien sijoittelu tontille.



Kuva 1. Asemapiirros

Tavoitteena työssä oli tehdä onnistunut yleissuunnittelu, joka sisältää rakennuksen sijoittelun, ulkoasun, muodon ja tilojen suunnittelun. Rakennusten pohjaratkaisut pidettiin yksinkertaisina. Suunnitelmassa päädyttiin ratkaisuun, jossa olohuone, ruokailutila ja eteinen ovat yhtä suurta kokonaisuutta. Tällä ratkaisulla pyrittiin tuomaan tiloihin lisää avaruutta. Avaruutta lisättiin myös sillä, että olohuone suunniteltiin avoimeksi tilaksi ylös asti ja sen lattia laskettiin 350 mm alemmaksi kuin muiden tilojen lattia. Suunnitelmassa päädyttiin sijoittamaan vaatehuone ja WC makuuhuoneen yhteyteen. Tämä ratkaisu miellytti myös tilaajaa. Kuvassa 2 on esitetty asuinrakennuksen pohjakuva.



Kuva 2. Asuirakennuksen pohjakuva

Olohuoneeseen pyrittiin tuomaan paljon valoa, joten sinne suunniteltiin kolme suurta ikkuna. Pohjakuvasta näkee myös makuuhuoneen suuren koon. Makuuhuoneeseen on sijoitettu erillinen WC ja vaatehuone suunnitelmien mukaan. Makuuhuoneesta ja kodinhoitohuoneesta on pääsy terasseille. Näin ollen talon rakennuslaksaksi tuli 175 m² ja huoneistoalaksi 152 m². Tämä pohjaratkaisu vastasi myös tilaajan toiveita. Kuvassa 3 on 3D-malli asuinrakennuksen etupihalta ja kuvassa 4 on 3D-malli asuinrakennuksen takapihalta. 3D-kuvista saa hyvän käsityksen siitä, millä tavoin kohteessa on käytetty eri julkisivumateriaaleja.

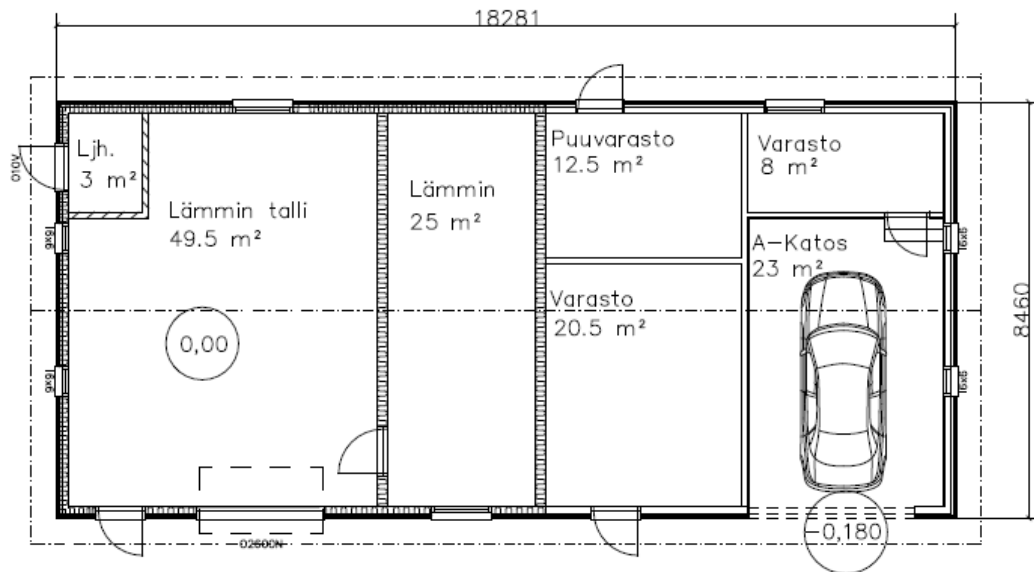


Kuva 3. Asuinrakennus etupihan puolelta



Kuva 4. Asuinrakennus takapihan puolelta

Autotallilta tilaaja toivoi yhtä kylmää autokatosta ja yhtä lämmintä autopaikkaa. Lämpimän autopaikan lisäksi lämmintä tilaa piti olla vielä moottoripyörälle ja työkaluille. Tilaaja toivoi myös yhtä erillistä tilaa lämpimällä puolella, jossa voitaisiin säilyttää harrastusvälineitä. Lisäksi toivottiin kylmää puuvarastoa sekä kahta erillistä kylmää varastoa. Kuvassa 5 on esitetty autotallin pohjakuva.



Kuva 5. Autotallin pohjakuva

Autotallin lämpimälle puolelle sijoitettiin erillinen lämmönjakohuone, jonne tulee asuinrakennuksen ja autotallin lämmitysjärjestelmät. Etupuolelta on pääsy lämpimään talliin nosto-oven ja tavallisen ulko-oven kautta. Myös kylmään varastoon on pääsy etupuolelta. Puuvaraston ovi päätettiin sijoittaa sijoittaa autotallin takapuolelle, ettei etupihalle aiheutuisi sotkua polttopuiden kuljetuksesta. Tämä ratkaisu miellytti myös tilaajaa. Tilaaja ei halunnut suuria ikkunoita autotalliin, joten talliin suunniteltiin vain pieniä ikkunoita. Kuvissa 6 ja 7 on esitetty autotalli etu- ja takapihan puolelta.



Kuva 6. Autotalli etupihan puolelta



Kuva 7. Autotalli takapihan puolelta

2.2 Rakennusluvan hakeminen

Rakentamista koskevat suunnitelmat on laadittava siten, että ne täyttävät maankäyttö- ja rakennuslain ja sen nojalla annettujen säännösten ja määräysten

sekä hyvän rakennustavan vaatimukset. Rakennuslupaa täytyy hakea kaksi- kolme kuukautta ennen rakennustöiden aloittamista. Hakemus toimitetaan kunnan rakennusvalvontatoimistoon. Rakennusluvan myöntää ympäristölautakunta tai rakennustarkastaja. Rakennuslupahakemus täytetään kaikilta osin, allekirjoitetaan ja mukaan liitetään seuraavat asiakirjat:

1. Tontin hallinta ja omistusoikeus

- lainhuutopöytäkirjanote tai
- kauppakirja tai
- jäljennös tontin maksukuitista tai
- vuokrasopimus

2. Tontin tai rakennuspaikan sijaintikartat

- ote asemakaavasta tai tonttikartasta
- ote peruskartasta asemakaava-alueen ulkopuolella

3. Naapurin kuuleminen

- selvitys naapurin kuulemisesta rakennuslupahakemuksen tai ilmoituksen johdosta (MRL 133. 1§ ja 65.3 §) ellei sitä katsota lupaviranomaisen toimesta tarpeettomaksi

4. Pääpiirustukset

- kolmena sarjana
- pätevän suunnittelijan laatimat ja allekirjoittamat
- sisältää asemapiirroksen, pohjapiirroksen, leikkauspiirroksen ja julkisivupiirustukset

5. Piirustuksista tulee ilmetä

- tontille rakennettavien rakennusten kerrosalat, huoneistoalat ja tilavuudet
- asemapiirroksessa tontin korkeuserot ja jäteveden johtaminen
- rakennetyypit seinä, alapohja- ja yläpohjarakenteista
- rakennuksen lämmitys ja ilmanvaihtotapa
- huonetilojen käyttötarkoitukset
- palotekninen osastointi

6. Energiatodistus

- haettaessa rakennuslupaa uudisrakentamista varten on hakemukseen liitettävä energiaselvityksessä oltava pääsuunnittelijan antama rakennuksen energiatodistus
- ennen rakennuksen käyttöönottoa pääsuunnittelijan on varmennettava energiaselvitykseen sisältyvä energiatodistus. /4/

Kyseisessä rakennuskohteessa rakennusluvan myöntäminen edellyttää suunnittelutarveratkaisua (MRL 137 §), koska rakennustontti sijaitsee suunnittelutarvealueella. Suunnittelutarveratkaisua haetaan ennen varsinaista rakennusluvan hakua tai rakennusluvan yhteydessä erillisellä lomakkeella. Lomakkeeseen täytetään hakijan tiedot, rakennuspaikan tiedot ja toimenpide, eli mitä rakennetaan. Suunnittelutarveratkaisun tekee rakennusluvasta päättävä viranomaisen kaavoittajaa kuultuaan. Rakennusluvan myöntäminen suunnittelutarvealueella edellyttää, ettei rakentaminen aiheuta haittaa kaavoitukselle tai alueiden käytön muulle järjestämiselle ja ettei se aiheuta haitallista yhdyskuntakehitystä. Rakentamisen tulee olla sopiva maisemalliselta kannalta suunnittelutarvealueella./4/

Kyseisessä kohteessa lupamenettely toteutettiin kyseisiä vaatimuksia noudattaen. Kohteen suunnittelutarveratkaisuhakemus (MRL 137 §) lähetettiin Kurikan kunnalle toukokuussa 2009. Hyväksyntä suunnittelutarpeesta tuli 3 viikon kuluttua. Tämän jälkeen lähetettiin rakennuslupahakemus. Rakennuslupahakemus hyväksyttiin kesäkuussa 2009.

2.3 Kohteen kustannusarvio

Kohteen kustannusarvio on laskettu käyttäen apuna ”Rakennusosien kustannuksia 2009”/6/. Kirjassa esitetyt rakennusosien kustannukset eivät sisällä mm. työmaatekniikan osuutta, työmaan ja työurakoiden yleis- ja sivukuluja, urakoitsijoiden katteita, arvonlisäveroa eikä riskivarauksia. Kohde on pyritty suunnittelemaan niin, että kustannustaso pysyisi mahdollisimman edullisena. Kirjassa esitetään rakennusosien laskennallisia kustannuksia yksikköä kohden. Tarvittuja kirjan yksiköitä ovat kappaletta (kpl), neliometriä (m²) tai juoksumetriä (jm). Kun tiedetään kyseisen rakenteen määrä, saadaan kyseisen rakennusosan

materiaalikustannus ja työkustannus selville kertomalla sen määrä yksikkökustannuksella. Esimerkiksi kirjasta on etsitty kohteeseen valittu ulkoseinärakenne, joka sisältää seinien maalaukset ja tasoitukset, ulkoverhouslaudoituksen, tuulensuojalevyn 25 mm, puurungon 173 mm, eristeen 173 mm ja kipsilevyn. Tällaisen rakenteen materiaalikustannukset ovat 47.07 €/m² ja työkustannukset ovat 45.72 €/m². Yhteensä kustannuksia kertyy tällöin 92.79 €/m². Kohteen asuinrakennuksessa on kyseistä ulkosinää yhteensä 88 m². Tällöin ulkoseinän kustannukseksi saadaan $92.79 \text{ €/m}^2 * 88 \text{ m}^2 = 8165 \text{ €}$.

Kustannukset on laskettu rakennusosittain tilaajan pyynnöstä. Taulukossa 1 on esitetty ”Rakennusosien kustannuksia 2009” -kirjaan perustuen kohteen asuinrakennuksen materiaali- ja työkustannuksia rakennusosittain. Vastaavat tiedot on esitetty kohteen autotallille taulukossa 2.

Taulukko 1. Asuinrakennuksen kustannuksia rakennusosittain /6/

Rakennusosa:	Materiaalikustannus:	Työkustannus:	Yhteensä:
Perustukset	6200 €	3860 €	10060 €
Alapohja	4365 €	1330 €	5695 €
Ulkoseinät	14080 €	13060 €	27140 €
Yläpohja	13880 €	8545 €	22425 €
Väliseinät	3525 €	4130 €	7655 €
Pilarit ja palkit	670 €	225 €	895 €
Ulko- ja väliovet	2975 €	445 €	3420 €
Ikkunat	5790 €	555 €	6345 €
Terassit	970 €	1500 €	2470 €
Lattia pinnoitteet, listat	3675 €	2690 €	6365 €
Tulisija, hormi, sauna	4955 €	695 €	5650 €

Taulukko 2. Autotallin kustannuksia rakennusosittain /6/

Rakennusosa:	Materiaalikustannus:	Työkustannus:	Yhteensä:
Perustukset	5510 €	3470 €	8980 €
Alapohja	6880 €	2075€	8955 €
Ulkoseinät	8320 €	8800 €	17120 €
Yläpohja	13480 €	5830 €	19310 €
Ulko- ja väliovet	925 €	200€	1125 €
Ikkunat, listat	960 €	365 €	1325 €

Maanrakennusurakka, kiintokalusteet ja LVIS-työt suoritetaan aliurakkana. Kyseisistä aliurakoista pyydettiin urakkatarjouspyynnöt. Tarjouksista valittiin tilaajan kanssa parhaimman vaihtoehdon tilaajan toiveiden perusteella. Aliurakkana suoritettu maanrakennusurakka sisältää kaiken maankaivuun, täytöt, täyttömaiden kuljetukset ja niihin tarvittavan kaluston. Maanrakennusurakan hinta on tällöin yhteensä 10 000 €. Kiintokalusteurakka sisältää kaikki kalusteet asennettuna. Kiintokalusteiden hinta tällöin on yhteensä 11 000 €. LVIS-aliurakka sisältää suunnittelun ja kaikki LVIS-työt materiaaleineen. Tällöin urakan hinta on yhteensä 46 200 €.

Asuinrakennuksen kustannusarvio rakennustöiden osalta on yhteensä 98 130 € ja autotallin 56 820 €. Maanrakennuksen, kiintokalusteiden ja LVIS-töiden kustannusarvio on yhteensä 67 200 €. Arvonlisäveron kustannusarvio on tällöin yhteensä 222 150 €. Lisätessä kustannusarvioon arvdisäveron, saadaan loppusummaksi yhteensä 271 000€. Kustannusarvioon Isätään vielä hanke- ja

kiinteistötehtäviin kuuluvat kustannukset. Kyseisiä kustannuksia tulee esimerkiksi työmaan vuokrakoneista ja vuokralaitteista, vakuutuksista, jätemaksuista, polttoaineista ja sähkön, veden ja viemäröinnin liittymis- ja käyttömaksuista. Kun huomioidaan, että kohteen käyttäjällä on osa tarvittavista koneista ja varusteista ja että osa töistä tehdään omatoimisesti, niin työmaan hanke- ja kiinteistötehtäviin kuuluville kustannuksille saatiin yhteensä 10 000 € Kustannusarvioksi saatiin yhteensä 283 200 €. Tässä kustannusarviossa ei ole mukana tontin hankintakustannuksia.

3 ENERGIATEHOKKUUS, ENERGIATODISTUS JA LÄMMÖNERISTEMÄÄRÄYKSET

3.1 Yleistä energiatodistuksesta ja rakenteiden energiatehokkuudesta

Energiatodistuksen taustalla on Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi, 2002/91/EY, rakennusten energiatehokkuudesta. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin tavoitteena on parantaa rakennusten energiatehokkuutta ja siten vähentää hiilidioksidipäästöjä./2/ Direktiivi on tuonut Suomessa vuoden 2008 alussa voimaan lain rakennuksen energiatodistuksesta (487/2007) sekä ympäristöministeriön asetuksen rakennuksen energiatodistuksesta (765/2007). Ympäristöministeriön asetuksella energiatodistuksesta säädetään energiatehokkuuden laskentamenetelmästä, energiatodistussmalleista sekä erillisen energiatodistuksen laatijan pätevyydestä. Energiatodistuslaki ja sitä täydentävä asetus koskee useimpia uusia rakennuksia sekä suurta osaa olemassa olevia rakennuksia. Vuoden 2008 alun jälkeen energiatodistus on pakollinen uusille pientaloille ja se vaaditaan jo rakennuslupavaiheessa. Energiatodistus on varmennettava ennen rakennuksen käyttöönottoa ja se on voimassa enintään 10 vuotta. /7/

Rakennuslupamenettelyn yhteydessä lasketaan rakennuksen energiatehokkuusluku, joka ilmaistaan energialuokkana. Taulukossa 3 on esitetty energiatehokkuusluokat. Luokka A on vähiten energiaa kuluttava ja G- luokka on eniten kuluttava.

Taulukko 3. Energiatohokkuusluokat

ET-luku	Vähän kuluttava	Rakennuksen ET-luokka
- 150	A	
151 - 170	B	
171 - 190	C	
191 - 230	D	
231 - 270	E	E
271 - 320	F	
321 -	G	
Paljon kuluttava		

Erillisen energiatodistuksen antajalla tulee olla soveltuva rakennusalan tai talotekniikka-alan tutkinto, kuten ammattikorkeakoulututkinto tai näitä ylempi vastaava tutkinto. Myös lvi-, kone- ja sähköinsinöörin tai vastaavien alojen teknikon koulutus on riittävä.

Euroopan unionin jäsenmaat ovat sitoutuneet Kioton ilmastopimuksen mukaisesti vähentämään kasvihuonepäästöjään kahdeksan prosenttia vuoden 1990 tasosta vuosiin 2008 – 2012 mennessä. Euroopan unionin alueella rakennusten osuus kaikesta energiankulutuksesta on noin 40 prosenttia. Rakennuksissa eniten energiaa kuluttavat valaistus, käyttöveden lämmitys ja tilojen lämmitys ja jäähdytys.

Rakennusten energiankulutusta on mahdollista pienentää jopa viidenneksellä energiatohokkuutta parantamalla /1/. Suomessa rakennusten lämmityksen aikaansaama osuus kaikista tuotetuista kasvihuonepäästöistä on 30 prosenttia. Suomi on myös asettanut tavoitteeksi vähentää 9 % rakennusten päästöjä vuoteen 2016 mennessä. Energiatohokkuuden parantamisen yhteyteen ympäristöministeriö on antanut asetuksina uudistetut rakentamismääräyskokoelman osat C3 (Rakennuksen lämmöneristys), D3 (rakennusten energiatohokkuus) ja D5 (Rakennuksen energiakulutuksen ja lämmitystehon tarpeen laskenta). /11/ Kyseiset rakentamismääräykset koskevat luvanvaraista rakentamista, joten

kaikkien uusien rakennuksien tulee täyttää kyseisten rakentamismääräysten vaatimukset. Rakentamismääräyskokoelman osista C3 ja D3 tulee voimaan 1.1.2010 uudistetut määräykset. Näillä määräyksillä kumotaan ympäristöministeriön 19.6.2007 antamat asetukset /9/.

Rakennuksen ilmatiiviys on hyvän lämmöneristyksen ohella energiatehokkaan asumisen keskeinen tekijä. /7/ Mitä ilmatiiviimpi rakennus on, sitä vähemmän energiaa menee hukkaan. Rakennus pyritään aina rakentamaan mahdollisimman tiiviiksi, koska rakenteiden läpi pääsevä ilma lisää kosteusriskejä ja tuo mukanaan epäpuhtauksia. Energiatodistuksista ilmenee rakennuksen ilmanvuotoluku n 50. Laskennassa n 50- luvun arvona käytetään 4.0 l/h, joka tarkoittaa rakennuksen vuotoilmaerointia (kertaa tunnissa, 1/h). Mikäli vuotoilmaeroin pystytään, esimerkiksi mittaamalla, toteamaan arvoksi 1,0 l/h, pienenee energiankulutus jopa noin 18 %:a. /7/

3.2 Energiatehokkuusdirektiivi

Vuoden 2002 marraskuussa ilmestyi Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2002/91/EY rakennusten energiatehokkuudesta, joka vaikuttaa sekä uudis- että korjausrakentamiseen. Siinä määritellään energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset, energiatodistuksen käyttöönotto sekä lämmityskattiloiden ja ilmastointijärjestelmien tarkastukset. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin pohjalta on vaadittu laadittavaksi kansalliset säädökset, joissa huomioidaan paikalliset ilmasto-olosuhteet. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivillä pyritään parantamaan rakennusten energiatehokkuutta ja tätä kautta alentamaan hiilidioksidipäästöjä. Direktiivillä määrätään myös, että energiatodistukseen tulee liittää kustannustehokkaita toimenpiteitä energiatehokkuuden parantamisesta. /3/

Suomessa ympäristöministeriö vastaa rakennusten energiatehokkuutta käsittelevän lainsäädännön valmistamisesta. Rakennuksen energiatodistuksesta säädettyssä laissa, (487/2007), määrätään rakennuksen energiatodistuksen käytöstä, laadinnasta, voimassaoloajasta ja energiatodistuksen antajasta /5/. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta määrittelee

rakennuksen energiatehokkuusluvun laskennan, energiatodistuslomakkeen kaavan, energiatodistuksen yhteydessä tehtävän rakennuksen katselmuksen vaiheet ja erillisen energiatodistuksen laatijan pätevyysvaatimukset /12/.

3.3 Rakennuksen lämmöneristemääräykset

3.3.1 Nykyiset lämmöneristemääräykset

Suomen ympäristöministeriö on asettanut 19.6.2007 annetun päätöksen, jonka mukaan säädetään 5.2.1999 annetun maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999, MRL) 13§:n nojalla määräykset rakennuksen lämmöneristyksestä /8/. Taulukossa 4 on ilmoitettu kyseisen päätöksen mukaiset suurimmat sallitut lämmönläpäisykertoimet. Kyseiset lämmönläpäisykertoimet koskevat lämpimiä rakennuksia, joissa käytetään energiaa lämmitykseen ja/tai jäähtymiseen. Lämmönläpäisykertoimella U tarkoitetaan lämpövirran tiheyttä, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien tilojen välillä on yksikön suuruinen. Yksikkönä käytetään W/m^2K (Taulukko 4).

Taulukko 4. Ympäristöministeriön 19.6.2007 asettamat lämmönläpäisykertoimet U /8/.

Seinä	0,24 W/m^2K
Yläpohja, ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,15 W/m^2K
Ryömintätilaan rajoittuva alapohja	0,19 W/m^2K
Maata vastaan oleva rakennusosa	0,24 W/m^2K
Ikkuna, ovi	1,4 W/m^2K

Asetus tuli voimaan 1.1.2008 ja sillä kumottiin ympäristöministeriön 30.10.2002 antama asetus rakennuksen lämmöneristyksestä. Kuitenkin ennen voimaantulopäivää 1.1.2008 vireille tulleeseen lupahakemukseen voitiin soveltaa aikaisempia määräyksiä /8/.

3.3.2 Tulevat lämmöneristemääräykset

Suomen ympäristöministeriö on asettanut 22.12.2008 annetun päätöksen, jonka mukaan säädetään 5.2.1999 annetun maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) 13§:n nojalla seuraavat määräykset rakennuksen lämmöneristyksestä /9/. Taulukossa 5 on ilmoitettu kyseisen päätöksen mukaiset suurimmat sallitut lämmönläpäisykertoimet.

Taulukko 5. Ympäristöministeriön 22.12.2008 asettamat lämmönläpäisykertoimet U /9/.

Seinä	0,17 W/m ² K
Yläpohja, ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09 W/m ² K
Ryömintätilaan rajoittuva alapohja	0,17 W/m ² K
Maata vastaan oleva rakennusosa	0,16 W/m ² K
Ikkuna, ovi	1,0 W/m ² K

Asetus tulee voimaan 1.1.2010 ja sillä kumotaan ympäristöministeriön 19.6.2007 antama asetus rakennuksen lämmöneristyksestä. Kuitenkin ennen voimaantulopäivää 1.1.2010 vireille tulleeseen lupahakemukseen voidaan soveltaa aikaisempia määräyksiä /9/.

4 KOHTEEN RAKENNERATKAISUJEN VERTAILU VUOSIEN 2008 JA 2010 MÄÄRÄYKSIEN MUKAAN

4.1 Yleistä

Työssä tarkasteltiin kyseisessä kohteessa käytettäviä rakenneratkaisuja ja vertailtiin niitä tuleviin lämmöneristemääräyksiin. Tavoitteena oli selvittää kuinka paljon kustannukset nousisivat jos kohteen rakenteet rakennettaisiin 1.1.2010 voimaantulevia ohjeita käyttäen. Työssä tarkasteltiin myös kannattaisiko lisäeristäminen taloudellisesti ja myös kuinka pitkä takaisinmaksuaika olisi jos rakenteet rakennettaisiin vuoden 2010 määräyksiin mukaan.

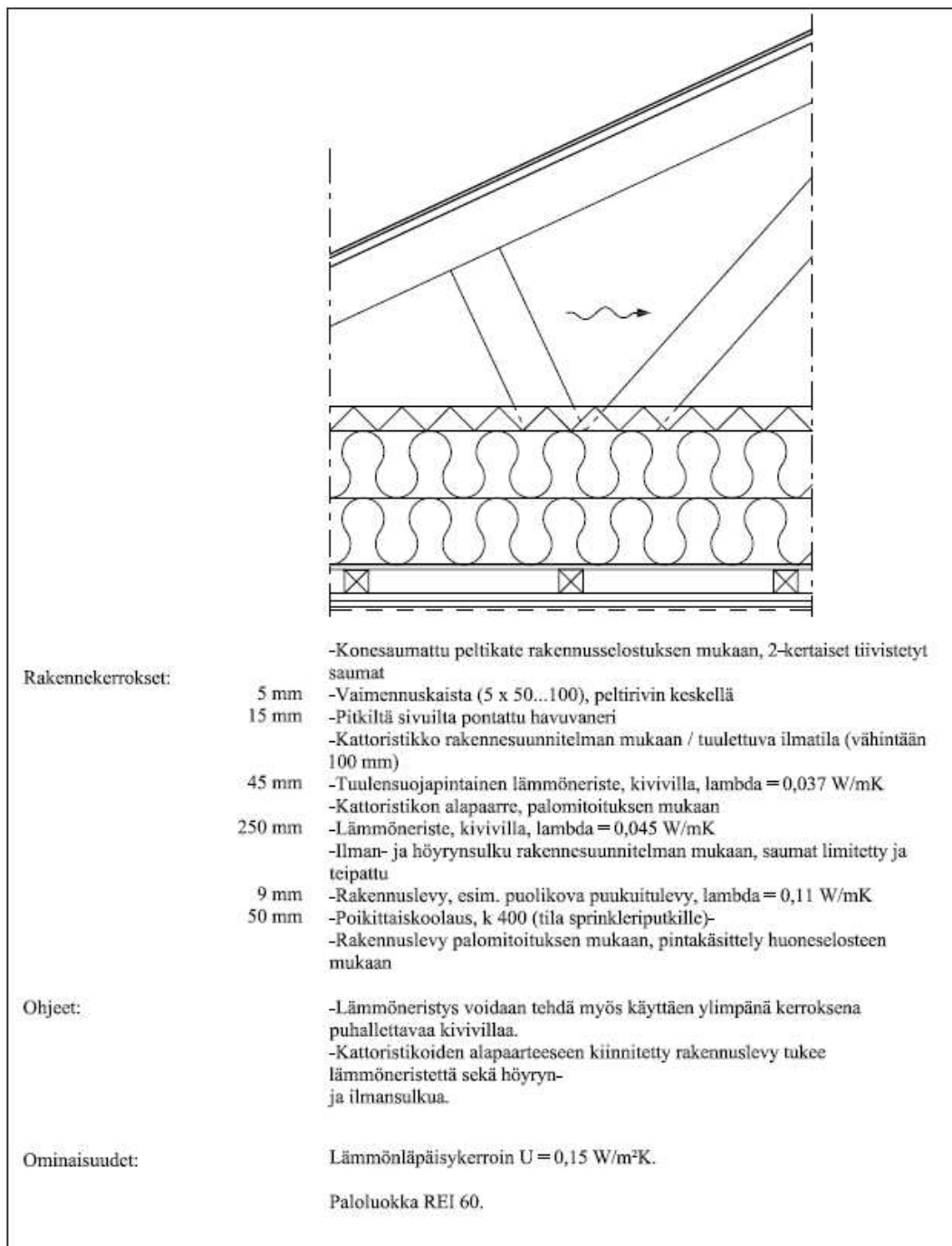
Tässä luvussa esitettyjen rakenneratkaisujen kustannusvertailuissa on käytetty lähteenä kirjaa ”Rakennusosien kustannuksia 2009”. Kirjasta löytyy hyvin paljon valmiita rakenneratkaisuja, joiden avulla on selvitetty eri rakenneratkaisuvaihtoehtojen kustannusvaikutukset. Kun kohteessa käytettävää rakennetta ei ole löytynyt valmiina kirjasta, on apuna käytetty rakenteiden osia.

Rakenteita lisäeristettäessä on riskinä mahdollisen kosteuden kertyminen rakenteen eristykseen. Kosteusriskejä täytyy aina tarkastella tapauskohtaisesti. Riski on hyvin pieni näin pienillä lämmöneristelisäyksillä, mikäli rakenteessa käytetään oikein rakennettua höyrynsulkua. Myös hyvä rakennustapa on tärkeä muistaa. Työssä ei ole tarkasteltu lämmöneristysten lisäämisen vaikutuksia rakenteiden kosteustekniseen käyttäytymiseen.

4.2 Kohteen yläpohja vuoden 2008 määräyksiin mukaan

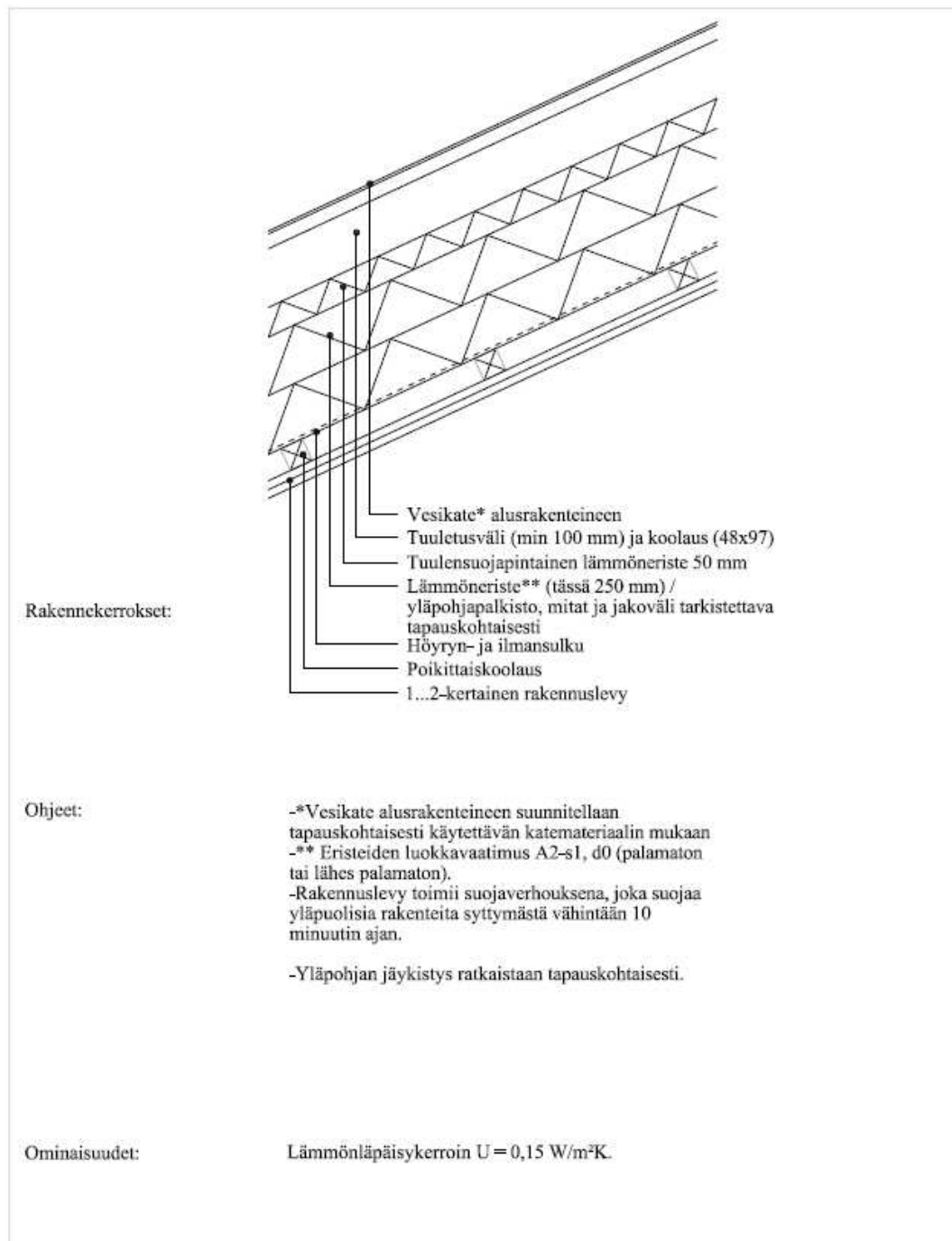
Nykyisillä 1.1.2008 voimaan tulleilla arvoilla yläpohjan lämmönläpäisykerroin on $U=0,15\text{W/m}^2\text{K}$. Arvon mukaan kohteen yläpohjaan pitää tällöin laittaa eristettä noin 300 mm. Kuvassa 8 on esitetty kohteessa käytetty yläpohjarakenne, YP1. Yläpohjaan asennetaan kattoristikot, joiden päälle tulee kauttaaltaan havuvaneri, vaimennuskaista ja konesaumattu peltikate. Lämmöneristykseenä käytetään puhallettua 250 mm:n kivivillaa, jonka päälle tulee tuulensuojapintainen 45 mm:n lämmöneriste.

Kuvan 8 yläpohjarakenteen materiaalikustannukset ovat 77 €/m². Työkustannus kyseiselle rakenteelle on 50 €/m². Yläpohjarakenteen kustannukset ovat tällöin yhteensä 127 €/m².



Kuva 8. Kohteen YP 1.

Kyseisessä kohteessa tullaan käyttämään olohuoneen kohdalla vinoa kattoa. Tällä pyritään tuomaan huoneelle lisää avaruutta. Kuvassa 9 on esitetty vino-osan katto, josta ilmenee rakennekerrokset, ohjeet ja lämmönläpäisykerroin.



Kuva 9. Kohteen vino-osan rakenneleikkaus YP 2 vino-osa.

4.3 Kohteen yläpohja vuoden 2010 määräyksien mukaan

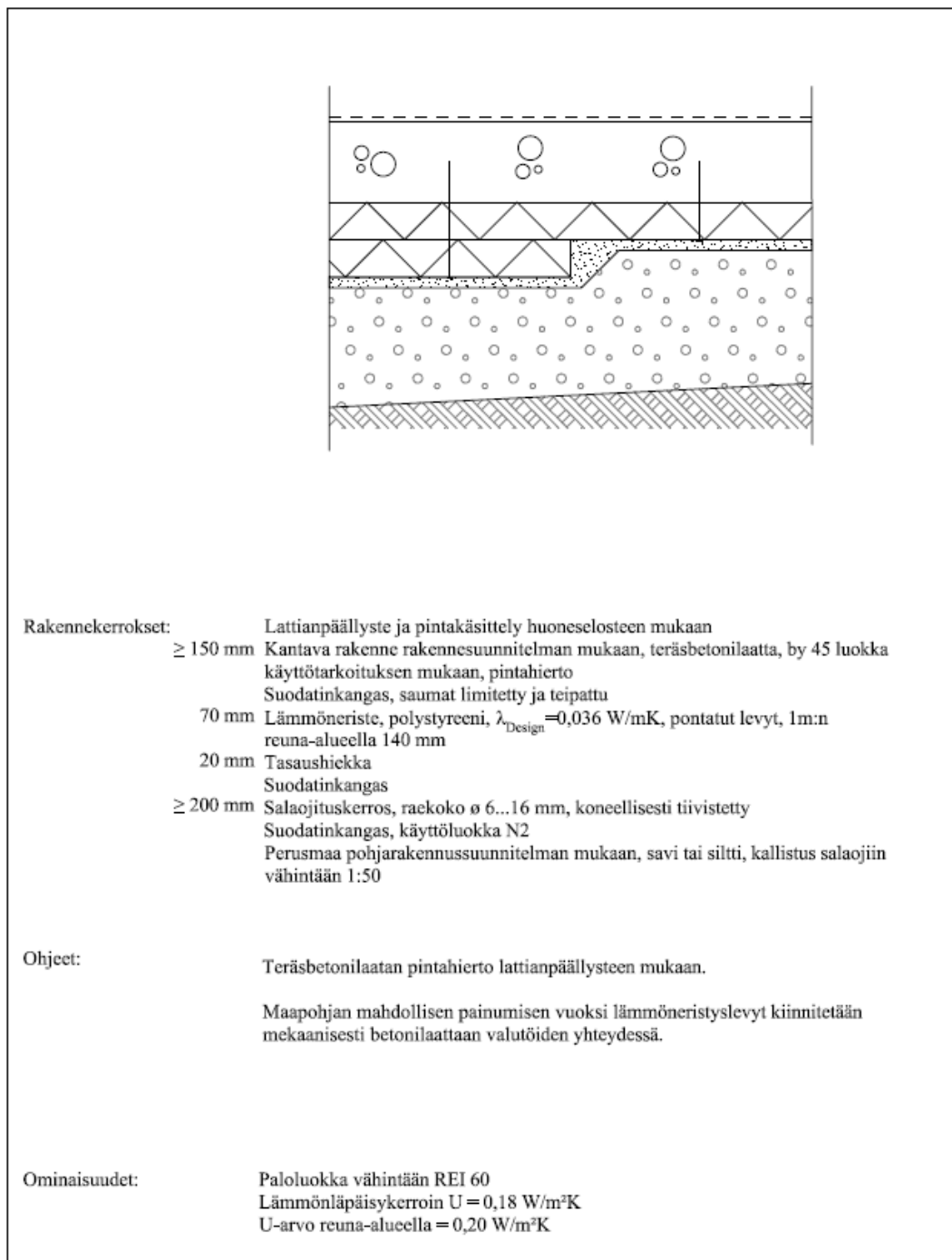
Tulevilla 1.1.2010 arvoilla yläpohjan lämmönläpäisykerroin on $U=0,09\text{W/m}^2\text{K}$. Kyseistä arvoa käytettäessä kohteen yläpohjaan on laitettava eristettä noin 400-450 mm:ä riippuen lämmöneristeestä. Kohteessa käytetään ristikkorakennetta. Kohteen yläpohjarakenne ei muutu oleellisesti ristikkorakennetta käytettäessä, ainoastaan tukikorkeus voi kasvaa. Kohteen ristikoiden tukikorkeus on jo riittävän korkea, jolloin tämä kasvu voidaan jättää huomioimatta kustannuksia laskettaessa. Tällöin lisäkustannukset kertyvät ainoastaan lämmöneristeestä ja siihen liittyvästä työstä.

Samanlaisen yläpohjarakenteen materiaalit kuin kuvassa 8, mutta 450 mm:n lämmöneristyksellä, materiaalikustannukset olisivat 86 €/m^2 ja työkustannukset 53 €/m^2 . Yhteensä kustannuksia tulisi 139 €/m^2 , eli lämmöneristemääräykset lisäävät kustannuksia 12 €/m^2 . Kasvu kustannuksiin on tällöin 9.5% :a.

4.4 Kohteen alapohja vuoden 2008 määräyksien mukaan

Nykyisillä 1.1.2008 voimaan tulleilla arvoilla maata vastaan olevan alapohjan lämmönläpäisykerroin on $U=0,24\text{W/m}^2\text{K}$ ja ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämmönläpäisykerroin on $U=0,19\text{W/m}^2\text{K}$. Kohteessa käytetään maanvaraista alapohjaa. Alapohjaan asennetaan laatan alapuolinen kova eriste. Kova eriste asennetaan koko pohja-alalle ja reuna-alueille asennetaan kaksinkertainen eristys jolloin päästään vaadittuun lämmönläpäisyarvoon. Kuvassa 10 on esitetty alapohjarakenne, jota käytetään kyseisessä kohteessa.

Kyseisen alapohjarakenteen materiaalikustannukset ovat 44 €/m^2 . Työkustannus kyseiselle rakenteelle on 13 €/m^2 . Yhteensä kustannuksia kertyy 57 €/m^2 .



Kuva 10. Kohteen AP.

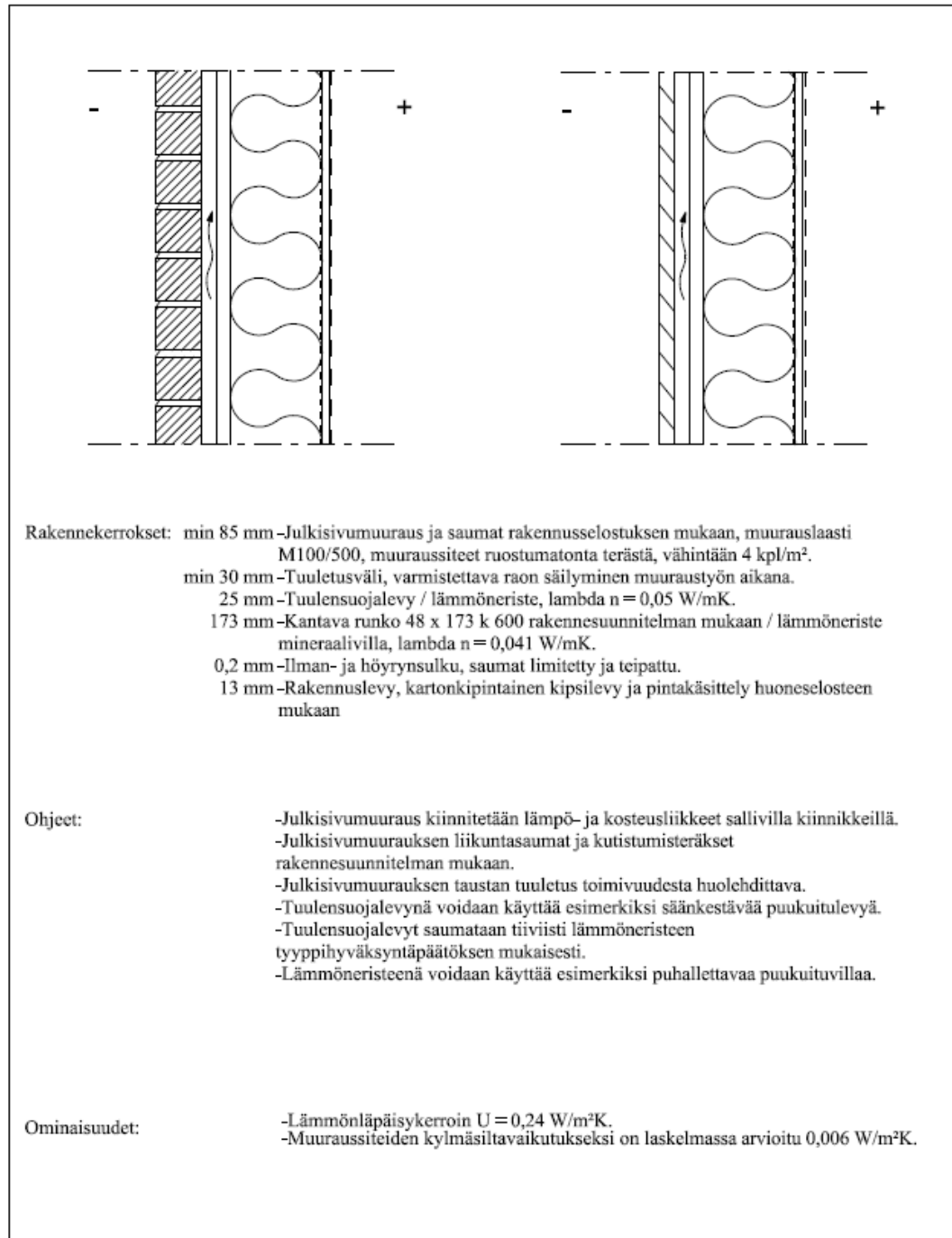
4.5 Kohteen alapohja vuoden 2010 määräyksien mukaan

Tulevilla 1.1.2010 arvoilla maata vastaan olevan alapohjan lämmönläpäisykerroin on $U=0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämmönläpäisykerroin on $U=0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$. Jotta arvo saavutetaan, niin kohteen alapohjaan on laitettava

esimerkiksi polystyreenieristettä noin 50 mm lisää verrattuna vuoden 2008 arvoon. Lisäyksen määrä riippuu siitä mitä lämmöneristettä käytetään. Samanlaisen alapohjarakenteen materiaalit kuin kuvassa 10 on esitetty, mutta 50 mm:n lisälämmöneristelisäyksellä tulisi materiaalikustannuksista 50 €/m² ja työkustannuksista 15 €/m². Näin ollen kustannukset nousisivat 8 €/m². Kasvu kustannuksiin on tällöin 14 %:a.

4.6 Kohteen ulkoseinä vuoden 2008 määräyksen mukaan

Nykyisillä 1.1.2008 voimaan tulleilla arvoilla ulkoseinän lämmönläpäisykerroin on $U=0,24\text{W/m}^2\text{K}$. Tämä tarkoittaa sitä, että kohteen ulkoseinässä on oltava noin 200 mm eristettä. Kohteessa käytetään julkisivumuurausta sekä vaakapaneelia. Kohteen julkisivumuurauksessa käytetään siteitä vähintään 4 kpl/m² ja siteiden on oltava ruostumatonta terästä. Siteitä käytettäessä täytyy ottaa ne huomioon ulkoseinärakenteen kylmäsiltoina. Kohteen ulkoseinissä kylmäsiltojen vaikutukseksi on huomioitu $0,006\text{W/m}^2\text{K}$. Kohteessa käytetään runkona 48 * 173 mm puurunkoa ja siinä puhallusvillaa. Kaikki kyseiset rakennustoimenpiteet tulee ottaa huomioon jolloin ulkoseinässä saavutetaan vaadittu arvo $U=0,24\text{W/m}^2\text{K}$. Kuvassa 11 on esitetty ulkoseinärakenteet, joita käytetään kyseisessä kohteessa.

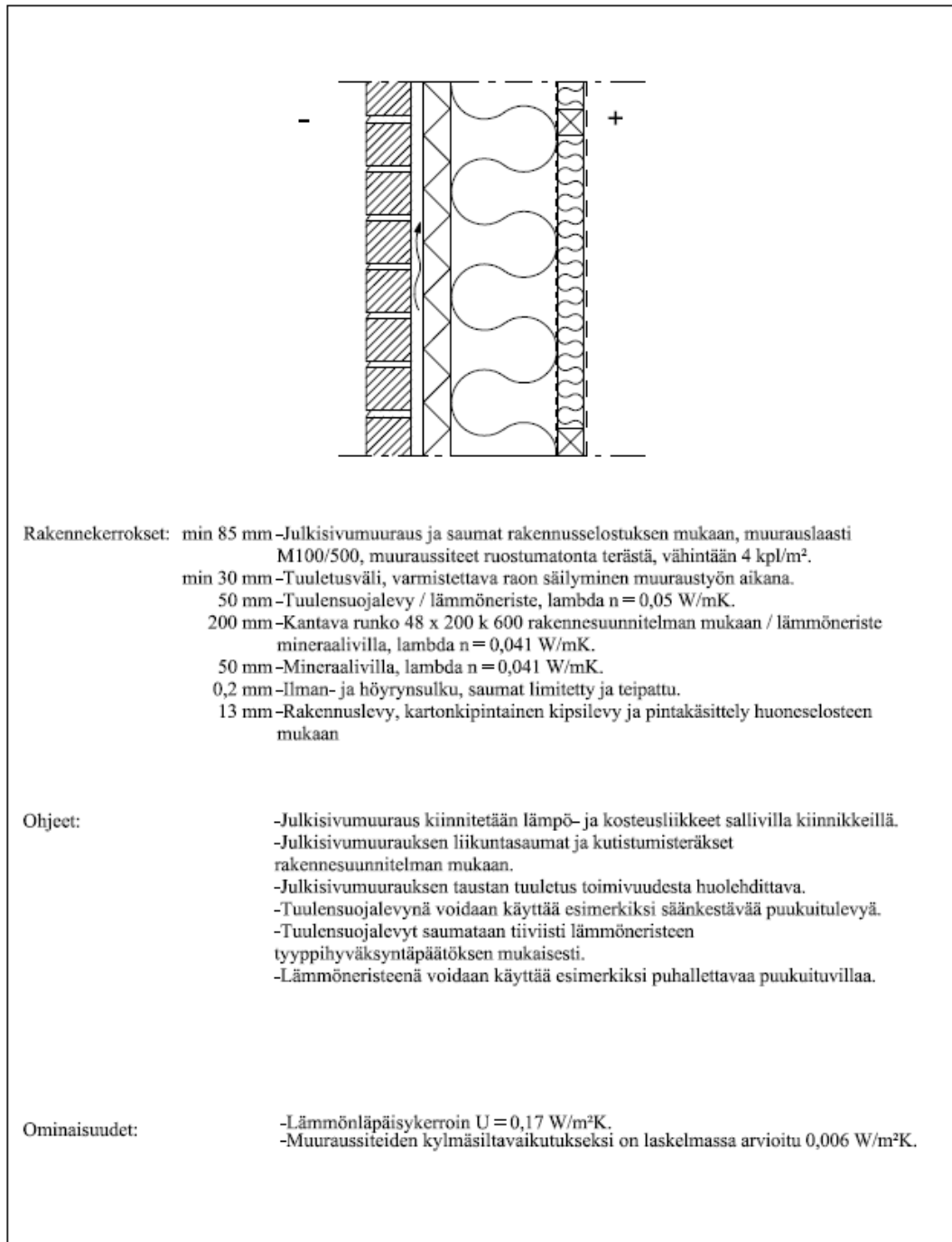


Kuva 11.Kohteen US1 ja US2

Kuvan 11 mukaisen muuratun julkisivun materiaalikustannukset ovat 61 €/m² ja työkustannukset 55 €/m². Kuvan 11 mukaisen paneelijulkisivun materiaalikustannukset ovat 47 €/m² ja työkustannukset 46 €/m².

4.7 Kohteen ulkoseinä vuoden 2010 määräyksien mukaan

Tulevilla 1.1.2010 arvoilla ulkoseinän lämmönläpäisykerroin on $U=0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$. Arvon mukaan eristettä vaaditaan kohteessa lisää noin 100 mm riippuen eristeestä verrattuna vuoden 2008 arvoon. Ulkoseinissä eristeen lisääminen on hankalinta, koska yleensä runkoa joudutaan levittämään tai ristiinkoolaamaan yhtä paljon kuin eristettä tarvitaan lisää. Kuvassa 12 on ulkoseinärakenne rakennekerroksineen, jonka $U=0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja se täyttää tulevan lämmönläpäisyvaatimuksen.



Kuva 12. US 3, joka täyttää arvon $U=0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$

Kyseisen kuvan 12 ulkoseinärakenteen materiaalikustannukset ovat 78 €/m^2 ja työkustannukset ovat 63 €/m^2 . Yhteensä kustannuksia kertyy 141 €/m^2 . Kustannukset kasvavat tällöin 25 €/m^2 ja kasvu kustannuksiin on tällöin $21,5 \%$:a. Vaakapaneeliulkoseinäenä kyseisen ulkoseinän kustannukset ovat 118 €/m^2 .

Kustannukset kasvaisivat 25 €/m² lisää jos kohde rakennettaisiin tulevilla (2010) lämmöneristemääräyksillä. Kasvu kustannuksiin on tällöin 27 %:a.

5 KOHTEEN TASAUSLASKU JA ENERGIATODISTUS

5.1 Rakennuksen lämpöhäviön tasauslaskenta

Rakennuksen lämpöhäviö on vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlaskettu lämpöhäviö. Lämpöhäviön määräystenmukaisuus osoitetaan tasauslaskelmalla, joka tehdään erikseen lämpimille ja puolilämpimille tiloille. Laskennassa käytetään suunnitellun rakennuksen koko- ja geometritietoja. Vaipan eri rakennusosien pinta-alat määritetään rakennuksen kokonaissisämittojen mukaan./10/

Tasauslaskenta on tehty Ympäristöministeriön hyväksymällä Exel-pohjaisella laskentaohjelmalla. Ohjelmaan syötetään tarvittavat pinta-alat ja lämmönläpäisykertoimet, jolloin se laskee automaattisesti vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon lämpöhäviöt. Kun tarvittavat tiedot on syötetty, ohjelma ilmoittaa täyttääkö kohde vaatimukset./13/ Kuvassa 14 on kohteen tasauslaskun täyttökaavio. Kuvassa 15 on ohjelman antama rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkastuslista.

Rakennuksen lämpöhäviön tasauslaskelma, D3-2007

Rakennuskohde	Pientalo
Rakennustyyppi	1-kerroksinen pientalo, ikkunapinta-ala 12,3%
Päsuunnittelija	
Tasauslaskelman tekijä	Mikko Ollila
Päiväys	1.5.2009
Tulos: Suunnitteluratkaisu	TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET

Rakennuksen laajuustiedot

Rakennuslaajuus	667 rak-m ²
Maanpäälliset kerrostasot yhteensä	152 m ²
Kerroskorkeus	3,1 m
Huonekorkeus	2,8 m
Ilmaliavuus, V, lämpimät tilat	573 m ³
Ilmaliavuus, V, puoli-lämpimät tilat	m ³

Laskentatuloksia

Julkisivun pinta-ala on 313 m²
 Ikkunapinta-ala on 22 % maanpäällisestä kerrostasosalasta
 Ikkunapinta-ala on 11 % julkisivun pinta-alasta
 Lämpöhäviö on 98 % vertailutasosta (lämpimät tilat)

Perustiedot	Pinta-ala, m ²		U-arvot, W/(m ² ·K)			Lämpöhäviöiden tasaus	
	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-arvo	Enimmäisarvo	Suunnittelu-arvo	Vertailuratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu
RAKENNUSOSAT							
Lämpimät tilat							
Ulkoseinä	281	270	0,24	0,00	0,24	67,5	64,8
Yläpohja	174	174	0,16	0,00	0,15	26,1	26,1
Alapohja (ulkotilaan rajoittuva)			0,16	0,00		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,18	0,00		-	-
Alapohja (maanvastainen)	174		0,24	0,00	0,24	41,8	41,8
Muu maanvastainen rakennusosa			0,24	0,00		-	-
Ikkunat	22,8	34,0	1,40	1,00	1,10	31,9	37,4
Ulkoovet	9,0		1,40	-	1,15	12,6	10,4
Kattokkunat			1,60	1,00		-	-
Lämpimät tilat yhteensä	661	661				178,9	180,6
Puoli-lämpimät tilat							
Ulkoseinä			0,38	0,00		-	-
Yläpohja			0,28	0,00		-	-
Alapohja			0,28	0,00		-	-
Alapohja (maanvastainen)			0,34	0,00		-	-
Muu maanvastainen rakennusosa			0,34	0,00		-	-
Ikkunat			1,80	2,00		-	-
Ulkoovet			1,80	-		-	-
Kattokkunat			1,80	2,00		-	-
Puoli-lämpimät tilat yhteensä	-	-				-	-
VAIPAN ILMAVUODOT							
	Ilmanvuotoluuku, 1/h [n ₅₀]		Vuotolmavirta, m ³ /s [q _{v,v} = n ₅₀ /26 x V/8000]			Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{vaip} = 1200 x q _{v,v}]	
Vuotolima			Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo		Vertailuratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu
Lämpimät tilat	4,0	4,0	0,0255	0,0255		30,6	30,6
Puoli-lämpimät tilat	4,0					-	-
ILMANVAIHTO							
	Poistolmavirta, m ³ /s [q _{v,p}]		LTO:n vuosihyötysuhde, % [η _{lto}]			Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{lto} = 1200 x q _{v,p} x (1-η _{lto})]	
Hallittu ilmanvaihto			Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo		Vertailuratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu
Lämpimät tilat	0,053		30	40		44,5	38,2
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0			-	-
Puoli-lämpimät tilat			30			-	-
Puoli-lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0			-	-
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus							
						Ominaislämpöhäviö, W/K [H = H _{lto} + H _{vaip} + H _u]	
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä						266	248
Puoli-lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä						-	-

Kuva 14. Rakennuksen lämpöhäviön tasauslaskun täyttökaavio

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista				
Pinta-alat (osa C3)				
Vertailukunapinta-ala on 15 % yhteenlasketusta maanpöydällisistä kerrostasosolista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta		kyllä V	ei	
Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisussa		V		
- lämpimissä tiloissa				
- puoillämpimissä tiloissa				
Rakennusosien U-arvot ja valpan lämpöhäviö (osa C3)				
U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruista		kyllä V	ei	
Valpan suunnittelu- ja vertailuratkaisun ominaislämpöhäviön suhde on enintään 1,2				Enimmäisarvo Toteutunut arvo
- lämpimissä tiloissa		V		1,2 1,00
- puoillämpimissä tiloissa				1,2
Rakennuksen lämpöhäviöiden taseus (D3)				
Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen		kyllä V	ei	Vertailu- arvo Suunnittelu- arvo
- lämpimissä tiloissa				255 W/K 249 W/K
- puoillämpimissä tiloissa				
Tarkistuslistan yhteenvedo				
Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset		kyllä V	ei	
Lisäselvitykset				
Rakennuksen vuotoilma (osa D3)				
Jos lämpöhäviölaskeimissa valpan ilmanvuotoluvun n_{50} suunnitteluarvo on alle 4 l/h, ilmanpitävyydestä on esitettävä lisäselvitys				
Illanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) hyötysuhde (osa D2)				
Jos lämpöhäviölaskeimissa LTO:n vuosihyötysuhteen suunnitteluarvo on suurempi kuin 30 %, vuosihyötysuhteesta on esitettävä lisäselvitys				
Matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötaso				
Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään 60 % vertailuratkaisun ominaislämpöhäviöstä		kyllä	ei	60 % vertailu- arvo Suunnittelu- arvo
- lämpimissä tiloissa			X	153 W/K 249 W/K
- puoillämpimissä tiloissa				
Suunnitteluratkaisu vastaa matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötasoa			X	

Kuva 15. Tasauskalkun tarkistuslista

Tulosten perusteella kohde täyttää vaatimukset. Rakennuksen lämpöhäviöiden suunnitteluarvo on 249 W/K, joka ei saa olla suurempi kuin vertailuarvo 255 W/K. Kuvassa 16 on esitetty vertailukuva siitä, kuinka tulokset muuttuisivat jos kohde rakennettaisiin 1.1.2010 voimaan tulevilla lämmönläpäisyarvoilla.

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista			
Pinta-alat (osa C3)			
Vertailukunapinta-ala on 15 % yhteenlasketusta maanpäällisistä kerrostasosioista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alaista	kyllä V	ei	
Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisuissa	V		
- lämpimissä tiloissa			
- puoliämpimissä tiloissa			
Rakennusosien U-arvot ja vaipan lämpöhäviö (osa C3)			
U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruista	kyllä V	ei	
Vaipan suunnittelu- ja vertailuratkaisun ominaislämpöhäviön suhde on enintään 1,2			Enimmäisarvo Toteutunut arvo
- lämpimissä tiloissa	V		1,2 0,74
- puoliämpimissä tiloissa			1,2
Rakennuksen lämpöhäviöiden taseaus (D3)			
Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen	kyllä V	ei	Vertailu- arvo Suunnittelu- arvo
- lämpimissä tiloissa			255 W/K 201 W/K
- puoliämpimissä tiloissa			
Tarkistuslistan yhteenveto			
Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset	kyllä V	ei	
Lisäselvitykset			
Rakennuksen vuotolima (osa D3)			
Jos lämpöhäviölaskeimissa vaipan ilmanvuotoluvun n_{50} suunnitteluarvo on alle 4 l/h, ilmanpölyyydestä on esitettävä lisäselvitys			
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) hyötysuhde (osa D2)			
Jos lämpöhäviölaskeimissa LTO:n vuosihyötysuhteen suunnitteluarvo on suurempi kuin 30 %, vuosihyötysuhteesta on esitettävä lisäselvitys			

Kuva 16. Tasauslaskun tarkistuslista tulevilla U-arvoilla

Tulosten perusteella rakennus täyttää arvon. Lämpöhäviöiden suunnitteluarvo olisi tulevilla 2010 lämmönläpäisyarvoilla 201 W/K. Arvo paransi kohteessa 48 W/K, jos rakenteet rakennettaisiin tulevilla 2010 arvoilla.

5.2 Energiatodistus nykyisillä (2008) arvoilla toteutettuna

Energiatodistukset on tehty ohjelmalla Dof-energia. Dof-energia-ohjelmalla voidaan arvioida rakennuksen energiatarvetta Rakentamismääräyskokoelman D5

mukaisesti. Energiatodistus on kaksiosainen. Ensimmäisestä osasta selviää rakennuksen ET-luku eli rakennuksen energiatehokkuusluku ja toisesta osasta laskennan lähtötiedot. Kuvassa 17 on kohteen energiatodistus. Kyseinen energiatodistus on laskettu käyttäen nykyisiä 2008 voimaan tulleita U-arvoja.

ENERGIATODISTUS		
<p>Rakennus Rakennustyyppi: Erilliset pientalot (enintään Osoite: Mäntyläntie 61300 KURIKKA</p>		
Valmistumisvuosi: 2009 Rakennustunnus: MIETO 11:164 Asuntojen lukumäärä: 1		
<p>Energiatodistus perustuu laskennalliseen kulutukseen ja on annettu</p> <input checked="" type="checkbox"/> rakennuslupamenettelyn yhteydessä <input type="checkbox"/> erillisen tarkastuksen yhteydessä		
ET-luku	Vähän kuluttava	Rakennuksen ET-luokka
- 150	A	
151 - 170	B	
171 - 190	C	
191 - 230	D	
231 - 270	E	E
271 - 320	F	
321 -	G	
<i>Paljon kuluttava</i>		
Rakennuksen energiatehokkuusluku (ET-luku, kWh/brm²/vuosi):		261
Energiatehokkuusluvun luokitteluasteikko: Pienet asuinrakennukset Energiatehokkuusluokitus perustuu rakennuksen laskennalliseen energiankulutukseen. Todellinen kulutus riippuu rakennuksen sijainnista, asukkaiden lukumäärästä ja asumistottumuksista.		
Todistuksen antaja: M. OLLILA Karhunnranta 61300 KURIKKA Allekirjoitus:		Todistuksen tilaaja: Marika Ollila-Koski ja Olli Koski 61300 KURIKKA
Todistuksen antamispäivä: 050509		Viimeinen voimassaolopäivä: 040519
<small>Energiatodistus perustuu lakiin rakennusten energiastandardista (487/2007) ja 19.6.2007 annettuun ympäristöministeriön asetukseen energiastandardista. Tämä energiastandardi on asetuksen liitteiden 1 mukainen.</small>		

Kuva 17. Asuinrakennuksen energiastandardi (osa1)

ENERGIATODISTUKSEN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT						
Rakennuksen laajuustiedot						
Bruttoala	152 brm ²					
Rakennustilavuus	667 rak-m ³	Ilmatilavuus	573 m ³			
Huoneistoala	152 hum ²	Henkilömäärä	2			
Rakenteet						
Rakennusosat						
Ulkoseinät	Tiiliverhoitu puurunko, 175 mm mineraal Kevytsojaraharkko 350, eristemateriaali EP	Pinta-ala (m ²)	U-arvo (W/m ² K)			
Yläpohjat	350 mm puhallusvilla	94.19	0.24			
		2.80	0.24			
		152.00	0.15			
Alapohja	Maanvarainen laatta 70 mm, EPS 100 mm	152.10	0.24			
Ovet	Puualumiinirunko, ersitemateriaali EPS	9.71	1.10			
Ikkunat	Pohjoiseen, MSE-puualumiinikarmi, 170 se	0.36	1.16	g _{kohtisuora}	F _{kehä}	
	Itään, MSE-puualumiinikarmi, 170 sel.las	7.70	1.16	0.55	0.75	
	Etelään, MSE-puualumiinikarmi, 170 sel.I	3.12	1.16	0.55	0.75	
	Länteen, MSE-puualumiinikarmi, 170 sel.I	13.72	1.16	0.55	0.75	
Tehollinen lämpökapasiteetti C _{Rak omin.} 70 Wh/(brm ² K)						
Ilmanvaihto						
Rakennuksen ilmanvuotoluku n50				4.0	1/h	
Ilmanvaihdon poistovirta				0.079	m ³ /s	
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosiyhtysuhde				30	%	
Vedenkulutus						
Lämpimän käyttöveden kulutus				73.00	m ³ /vuosi	
Huoneistokohtainen vedenmittaus ja laskutus				Kyllä <input checked="" type="checkbox"/>	Ei <input type="checkbox"/>	
Lämmitysjärjestelmät						
Lämmönkehitys	Pellettikattila	Sisältää käyttöveden lämmityksen	Kyllä <input checked="" type="checkbox"/>	Ei <input type="checkbox"/>		
Lämmönjakotapa	Vesikiertoinen lattialämmitys, 40/35 °C					
Lämmönvaraajat						
Lämpimän käyttöveden kiertojohdo					Kyllä <input type="checkbox"/>	Ei <input checked="" type="checkbox"/>
- Kiertojohdoton on liitetty märkätilojen lämmityslaitteita					Kyllä <input type="checkbox"/>	Ei <input checked="" type="checkbox"/>
Energiatohokkuusluvun laskenta						
Lämmitysenergian kulutus	32088 kWh/vuosi					
Laitesähköenergian kulutus	7605 kWh/vuosi					
Jäähdytysenergian kulutus	0 kWh/vuosi					
Rakennuksen energiankulutus yhteensä	39693 kWh/vuosi					
Rakennuksen energiatohokkuusluku	261 kWh/brm²/vuosi					

Kuva 17. Asuinrakennuksen energiatodistus (osa 2)

5.3 Energiatodistus tulevilla (2010) arvoilla toteutettuna

Tässä vertaillaan kuinka paljon rakennuksen ET-luku paransi jos kohteessa käytettäisiin tulevia 2010 lämmönläpäisyarvoja. Kuvassa 18 on esitetty kohteen energiatodistus.

ENERGIATODISTUS		
Rakennus Rakennustyyppi: Erilliset pientalot (enintään Mäntyläntie 2 Osoite: kurikka		Valmistumisvuosi: 2009 Rakennustunnus: mieto Asuntojen lukumäärä: 1
Energiatodistus perustuu laskennalliseen kulutukseen ja on annettu <input checked="" type="checkbox"/> rakennuslupamenettelyn yhteydessä <input type="checkbox"/> erillisen tarkastuksen yhteydessä		
ET-luku	Vähän kuluttava	Rakennuksen ET-luokka
- 150	A	
151 - 170	B	
171 - 190	C	
191 - 230	D	D
231 - 270	E	
271 - 320	F	
321 -	G	
Paljon kuluttava		
Rakennuksen energiatehokkuusluku (ET-luku, kWh/bm ² /vuosi): 209 Energiatehokkuusluvun luokitteluasteikko: Pienet asuinrakennukset Energiatehokkuusluokitus perustuu rakennuksen laskennalliseen energiankulutukseen. Todellinen kulutus riippuu rakennuksen sijainnista, asukkaiden lukumäärästä ja asumistottumuksista.		
Todistuksen antaja: M OLLILA		Todistuksen tilaaja: MARIKA OLLILA - KOSKI & OLLI KOSKI
Allekirjoitus:		
Todistuksen antamispäivä: 050509		Viimeinen voimassaolopäivä: 040519
<small>Energiatodistus perustuu lakiin rakennusten energiatodistuksesta (487/2007) ja 19.6.2007 annettuun ympäristöministeriön asetukseen energiatodistuksesta. Tämä energiatodistus on asetuksen lomakkeen 1 mukainen.</small>		

Kuva 18. Energiatodistus tulevilla 2010-arvoilla (osa1)

ENERGIATODISTUKSEN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT					
Rakennuksen laajuustiedot					
Bruttoala	152 brm ²				
Rakennustilavuus	667 rak-m ³	Ilmatilavuus	573 m ³		
Huoneistoala	152 hum ²	Henkilömäärä	4		
Rakenteet					
Rakennusosat					
Ulkoseinät	Tiiliverhoitu puurunko, 250 mm mineraal Kevytsoharkko 350, eristemateriaali EP	Pinta-ala (m ²)	U-arvo (W/m ² K)		
		94.19	0.17		
Yläpohjat	550 mm puhallusvilla	0.00	0.24		
		152.00	0.09		
Alapohja	Maanvarainen laatta 70 mm, EPS 250 mm	152.10	0.16		
Ovet	Puualumiinirunko, ersitemateriaali EPS	9.71	0.80		
Ikkunat	Pohjoiseen, MSE-puualumiinikami, 170 se	0.36	0.85	g_{ikkoinen}	F_{ikkoinen}
	Itään, MSE-puualumiinikami, 170 sel.las	7.70	0.85	0.55	0.75
	Etelään, MSE-puualumiinikami, 170 sel.l	3.12	0.85	0.55	0.75
	Länteen, MSE-puualumiinikami, 170 sel.l	13.72	0.85	0.55	0.75
Tehollinen lämpökapasiteetti $C_{\text{Rak.omin}}$		70 Wh/(brm ² K)			
Ilmanvaihto					
Rakennuksen ilmanvuotoluku n50			4.0	1/h	
Ilmanvaihdon poistovirta			0.079	m ³ /s	
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosiyhötysuhde			48	%	
Vedenkulutus					
Lämpimän käyttöveden kulutus			73.00 m ³ /vuosi		
Huoneistokohtainen vedenmittaus ja laskutus			Kyllä <input checked="" type="checkbox"/>	Ei <input type="checkbox"/>	
Lämmitysjärjestelmät					
Lämmönkehitys	Pellettikattila	Sisältää käyttöveden lämmityksen	Kyllä <input checked="" type="checkbox"/>	Ei <input type="checkbox"/>	
Lämmönjakotapa	Vesikiertoinen lattialämmitys, 40/35 C				
Lämmönvaraajat					
Lämpimän käyttöveden kiertojohdo			Kyllä <input checked="" type="checkbox"/>	Ei <input type="checkbox"/>	
- Kiertojohdoon on liitetty märkätilojen lämmityslaitteita			Kyllä <input type="checkbox"/>	Ei <input checked="" type="checkbox"/>	
Energiatodistuksen laskenta					
Lämmitysenergian kulutus		24041 kWh/vuosi			
Laitesähköenergian kulutus		7605 kWh/vuosi			
Jäähdytysenergian kulutus		0 kWh/vuosi			
Rakennuksen energiankulutus yhteensä		31646 kWh/vuosi			
Rakennuksen energiatodistustilavuus		209 kWh/brm ² /vuosi			

Kuva 18. Energiatodistus tulevilla 2010-arvoilla (osa 2)

Energiatodistuksista huomataan, että nykyisillä arvoilla kohde kuuluu E-luokkaan, kulutuksella 261 kWh/brm²/vuosi. Tulevilla lämmönläpäisyarvoilla kohde kuuluisi D-luokkaan, kulutuksella 209 kWh/brm²/vuosi. Energiatodistuksien

erotuksena on tällöin 52 kWh/brm²/vuosi. Taulukossa 6 on energiatodistuksien tuloksia ja vertailuja. Lisäksi liitteessä 3 ja 4 esitetään energiatodistuksen yhteenvedot.

Taulukko 6. Energiatodistuksen tulokset

	ET-luku, luokka (kWh/brm ² /vuosi)	Lämmitys- energia (kWh/vuosi)	Laitesähkö- energia (kWh/vuosi)	Yhteensä (kWh/vuosi)
2008	261 E-luokka	32088	7605	39693
2010	209 D-luokka	24041	7605	31646

5.4 Rakenteiden takaisinmaksuajan laskenta

Mikäli kohteessa käytetään pellettilämmitystä, tällöin energian hinta on keskimäärin noin 3.15 snt/kWh. Sähkön arvioitu keskihinta on noin 7.9 snt/kWh, kyseisellä paikkakunnalla. Energiankulutuksella tarkoitetaan lämmitysenergian kulutusta (3.15 snt/kWh) ja laitesähköenergian kulutusta (7.9 snt/kWh). Nykyisillä arvoilla rakennettuna kohteen lämmitysenergian kulutus on (32088 kWh/vuosi * 3.15 snt/kWh = 1011 €/vuosi) ja laitesähköenergian kulutus on (7605 kWh/vuosi * 7.9 snt/kWh = 601 €/vuosi). Energian kulutus tällöin on yhteensä 1612 €/vuosi. Vuoden 2010 arvoilla rakennettuna kohteen lämmitysenergian kulutus olisi (24041 kWh/vuosi * 3.15 snt/kWh = 757 €/vuosi)

ja laitesähköenergian kulutus on $(7605 \text{ kWh/vuosi} * 7.9 \text{ snt/kWh} = 601 \text{ €/vuosi})$. Energian kulutus tällöin olisi yhteensä 1358 €/vuosi. Erotukseksi tällöin tulisi 254 €/vuosi.

Laskettaessa ulkoseinät, yläpohja ja alapohja 2010 arvoilla, muuttuvat lisäkustannukset ovat yhteensä 9149 €. Tällöin lisäkustannuksien takaisinmaksuaika on $(9149 \text{ €} / 254 \text{ €/vuosi} = 36 \text{ vuotta})$. Jos kohde rakennettaisiin ainoastaan yläpohjan osalta tulevilla vuoden 2010 arvoilla, olisi takaisinmaksuaika $(2088 \text{ €} / 254 \text{ €/vuosi} = 8.2 \text{ vuotta})$ ja alapohjan osalta tulevilla vuoden 2010 arvoilla, olisi takaisinmaksuaika $(1224 \text{ €} / 254 \text{ €/vuosi} = 4.8 \text{ vuotta})$. Jos lasketaan ylä- ja alapohja yhteensä, saadaan takaisinmaksuajaksi 13 vuotta.

YHTEENVETO

Opinnäytetyössä on suunniteltu asuinrakennuksen ja lämpimän autotallin toteutukset Kurikkaan tilaajan toiveet ja tarpeet huomioiden. Työhön sisältyi myös kyseisten rakennuksien lupakuvien piirtäminen, 3D-malli ja kustannusarvio. Lisäksi työssä tarkasteltiin kohteessa käytettävien rakenteiden energiatehokkuuksia. Vertailin nykyisiä 1.1.2008 voimaan tulleita lämmöneristemääräyksiä ja 1.1.2010 voimaan tulevia määräyksiä keskenään. Tutkin myös miten muuttuvat määräykset vaikuttavat kyseisen kohteen energiankulutukseen ja kustannuksiin.

Työn ensimmäisessä luvussa käsitelin rakennushankkeen kannalta olennaisia asioita siitä, mitä tilaaja minulta oli toivonut. Näitä olivat muun muassa rakennussuunnittelu, lupakuvien piirtäminen ja kustannusarvio. Teoriapohjaista asiaa on selvennetty kuvilla. Suunnittelun tuloksena saatiin luotua onnistuneet rakennuslupakuvat, joilla tilaaja voi hakea rakennuslupaa. 3D-malli antaa tilaajalle paremman käsityksen siitä, miltä asuinrakennus ja autotalli näyttävät todellisuudessa.

Seuraava energiatehokkuutta ja energiatodistusta käsittelevä luku pohjautui hyvin pitkälti teoriaan. Teoriaosassa lähteinä oli käytetty lakeja, direktiivejä ja rakentamismääräyksiä. Luvussa käsiteltiin energiatehokkuuden nykyiset ja 1.1.2010 voimaan tulevat lämmönläpäisymääräykset. Luvussa käsiteltiin myös energiatodistuksen laadintaa ja määräyksiä.

Seuraavissa luvuissa käsiteltiin lämmönläpäisyarvoja ja energiankulutusta kohteessa. Luvussa käsiteltiin myös kuinka kustannukset muuttuisivat jos kohteen rakenteet rakennettaisiin 1.1.2010 voimaan tulevilla lämmönläpäisykertoimilla. Taloudellisuuden arvioinnissa käytettiin takaisinmaksuaikaa. Tuloksista saatiin selville, että mikäli kohteen rakenteet rakennettaisiin tulevia 2010 arvoja käyttämällä, rakenteiden takaisinmaksuaika olisi 36 vuotta. Rakennuksen elinkaarta ajateltaessa lisäeristäminen olisi kannattavaa, sillä rakennuksen elinkaari on paljon pidempi. Tilaajan kannattaisi ainakin eristää ylä- ja alapohja tulevilla 2010 arvoilla, koska tällöin takaisinmaksuaika olisi 13 vuotta. Tällöin myös

energiankulutus ja päästöt vähenisivät. Myös lämmitykseen tarvittava energiamäärä pienenesi. Mikäli haluttaisiin tarkempi tulos, tulisi tarkastelu tehdä myös, esimerkiksi nykyarvomenetelmällä.

Seuraavassa, taulukossa 7, on yhteenveto kohteen rakenteiden kustannuksista. Taulukkoon on koottu yläpohjan, alapohjan ja ulkoseinien kustannukset nykyisillä vuoden 2008 ja tulevilla 2010 lämmönläpäisyarvoilla. Taulukossa on myös laskettu kustannuksien erotus ja vaikutus kohteen kustannuksiin.

Taulukko 7. Yhteenveto kohteen rakenteiden kustannuksista

	Vuoden 2008 määräyksiin mukaan	Tulevien vuoden 2010 määräyksiin mukaan	Erotus	Vaikutus kohteen kustannuksiin
Yläpohja	127 €/m²	139 €/m²	12 €/m²	+2088 €
Alapohja	57 €/m²	65 €/m²	8 €/m²	+1224 €
Ulkoseinä (Muurattu julkisivu)	116 €/m²	141 €/m²	25 €/m²	+3725 €
Ulkoseinä (Paneeli julkisivu)	93 €/m²	117 €/m²	25 €/m²	+2112 €

Taulukosta 7 huomataan, että yläpohjan kustannukset nousisivat 12 €/m², alapohjan 8 €/m² ja ulkoseinien 25 €/m² jos kohde toteutettaisiin tulevilla lämmönläpäisykertoimilla. Kohteen asuinrakennuksessa on yläpohjaa yhteensä 174 m²:ä. Nykyisillä arvoilla yläpohja maksaisi 22 425 € ja uusilla arvoilla 24 513 €. Erotukseksi tulee tällöin 2 088 € jolloin kasvukustannuksiin on 9,5 %:a. Kohteen asuinrakennuksessa on alapohjaa yhteensä 153 m²:ä. Nykyisillä arvoilla alapohja maksaisi 5 695 € ja uusilla arvoilla 6 919 €. Erotukseksi tulee 1 224 €. Kasvu kustannuksiin on tällöin 9,5 %:a. Kohteen asuinrakennuksessa muurattua julkisivua on yhteensä 149 m². Nykyisillä arvoilla ulkoseinä maksaisi 17 284 € ja uusilla arvoilla 21 009 €. Erotukseksi tulee 3 720 €. Kasvu kustannuksiin on tällöin 21,5 %:a. Kohteen asuinrakennuksessa paneelijulkisivua on yhteensä 88 m². Nykyisillä arvoilla ulkoseinä maksaisi 8 184 € ja uusilla arvoilla 10 296 €. Erotukseksi tulee 2 100 €:a. Kasvu kustannuksiin on tällöin 27 %:a.

Kohteen asuinrakennuksen kustannusarvio kasvaisi yhteensä 9 149 € mikäli sen rakenteet rakennettaisiin vuoden 2010 arvoja käyttämällä. Kaikkien saatujen tulosten perusteella kehottaisin tilaajaa miettimään tarkkaan eri rakenneratkaisuja ja niiden taloudellisia vaikutuksia pidemmällä aikavälillä.

LÄHTEET

- /1/ Energiatodistusopas 2007. Rakennuksen energiatodistus ja energiatehokkuusluvun määrittäminen. Ympäristöministeriö.
- /2/ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2002/91/EY. [viitattu 7.4.2009]. Saatavilla www-muodossa URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:001:0065:0071:FI:PDF>
- /3/ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi rakennusten energiatehokkuudesta. Saatavilla www-muodossa URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:001:0065:0071:FI:PDF>
- /4/ Kurikan kaupungin kotisivut, rakennusvalvonta [viitattu 2.2.2009]. Saatavilla [www-muodossa: <URL:http://www.kurikka.fi/?c=693&nv=2&ns=654&nt=684&lang=fi>](http://www.kurikka.fi/?c=693&nv=2&ns=654&nt=684&lang=fi)
- /5/ L487/2007. Laki rakennusten energiatodistuksesta. 13.4.2007.
- /6/ Rakennustieto Oy. Rakennusosien kustannuksia 2009.
- /7/ Rautakesko Oy. Kestävän asumisen opas. 2008
- /8/ Suomen rakentamismääräyskokoelma C3. Rakennusten lämmöneristysmääräykset 2007.
- /9/ Suomen rakentamismääräyskokoelma C3. Rakennusten lämmöneristysmääräykset 2010.
- /10/ Suomen rakentamismääräyskokoelma D3. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2010.
- /11/ Suomen rakentamismääräyskokoelma [viitattu 9.5.2009]. Saatavilla www-modossa URL: [URL: <URL:http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=321569&lan=FI>](http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=321569&lan=FI)

- /12/ Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta.
[www-sivu].[viitattu 8.4.2009].
Saatavilla www-muodossa URL:
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2007/20070765>
- /13/ Ympäristöministerion julkaisema Exel-pohjainen tasauslaskun
laskentaohjelma. [viitattu 9.5.2009]. Saatavilla www-muodossa URL:
<[http://www.ymparisto.fi/searchresult.asp?query=tasauslaskin&button5=
%A0Hae%A0&lan=FI](http://www.ymparisto.fi/searchresult.asp?query=tasauslaskin&button5=%A0Hae%A0&lan=FI)>

LIITTEET

Liite 1. Rakennuslupakuvat ja 3D-malli.

Liite 2. Energiatodistuksen yhteenveto 1.1.2008 voimaan tulleilla lämmönläpäisyarvoilla.

Liite 3. Energiatodistuksen yhteenveto 1.1.2010 voimaan tulevilla lämmönläpäisyarvoilla.