

ESIPUHE

Kiitän professori Kari Salosta diplomityöni ohjauksesta, Talo Saunarannan rakennuttajia hyvästä yhteistyöstä sekä Lamit.fi:tä laskentatyökalujen käytöstä. Lisäksi kiitos professori Ralf Lindbergille sekä professori Timo Kalemalle. Kiitos myös seuraaville henkilöille jotka ovat jakaneet työhöni liittyvää tietoa:

Melina Nowak, Virpi Leivo, Kristiina Heinonen, Kimmo Lylykangas, Ari Järvinen, Pasi Typpö ja Simo Hakkarainen.

Tampereella 3. maaliskuuta 2010

Malin Moisio



Kuva 1. Talo Saunaranta, takarinteestä

TIIVISTELMÄ

TTY, Arkkitehtuurin laitos

Diplomityö

Moisio, Malin

Opiskelijanumero 158422

Maaliskuu 2010

Arkkitehtuurin vaikutus pientalon energiatehokkuuteen, Talo Saunaranta ja 47 variaatiota

Tarkastaja Professori Kari Salonen

Avainsanat: Energiatehokkuus, Pientalo,
Energiatodistus, Talo Saunaranta

Diplomityö käsittelee uudisrakentamisen liittyvää arkkitehtisuunnittelua ja sen vaikutusmahdollisuuksia pientalon energiatehokkuuteen. Energiatehokkuutta määrittelee tässä työssä rakennuksen energiatodistuslaskennan avulla saatu ET-luku. ET-luku saadaan jakamalla rakennuksen vuosittain tarvitsema energiamäärä bruttoneliometriä kohden. Energiatehokkuus lasketaan Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan D5 mukaan.

Tarkastelun kohteena Talo Saunaranta, pääosin puurakenteinen pientalo Nokialla. Diplomityössä Talo Saunarannan ominaisuudet on jaettu osiin eli

muuttujiksi. Kustakin muuttujasta on 3 **vaihtoehtoa.**

Muuttujat on jaettu neljään ryhmään, **vertailuihin A, B, C ja D.** Vertailussa A on selvitetty arkkitehtonisten muuttujien vaikutusta pientalon energiatehokkuuteen. Vertailussa B on tutkittu tilaohjelman, vertailussa C rakenteiden ja vertailussa D ilmanvaihdon ja lämmityksen vaikutusta pientalon energiatehokkuuteen. Muuttamalla yhtä vaihtoehtoa kerrallaan on Talo Saunarannasta saatu 45 **variaatiota.** Kullekin variaatiolle on laskettu energiatehokkuus, **ET-luku.** Laskennassa on käytetty Lamit.fi:n Energiajunior 7.1 laskentatyökalua. Variaatioiden ET-lukuja on verrattu Talo Saunarannan ET-lukuun. Näin on selvitetty eri ominaisuuksien **vaikutus** rakennuksen energiatehokkuuteen.

Tämän vertailun perusteella pientalon laskennalliseen energiankulutukseen, ET-lukuun, vaikuttavat useat seikat. Merkittävimmin siihen vaikuttavat rakenteiden U-arvot, rakennuksen koko sekä LTO:n vuosihyötysuhde. Ikkunoilla on kolmenlaisia, osittain toisiaan kumoavia, vaikutuksia rakennuksen energiatehokkuuteen. Ikkunoiden johtumishäviöt ovat ulkoseinää suuremmat heikompien U-arvojen ansiosta. Toisaalta niiden kautta saadaan merkittävä osa rakennukseen passiivisesta lämpöenergiasta. Kun rakennuksen lämpökuormat ylittävät lämpöhäviöt syntyy jäädytystarvetta, joka taas heikentää rakennuksen energiatehokkuutta.

Ikkunoiden koon pienentäminen vaikuttaa rakennuksen arkkitehtuuriin ja tilan tuntuun eniten, tässä tapauksessa heikentävästi.

Lämmönjakotavalla on merkitystä energiatehokkuudelle niiden luovutushäviöiden vuoksi. Myös kerrosten sijoittelu, ilmatilavuus ja rakenteiden tiiviys vaikuttavat osaltaan merkittävästi.

Esimerkkinä on esitetty kaksi variaatiota joissa vertailun ominaisuuksia on yhdistelty vapaasti. Esimerkissä on laskettu ET-luku vaihtoehdolle **E**, jossa on käytetty tämän vertailun energiatehokkuuksiltaan parhaita vaihtoehtoja. Esimerkkinä on esitetty suunnitelma variaatiosta **A+E**, jossa energiatehokkuuden lisäksi on huomioitu myös arkkitehtoniset ominaisuudet. Suunnitelmassa lähtökohtana on pidetty ikkunoiden kokoa, josta on pyritty tinkimään mahdollisimman vähän. Muita ominaisuuksia parantamalla sekä jäähdytystarvetta minimoimalla on kuitenkin saavutettu suunnitelma joka vastaa energiatehokkuudeltaan Suomalaista passiivitalotasoa.

ABSTRACT

Tampere University of Technology,

School of Architecture

Master of Science Thesis

Moisio, Malin

Student number 158422

March 2010

Architecture's influence on energy efficiency for a detached Saunaranta House with 47 variations

Advisor Professor Kari Salonen

Keywords: Energy Efficiency, Detached house, Energy Performance Certificate, Saunaranta House

The Master Thesis studies architectural design among the new-build and its opportunities to influence the energy efficiency of a small detached house.

In this study energy efficiency is defined as Energy Efficiency -value (ET-value) based on energy calculations for Energy Performance Certificate. Energy efficiency is calculated as defined in Part D5 in the National Building Code of Finland. ET-value is calculated by dividing the energy demand of the building per annum by the total floor area (kWh/ total m²/year).

The thesis is based on a case study of a small detached house in Nokia, the Saunaranta House. The main

construction material of the house is timber. In the Master Thesis the features of the Saunaranta House are divided in several variables. There are three options for each variable and they have been divided in four groups; comparisons A, B, C and D. In comparison A the impact of architectural variables have been compared with the energy efficiency of the house. Comparison B concentrates on the impact of the accommodation schedule, comparison C studies the impact of the structure and in comparison D the effect of ventilation and heating has been looked at. By changing one variable at the time this resulted to 45 different variations for the Saunaranta House. The energy efficiency was calculated for each of the variations as ET-value. 'Lamit.fi Energiajunior 7.1.' software was used in the energy efficiency calculations. The ET-value of each variation were compared with the ET-value of the Saunaranta House. In this way it was possible to determine the impact on various features of the building for its energy efficiency.

The comparison study shows that the main areas that affect on the calculated energy efficiency of the house (the ET-value) are the U-values of the structures and the size of the building. The annual efficiency of the Heat Recovery System influences in large part on the energy efficiency as well. The sizes of windows effect on several ways; on one hand they increase the convection loss from the building but on the other hand they also

generate passive solar energy in to the building. Large windows increase the heat gain in summer time and as a result create a need for cooling. Reducing the size of the windows has the largest effect, in this case negative, on the architecture.

Heat distribution method also has an effect due to its thermal loss. Additionally the arrangement of the floors, air volume and air tightness have got a large impact as well.

Two variations are presented as an example where the features of the comparison have liberally been combined. ET-value was calculated in the example for variation E, where the options with best energy efficiency have been used. There is also an architectural design prepared for variation A+E. This option is a variation where architectural qualities have been taken into account in addition to energy efficiency. Window sizes were used as a base in option A+E and the aim was to try to compromise on their extent as little as possible. By improving other features and minimising the need for cooling it was however possible to achieve a design that complies with Finnish Passive House standards.

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO11

1.1 YLEISTÄ.....	11
1.2 TYÖN TAUSTAA	12
1.3 TYÖN AIHE JA TAVOITE	12
1.4 TYÖN RAKENNE	13

2 KÄSITTEET15

2.1 ENERGIATODISTUS	15
2.1.1 ENERGIATEHOKKUUS JA ET-LUKU	
2.1.2 ENERGIALUOKKA	
2.1.3 ET-LUVUN LASKENTA	
2.2 RAKENNUKSEN LÄMPÖHÄVIÖ JA VERTAILULÄMPÖHÄVIÖ	16
2.2.1 LÄMPÖHÄVIÖIDEN TASAUSLASKELMA	
2.3 PASSIIVITALO	17
2.4 MATALAENERGIATALO.....	17
2.5 LAAJUUSTIEDOT	18
2.5.1 BRUTTOPINTA-ALA	
2.5.2 RAKENNUSTILAVUUS	
2.5.3 KERROSKORKEUS	
2.5.4 HUONEKORKEUS	
2.5.5 ILMATILAVUUS	
2.5.6 JULKISIVUPINTA-ALA	
2.5.7 IKKUNOIDEN JA OVIENTA-ALA	
2.5.8 YLÄPOHJA	
2.5.9 ALAPOHJA	
2.5.10 VÄLIPOHJA	
2.5.11 ULKOSEINÄ	
2.6 IKKUNOIDEN VARJOSTUSKERTOIMET.....	20
2.6.1 YMPÄRISTÖN VARJOSTUSTEN KORJAUSKERROIN	
2.6.2 YLÄ- JA SIVUVARJOSTUSTEN KORJAUSKERROIN	

2.7 KEHÄKERROIN	20
2.8 VERHOKERROIN	20
2.9 MUOTOKERROIN.....	20
2.10 U-ARVO.....	20
2.11 ILMATIIVIYS.....	20

3 ALKUPERÄINEN TALO SAUNARANTA.. 21

3.1 TAUSTAA	23
3.2 RAKENNUSPAIKKA.....	23
3.3 ARKKITEHTUURI.....	23
3.4 RAKENUSTEKNIikka	24
3.4.1 RAKENTEET	
3.4.2 LVIS	
3.4.3 PINTARAKENTEET	
3.5 SUUNNITELMAT.....	24
3.5.1 LAAJUUSTIEDOT	
3.5.2 RAKENNUSOSIEN TIEDOT	
3.5.3 ET-LUKU JA ET-LUOKKA	
3.5.4 SUUNNITTELIJAT JA URAKOITSIJAT	
3.5.5 PIIRUSTUKSET	

4 45 VARIAATIOTA, ENERGIATEHOKKUUDEN VERTAILU35

4.1 TALO SAUNARANNAN VERTAILUVERSIO	35
4.2 MUUTTUUJAT JA VAKIOT	39
4.3 LASKENTA.....	40
4.4 MERKKIEN SELITYKSET	40
4.5 VERTAILU A, ARKKITEHTUURI.....	41
4.5.1 MUOTO	
4.5.2 TILAVUUS	
4.5.3 IKKUNAT	
4.5.4 OVET	

4.5.5	IKKUNOIDEN SUUNTAUS	
4.5.6	VARJOSTUS	
4.5.7	VERHOKERROIN	
4.5.8	KEHÄKERROIN	
4.6	VERTAILU B, TILAOHJELMA	49
4.6.1	KOKO	
4.6.2	ASUKASMÄÄRÄ	
4.6.3	KERROSLUKU	
4.7	VERTAILU C, RAKENTEET	52
4.7.1	U-ARVOT	
4.7.2	ILMATIIVIYS	
4.8	VERTAILU D, LÄMMITYS JA ILMANVAIHTO	54
4.8.1	LTO:N VUOSIHYÖTYSUHDE	
4.8.2	LÄMMÖNJAKOTAPA	
5	LASKENTA.....	55
5.1	LASKENNAN TULOKSET	55
6	YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT	61
6.1	TULOSTEN TARKASTELU	61
6.1.1	TALO SAUNARANTA	
6.1.2	MUOTO	
6.1.3	TILAVUUS	
6.1.4	IKKUNAT	
6.1.5	OVET	
6.1.6	IKKUNOIDEN SUUNTAUS	
6.1.7	VARJOSTUS, VERHO- JA KEHÄKERROIN	
6.1.8	KOKO	
6.1.9	HENKILÖMÄÄRÄ	
6.1.10	KERROSLUKU	
6.1.11	U-ARVOT	
6.1.12	ILMATIIVIYS	
6.1.13	LTO:N VUOSIHYÖTYSUHDE	
6.1.14	LÄMMÖNJAKOTAPA	
6.2	JÄÄHDYTYSTARVE.....	70
6.3	LASKENNAN ONGELMAT	72
6.3.1	D5 LASKENTA	
6.3.2	KOKONAISENERGIANKULUTUS	
6.3.3	TILAVUUKSIEN LASKENTATAPA	
6.3.4	PINTA-ALOJEN LASKENTATAPA	
6.3.5	LASIOVET	
6.3.6	HENKILÖMÄÄRÄN LASKENTATAPA	
6.3.7	ILMATIIVIYDEN VERTAILU- JA SUUNNITTELUARVO	
6.3.8	ENERGIAMUOTOJEN HUOMIOIMINEN	
6.3.9	VERTAILUKELPOISUUS	
6.4	RAKENNUKSEN OMINAISUUKSIEN VAIKUTUS PIENTALON ENERGIAATEHOKKUUTEEN	75
6.5	JATKOTUTKIMUSTARPEET	76
7	ESIMERKKI, 2 VARIAATIOTA.....	77
7.1	VARIAATIOT E JA A+E	77
7.1.1	TULOKSET	
7.2	SUUNNITELMA, VARIAATIO A+E	80
7.2.1	PIIRUSTUKSET, VARIAATIO A+E	
8	LÄHTEET	87
9	LIITTEET	88



Kuva 2, Talo Saunaranta, ikkunaseinä

1 JOHDANTO

1.1 YLEISTÄ

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin tavoitteena on vähentää hiilidioksidipäästöjä rakennusten energiatehokkuutta parantamalla. Direktiivi velvoittaa myös energiatodistusten käyttöönottoon (2002/91/EY). EU:n jäsenmaat ovat Kioton sopimuksessa sitoutuneet vähentämään kasvihuonepäästöjä 8% vuoden 1990 tasosta vuosiin 2008-2012 mennessä (Kioton pöytäkirjan toimeenpanon säännöt s.19). Suomen veloitteena on pitää kasvihuonekaasujen päästöt vuosina 2008–2012 keskimäärin vuoden 1990 tasolla (Kioton pöytäkirjan toimeenpanon säännöt s.21)

Energiankulutus kuitenkin kasvaa jatkuvasti, ja EU:ssa rakennusten osuus kulutuksesta on noin 40 prosenttia. Suomessa eniten energiaa kuluttavat lämmitys, lämminvesi, ilmanvaihto ja valaistus. Rakennusten lämmitys aiheuttaa Suomen kasvihuonekaasupäästöistä 30 prosenttia (Energiatodistusopas 2007).

Rakentamismääräyskokoelman osia C3 muutettiin vuoden 2010 alusta. Muutos aiheutti huomattavaa tiukennusta rakennusten lämmöneristysmääräyksiin (RakMK C3 2010 ja 2007). Lämmöneristysmääräyksiä tiuken-

netaan seuraavan kerran jo vuonna 2012. Tällöin rakentamismääräykset ottavat mahdollisesti käyttöön kokonais- ja primäärienergiatarkastelun sekä energiamuotojen kertoimet (www.ymparisto.fi).

1.2 TYÖN TAUSTAA

Talo Saunaranta on Nokialle rakentuva, pääosin puurakenteinen pientalo. Olen suunnitellut Talo Saunarannan asiakkaileni vuonna 2008. Rakennustyöt alkoivat kesällä 2009 ja talo valmistuu 2010. Talo Saunaranta aukeaa Nokianvirrälle 12 metriä leveällä ja 3,1 metriä korkealla ikkunaseinällä. Ikkunaseinä on suuntautunut koilliseen ja avautuu jokimaisemaan. Rakennuksen 1. kerroksen julkisivun pinta-alasta on ikkunapinta-alaa 30% ja kerrostasosalasta 40%. Lasiseinän ansiosta muiden rakennusosien U-arvoja parannettiin jotta kokonais-lämpöhäviö vastaisi vuoden 2009 rakennusmääräyksiä.

Isot ikkunat ovat olleet useiden suunnittelemini pientalojen peruslähtökohtia. Iso lasiseinä on keskeisessä osassa myös Talo Saunarannan arkkitehtuurissa. Pyrin suunnittelussa aina myös kestävään rakentamiseen.

Ajatus rakennuksen ominaisuuksien energiatehokkuuden vertailusta syntyi kun halusin tutkia onko isojen lasiseinien tekeminen mahdollista myös vuonna 2010 voimaan tulleilla lämmöneristysmääräyksillä. Lisäksi halusin selvittää erilaisten suunnitteluratkaisujen

tosiasiallista vaikutusta rakennuksen energiatehokkuuteen. Tällaisten vertailujen puuttuessa eri ominaisuuksien vaikutus perustui lähinnä mielikuviiin. Kaipasin itselleni täsmällisempää taustatietoa suunnittelutyöni tueksi. Olen päteväytynyt EET (Erillisen energiatodistuksen antaja) tutkinnolla, ja halusin myös perehtyä ET-luvun laskentamenetelmään tarkemmin. Diplomityölläni haluan selvittää ikkunoiden koon merkitystä rakennuksen energiatehokkuuteen ja verrata sitä muiden ominaisuuksien vaikutukseen. Haluan myös selvittää onko ikkunoiden aiheuttamat johtumishäviöt kompensoitavissa muilla keinoin.



Kuva 3, Talo Saunaranta, mittakaava

1.3 TYÖN AIHE JA TAVOITE

Diplomityö käsittelee uudisrakentamisen yhteydessä tehtävää arkkitehtisuunnittelua ja sen vaikutusmahdollisuuksia rakennuksen energiatehokkuuteen. Tarkastelun

lähtökohtana on Nokialle suunniteltu pientalo, Talo Saunaranta. Tätä suunnitelmaa vertailukohteena käyttäen on tutkittu erilaisia rakennuksen energiatehokkuuteen vaikuttavia ominaisuuksia. Energiatehokkuus on laskettu Suomen rakentamismääräyskokoelman (jäljempänä RakMK) osan D5 mukaan. Tavoitteena on selvittää miten arkkitehtuurilla voi vaikuttaa rakennuksen energiatehokkuuteen ja miten se suhtautuu muihin vaikutusmahdollisuuksiin kuten rakenteisiin, ilmanvaihtoon ja lämmitykseen. Esimerkkinä on esitetty variaatio A+E, versio Talo Saunarannasta jossa arkkitehtonisia ominaisuuksia on karsittu mahdollisimman vähän, kuitenkin niin että se täyttää energiatehokkuudeltaan Suomessa passiivitalolle asetetut vaatimukset.

Työssä ei oteta kantaa rakennuksen ekotehokkuuteen, kustannuksiin, rakenneteknisiin ongelmiin eikä käyttäjien vaikutukseen rakennuksen energiatehokkuudelle. RakMK D5 laskennan mukaan saadaan rakennuksen laskennallinen energiankulutus. Todellinen kulutus riippuu rakennuksen sijainnista, asukkaiden lukumäärästä ja asumistottumuksista (asetus rakennuksen energiatodistuksesta Lomake 1).

1.4 TYÖN RAKENNE

Diplomityö muodostuu tästä 88 sivuisesta kirjallisesta osasta liitteineen. Työn keskeisimmistä osista on 6 kpl A2 kokoista esittelyplanssia. Kirjallisen työn

ensimmäinen osa sisältää johdannon eli työn tavoitteen ja taustat. Toisessa osassa esitellään keskeisimmät käsitteet aiheesta. Kolmannessa osassa esitellään Talo Saunarannan suunnitelmat, sen taustaa ja piirustukset. Neljännessä osassa esitellään muuttujat ja laskentatapa, viidennessä laskennan tulokset. Kuudes osa sisältää yhteenvedon ja päätelmät laskennan tuloksista. Viimeinen, seitsemäs osa sisältää suunnitelmat variaatiosta A+E.

2 KÄSITTEET

2.1 ENERGIATODISTUS

Energiatodistuksessa ilmoitetaan se energiamäärä, joka tarvitaan rakennuksen tarkoitustaan vastaavaan käyttöön. Energiatodistuksen avulla kuluttajat voivat vertailla rakennusten energiatehokkuutta (asetus rakennuksen energiatodistuksesta 1 §).

2.1.1 ENERGIATEHOKKUUS JA ET-LUKU

Energiatodistuksessa rakennuksen tarvitsema energiamäärä ilmoitetaan energiatehokkuuslukuna eli ET-lukuna. ET-luku saadaan jakamalla rakennuksen vuosittain tarvitsema energiamäärä bruttoneliometriä kohden. Rakennuksen tarvitsema vuotuinen energiamäärä on lämmitysenergian kulutuksen, laitteiden sähkökulutuksen ja tilojen jäähdytysenergiankulutuksen summa. Rakennuksen energiatehokkuusluku (ET-luku, kWh/brm²/vuosi), ilmoitetaan ylöspäin pyöristettynä kokonaislukuna. (asetus rakennuksen energiatodistuksesta 1 §, liite 1 ja 2).

2.1.2 ENERGIALUOKKA

ET-luku määrittelee rakennuksen energialuokan. Jotta energiatehokkuuden arviointi ja vertaaminen muihin vastaaviin rakennuksiin olisi mahdollista, energiatehokkuuden perusteella kiinteistölle määritellään energialuokka asteikolla A-G. Vähiten energiaa kuluttaa A-luokan kiinteistö, eniten G-luokan kiinteistö (asetus rakennuksen energiatodistuksesta liite 1). Pientalojen energiatehokkuusluvun luokitteluasteikko pienille asuinrakennuksille on esitetty kohdassa 4.4 Merkkien selitykset.

2.1.3 ET-LUVUN LASKENTA

Rakennuksen energiankulutus on laskettava Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa ”D5 Rakennusten energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohjeet 2007”, esitetyllä laskentamenetelmällä (asetus rakennuksen energiatodistuksesta, Liite 2).

2.2 RAKENNUKSEN LÄMPÖHÄVIÖ JA VERTAILULÄMPÖHÄVIÖ

Rakennuksen lämpöhäviö on vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlaskettu lämpöhäviö. Rakennuksen vertailulämpöhäviö on rakennuksen vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlaskettu lämpöhäviö laskettuna määräysten vertailuarvoilla. Rakennuksen laskennallinen

lämpöhäviö saa olla enintään yhtä suuri kuin rakennukselle määritetty vertailulämpöhäviö

(RakMK D3, s.7).

2.2.1 LÄMPÖHÄVIÖIDEN TASAUSLASKELMA

Lämpöhäviön määräystenmukaisuus osoitetaan tasauslaskelmalla, joka tehdään erikseen lämpimille ja puolilämpimille tiloille. Laskennassa käytetään suunnitellun rakennuksen koko- ja geometriatietoja.

(RakMK D3, s.7).

Rakennuksen vertailulämpöhäviön laskennassa käytetään rakennuksen vuotoilmakertoimena arvoa $n_{\text{vuotoilma}} = 0,08$ 1/h, mikä vastaa ilmanvuotolukua $n_{50} = 2,0$ 1/h. Jos ilmanpitävyyttä ei osoiteta mittaamalla tai muulla menettelyllä, käytetään rakennuksen suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa rakennuksen vuotoilmakertoimena arvoa $n_{\text{vuotoilma}} = 0,16$ 1/h, mikä vastaa ilmanvuotolukua $n_{50} = 4,0$ 1/h. Tätä pienempää arvoa voidaan käyttää, jos ilmanpitävyys osoitetaan mittaamalla tai muulla menettelyllä (RakMK D3, s.8).

Vertailulämpöhäviön laskennassa käytetään ilmanvaihdon lämmöntaiteenoton vuosihyötysuhteena arvoa 45 %. Lämpimän, erityisen lämpimän tai jäähdytettävän kylmän tilan rakennusosien lämmönläpäisykertoimina U käytetään seuraavia vertailuarvoja:

Seinä $0,17$ W/m²K

Hirsiseinä, paksuus vähintään 180 mm, $0,40$ W/m²K

Yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja $0,09$ W/m²K

Ryömintätilaan rajoittuva alapohja, tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta, 0,17 W/m²K.

Maata vastaan oleva rakennusosa 0,16 W/m²K

Ikkuna, kattoikkuna, ovi 1,0 W/m²K

Sen lisäksi, että rakennuksen vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlaskettu lämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen, tulee tasauslaskennan täyttää seuraavat ehdot:

Rakennuksen yhteenlasketun ikkunapinta-alan vertailuikkunapinta-ala on 15 % rakennuksen kokonaan tai osittain maanpäällisten kerrosten kerrostasojen summasta, mutta kuitenkin enintään 50 % rakennuksen julkisivupinta-alasta (RakMK C3, 3.2).

Valoaukon pinta-ala on asuinhuoneissa vähintään 10 % lattiapinta-alasta (RakMK G1). Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala on sama vertailu- ja suunnitteluratkaisuissa. Vertailuratkaisun U-arvot ovat RakMK osan C3 vertailuarvojen suuruisia. Suunnitteluratkaisun U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia. Rakennuksen vaipan lämpöhäviö saa kuitenkin olla enintään 30 prosenttia suurempi kuin vertailuarvoilla laskettu rakennuksen vaipan lämpöhäviö, jos lämpöhäviön ylitys tasataan pienentämällä rakennuksen vuotoilman tai ilmanvaihdon lämpöhäviötä (RakMK C3, 3.1.2)

Jos lämpöhäviölaskelmissa vaipan ilmanvuotoluvun n_{50} suunnittelu-arvo on alle 4 1/h, ilmanpitävyydestä on

esitettävä lisäselvitys. Jos lämpöhäviölaskelmissa LTO:n vuosihyötysuhteen suunnittelu-arvo on suurempi kuin 30 %, vuosihyötysuhteesta on esitettävä lisäselvitys.

(Tasauslaskentaopas 2007, s. 11)

2.3 PASSIIVITALO

Passiivitalo on rakennus jonka on Suomessa ja 60 asteen leveyspiirin pohjoispuolella määritelty täyttämään seuraavat kriteerit:

1. Tilojen lämmitysenergian tarve (vaipan johtumishäviöt, vuotoilman lämmityksen tarvitseman energian, hallitun ilmanvaihdon tarvitseman energian, jäädytyksen tarvitseman energian joista vähennetään hyödynnetyt lämpökuormat) on <20-30 kWh/brm² rakennuksen sijainnista riippuen. Keski-Suomessa tarve on <25 kWh/brm².

2. Rakennuksen primäärienergian tarve <120-140kWh/m², Keski-Suomessa <135 kWh/brm².

3. Rakennuksen ilmavuotoluku n_{50} <0,6 1/h.

Passiivitalon määrittely perustuu erilaisia ilmastoja varten PEP ja PassiveOn projektien perusteella

(www.passiivitalo.vtt.fi, www.passiivinfo).

2.4 MATALAENERGIATALO

Matalaenergiatalon laskennallinen lämpöhäviö on enintään 85 % rakennukselle määritetystä vertailulämpöhäviöstä (RakMK D3/2010, s. 5).

2.5 LAAJUUSTIEDOT JA RAKENNUSOSIEN TIEDOT

2.5.1 BRUTTOPINTA-ALA

Rakennuksen bruttopinta-ala [brm²] eli bruttoala kuvaa koko rakennuksen laajuutta. Bruttoala lasketaan rakennuksen kaikkien kerrostasojen kerrostasoalojen summana. Kerrostasoalat lasketaan bruttoalaan kokonaisina riippumatta kerrostason sijainnista ja sen sisältämien huoneiden käyttötarkoituksista. Kerrostasoala on kerrostason ala, jonka rajoina ovat kerrostasoa ympäröivien ulkoseinien ulkopinnat tai niiden ajateltu jatke ulkoseinän pinnassa olevien aukkojen ja koristeosien osalla. Kerrostasoala sisältää myös porrasaukot sekä alat, joissa huonekorkeus on alle 1600 mm. Rakennuksen energiatehokkuusluvun laskennassa pinta-alana käytetään standardin SFS 5139 mukaista bruttopinta-alaa, josta on vähennetty energiatodistuksen kohteena olevan rakennuksen tai rakennusryhmän lämmittämättömien tilojen osuus (RakMK D5, 1.3).

2.5.2 RAKENNUSTILAVUUS

Rakennuksen tilavuudella [rakm³] tarkoitetaan tilaa, jota rajoittavat ulkoseinien ulkopinnat, alapohjan alapinta ja yläpohjan yläpinta. Milloin rakennuksessa ei ole yläpohjaa tai yläpohja liittyy ilman ullakkoa vesikattoon, katsotaan rajoittavaksi pinnaksi vesikaton yläpinta suojauksineen. Milloin rakennuksen alapohjan paksuutta

ei voida arvioida, lasketaan alapohjan paksuudeksi 200 mm alapohjan yläpinnasta (RakMK D5, 1.3).

2.5.3 KERROSKORKEUS

Rakennuksen kerroskorkeus on keskimääräinen kerroskorkeus. Kerroskorkeus mitataan alemman kerroksen lattian pinnasta välittömästi yläpuolella olevan kerroksen lattian pintaan. Välipohja sisältyy kerroskorkeuteen. Ala- ja yläpohja voidaan ottaa kerroskorkeutta laskettaessa huomioon kuten rakennustilavuutta laskettaessa (Tasauslaskentaopas 2007, s. 15).

2.5.4 HUONEKORKEUS

Rakennuksen huonekorkeus on keskimääräinen huonekorkeus. Huonekorkeus mitataan huoneen lattian pinnasta huoneen katon alapintaan (Tasauslaskentaopas 2007, s. 15).

2.5.5 ILMATILAVUUS

Rakennuksen ilmatilavuus V [m³] on huonekorkeuden ja kokonaissämittojen mukaan lasketun pinta-alan tulo. Välipohjia ei lasketa ilmatilavuuteen. **Huoneiston** ilmatilavuus on sen sisäpintojen rajoittaman tilakappaleen tilavuus. Väliseiniä ja välipohjia ei lasketa ilmatilavuuteen. **Huoneen** ilmatilavuus on sen sisäpintojen rajoittaman tilakappaleen tilavuus. Milloin huoneessa on alakatto, jonka pinta-alasta aukkojen

osuus on vähemmän kuin puolet, katsotaan huonetta yläpuolelta rajoittavaksi pinnaksi alakaton alapinta. Huoneen tilavuuden laskennassa ei oteta huomioon vähäisten palkkien, pilareiden, syvennysten, listojen ja vastaavien vaikutusta. Kaikkien rakennuksen tilojen tilavuus voidaan laskea kuten huoneen tilavuus (RakMK D5, 1.3).

2.5.6 JULKISIVUPINTA-ALA

Julkisivupinta-ala lasketaan ulkoseinien kokonais-sisämittojen mukaan. Seinän korkeus tarkastelukohtassa on alapohjan yläpinnan ja yläpohjan alapinnan välinen pystysuuntainen etäisyys. Ulkoseinän leveys on vaakasuora etäisyys ulkoseinän sisäpinnan nurkasta seuraavaan ulkoseinän sisäpinnan nurkkaan. Julkisivupinta-ala sisältää ulkoseinien lisäksi siinä olevien ikkunoiden ja ovien pinta-alat (Tasauslaskentaopas 2007, s. 14).

2.5.7 IKKUNOIDEN JA OVIENT PINTA-ALA

Ikkunoiden ja ovien pinta-alat lasketaan kehän eli karmirakenteen ulkomittojen mukaan (RakMK D5, 1.3).

2.5.8 YLÄPOHJA

Yläpohjan pinta-ala lasketaan ulkoseinien sisämittojen mukaisesti kattoikkunoiden aukkojen pinta-alat vähentäen. Yläpohjan läpivientejä ei vähennetä yläpohjan pinta-alasta (Tasauslaskentaopas 2007, s. 16).

2.5.9 ALAPOHJA

Alapohjan pinta-ala lasketaan sisämittojen mukaan aukkojen ja rakenteiden aloja vähentämättä. Alapohjan läpivientejä ei vähennetä alapohjan pinta-alasta (Tasauslaskentaopas 2007, s. 17).

2.5.10 VÄLIPOHJA

Välipohjien pinta-ala lasketaan ulkoseinien sisämittojen mukaisesti porras ym. aukkoja vähentämättä.

2.5.11 ULKOSEINÄ

Ulkoseinien pinta-ala lasketaan sisämittojen mukaisesti lattiapinnasta yläpohjan alapintaan ikkunoiden ja ovien aukkojen pinta-alat vähentäen (RakMK D5, 1.3).

Jos yläpohjan alapuolella on ilmaväli ja sisäverhous, katsotaan ilmaväliä rajoittava yläpinta yläpohjan alapinnaksi. Kun yläpohja on kallistettu, lasketaan korkeudeltaan muuttuvalle ulkoseinälle keskimääräinen korkeus. Ulkoseinän leveys on vaakasuora etäisyys seinän sisäpinnan nurkasta seuraavaan seinän sisäpinnan nurkkaan. Ulkoseinällä olevien ikkunoiden ja ovien pinta-ala ei sisälly ulkoseinän pinta-alaan. Väliseinien ja välipohjien sekä ulkoseinän liittymän kohdat sisältyvät ulkoseinän pinta-alaan (Tasauslaskentaopas 2007, s. 16).

2.6 IKKUNOIDEN VARJOSTUSKERTOIMET

Ikkunoiden varjostus lasketaan kaavalla

$$F_{\text{varjostus}} = F_{\text{ympäristö}} * F_{\text{ylävarjostus}} * F_{\text{sivubarjostus}}$$

Varjostuskulmat määritetään ikkunan keskipisteestä varjostavaan rakenteeseen (RakMK D5 s.45).

2.6.1 YMPÄRISTÖN VARJOSTUSTEN KORJAUSKERROIN

$F_{\text{ympäristö}}$ on ympäristön horisontaalisten varjostusten korjauskerroin. Ympäristön varjostusta aiheuttavat esimerkiksi maasto, ympäröivät rakennukset ja puut.

2.6.2 YLÄ- JA SIVUBARJOSTUSTEN KORJAUSKERROIN

$F_{\text{ylävarjostus}}$ on ikkunan yläpuolisten vaakasuorien rakenteiden varjostustenkorjauskerroin, $F_{\text{sivubarjostus}}$ ikkunan sivuilla olevien pystysuorien rakenteiden varjostusten korjauskerroin.

2.7 KEHÄKERROIN

Kehäkerroin $F_{\text{kehä}}$ on ikkunan valoaukon pinta-alan ja ikkuna-aukon pinta-alan suhde. Karmit ja välipuitteet pienentävät kehäkerrointa. Mitä pienempi kehäkerroin sen parempi säteilyn läpäisy.

2.8 VERHOKERROIN

Verhokerroin F_{verho} ottaa huomioon ikkunan verhoukset sisä- ja ulkopuolella kuten kiinteät sisäverhot ja kaihtimet. Mitä parempi suojaus on, sitä pienempi on verhokerroin.

2.9 MUOTOKERROIN

Muotokerroin on rakennuksen muodon kompaktiutta kuvaava kerroin joka lasketaan ulkovaipan lämmön-eristekerroksen ulkopinta-alan ja lämmitettävän tilavuuden suhdelukuna A/V . Lämmitettävänä tilavuutena tarkoitetaan tässä rakennustilavuutta (www.passiivi.info, tarkentanut Lylykangas).

2.10 U-ARVO

Lämmönläpäisykerroimella U tarkoitetaan lämpövirran tiheyttä, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ilmatilojen välillä on yksikön suuruinen. Yksikkönä käytetään $W/(m^2K)$ (RakMK C3 2010, 1.3).

2.11 ILMATIIVIYS

Rakennuksen ilmatiiviyttä kuvaa ilmanvuotoluku n_{50} 1/h. Ilmanvuotoluku kuvaa rakennuksen tiiviyttä n_{50} 50 Pa paine-erolla, kertaa tunnissa, 1/h (RakMK D3 2010, 3.3.3).

3 ALKUPERÄINEN TALO SAUNARANTA

Kuva 4, Talo Saunaranta, terassilta tupaan





Kuva 5, Talo Saunaranta, Tupa takkahuoneeseen päin

3.1 TAUSTAA

Talo Saunaranta on yksityishenkilöille vuonna 2008 suunniteltu yksikerroksinen, kellarillinen pientalo. Rakennustyöt ovat alkaneet Nokialla kesällä 2009 ja talo valmistuu vuoden 2010 aikana. Tontilla oli rantakaava ja se oli kaavoitettu loma-asumista varten. Tontille haettiin ensin poikkeamislupa, jolla saatiin lupa ympärivuotiseen asumiseen. Rakennusoikeutta on poikkeamisluvan jälkeen 135 kem². Tontilla sijainnut vaatimaton loma-asunto oli purettu. Rannassa sijaitsee huonokuntoinen, korjattava saunarakennus.

3.2 RAKENNUSPAIKKA

Rakennuspaikka on maastoltaan haastava 6150 m²:n tontti Kuloveden (Nokianvirran) jyrkällä rantatöyräällä. Tontti laskee virralle yhteensä 37 metriä, rakennuksen kohdalla korkeuseroa on 5,6 metriä. Tontilta avautuu avarat maisemat virralle ja vastapäisille rannoille. Tontin kasvillisuutena on metsämaata sekä vanhan loma-asunnon puutarhakasveja. Rakennusta 23 metriä alempana olevan rannan tuntumassa olevien puiden latvat nousevat lasiseinän korkeudelle.

3.3 ARKKITEHTUURI

Suunnittelussa arkkitehdille annettiin melkoisen vapaat kädet, tavoitteena oli tyylikäs, laadukas ja pitkäikäinen

rakennus, joka kestää aikaa. Suunnittelun lähtökohtana olivat joelle avautuvat maisemat, asiakkaiden toiveet sekä haastava tontti.

Rakennus muodostuu kahdesta eri tasossa olevasta massasta, jotka on yhdistetty toisiinsa suurella loivalla pulpettikatolla. Myös autokatos ja terassit jäävät yhtenäisen katon alle. Rinnemaaston vuoksi rakennusmassan etuosaan rakennettiin kellari. Kellarissa sijaitsee ainoastaan aputiloja. 1. kerroksen pohjasuunnitelmassa lähtökohtana on selkeys sekä käytön sanelemat tilajärjestelyt. Yksitasoinen pohjaratkaisu ottaa kaikki neliöt tehokkaaseen käyttöön. Sisätilat ovat avarat ja valoistat.

Ylemmässä massassa sijaitsevat makuuhuoneet sekä märkätilat. Märkätilat on koottu lounaispäättyyn josta on yhteys terasseille. Märkätilat sijaitsevat rakennuksen kivirakenteisessa osassa. Alemmassa massassa sijaitsee talon keskus, 60 m² suuruinen olohuoneen, ruokailutilan ja keittiön muodostama tupa. Tupa liittyy ylempiin tiloihin huoneen levyisillä porrasaskelmilla. Porrasaskelmat muodostavat istuimen sekä päättyvät takkaan. Takka aukeaa kahteen huonetilaan toimien tilanjakajana kiviosan ja puuosan välillä.

Tuvan etuseinä muodostuu 12 metriä leveästä ja 3,1 metriä korkeasta ikkunaseinästä. Ikkunaseinä on suuntautunut koilliseen ja jokimaisemaan. Ikkunaseinä muodostuu neljästä, suoraan liimapuupilareihin

lasitetuista lasielementeistä, joiden läpi avautuu esteettömät näkymät maisemaan.

3.4 RAKENUSTEKNIikka

3.4.1 RAKENTEET

Rakennuksen kellari, 1. kerroksen kiviosan märkätilat ja takkahuone on tehty lämpöeristetyillä kevytsoraharkoilla. Muut 1. kerroksen ulkoseinät on tehty puurakenteisena. Lasiseinässä ja yläpohjassa on liimapuurakenteinen, tehdasvalmisteinen pilari-palkki runko.

Talossa on tuulettuva ontelolaatta-alapohja sekä ontelolaattarakenteinen välipohja. Lämmöneristeenä on käytetty seinissä puhallettavaa puukuitueristettä sekä mineraalivillaa, yläpohjassa polyuretaanilevyä. Alapohjassa on polyuretaanieristeet. Rakennusosien U-arvoja on parannettu jotta kokonaislämpöhäviö vastaa vuoden 2009 rakennusmääräyksiä. Rakennuksen ilmatiiviyttä n_{50} ei ole mitattu joten laskelmissa on käytetty arvoa 4 1/h.

3.4.2 LVIS

Rakennuksessa on vesikiertoinen lattialämmitys ja se lämpiää sähköllä. Keskeisesti sijaitseva takka aukeaa sekä tupaan että takkahuoneeseen. Käyttövesi tulee porakaivosta ja harmaat jätevedet johdetaan saostuskaivojen kautta maahan, WC:n jätevedet umpisäiliöön. Ilmanvaihdon LTO:n vuosiyötysuhde on 50%.

3.4.3 PINTARAKENTEET

Rakennuksen ulkoverhouksena on puuosissa 195 mm leveä, mustaksi peittävällä puunsuojalla käsitelty vaakalauta. Ikkunoiden välissä on punaisia tehosteosia. Kiviosissa ulkoverhoiluna on vaakasuuntainen 600x300 mm musta luonnonkivilaatta. Sama kivimateriaali jatkuu sisätiloissa. Sitä on käytetty sekä seinissä että lattioissa märkätiloissa, eteisessä ja takkahuoneessa. Myös takka ja osa keittiökalusteista on verhoiltu samalla luonnonkivilaattalla. Tuvan ja portaan lattiassa on suurikokoinen luonnonvaalea puristelaatta. Makuuhuoneiden lattiat ovat parkettia. Terassin laudoitus on lehtikuusta, kiviterassin lattiassa on luonnonkivilaatta. Terassin kiviosa on mahdollista lasittaa. Puuosissa sisäseinäpintoina on pääosin maalattu kipsilevy. Talon poikkisuuntainen pitkä väliseinä on tasoitettu ja harjattu. Puiset pilarit, palkit ja kattopaneelit ovat vaaleaksi kuultokäsiteltyjä. Saunan puosat ovat leveää, mustaksi käsiteltyä kuusipaneelia. Lauteet on tehty 38mm paksusta, mustaksi käsitellystä haapalankusta. Kellarin lattian pintamateriaalina on harmaa polyuretaanipinnoite. Kellarin seinät ja katto on tasoitettu ja maalattu.

3.5 SUUNNITELMAT

3.5.1 LAAJUUSTIEDOT

Kerrosala 136 kem² (Kellarin kerrosala 73 m²)

Huoneistoala 121 hu² (Kellarin huoneistoala 59 m²)
Bruttopinta-ala 213 m²
Rakennustilavuus 789 m³
Ilmatilavuus 606 m³
Julkisivupinta-ala 276 m²
Ikkunoiden pinta-ala 56 m²

3.5.2 RAKENNUSOSIEN TIEDOT

Ulkoseinät yhteensä 210 m²
joista puuosat 83 m², $U = 0,128 \text{ W/m}^2\text{K}$
ja kiviosat 127 m², $U = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$
Yläpohja 122 m², $U = 0,109 \text{ W/m}^2\text{K}$
Alapohja 120 m², $U = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$
Ovet 10,3 m², $U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
Ikkunoiden pinta-alat eri ilmansuuntiin:
Koilliseen 41,6 m², lounaaseen 11,6 m², kaakkoon 2,88
m², luoteeseen 0 m²., $U = \text{MEK } 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja MSE 0,8
W/m²K, keskimäärin 0,93 W/m²K.

3.5.3 ET-LUKU JA ET-LUOKKA

Talo Saunarannan energiantarve on 39 229 kWh/v, ET-luku on 185 ja ET-luokka C. Jäähdytystarve on 190 kWh/brm²/v. Kohde täyttää vuoden 2009 lämpöhäviömääräykset mutta ei vuoden 2010 määräyksiä.

HUOM! Talo Saunarannasta esitetyt valokuvat ovat työmaakuvia vielä keskeneräisestä talosta.



Kuva 6, Talo Saunaranta kiviosa



Kuva 7, Talo Saunaranta etupihalta

3.5.4 SUUNNITTELIJAT JA URAKOITSIJAT

Rakennuttaja: Yksityishenkilöt

Arkkitehtisuunnittelu ja pääsuunnittelija: Malin Moisio,
Arkkitehtitoimisto TILASTO

Vastaava mestari: Heimo Turpeinen, Rakennusinsinööri-
toimisto Heimo Turpeinen

LVI-suunnittelu: Juha Brunnila

Sähkösuunnittelu: Mikko Rajamäki, Sähköiste Oy

Rakennesuunnittelu / puutaloitus: TimberHeart Oy, Simo
Hakkarainen ja Jari Ohvo

Rakennesuunnittelu / kiviosatoitus:

Niko Pelvola, Pelacon Oy

Puutaloitus: TimberHeart Oy

Puutaloasennus, sisätyöt: Rami Huotari, TimberHeart Oy,
Arttelipuu Oy

Kivi- ja betoniosatoitus ja asennus: Suomen Tiilielementti Oy

LVI-urakointi ja KVV-/IV-työnjohto

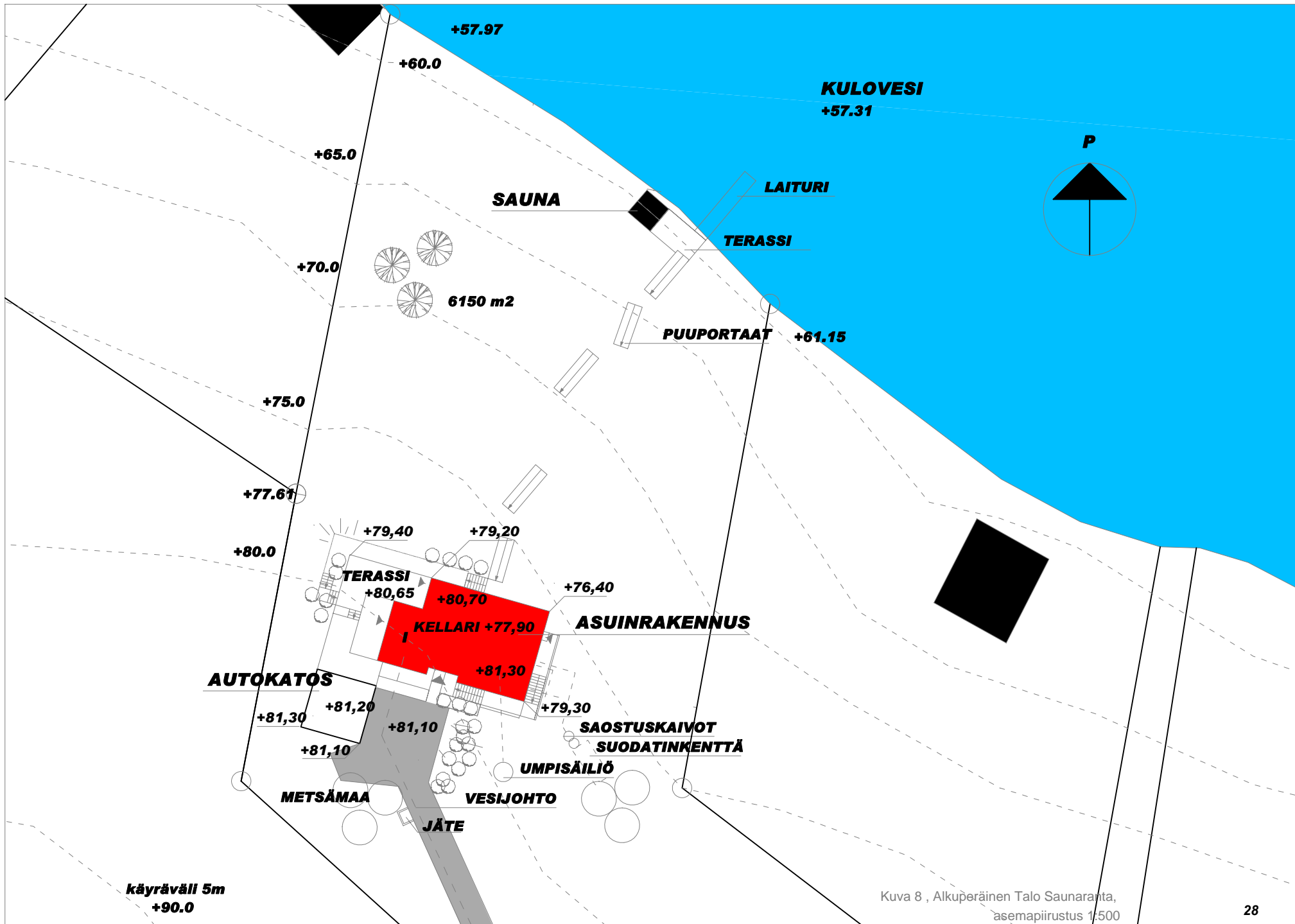
Janne Lipsonen, LVI-Lipsonen

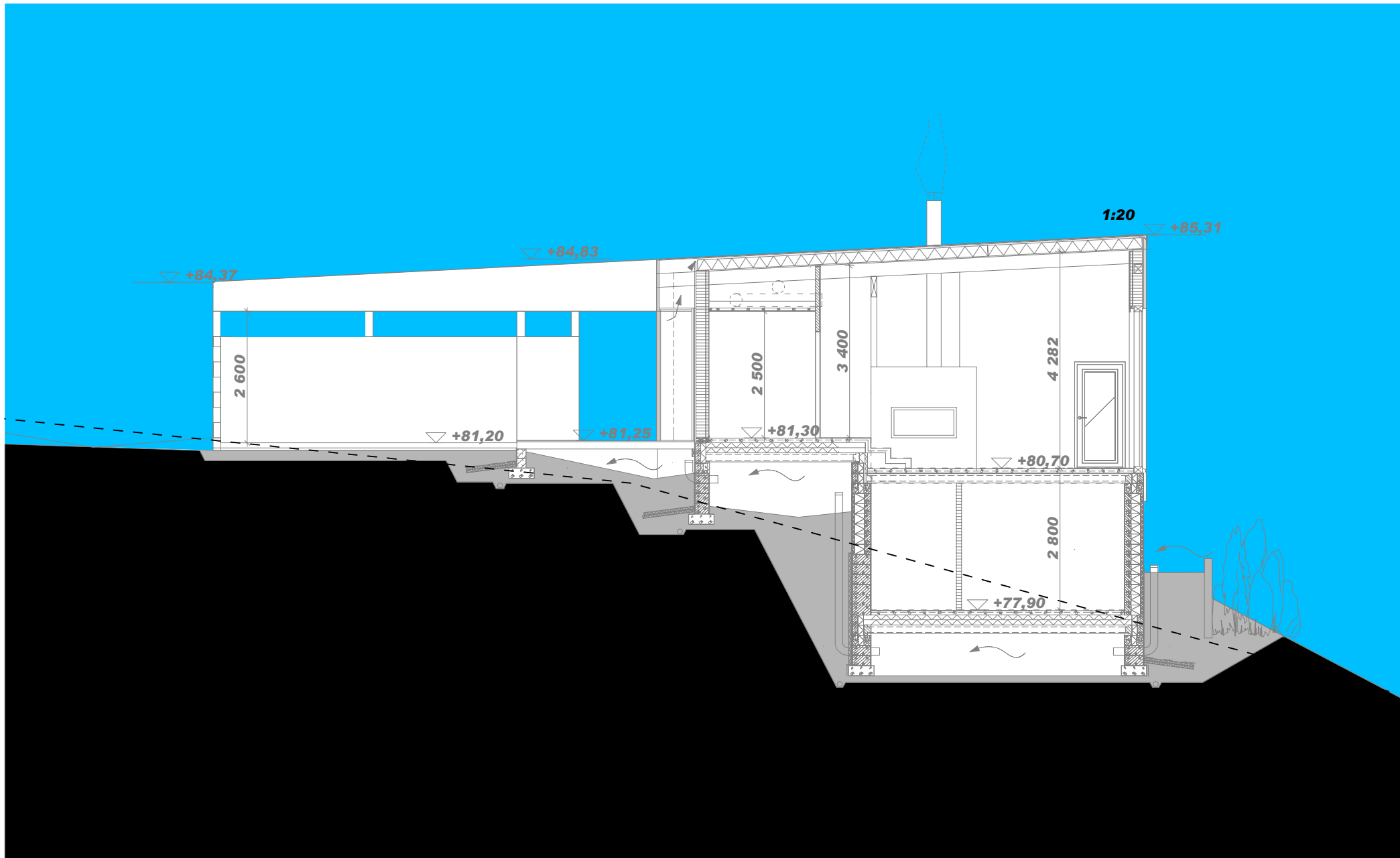
Maanrakennus: Mikko Ojala, Maanrakennus Mikko Ojala

Sähköurakointi: Mikko Rajamäki, Sähköiste Oy

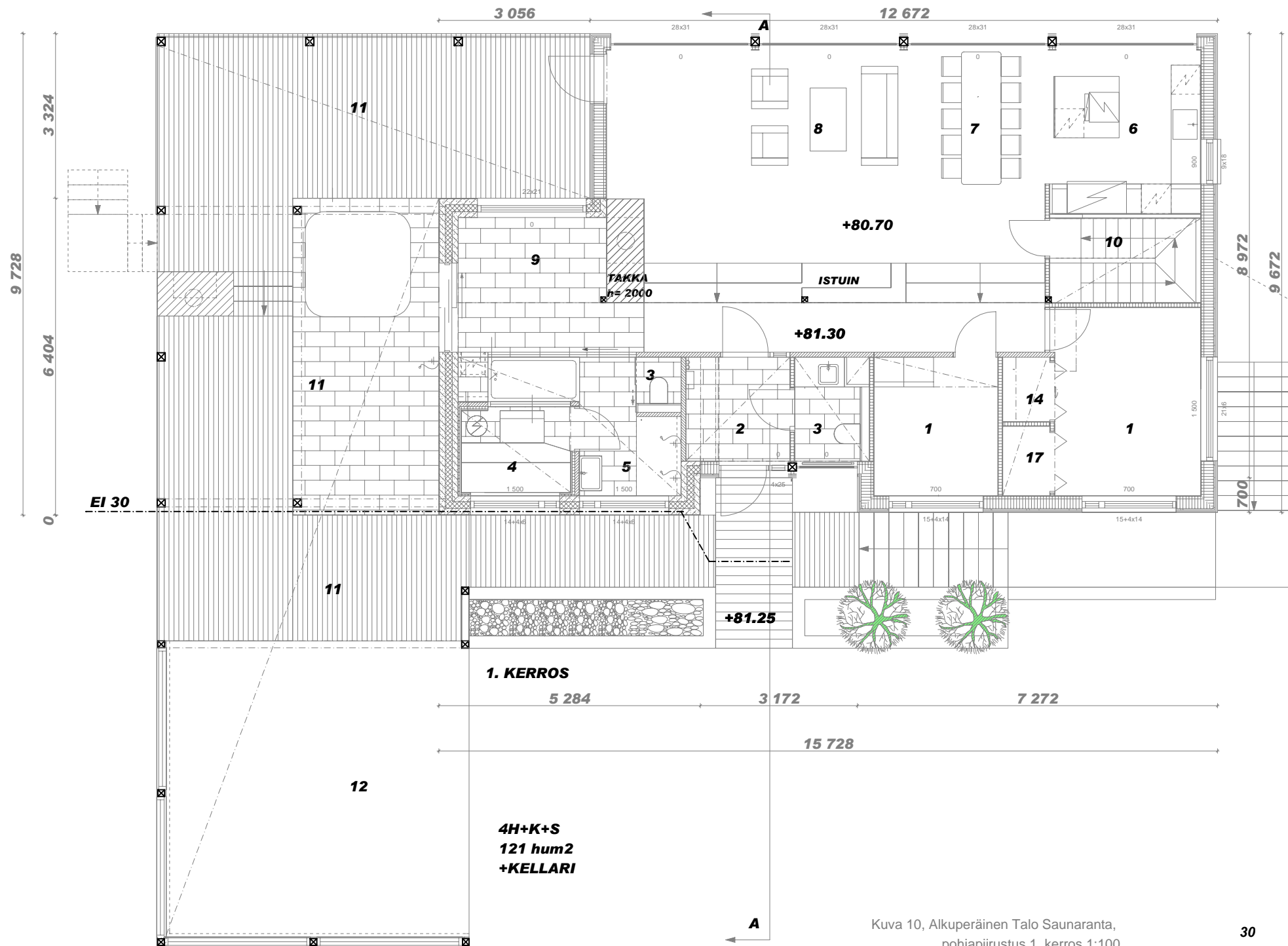
Muuraustyöt: Petri Mäkelä, Tampereen muurausliike Osk

3.5.5 PIIRUSTUKSET

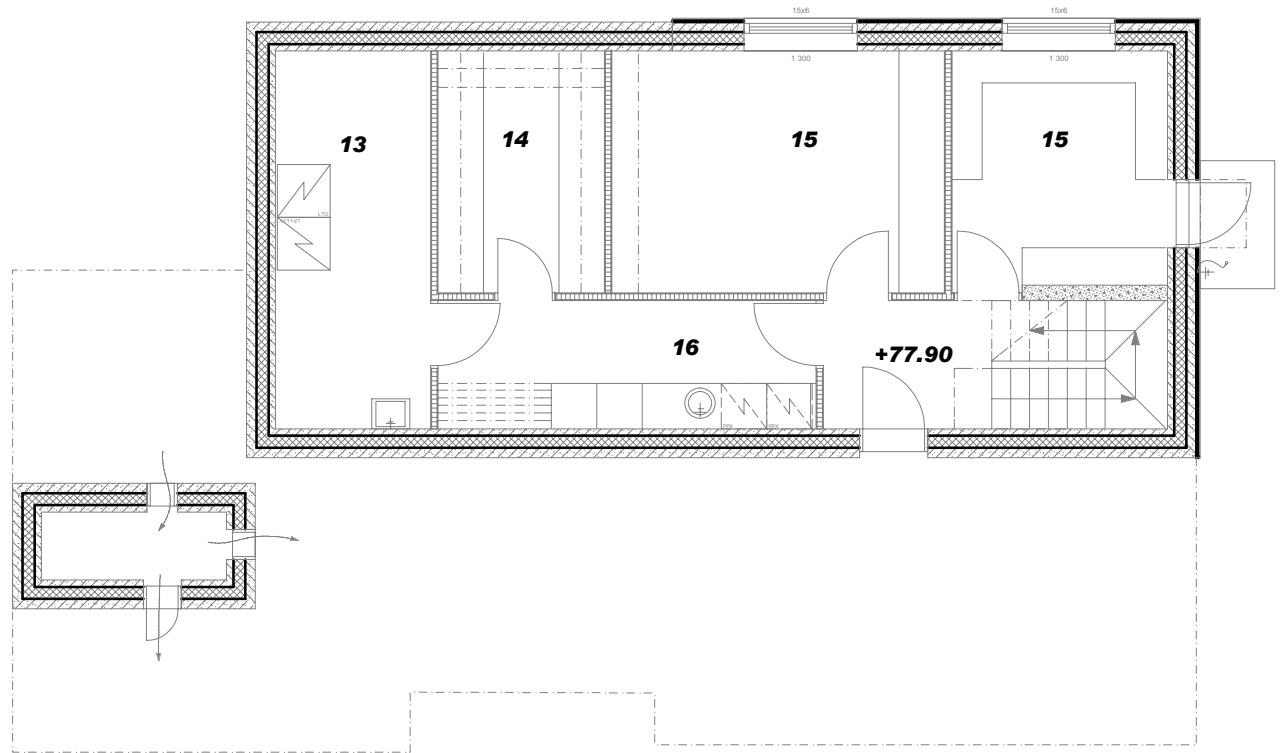




Kuva 9, Alkuperäinen Talo Saunaranta,
leikkaus a-a 1:100

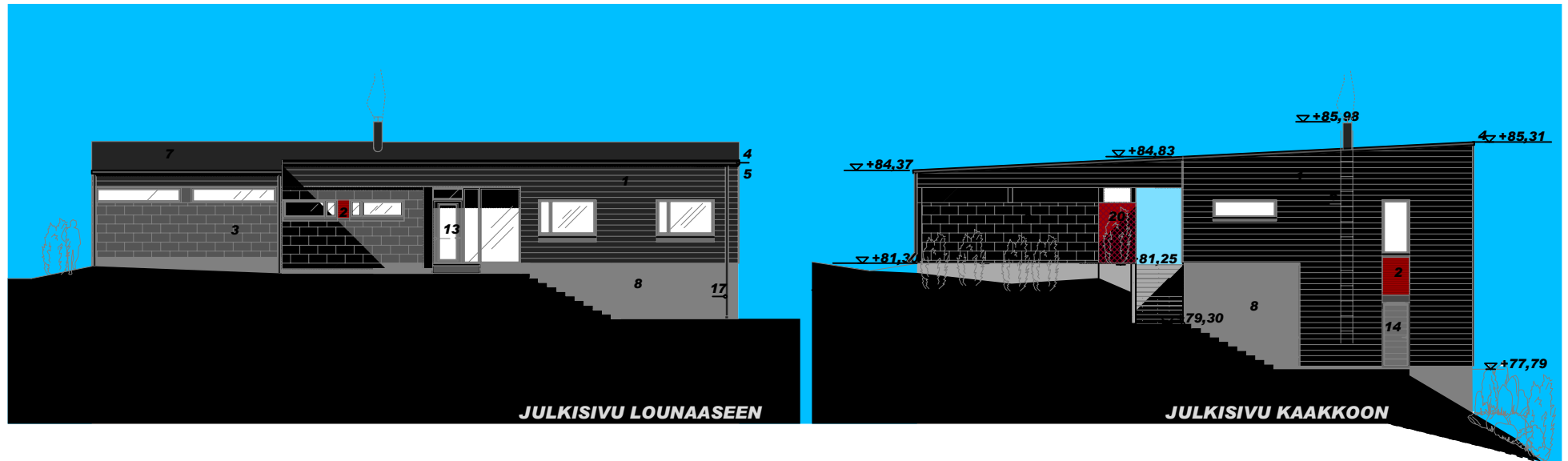


Kuva 10, Alkuperäinen Talo Saunaranta, pohjapiirustus 1. kerros 1:100



KELLARI

- 1 MAKUUHUONE**
- 2 ETEINEN**
- 3 WC**
- 4 SAUNA**
- 5 PESUHUONE**
- 6 KEITTIÖ**
- 7 RUOKAILU**
- 8 OLOHUONE**
- 9 TAKKAHUONE**
- 10 PORRASHUONE**
- 11 TERASSI**
- 12 AUTOKATOS**
- 13 TEKNINEN TILA**
- 14 VAATEHUONE**
- 15 VARASTO**
- 16 KODINHOITOHUONE**
- 17 TYÖTILA**



JULKISIVUT 1:200

1. VAAKALAUDOITUS, PEITTÄVÄ PUUNSUOJA, MUSTA
2. VAAKALAUDOITUS, MAALATTU PUNAINEN
3. LUONNONKIVIMUURAUS MUSTA
4. KATON PELLITYKSET, MUSTA
5. OTSALAUDAT JA RÄYSTÄIDEN ALAPINNAT PUU, TUMMA HARMAA
6. KATTOSILLAT, LUMIESTEET, PIIPPU, YM. KATTOVARUSTEET TERÄS, MUSTA
7. HUOPAKATE, GRAFIITIN MUSTA
8. SOKKELI PINNOITETTU KEVYTSORAHARKKO, HARMAA
9. LASIKAIDE, PUUKÄSIJOHDE MUSTA
10. PILARIT JA PALKIT PUU, MUSTA
11. IKKUNAN KARMITJA ULKOPUITTEET PUUALUMIINI, TUMMA HARMAA
12. IKKUNOIDEN JA OVIEEN PELLITYKSET, TUMMA HARMAA
13. OVET JA OVEN KARMIT, PUUALUMIINI TUMMA HARMAA
14. OVI PEITTOMAALATTU, TUMMA HARMAA
15. IKKUNAI JA OVILISTAT PUU, PEITTÄVÄ PUUNSUOJA, TUMMA HARMAA
16. TERASSIN JA ULKOPORTAIDEN PUUOSAT, PEITTÄVÄ PUUNSUOJA, TUMMA HARMAA
17. SYÖKSYTORVET JA RÄYSTÄSKOURUT TERÄS, MUSTA
18. KUISTIN, TERASSIN JA AUTOKATOKSEN ALAKATOT PEITTÄVÄ PUUNSUOJA, TUMMA HARMAA
19. NURKKALISTAT, PEITTÄVÄ PUUNSUOJA, MUSTA
20. MUOVI, BENCORE STARLIGHT PUNAINEN



Kuva 13, Alkuperäinen Talo Saunaranta, julkisivut koilliseen ja luoteeseen 1:200



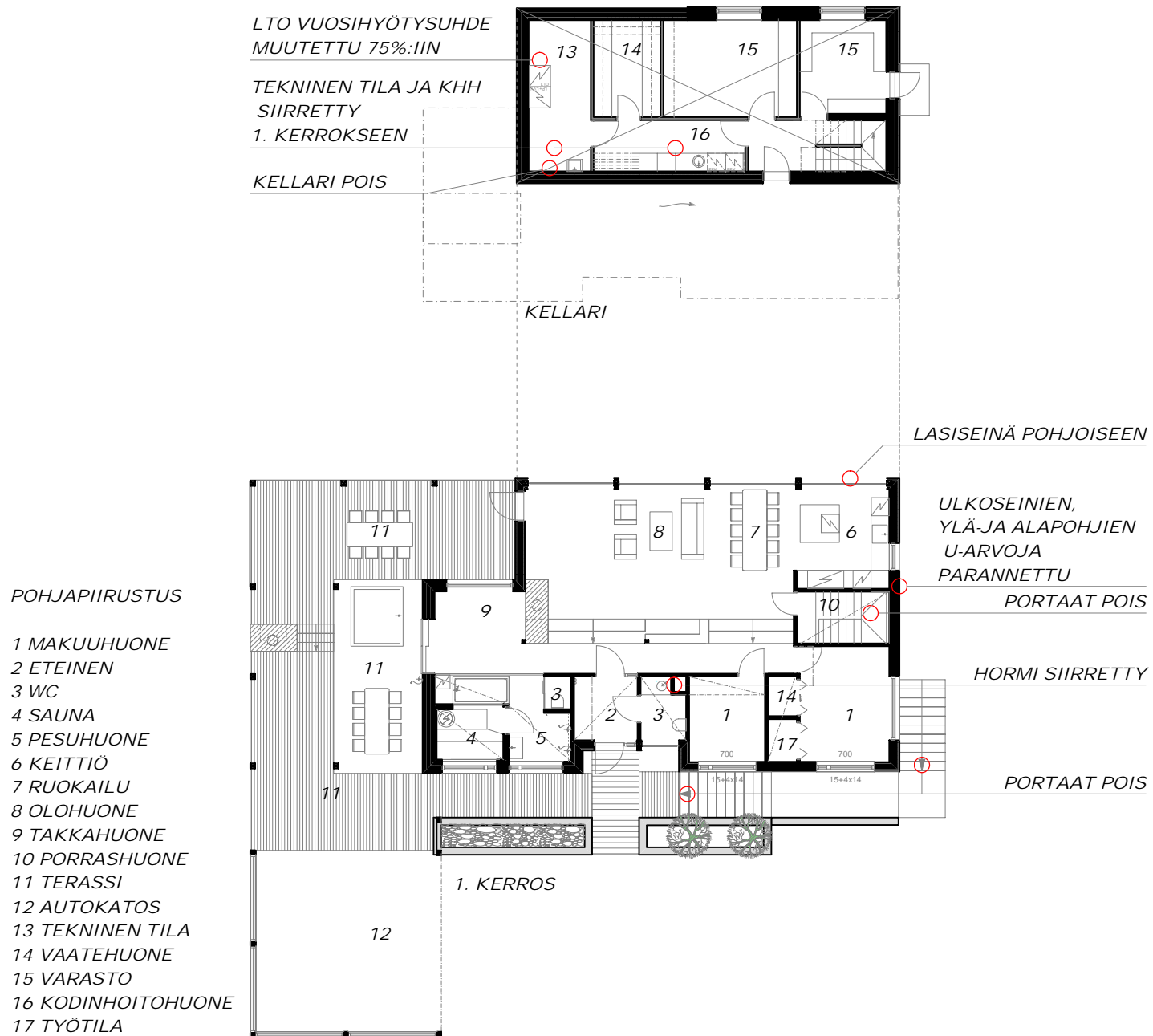
Kuva 14. Talo Saunaranta, ikkunaseinä ulkoa

4 45 VARIAATIOTA, ENERGIATEHOKKUUDEN VERTAILU

4.1 TALO SAUNARANNAN VERTAILUVERSIO

Vertailuissa lähtökohtana on käytetty Talo Saunarannan vertailuversiota. Tässä työssä, tästä eteenpäin, Talo Saunarannalla tarkoitetaan tätä vertailuversiota. Kappaleessa 3 esiteltyä kohdetta kutsutaan *alkuperäiseksi* Talo Saunarannaksi.

Vertailuversiossa kellaritila on poistettu ja portaan kohdalle on sijoitettu tekninen tila sekä kodinhoituhuone. Vertailuversion bruttoala 140 m² joka vastaa alkuperäisen Talo Saunarannan 1. kerroksen bruttoalaa. Vertailuversiossa rakennuksen U-arvoja sekä LTO:n vuosihyötysuhdetta on parannettu niin että kokonaisuus täyttää vuoden 2010 lämpöahiömääräykset sekä lämmöneristysmääräykset. Vertailuversiossa lasiseinä on suunnattu pohjoiseen eikä maaston muotoa ole otettu huomioon. Muutokset alkuperäiseen Talo Saunarannan ja Talo Saunarannan vertailuversion välillä on esitetty oheisessa kuvassa 15.



Kuva 15 , Alkuperäinen Talo Saunaranta,
muutokset vertailuversioon 1:200



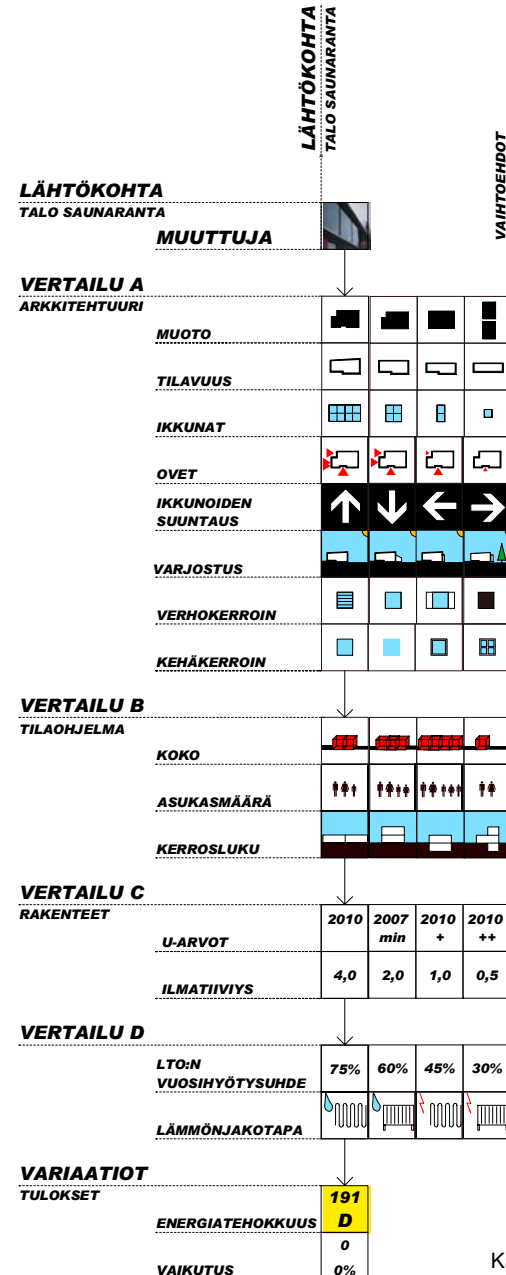
Kuva 16, Talo Saunaranta, vertailuversio
 pohjapiirustus 1. kerros 1:100



Kuva 17, Talo Saunaranta, vertailuversio
näkökulma ulkoa

4.2 MUUTTUJAT JA VAKIOT

Diplomityössä Talo Saunarannan ominaisuudet on jaettu osiin eli **muuttujiksi** kaavion 1 mukaisesti. Kustakin muuttujasta on 3 **vaihtoehtoa**. Vertailussa muuttujat on jaettu neljään ryhmään, **vertailuihin A, B, C ja D**. Vertailussa A on vertailtu arkkitehtonisten muuttujien vaikutusta pientalon energiatehokkuuteen. Vertailussa B on tutkittu tilaohjelman, vertailussa C rakenteiden ja vertailussa D ilmanvaihdon ja lämmityksen vaikutusta pientalon energiatehokkuuteen. Muuttamalla yhtä vaihtoehtoa kerrallaan on Talo Saunarannasta saatu 45 **variaatiota**. Kullekin variaatiolle on laskettu energiatehokkuus, **ET-luku**. Laskennassa on käytetty Lamit.fi Energiajunior 7.1 laskentatyökalua. Variaatioiden ET-lukuja on verrattu Talo Saunarannan ET-lukuun. Näin on selvitetty eri ominaisuuksien **vaikutus** rakennuksen energiatehokkuuteen. Yhden muuttujan vertailu kerrallaan ei kaikissa tapauksissa ole mahdollista. Esimerkiksi muodon, tilavuuden ja rakennepaksuuksien muuttuminen vaikuttaa samalla julkisivuihin, ylä- ja alapohjiin sekä rakennuksen ilmatilavuuteen. Muuttujat ja vakiot on esitetty kohtien 4.5-4.8 kaavioissa 2-16. Laskennassa käytetyt pinta-alatiedot on esitetty liitteessä 1.



Kaavio 1, muuttujat

4.3 LASKENTA

Energiatehokkuuslukujen laskenta on suoritettu Lamit.fi:n Energiajunior 7.1 laskentatyökalulla. Lähtötietoina on ilmoitettu paikkakunnaksi Nokia. Lämmitysmuotona on käytetty sähkölämmitystä. Pinta-aliatiedot, asukasmäärä, rakenteiden pinta-aliat ja niiden U-arvot, ikkunoiden pinta-aliat ilmasuunnittain sekä lämmönjakotapa on kussakin variaatiossa liitteen 1 mukaisesti. Laskennassa on huomioitu vedenkulutuksen huoneistokohtainen mittaus ja laskutus, lämpimän käyttöveden kiertojohto ilman lämmityslaitteita sekä jäähdytys. Lämmönkehitys sisältää lämpimän käyttöveden lämmityksen. Jäähdytystarve on asetettu D5 ohjeen mukaisesti 23 asteeseen. Muita käytettyjä vakioita ovat IV-järjestelmän ominaissähköteho SPF 1,95 kW/(m³/s), rakennuksen ilmanvaihtokerroin 0,5 1/h sekä tehollinen lämpökapasiteetti $C_{rakomin}$ 70 Wh/bm²K. Tehollista lämpökapasiteettia ei ohjelmassa voi muuttaa.


Variaatioista on luotu mallit ArchiCAD ohjelmalla josta laajuustiedot ja rakennusosien tiedot on laskettu. Laskentatyökalussa ei ole mahdollista muuttaa varjostusta, verho- tai kehäkerrointa. Laskennassa on käytetyt FVAR1, FVER1 ja FK1 vastaavat RakMK D5 mukaisia vakioarvoja. Vaihtoehto FVAR4 on laskettu Energiajunior 7.1 ohjelmalla ilman jäähdytystä. Muut varjostus, verho- ja kehäkerroinvaihtoehdot on laskettu RakMK D5 mukaan luodulla taulukkolaskentaohjelmalla.

4.4 MERKKIEN SELITYKSET

Rakennuksen energiatehokkuusluku ilmoitetaan energiatehokkuusluvun luokitteluasteikon ”pienet asuinrakennukset” mukaan oheisen kuvan mukaisesti:

ENERGIATEHOKKUUS	
A	-150
B	151-170
C	171-190
D	191-230
E	231-270
F	271-320
G	321-

ET-LUKU JA ET LUOKKA



TALO SAUNARANTA

Kuva 18, Merkkien selitykset

Kaavioissa 2-16 käytetyt määritelmät:

PINTA-ALA = bruttoala, huoneistoala

TILAVUUS = rakennustilavuus, ilmatilavuus

VAIPPA = ulkoseinä, alapohja, yläpohja, ikkunapinta-ala, ovien pinta-ala

AUKOT = Ikkunoiden ja ovien pinta-aliat

TILAOHJELMA = Koko, asukasmäärä, kerrosluku

RAKENTEET = U-arvot, ilmatiiviys



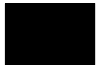
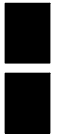



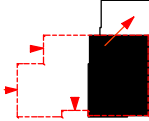

L+I = LTO:n vuosihyötysuhde, lämmönjakotapa

4.5 VERTAILU A, ARKKITEHTUURI

Vertailussa A on tutkittu arkkitehtonisten ominaisuuksien vaikutusta pientalon energiatehokkuuteen. Talo Saunaranta on verrattu variaatioihin joissa muuttujina ovat rakennuksen muoto, rakennuksen tilavuus, ikkunoiden ja ovien pinta-alat, ikkunoiden ilmansuunnat, ikkunoiden varjostukset, verhotyyppi sekä ikkunoiden tyyppi eli kehäkerroin. Vertailuun A on valittu RakMK D5 perusteella ne energiatehokkuuteen vaikuttavat muuttujat joihin arkkitehti vaikuttaa suunnittelullaan.

4.5.1 MUOTO




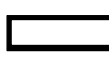





Muodon vertailussa vaihtoehtona M1 on Talo Saunaranta. Muissa vaihtoehtoissa muotoa on muutettu asteittain yksinkertaistamalla rakennuksen pohjamuotoa jolloin vaipan ala samalla pienenee. Rakennuksen bruttoala sekä runkosyvyys pysyvät vaihtoehtoissa vakioina. Vaihtoehdossa M4 sama bruttoala on sijoitettu kahteen kerrokseen. Portaani aiheuttama huoneistoalan vähennystä ei ole lisätty bruttoalaan. Muodon vertailuvaihtoehdot on esitetty oheisessa kaaviossa 2.

M1	M2	M3	M4	MUUTTUJA MUOTO
				VAIHTOEHTO
2 sisäänvetoa	1 sisäänveto	suorakaide	kaksi-kerroksinen suorakaide	SYMBOLI
				KUVAUS
	bruttoala tilavuus aukot tilaohjelma rakenteet L+I	bruttoala tilavuus aukot tilaohjelma rakenteet L+I	bruttoala tilavuus aukot koko asukasmäärä rakenteet, L+I	KAAVIO
-	MUOTO--> vaippa huoneistoala	MUOTO--> vaippa huoneistoala	MUOTO--> vaippa huoneistoala kerrosluku	VAKIOT
				MUTTUJAT

Kaavio 2

4.5.2 TILAVUUS










Tilavuuden vertailussa on vaihtoehtona V1 on Talo Saunarannan ilmatilavuus ja vaihtoehtona V4 on RakMK G1 mukaisen asuinhuoneen minimikorkeuden, 2500 mm, mukaan laskettu ilmatilavuus. Muut tilavuuden vertailussa käytetyt vaihtoehdot on esitetty oheisessa kaaviossa 3. Tilavuus on laskettu kuten rakennuksen ilmatilavuus, väliseiniä ja alakattoja vähentämättä.

				MUUTTUJA
				TILAVUUS
				VAIHTOEHTO
V1	V2	V3	V4	SYMBOLI
				
vino yläpohja huonekorkeus 3250..4300 mm porrastettu alapohja	vaakasuora yläpohja huonekorkeus 3250/3850 mm porrastettu alapohja	vaakasuora yläpohja huonekorkeus 3100/2500 mm porrastettu alapohja	vaakasuora yläpohja huonekorkeus 2500 mm suora alapohja	KUVAUS
				KAAVIO
	pinta-ala aukot alapohja muoto tilaohjelma rakenteet, L+I	pinta-ala aukot alapohja muoto tilaohjelma rakenteet, L+I	pinta-ala aukot alapohja muoto tilaohjelma rakenteet, L+I	VAKIOT
-	TILAVUUS --> ulkoseinä yläpohja	TILAVUUS --> ulkoseinä yläpohja	TILAVUUS --> ulkoseinä yläpohja	MUTTUJAT

Kaavio 3

4.5.3 IKKUNAT

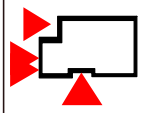
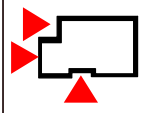
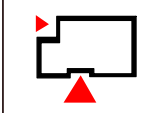
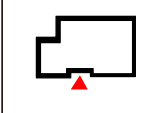

Ikkunoiden koon vertailussa vaihtoehtona I1 on Talo Saunaranta ja vaihtoehtona I4 on RakMK G1 mukainen minimi. Tämän mukaan asuinhuoneen valoaukon ikkunapinta-ala tulee olla vähintään 10% huoneen lattian alasta. Lisäksi ikkunan sijoituksen ja muun järjestelyn tulee olla valoisuuden ja viihtyisyyden kannalta tarkoituksenmukainen. Asuinhuoneena on tässä pidetty takahuonetta, makuuhuoneita sekä keittiö-, olohuone- ja ruokailutilan muodostamaa tupaa joka rajoittuu alapohjan porrastukseen. Vaihtoehdon I4 ikkunoiden koot on mitoitettu lisäksi niin, että varatienä toimivan ikkunan koko täyttyy. Varatienä käytettävän ikkunan mitat ovat leveys vähintään 500 mm, korkeus vähintään 600 mm sekä leveyden ja korkeuden summa 1500 mm. Muut vaihtoehdot on saatu interpoloimalla väli suoraviivaisesti. Ikkunoiden koon vertailuvaihtoehdot on esitetty oheisessa kaaviossa 4.

				MUUTTUJA
				IKKUNAT
				VAIHTOEHTO
I1	I2	I3	I4	
				SYMBOLI
ikkunat 54,2 m2 29,5% julkisivusta	ikkunat 39,2m2 21,3% julkisivusta	ikkunat 24,2 m2 13,2 % julkisivusta	ikkunat 9,2m2 (RakMK G1 minimi) 5,0 % julkisivusta	KUVAUS
ikkunat ulkoseinä 	ikkunat ulkoseinä 	ikkunat ulkoseinä 	ikkunat ulkoseinä 	KAAVIO
	pinta-ala julkisivu tilavuus yläpohja alapohja tilaohjelma rakenteet, L+I	pinta-ala julkisivu tilavuus yläpohja alapohja tilaohjelma rakenteet, L+I	pinta-ala julkisivu tilavuus yläpohja alapohja tilaohjelma rakenteet, L+I	VAKIOT
-	IKKUNAT --> ulkoseinä	IKKUNAT --> ulkoseinä	IKKUNAT --> ulkoseinä	MUTTUJAT

Kaavio 4

4.5.4 OVET



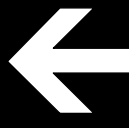

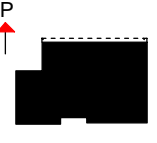

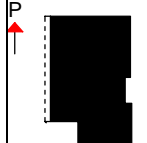
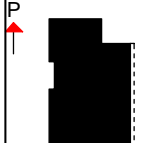

Ovien määrän ja koon vertailuvaihtoehdot on esitetty oheisessa kaaviossa 5.

				MUUTTUJA
				OVET
01	02	03	04	VAIHTOEHTO
				SYMBOLI
ovet 8,38 m2 4,6 % julkisivusta pääovi 10x25 liukuovi 18x21 terassinovi 10x21	ovet 6,30 m2 3,4% julkisivusta pääovi 10x21 terassinovi 10x21 terassinovi 10x21	ovet 3,99 m2 2,2% julkisivusta pääovi 10x21 terassinovi 9x21	ovet 1,89 m2 1,0% julkisivusta pääovi 9x21	KUVAUS
ovet ulkoseinä	ovet ulkoseinä	ovet ulkoseinä	ovet ulkoseinä	KAAVIO
	pinta-ala julkisivu tilavuus yläpohja alapohja tilaohjelma rakenteet, L+I	pinta-ala julkisivu tilavuus yläpohja alapohja tilaohjelma rakenteet, L+I	pinta-ala julkisivu tilavuus yläpohja alapohja tilaohjelma rakenteet, L+I	VAKIOT
-	OVET --> ulkoseinä	OVET --> ulkoseinä	OVET --> ulkoseinä	MUTTUJAT

Kaavio 5

4.5.5 IKKUNOIDEN SUUNTAUS

Ikkunoiden suuntauksen vertailussa Talo Saunarantaa on suunnattu eri ilmansuuntiin on oheisen kaavion 6 mukaisesti.

S1	S2	S3	S4	MUUTTUJA IKKUNOIDEN SUUNTAUS
				VAIHTOEHTO
				SYMBOLI
lasiseinä pohjoiseen	lasiseinä etelään	lasiseinä länteen	lasiseinä itään	KUVAUS
				KAAVIO
	pinta-ala muoto tilavuus vaippa tilaohjelma rakenteet, L+I	pinta-ala muoto tilavuus vaippa tilaohjelma rakenteet, L+I	pinta-ala muoto tilavuus vaippa tilaohjelma rakenteet, L+I	VAKIOT
-	IKKUNOIDEN SUUNTAUS --> ikkunoiden ilmansuunnat	IKKUNOIDEN SUUNTAUS --> ikkunoiden ilmansuunnat	IKKUNOIDEN SUUNTAUS --> ikkunoiden ilmansuunnat	MUTTUJAT

Kaavio 6

4.5.6 VARJOSTUS

Erialaisten varjostusten vertailuvaihtoehdot on esitetty oheisessa kaaviossa 7.

FVAR1 vaihtoehdona on käytetty RakMK D5 laskennan perustapausta joka on laskentatyökalussa vakioarvona.

FVAR1 vaihtoehdossa varjostusten korjauskertoimina käytetään $F_{\text{ympäristö}}$ D5 taulukon 8.6 mukaisia arvoja varjostuskulmalla 15° kuukausittain ja ilmansuunnittain.

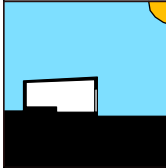
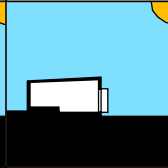
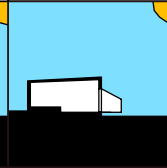
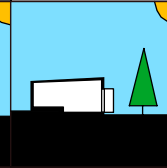
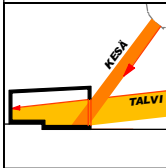
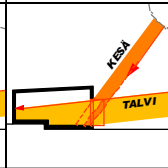
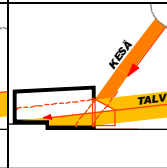
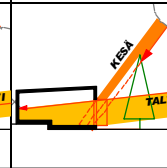

$F_{\text{sivubarjostus}}$ ja $F_{\text{ylävarjostus}}$ arvoina käytetään kerrointa 1,00 (ei varjostusta).

FVAR2 vaihtoehdossa on käytetty edellisiä ympäristön varjostuksen korjauskertoimia ja lisäksi $F_{\text{sivubarjostus}}$ korjauskertoimia 45° varjostuskulmalla ilmansuunnittain D5 taulukon 8.8 mukaisesti. Kertoimet ovat pohjoiseen 0,98, Itään ja länteen 0,82 sekä etelään 0,85.

FVAR3 vaihtoehdossa on käytetty edellisiä ympäristön ja sivubarjostuksen korjauskertoimia sekä lisäksi $F_{\text{ylävarjostus}}$ korjauskertoimia 45° varjostuskulmalla ilmansuunnittain D5 taulukon 8.7 mukaisesti. Kertoimet ovat pohjoiseen 0,8, Itään ja länteen 0,81 sekä etelään 0,85.

FVAR4 vaihtoehdossa on oletettu varjostusten muodostavan optimaalisen varjostustilanteen jolloin jäähtymistä ei ole laskennassa otettu huomioon.






Kaaviossa on esitetty eri vaihtoehtojen varjostusratkaisut kesä- ja talviaikaisilla auringonvalon suuntakulmilla.

FVAR 1	FVAR 2	FVAR 3	FVAR 4	MUUTTUJA VARJOSTUS
				VAIHTOEHTO
				SYMBOLI
D5 laskennan perusvarjostus, 15° ympäristön varjostus	FVAR1+ sivubarjostus	FVAR2+ ylävarjostus	optimaalinen sivubarjostus ylävarjostus ympäristön varjostus--> jäähtymistä ei huomioida	KUVAUS
				KAAVIO
	pinta-ala julkisivu tilavuus yläpohja alapohja tilaohjelma rakenteet, L+I	pinta-ala julkisivu tilavuus yläpohja alapohja tilaohjelma rakenteet, L+I	pinta-ala julkisivu tilavuus yläpohja alapohja tilaohjelma rakenteet, L+I	VAKIOT
-	VARJOSTUS	VARJOSTUS	VARJOSTUS	MUTTUJAT

Kaavio 7

4.5.7 VERHOKERROIN



Erilaisten verhotyyppien vertailuvaihtoehdot on esitetty oheisessa kaaviossa 8. Vaihtoehdossa FVER1 eli Talo Saunarannassa on käytetty RakMK D5 laskennan perustapausta joka on laskentatyökalussa vakioarvona. Tässä loka-huhtikuussa käytetään verhokerroimen arvoa 1,0 (ei verhoa) ja touko-syyskuussa arvoa 0,3 (valkoiset sälekaihtimet lasien välissä). FVER2-FVER4 vaihtoehdoissa ilmoitettua verhokerrointa on käytetty ympäri vuoden.

				MUUTTUJA
				VERHOKERROIN
FVER	FVER	FVER	FVER	
1	2	3	4	VAIHTOEHTO
				SYMBOLI
laskennan perustapaus, valkoiset sälekaihtimet sisällä touko-syyskuussa	ei verhoa	läpikuultavat verhot sisäpuolella	ikkunaluukut ulkopuolella	KUVAUS
Fverho 1,0 loka-huhtikuussa 0,3 touko-syyskuussa	Fverho 1,0	Fverho 0,75 ×	Fverho 0,3	KERROIN
	pinta-ala julkisivu tilavuus yläpohja alapohja tilaohjelma rakenteet, L+I	pinta-ala julkisivu tilavuus yläpohja alapohja tilaohjelma rakenteet, L+I	pinta-ala julkisivu tilavuus yläpohja alapohja tilaohjelma rakenteet, L+I	VAKIOT
-	VERHOKERROIN	VERHOKERROIN	VERHOKERROIN	MUTTUJAT

Kaavio 8

4.5.8 KEHÄKERROIN

Kehäkerroin on valoaukon pinta-alan ja ikkuna-aukon pinta-alan suhde. Erilaisten ikkunoiden kehäkerrointen vertailuvaihtoehdot on esitetty oheisessa kaaviossa 9. Vaihtoehdossa FK1 eli Talo Saunarannassa on käytetty RakMK D5 laskennan perustapausta eli $F_{kehä} = 0,75$, joka on laskentatyökalussa vakioarvona.

FK1	FK2	FK3	FK4	MUUTTUJA KEHÄKERROIN
				VAIHTOEHTO
				SYMBOLI
laskennan perustapaus	lasielementti, ei karmirakenteita	paksut karmirakenteet	paksut karmirakenteet, jakopuitteita	KUVAUS
Fkehä 0,75	Fkehä 1,0	Fkehä 0,65	Fkehä 0,55	KERROIN
	pinta-ala julkisivu tilavuus yläpohja alapohja tilaohjelma rakenteet, L+l	pinta-ala julkisivu tilavuus yläpohja alapohja tilaohjelma rakenteet, L+l	pinta-ala julkisivu tilavuus yläpohja alapohja tilaohjelma rakenteet, L+l	VAKIOT
-	KEHÄKERROIN	KEHÄKERROIN	KEHÄKERROIN	MUTTUJAT

Kaavio 9

4.6 VERTAILU B, TILAOHJELMA

Vertailussa B on tutkittu tilaohjelman vaikutusta rakennuksen energiatehokkuuteen. Muuttujina on rakennuksen koko eli bruttoala, asukasmäärä sekä kerrosluku. Muuttujat on valittu RakMK D5 laskennan perusteella.

4.6.1 KOKO






Rakennuksen koon eli bruttoalan vertailuvaihtoehdot on esitetty oheisessa kaaviossa 10. Rakennuksen runkosyvyys, huonekorkeus sekä kattokaltevuus on pidetty vakioina. Kohdassa "kuvaus" esitetyt kertoimet kuvaavat laskennallista muutosta. Koon vertailussa on käytetty todellisia, mallinnettuja pinta-aloja sekä tilavuuksia. Aukkojen %-osuus julkisivuista on pidetty vakiona.

	K1	K2	K3	K4	MUUTTUJA KOKO
					VAIHTOEHTO
					SYMBOLI
					KUVAUS
	laskennallinen pinta-ala x 1 tilavuus x 1 ikkunat x1 ulkoseinä x 1 alapohja x 1 yläpohja x 1	laskennallinen pinta-ala x 1,5 tilavuus x 1,5 ikkunat x 1,33 ulkoseinä x 1,33 alapohja x 1,5 yläpohja x 1,5	laskennallinen pinta-ala x 2 tilavuus x 2 ikkunat x 1,66 ulkoseinä x 1,66 alapohja x 2 yläpohja x 2	laskennallinen pinta-ala x 0,5 tilavuus x 0,5 ikkunat x 0,66 ulkoseinä x 0,66 alapohja x 0,5 yläpohja x 0,5	KUVAUS
					KAAVIO
	140 brm2	210 brm2	280 brm2	70 brm2	KAAVIO
	asukasmäärä rakenteet, L+I aukkojen %-osuus maanpäällisestä julkisivusta	asukasmäärä rakenteet, L+I aukkojen %-osuus maanpäällisestä julkisivusta	asukasmäärä rakenteet, L+I aukkojen %-osuus maanpäällisestä julkisivusta	asukasmäärä rakenteet, L+I aukkojen %-osuus maanpäällisestä julkisivusta	VAKIOT
	-	KOKO--> pinta-ala vaippa tilavuus	KOKO--> pinta-ala vaippa tilavuus	KOKO--> pinta-ala vaippa tilavuus	MUTTUJAT

Kaavio 10

4.6.2 ASUKASMÄÄRÄ

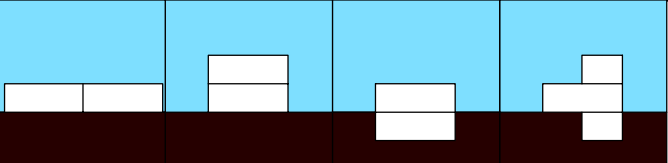
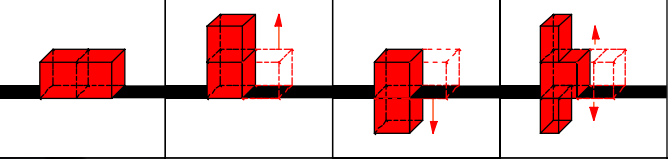

Rakennuksen henkilömäärä lasketaan RakMK D5 mukaan makuuhuoneiden lukumäärän perusteella kaavalla MH+1. Tämä laskentatapa on ohjelmassa asetuksena. Talo Saunarannassa makuuhuoneita on 2 kappaletta jolloin asukasmäärä on 3 oheisen kaavion 11 mukaisesti. Muita vaihtoehtoja tässä vertailussa ovat 4, 5 ja 2 henkilöä.

HLÖ1	HLÖ2	HLÖ3	HLÖ4	MUUTTUJA ASUKASMÄÄRÄ
				VAIHTOEHTO
				SYMBOLI
2 MAKUU- HUONETTA 3 HENKILÖÄ	3 MAKUU- HUONETTA 4 HENKILÖÄ	4 MAKUU- HUONETTA 5 HENKILÖÄ	1 MAKUU- HUONE 2 HENKILÖÄ	KUVAUS

Kaavio 11

4.6.3 KERROSLUKU

Talo Saunarannan bruttoala, 140 m², on jaettu eri tavalla kerroksiin oheisen kaavion 12 mukaisesti. Aukkojen %-osuus maanpäällisestä julkisivusta on pidetty vakiona.

				MUUTTUJA
				KERROSLUKU
				VAIHTOEHTO
KER1	KER2	KER3	KER4	
				SYMBOLI
laskennallinen pinta-ala x 1 tilavuus x 1 ikkunat x 1 julkisivu x 1 alapohja x 1 yläpohja x 1	laskennallinen pinta-ala x 1 tilavuus x 1 ikkunat x 1,33 julkisivu x 1,33 alapohja x 0,5 yläpohja x 0,5	laskennallinen pinta-ala x 1 tilavuus x 1 ikkunat x 0,66 julkisivu x 1,33 alapohja x 0,5 yläpohja x 0,5	laskennallinen pinta-ala x 1 tilavuus x 1 ikkunat x 1,166 julkisivu x 1,66 alapohja x 1 yläpohja x 1	KUVAUS
				KAAVIO
	bruttoala tilavuus asukasmäärä rakenteet, L+I aukkojen %-osuus maanpäällisestä julkisivusta	bruttoala tilavuus asukasmäärä rakenteet, L+I aukkojen %-osuus maanpäällisestä julkisivusta	bruttoala tilavuus asukasmäärä rakenteet, L+I aukkojen %-osuus maanpäällisestä julkisivusta	VAKIOT
-	KERROSLUKU--> huoneistoala vaippa maanpäällinen julkisivu	KERROSLUKU--> huoneistoala vaippa maanpäällinen julkisivu	KERROSLUKU--> huoneistoala vaippa maanpäällinen julkisivu	MUTTUJAT


Kaavio 12

4.7 VERTAILU C, RAKENTEET

Vertailussa C on tutkittu rakenteiden vaikutusta pientalon energiatehokkuuteen. Talo Saunaranta on verrattu variaatioihin, joissa muuttujina ovat rakennusosien lämmönläpäisykertoimet U eli U-arvot sekä ilmatiiviys eli ilmanvuotoluku n_{50} 1/h. Nämä muuttujat on valittu RakMK D5 laskennan perusteella niiden merkittävyyden vuoksi. Myös rakennuksen tehollinen lämpökapasiteetti C_{rak} omin Wh/brm^2K vaikuttaa rakennuksen lämpökuormien hyödyntämistäasteeseen ja sitä kautta energiatehokkuuteen. Käytetyssä laskentatyökalussa tätä ominaisuutta ei ole mahdollista muuttaa.

4.7.1 U-ARVOT

Vaihtoehtona U1 on käytetty arvoja, joilla Talo Saunaranta minimissään täyttää vuoden 2010 RakMK C3 määräykset lämpöhäviöiden tasaus huomioiden. U2 vaihtoehdossa on käytetty RakMK C3 2007 minimiarvoja. Vaihtoehdoissa U3 ja U4 U-arvoja on parannettu asteittain. U-arvojen vertailuvaihtoehdot on esitetty oheisessa kaaviossa 13.


	U2	U3	U4	MUUTTUJA U-ARVOT
				VAIHTOEHTO
2010	2007 min	2010 +	2010 ++	SYMBOLI
US=0,13 AP=0,16 YP=0,09 IKKUNA MEK=0,8 IKKUNA MSE=0,8 OVI=0,8	US=0,24 AP=0,24 YP=0,15 IKKUNA MEK=1,4 IKKUNA MSE=1,4 OVI=1,4	US=0,11 AP=0,09 YP=0,07 IKKUNA MEK=0,76 IKKUNA MSE=0,76 OVI=0,76	US=0,07 AP=0,08 YP=0,06 IKKUNA MEK=0,5 IKKUNA MSE=0,6 OVI=0,4	KUVAUS

Kaavio 13

4.7.2 ILMATIIVIYS

Rakennuksen ilmatiiviyden eli ilmanvuotoluku n_{50} 1/h vertailuvaihtoehdot on esitetty oheisessa kaaviossa 14.

n_{50} 1 vaihtoehtona on käytetty lukua 4,0 joka on RakMK D3 2010 mukainen suunnitteluarvo. Ilmanvuotoluku n_{50} 0,6 1/h täyttää passiivitalolle asetetut vaatimukset.

 n50 1	n50 2	n50 3	n50 4	MUUTTUJA ILMATIIVIYS
				VAIHTOEHTO
4,0	2,0	1,0	0,5	SYMBOLI
ILMAVUOTOLUKU n50, 4 1/h	ILMAVUOTOLUKU n50, 2 1/h	ILMAVUOTOLUKU n50, 1 1/h	ILMAVUOTOLUKU n50, 0,5 1/h	KUVAUS

Kaavio 14

4.8 VERTAILU D, LÄMMITYS JA ILMANVAIHTO


Vertailussa D on tutkittu lämmityksen ja ilmanvaihdon vaikutusta pientalon energiatehokkuuteen. Talo Saunaranta on verrattu variaatioihin joissa muuttujina ovat ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhde sekä lämmönjakotapa. Nämä ominaisuudet on valittu muuttujiksi RakMK D5 laskennasta niiden merkittävyyden vuoksi.

4.8.1 LTO:N VUOSIHYÖTYSUHDE


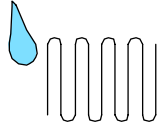
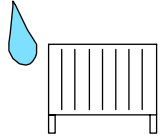
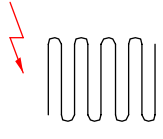
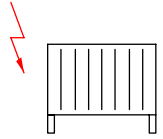
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen vertailuvaihtoehdot on esitetty oheisessa kaaviossa 15.

4.8.2 LÄMMÖNJAKOTAPA

Lämmönjakotavan vertailuvaihtoehdot on esitetty oheisessä kaaviossa 16.

LTO 1	LTO 2	LTO 3	LTO 4	MUUTTUJA LTO:N VUOSIHYÖTYSUHDE
				VAIHTOEHTO
75%	60%	45%	30%	SYMBOLI
ILMAVAIHDON LTO:N VUOSIHYÖTYSUHDE 75%	ILMAVAIHDON LTO:N VUOSIHYÖTYSUHDE 60%	ILMAVAIHDON LTO:N VUOSIHYÖTYSUHDE 45%	ILMAVAIHDON LTO:N VUOSIHYÖTYSUHDE 30%	KUVAUS

Kaavio 15

LÄM 1	LÄM 2	LÄM 3	LÄM 4	MUUTTUJA LÄMMÖNJAKOTAPA
				VAIHTOEHTO
				SYMBOLI
vesikiertoinen lattialämmitys	vesikiertoinen patterilämmitys	sähköinen lattialämmitys	sähköinen patterilämmitys	KUVAUS

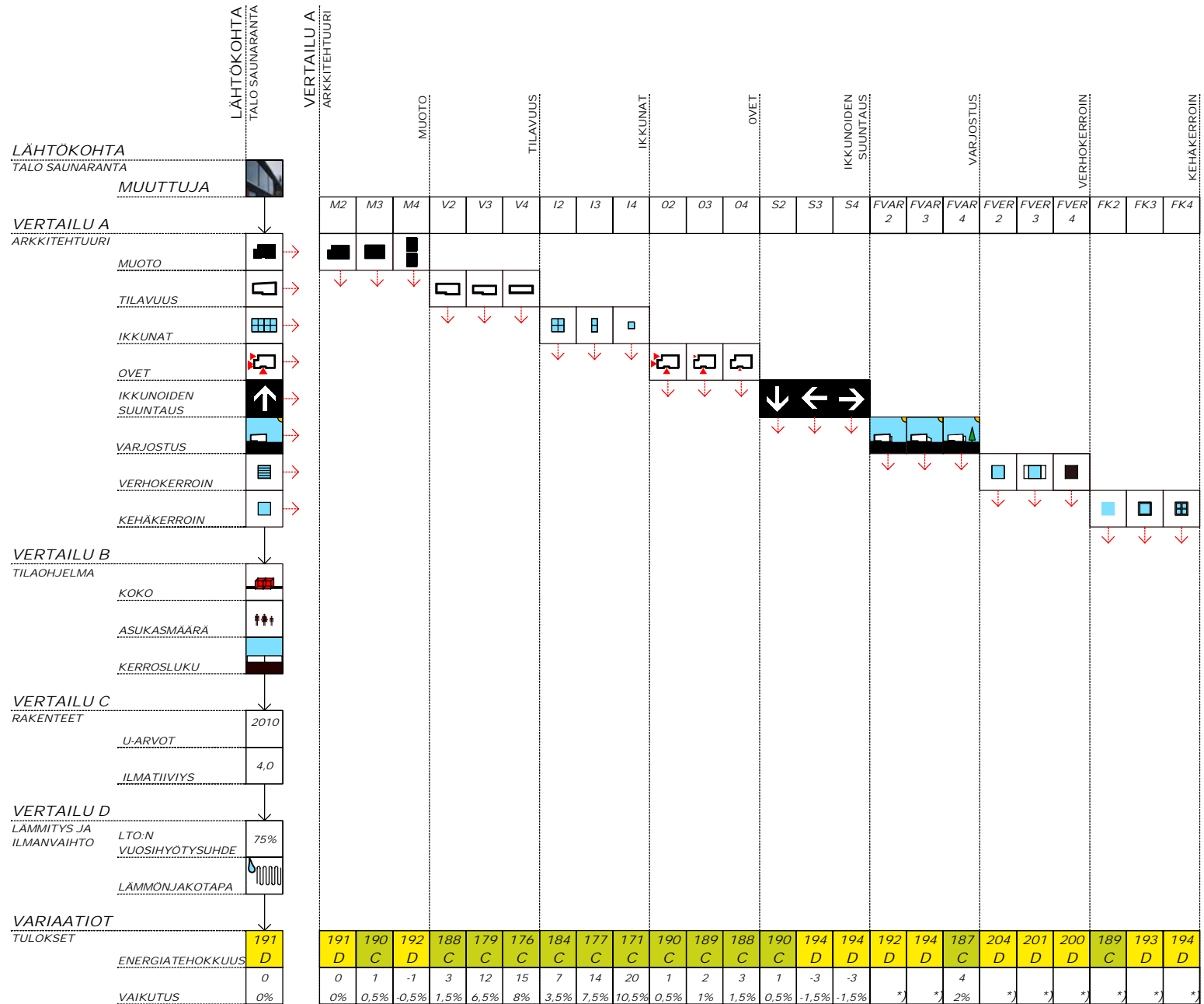
Kaavio 16

5 LASKENTA

5.1 LASKENNAN TULOKSET

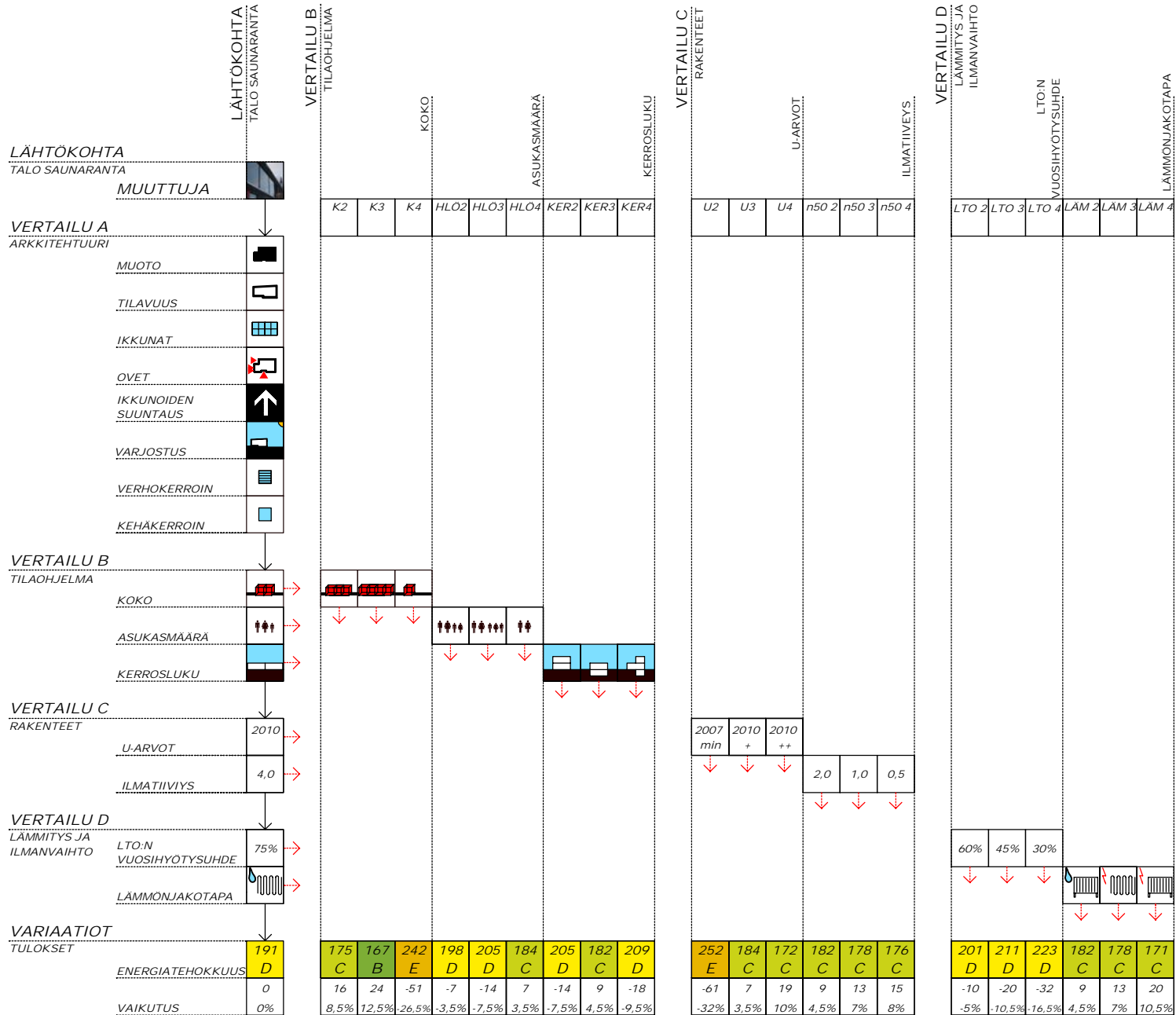
Tuloksina esitetään eri variaatioiden energiatehokkuus joka ilmoitetaan sekä ET-lukuna ja ET-luokkana. Variaatioiden vaikutus verrattuna Talo Saunarantaan esitetään muutosyksikkönä kWh/brm² sekä prosentuaalisesti.

Vertailu A tuloksineen on esitetty kaavioissa 17, vertailut B, C ja D kaaviossa 18. Laskennan tulokset eli variaatioiden ET-luvut ja ET-luokat on esitetty graafisesti kaavioissa 19 ja 20.

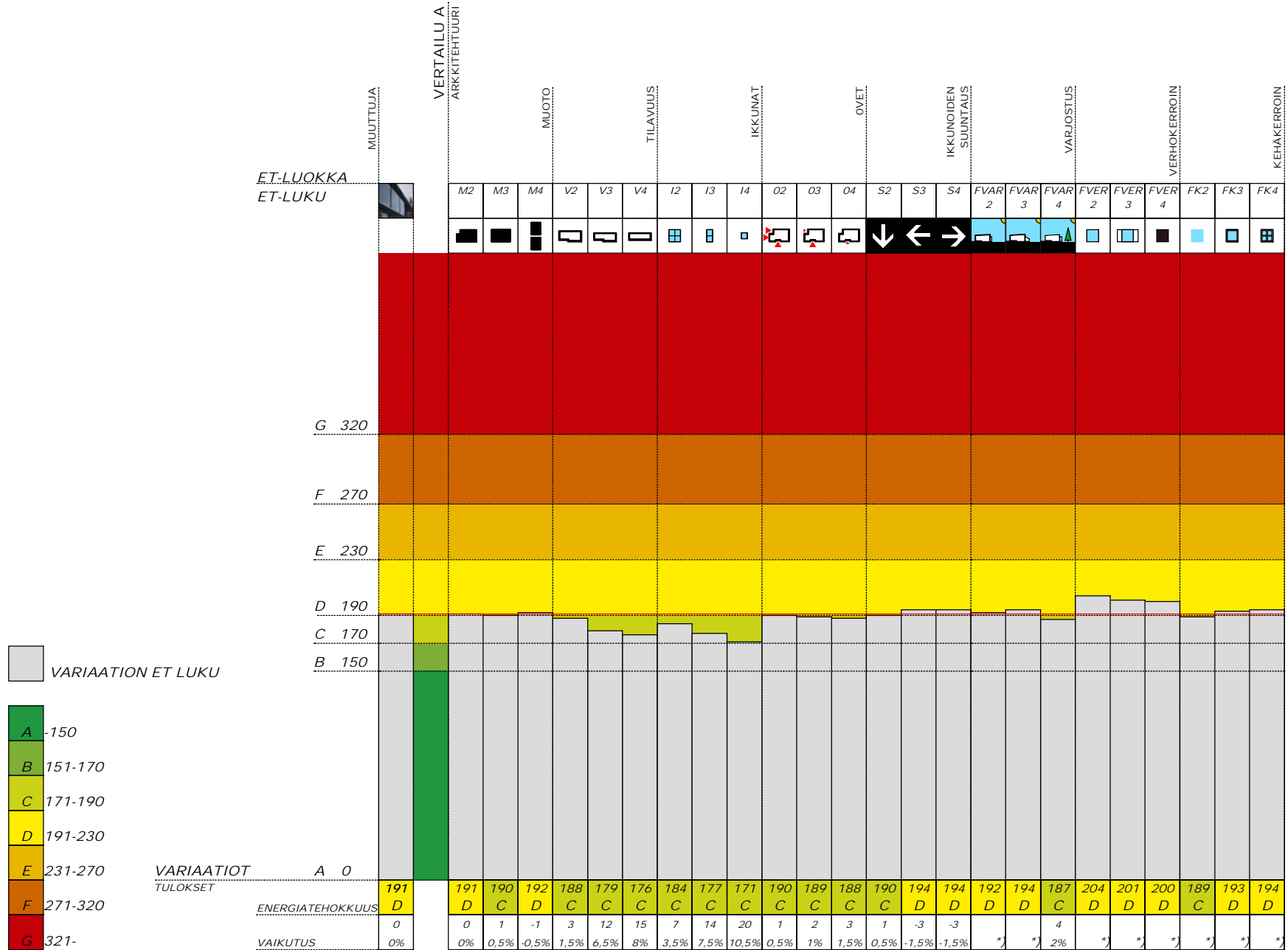


*) vertailukelpoisia vain keskenään

Kaavio 17, vertailu A

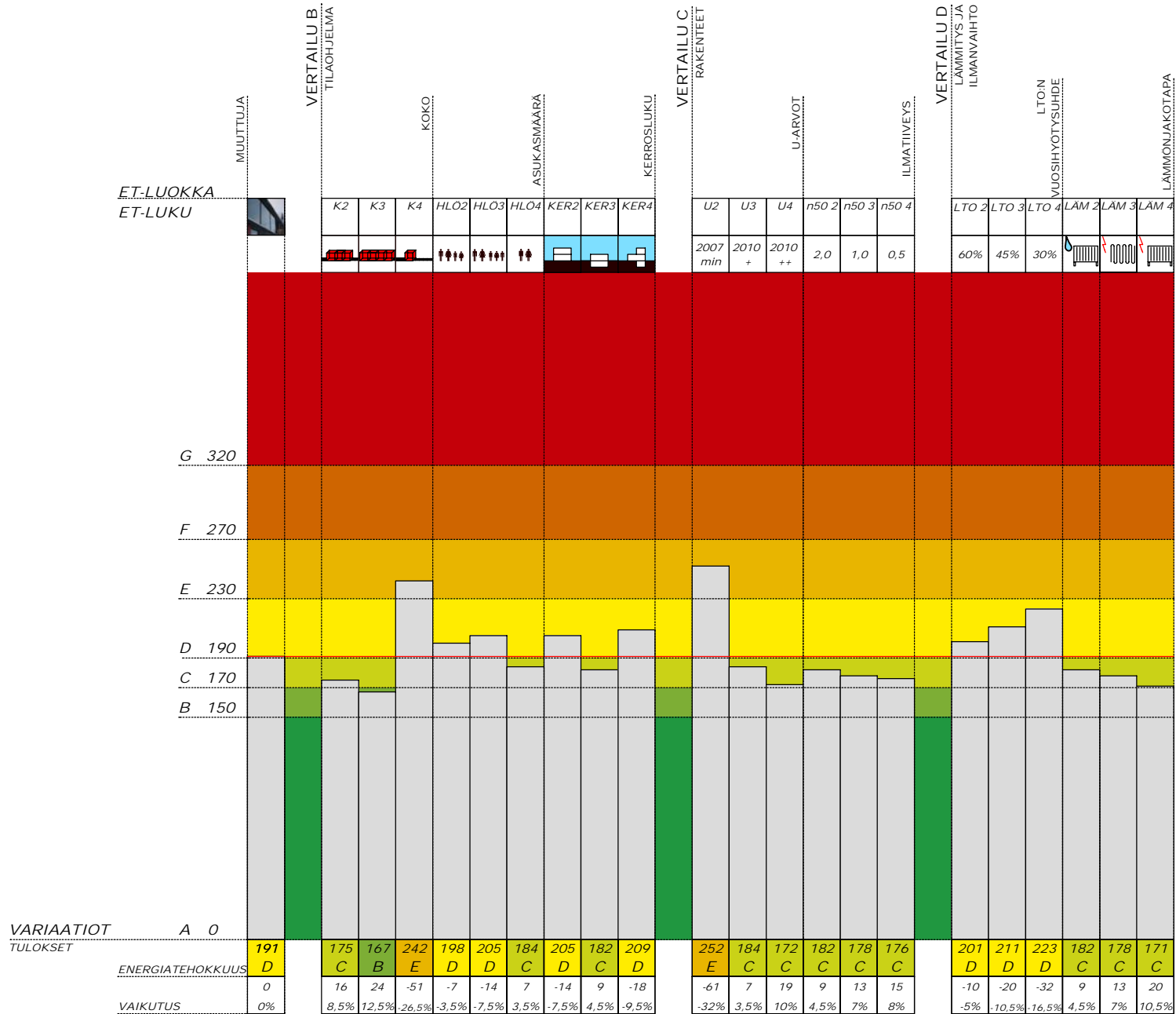


Kaavio 18, vertailut B, C ja D



*) vertailukelpoisia vain keskenään

Kaavio 19, Tulokset vertailu A



Kaavio 20, Tulokset, vertailut B, C ja D

6 YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT

6.1 TULOSTEN TARKASTELU

Yhteenvedossa arvioidaan muuttujien vaikutusta rakennuksen arkkitehtuuriin sekä verrataan variaatioiden energiatehokkuuden muutosta Talo Saunaranan energiatehokkuuteen. Tuloksia pyritään käsittelemään arkkitehdin näkökulmasta. Koska arkkitehtuuri on monen osatekijän summa, on yhden muuttujan vaikutusta arkkitehtuuriin vaikea arvioida. Suunnittelussa eri vaihtoehdot johtavat erilaisiin suunnitteluratkaisuihin joihin yhteenvedossa myös viitataan. Vaihtoehtojen arkkitehtonisten merkitysten arviointi perustuu suunnittelijan subjektiiviseen näkemykseen.

Arkkitehtonisia ominaisuuksia on tutkittu vertailussa A. Tilaohjelman ominaisuudet on otettu arkkitehtuurista erilliseksi vertailuksi B. Erillinen vertailu on tarpeen koska tilaohjelma on harvoin arkkitehdin vapaassa vaikutuspiirissä. Tilaohjelmaan vaikuttavat merkittävämmiin rakennuksen tilaaja, käyttäjä tai mahdollinen kaava. Arkkitehti voi kuitenkin ohjata tilaajaa tekemään tehokkaampia ratkaisuja.

Vertailussa D on tutkittu lämmityksen ja ilmanvaihdon vaikutusta pientalon energiatehokkuuteen. Vertailussa C on tutkittu rakenteiden vaikutusta pientalon energiatehokkuuteen. Arkkitehti voi vaikuttaa rakenteisiin sekä LVI-tekniisiin ratkaisuihin eteenkin toimiessaan pääsuunnittelijana.

6.1.1 TALO SAUNARANTA

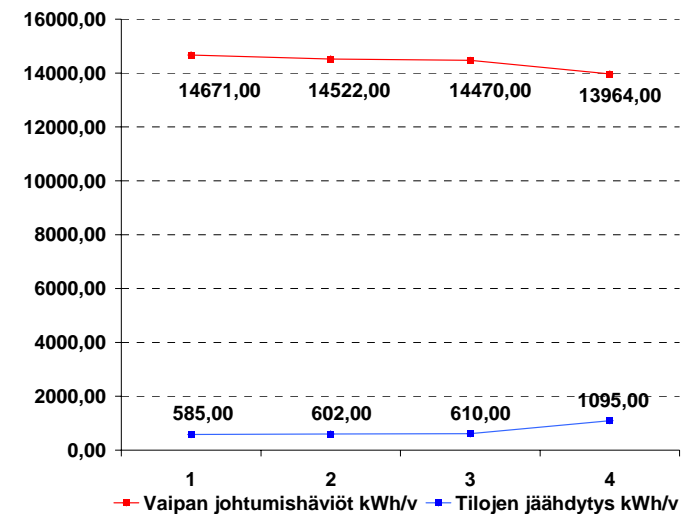
Talo Saunarannan ET-luku on 191 ja ET-luokka D. ET-luokan C raja-arvona on 190. Pienetkin parannukset energiatehokkuudessa siirtävät variaation ET-luokkaan C. Mikäli jäähdytystä ei huomioida tai jäähdytys hoidetaan passiivisin keinoin on Talo Saunarannan ET-luku 187 ja ET-luokka C. Talo Saunarannan tilojen jäähdytyksen tarve on 585 kWh/v.

6.1.2 MUOTO

Muodon vertailussa bruttoala sekä ikkunoiden pinta-ala pysyy vakiona. Vaihtoehtoissa rakennuksen runkosyvyys on pidetty vakiona. Myös tilavuus on pyritty pitämään vakiona. Tilavuuksissa syntyy todellisuudessa hieman vaihtelua johtuen vinosta yläpohjasta. Jotta muodon vertailu olisi täsmällisempää on ilmatilavuus kuitenkin pidetty laskennassa vakiona. Julkisivujen pinta-aloina on käytetty todellisia pinta-aloja.

Muodon vaikutus ET-lukuun on tässä vertailussa enimmillään vain 0,5%. Voidaan sanoa että muoto ei näin pienessä rakennuksessa juuri vaikuta rakennuksen

energiatehokkuuteen. Vaihtoehto M4, kaksikerroksinen rakennus, on ET-luvultaan jopa huonompi, 192. Tämä johtuu lisääntyneestä jäähdytystarpeesta. Vaipan kokonaispinta-alan pienentyessä vaipan johtumishäviöt pienenevät ja jäähdytystarve lähes kaksinkertaistuu. Jos jäähdytystarvetta ei huomioida, on kaksikerroksisen vaihtoehdon ET-luku 3 yksikköä vertailuarvoa parempi eli 184.



Kaavio 21, Vaihtoehdot M1...M4, johtumishäviöt ja tilojen jäähdytystarve

Muodon kompaktius on esitetty kriteeriksi esimerkiksi passiivitalorakentamiselle. Kompaktiuden merkitys energiatehokkuudelle on näin pienessä rakennuksessa kuitenkin vähäinen. U-arvojen parantuessa vaipan alan merkitys pienenee entisestään. Muotokerroin lasketaan

ulkovaipan lämmöneristekerroksen ulkopinta-alan ja rakennustilavuuden suhdelukuna A/V. Muotokerroin on riippuvainen myös rakennuksen koosta. Saman muotoisella rakennuksella (esimerkiksi tehokkain ”muoto”, pallo) on eri muotokerroin riippuen sen koosta. Mitä suurempi pallo sen pienempi muotokerroin. Pienten rakennusten muotokerroin muodostuu huonoksi, sillä lämpöhäviöitä aiheuttavaa ulkovaippaa on verrattain paljon suhteessa lämmitettävään tilavuuteen (www.passiivi.info).

Muotokerrointen vertailu keskenään on mahdollista vain jos joko rakennustilavuus ja bruttoala tai vaipan ulkopinta-ala ja bruttoala pysyvät vakioina.

Jos rakennuksen muodolla saadaan arkkitehtonista lisäarvoa tai käytännöllisyyttä on rakennuksen ”koloaminen” sisäänvedoin perusteltua. Talo Saunarannassa pääoven yhteydessä oleva sisäänveto merkitsee sisäänkäynnin sekä muodostaa sitä suojaavan katoksen. Terassin puoleinen sisäänveto taas muodostaa suojaisan terassitilan sekä mahdollistaa näkymät sauna- ja takkahuonetilosta maisemaan. Tässä vertailussa yksitasoisen asunto on käytännöllisempi kuin kaksitasoinen. Kaksitasoisessa vaihtoehdossa M4 portaan viemä tila sekä lisääntynyt ulkovaippa pienentävät käytettävää huoneistoalaa yhteensä 8 m². Yhteen tasoon sijoitetut tilat mahdollistavat myös avarampia näkymiä, paremman tilantunnon sekä pohjaratkaisultaan selkeämmän tilan. Kulkutilojen vaatimat ”hukkatilat” jäävät myös pienemmiksi. Toisaalta kaksikerroksinen rakennus

voisi olla tilavuudeltaan käytettyä vaihtoehtoa pienempi ilman että tilojen laatutaso laskisi. Päinvastoin, vertailussa käytetyn ilmatilavuuden sijoittaminen kahteen tasoon aiheuttaa suhteeltaan epätarkoituksenmukaisen korkeita tiloja.

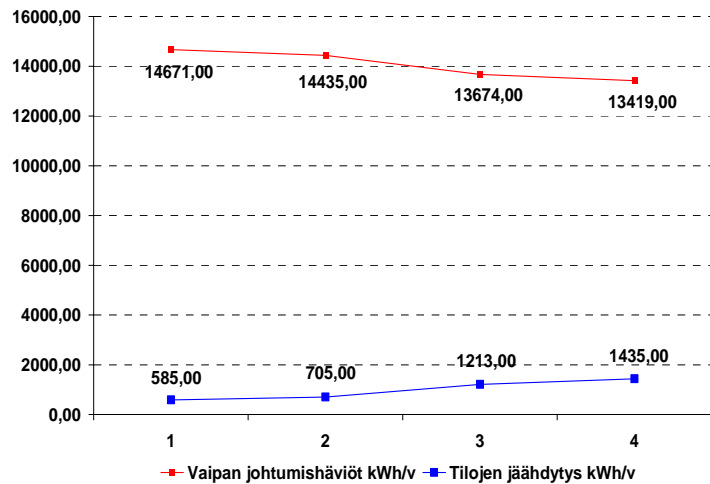
Pienen rakennuksen muodon suunnittelussa lähtökohtana voidaan pitää tilojen käytännöllisyyttä ja arkkitehtonista ilmettä koska muodon vaikutus energia- tehokkuuteen on vähäinen.

6.1.3 TILAVUUS

Tilavuuden vaikutus ET-lukuun on huomattavasti muotoa suurempi. Vaihtoehdon V4 ET-luku on 176 eli 15 yksikköä ja 8% Talo Saunarantaa pienempi.

Tilavuuden vertailussa vaihtoehtona V4 on RakMK G1:n mukainen asuinhuoneen minimikorkeus 2500 mm. Pientalossa korkeus saa olla tätä pienempikin, 2400 mm. Yksitasoisessa rakennuksessa näin matala huonekorkeus aiheuttaa kuitenkin ongelmia IV-kanavoinneissa sekä tilan tunnussa. Näillä perusteilla 2400 mm huonekorkeus on tässä vertailussa jätetty huomioimatta. Myös tilavuuden pienentäminen lisää jäähdytystarvetta. Tilavuuden pienentyessä myös julkisivupinta-ala pienenee. Ikkunakoot on kuitenkin pidetty vakioina jolloin ikkunoiden prosenttiosuus julkisivuista kasvaa. Tästä johtuen vaihtoehdot V3 ja V4 eivät täytä RakMK D3 2010 lämpöhäviövaatimuksia. Vaihtoehdossa V4 pohjoiseen suunnattu ikkunapinta-

ala ei todellisuudessa ”mahdu” kyseiselle julkisivulle. Laskennassa tämä on ohitettu pitämällä ikkunoiden ilmansuunnat ja koot vakioina. Jos jäähdytystarvetta ei huomioida on huonekorkeudeltaan 2500 mm korkean vaihtoehdon ET-luku 165, ET-luokka paranee luokkaan B. Rakennuksen lämpöhäviövaatimukset sekä jäähdytystarve on kuitenkin täytettävä muilla keinoin.



Kaavio 22,
Vaihtoehdot V1...V4, johtumishäviöt ja tilojen jäähdytystarve

Pohjapinta-alaltaan pienemmässä rakennuksessa tai kaksitasoisessa rakennuksessa tilavuus voisi olla laskennassa käytettyä vaihtoehtoa pienempi ilman että tilojen laatutaso laskee merkittävästi. Matalampikin tila voi vaikuttaa avaralta riippuen ikkunoiden koosta, sijoittelusta, näkymistä ja avautumissuunnasta. Vallalla oleva ”muoti” jossa suositaan korkeita, osittain kahden kerroksen

korkeuksia, huonetiloja on hyvä kyseenalaistaa energiateknisin perustein.

Ilmatilavuuden kohtuullinen rajoittaminen on vertailun A vaihtoehtoista paras yksittäinen keino energiatehokkuuden parantamiseen. Tilavuuden suunnittelussa on oleellista pohjapinta-alan ja huonekorkeuden suhteet sekä käytetty ikkuna-aukotus.

6.1.4 IKKUNAT

Ikkunoiden koon vaikutus ET-lukuun on merkittävä. Vaihtoehdon I4 ET-luku on 171 eli 20 yksikköä ja 10,5% vertailuvaihtoehtoa pienempi.

Ikkunoilla on kolmenlaisia, osittain toisiaan kumoavia, vaikutuksia rakennuksen energiatehokkuuteen. Ikkunoiden johtumishäviöt ovat ulkoseinää suuremmat heikompien U-arvojen ansiosta. Toisaalta niiden kautta saadaan merkittävä osa rakennukseen passiivisesta lämpöenergiasta. Kun rakennuksen lämpökuormat ylittävät lämpöhäviöt syntyy jäähdytystarvetta, joka taas heikentää rakennuksen energiatehokkuutta.

Ikkunoiden koon vertailussa on vaihtoehtona I4 on käytetty RakMK G1 minimitasoa. Tämän mukaan asuinhuoneen valoaukon ikkunapinta-ala tulee olla vähintään 10% huoneen lattian alasta. Lisäksi ikkunan sijoituksen ja muun järjestelyn tulee olla valoisuuden ja viihtyisyyden kannalta tarkoituksenmukainen (RakMK G1 s.5).

Ikkunoiden koon vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen on arkkitehtonisista keinoista merkittävin. Toisaalta ikkunoiden koon pienentäminen vaikuttaa rakennuksen arkkitehtuuriin ja tilan tuntuun eniten, tässä tapauksessa heikentävästi. Ikkunoiden tuoma valoisuus ja tilan tuntu lisäävät asumisviihtyvyyttä merkittävästi. Ikkunoiden pienentäminen RakMK G1 minimitasoon aiheuttaa tässä esimerkissä epätarkoituksenmukaisia, pimeitä huonetiloja johon ei ole syytä pyrkiä.

Ikkunoiden koon suunnittelussa voi kuitenkin pyrkiä kohtuullisuuteen. Ikkunoiden kokoa voi kohtuullistaa esimerkiksi karsimalla ja yhdistämällä ”turhia” ikkunoita, keskittyä olennaisiin näkymiin ja avautumissuuntiin sekä valita U-arvoiltaan ja aurinkosuojaukseltaan hyviä ikkunaratkaisuja.

Ikkunakoon minimoiminen tutkimatta ensin muita energiatehokkuuden parantamisvaihtoehtoja ei ole hyvää suunnittelua. Arkkitehtonisia arvoja arvioitaessa ikkunoiden koon tuoma etu painottuu enemmän kuin niiden pienentämisen tuoma hyöty energiatehokkuudelle.

6.1.5 OVET

Ovet on otettu ikkunoista omaksi vertailukseen vaikka niiden merkitys energiatehokkuudelle on pieni. Parhaimmillaan, vaihtoehdossa O4 ET-luku paranee vain 3 yksikköä eli 1,5%. Tässä vaihtoehdossa on käytetty vain yhtä 9x21 kokoista ulko-ovea.

Ovilla on merkitystä tilojen käytettävyyden, valoisuuden ja asumisviihtyvyyden kannalta. Rakennuksen tilallisuutta ja muunneltavuutta lisää mahdollisuus avata sisätiloja ulkotiloihin esimerkiksi liukuovin. Ovien vähentäminen minimitasolle ei tässä tapauksessa ole tilojen käytettävyyden kannalta järkevää. Lasiovia, kuten isoja ulkoliukuovia ei huomioida lämpöhäviöiden tasauslaskelmassa kuten ikkunoita.

Lasiovien tuomaa lisäarvoa rakennuksen käytettävyyteen ja valoisuuteen voi hyödyntää pienentämättä rakennuksen energiatehokkuutta merkittävästi.

6.1.6 IKKUNOIDEN SUUNTAUS

Talo Saunarannan iso lasiseinä on suunnattu pohjoiseen. Ikkunoiden suuntaus eri ilmansuuntiin vaikuttaa energiatehokkuuteen vain vähän tai heikentävästi. Isojen ikkunapintojen suuntaaminen muualle kuin pohjoiseen lisää jäähdytystarvetta. Etelään suuntaaminen parantaa energiatehokkuutta yhdellä yksiköllä ja siirtää variaation ET-luokkaan C. Etelään suunnattaessa jäähdytystarve kuitenkin kaksinkertaistuu. Mikäli jäähdytystarve voidaan ratkaista muilla keinoin on ikkunoiden suuntauksella etelään positiivinen vaikutus, 6 yksikköä verrattuna vertailuversioon ilman jäähdytystä. Pienemmällä ikkunapinta-alalla ikkunoiden suuntauksen merkitys kasvaa koska niiden kautta rakennukseen tuleva

auringon säteilyenergia on tehokkaammin hyödynnettävissä ilman että jäähdystarve merkittävästi kasvaa. Ikkunoiden suuntauksella on arkkitehtonista merkitystä niiden kautta avautuvien näkymien vuoksi. Rakennuspaikasta riippuen ikkunoiden suuntaus ei aina kuitenkaan ole vapaasti valittavissa.

Ikkunoiden suuntauksen ja ikkunakoon optimivaihtoehdon, missä kaikki saatu lämpöenergia olisi hyödynnettävissä maksimaalisesti, ilman jäähdystarpeen merkittävää lisääntymistä on mielenkiintoinen jatkotutkimuksen aihe.

6.1.7 VARJOSTUS, VERHO- JA KEHÄKERROIN

Energiajunior 7.1 laskentatyökalussa ei ole mahdollista muuttaa varjostusta, verho- tai kehäkerrointa. Laskennassa on käytetyt FVAR1, FVER1 ja FK1 vastaavat RakMK D5 mukaisia vakioarvoja. Vaihtoehto FVAR4 on myös laskettu Energiajunior 7.1 ohjelmalla. Oletuksena on pidetty teoreettista, optimaalista varjostusta joka päästää rakennukseen juuri oikean, täydellisesti hyödynnettävissä olevan, määrän lämpösäteilyä. Tässä variaatiossa jäähdytystä ei ole huomioitu.

Muut vaihtoehdot on laskettu RakMK D5 mukaan luodulla taulukkolaskentaohjelmalla. Ohjelmalla saaduissa tuloksissa on ristiriitaisuuksia Energiajunior 7.1 ohjelman kanssa eriävien lähtöarvojen vuoksi. Koska samaa menetelmää näiden kerrointen vertailuun ei tässä työssä voida käyttää, on saatujen ET-lukujen vertailu

epäjohdonmukaista. Variaatiot ovat kuitenkin vertailukelpoisia keskenään.

Kertoimilla on merkitystä rakennuksen energiatehokkuudelle. Pääsääntöisesti, mikäli jäähdystarvetta ei huomioida, näiden kertoimien pienentäminen heikentää energiatehokkuutta ikkunoiden läpi tulevan säteilyenergia pienentyessä. Toisaalta kertoimien kasvattaminen vaikuttaa lämpökuormien määrään ja osaltaan myös vähentävät jäähdystarvetta. Ikkunaluukkujen ja sälekaihtimien käyttö on eduksi huonelämpötilojen hallinnassa eri vuodenaikoina. Kehäkerrointen vertailussa ikkunoissa käytetään sälekaihtimia touko-syyskuussa RakMK D5 mukaisesti. Variaatiossa FK2 ET-luku hieman paranee. Verhokerrointen vertailusta ilmenee lämmityskauden mukaisten säädeltävien varjostusten merkitys. Verhojen käyttäminen laskennassa ympäri vuoden vähentävät talvella saatavaa passiivista lämpöenergiaa. Verhokertoimen pitäminen vakiona ympäri vuoden huonontaa rakennuksen ET-lukua. U-arvojen parantuessa varjostus- verhokertoimet sekä niiden kausittainen muuntelu nousevat merkittävään asemaan.

Erilaisten vuodenaikojen ja lämmityskauden mukaan muuntauutuvien, esteettisesti kestävien varjostuskeinojen suunnittelu onkin jatkossa arkkitehtonisesti tärkeä haaste.

6.1.8 KOKO

Rakennuksen koon, tässä vertailussa bruttoalan, merkitys energiatehokkuuteen on huomattava. Vaihtoehto K3, jossa maanpäällinen bruttoala kaksinkertaistuu, ET-luku pienenee 24 yksikköä. Variaation K3 ET-luku on 167 ja muutos vertailuversioon 12,5%. Koon vaikutus ET-lukuun on tämän vertailun merkittävien. K3 on ainoa vaihtoehto jossa rakennuksen ET-luku sijoittuu luokkaan B. Vastaavasti vaihtoehdossa K4, koon puolittuessa, ET-luku heikkenee 51 yksikköä. Variaatio K4 sijoittuu luokkaan E, ET-luvulla 242. Vertailussa on käytetty mallinnettuja rakennuksia ja niistä laskettuja pinta-aloja jotka hieman poikkeavat laskennallisesta. Ikkunoiden %-osuus julkisivuista on pidetty vertailussa vakiona. Vaihtoehto K4 ei täytä D3 2010 lämpöhäviövaatimuksia.

Koon pientyessä rakennuksen vaipan pinta-alan suhde ilmatilavuuteen kasvaa. Laskennallisesti tilavuuden vähentyessä 50%, vaipan ala pienenee vain 34%. Vastaavasti bruttoalan kasvaessa rakennuksen vaipan pinta-alan suhde ilmatilavuuteen pienenee. Toisaalta suuremman rakennuksen kokonaisenergian-tarve vastaavasti kasvaa. ET-luvussa ei kuitenkaan ole huomioitu kokonaisenergiankulutusta.

Arkkitehti voi vaikuttaa rakennuksen kokoon esimerkiksi sijoittamalla tilaohjelma tehokkaasti pienempään bruttopinta-alaan.

Vaikka koon kasvaessa ET-luku paranee, tulisi suunnittelussa pyrkiä kokonaisenergiankulutuksen eli

myös bruttoalan pienentämiseen. Hyvällä suunnittelulla vältetään turhia neliöitä ja sitä kautta rakennuksen kokonais-energiankulutusta.

6.1.9 HENKILÖMÄÄRÄ

Henkilömäärä lasketaan rakennuksen makuuhuoneiden lukumäärän perusteella kaavalla MH+1. Rakennuksen henkilömäärä vaikuttaa sisäisiin lämpökuormiin sekä lämpimän käyttöveden kulutukseen. Henkilömäärän voi RakMK D5 mukaan laskea myös bruttoalaa kohden, mikä onkin täsmällisempi lähestymistapa. Koska kyseessä on kuitenkin laskennallinen energiankulutus ja todellinen kulutus riippuu rakennuksen sijainnista, asukkaiden lukumäärästä ja asumistottumuksista, antanee laskentatapa kuitenkin oikeaa suuntaa. Henkilöiden, eli tässä tapauksessa makuuhuoneiden, lisääminen heikentää ET-lukua. Talo Saunarannassa on kaksi makuuhuonetta eli 3 henkilöä. Variaation HLÖ3, jossa on käytetty 5 henkilöä, ET-luku heikkenee 14 yksikköä eli 7%.

6.1.10 KERROSLUKU

Kerrosluvun vertailussa bruttoala on jaettu eri tavoin kerroksiin. Talo Saunarannassa, vaihtoehdossa KER1, bruttoala on yhdessä tasossa maan päällä. Vaihtoehdossa KER2 bruttoala on sijoitettu kokonaan maan päälle kahteen tasoon, vaihtoehdossa KER3

puolet bruttoalasta on sijoitettu maan alle ja puolet maan päälle. Tilavuus, vaipan ala sekä ikkunoiden ja ovien prosenttiosuus maanpäällisestä julkisivusta on pidetty vakioina. KER2 eroaa vaihtoehdosta M4 ikkunoiden, ovien ja ulkoseinän pinta-alalla. Variaation KER2 ET-luku heikkenee 14 yksikköä. Ikkunoiden koon kasvaessa rakennuksen jäähdystarve kasvaa huomattavasti. KER2 ei myöskään täytä lämpöhäviövaatimuksia. Kellarillisen variaation KER3 ET-luku paranee 8 yksikköä. Maanalaisessa vaipassa ei ole vertailussa käytetty ikkunoita jolloin ikkunoiden pinta-ala pienenee. ET-luvun muutos aiheutuu tässä pienemmistä johtumishäviöistä.

Toisaalta, koska kellariin ei voi sijoittaa asuinhuoneita, rakennuksen huoneistoala pienenee. Huoneistoalaa pienentää myös vaipan lisääntyminen sekä pinta-alasta vähennettävä porrasaukko. Käytettävää tilaa eli huoneistoalaa jää alle puolet Talo Saunarantaan verrattuna, yhteensä 55,5 m². Huoneistoala ei vaikuta ET-luvun laskentaan mutta vaihtoehdon KER2 käytettävyys ja tilat heikkenevät huomattavasti. Vaihtoehdon arkkitehtoniset perustelut ovat vastaavat kuin vaihtoehdossa M4.

Mikäli kellari lisätään maanpäällisen bruttoalan lisäksi, paranee ET-luku huomattavasti. Perustelut ovat samat kuin koon vertailussa. Tätä muuttujaa ei tässä vertailussa ole tutkittu mutta esimerkkinä voidaan käyttää alkuperäistä, kellarillista Talo Saunarantaa. Alkuperäisessä Talo Saunarannassa on kellaria noin

puolet 1.kerroksen bruttoalasta. Kellariin on päädytty maaston muodon sekä perustamisolosuhteiden vuoksi. 1. kerros on bruttoalaltaan saman suuruinen kuin vertailun kohteena oleva Talo Saunaranta, 140 m². Alkuperäisessä Talo Saunarannassa on heikommat U-arvot sekä LTO:n hyötysuhde, mutta ET-luku on silti 185 ja ET-luokka C. ET-luku siis paranee kellaritilan ja koon ansiosta. Kellari on kuitenkin lämmitettävää tilaa joten samalla rakennuksen kokonaisenergiatarve kasvaa.

Tilaohjelman jakaminen kerroksiin on usein määritelty kaavassa eikä arkkitehti voi siihen aina vaikuttaa. Rakennukseen sallitaan yleensä rakennusoikeudellisen kerrosalan lisäksi rakentaa kellari jossa ei ole asuinhuoneita. Kellari saattaa lisätä rakennuksen käytettävyyttä kun aputiloja voidaan sijoittaa muualle kuin asuinkerrokseen.

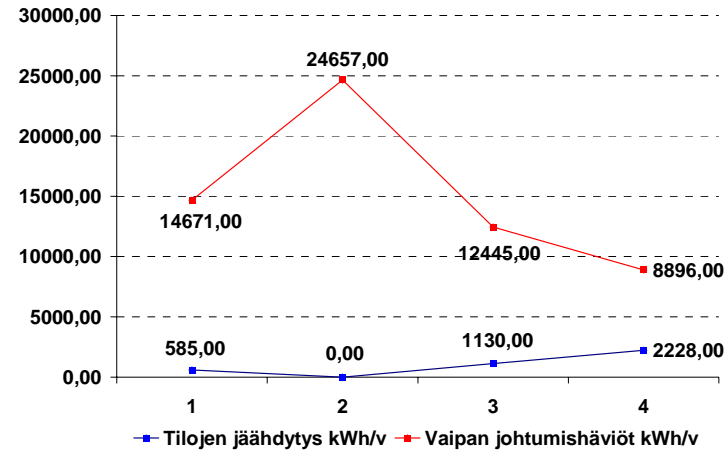
Koska kellarin lisääminen kasvattaa kokonaisenergiankulutusta, on sen rakentaminen perusteltua perustamisolosuhteiden, kaavavaatimusten tai tilantarpeen vuoksi, ei parantamaan ET-lukua.

6.1.11 U-ARVOT

U-arvot vaikuttavat oleellisesti rakennuksen energiatehokkuuteen. Alkuperäinen Talo Saunaranta on suunniteltu vuonna 2009 voimassa olleiden rakennus-määräysten mukaan. Vertailuversiossa U-arvoja on parannettu ulkoseinien ja alapohjan osalta

vastaamaan vuoden 2010 minimitasoa. Vertailussa vaihtoehtona U2 on käytetty vuonna 2009 voimassa olleita, RakMK C3 2007 minimitason mukaisia U-arvoja. Tulos 252, ET-luokka E sekä muutos 61 yksikköä osoittavat RakMK C3 vuoden 2010 lämmöneristysmääräysten muutoksen vaikutuksen rakennuksen energiatehokkuuteen. Koska vuoden 2010 rakennusmääräysten mukaiset lämmönläpäisykertoimet ovat jo huomattavan hyviä, ei U-arvoja parantamalla vaihtoehdoissa U3 ja U4 saada vastaavia eroja aikaan. U-arvojen parantaminen ei kasvata rakennuksen energiatehokkuutta lineaarisesti. Rakenteiden U-arvoissa liikutaan lähellä taloudellisesti sekä teknisesti järkevää maksimitasoa. Ikkunoiden ja ovien osalta U-arvojen kehittyminen on vielä mahdollista sekä toivottavaa. Vaihtoehdossa U4 on käytetty toteutuneen passiivitalon rakenteiden U-arvoja sekä ikkunoissa parhaita markkinoilla olevia U-arvoja. Vaikutus on edelleen huomattava, variaation U4 ET-luku on 172 ja ET-luokka C. Vaikutus Talo Saunarantaan on 19 yksikköä eli 10%. Tässä vertailussa, kun ikkunoiden koko pysyy vakiona, U-arvojen parantuessa rakennuksen vaipan lämpöhäviöt pienenevät. Tämä johtaa siihen että lämpökuormien suhde lämpöhäviöihin kasvaa jolloin jäähdystarve lisääntyy. Vaihtoehdon U4 tilojen jäähdystarve 2228 kWh/v. Ilman jäähdystystä ET-luku on 156. Vaihtoehdossa U2, jossa käytetyt U-arvot ovat vuoden 2007 rakennusmääräysten

minimitason mukaisia, ei jäähdystarvetta muodostu lainkaan.



Kaavio 23,
Vaihtoehdot U1...U4, johtumishäviöt ja tilojen jäähdystarve

U-arvot vaikuttavat usein myös rakennepaksuuksiin. Koska tässä vertailussa tavoitteena on yhden muuttujan vertailu kerrallaan, ei rakennepaksuuksia ole laskennassa huomioitu. Todellisuudessa rakennepaksuudet vaikuttavat monella tavoin, ne pienentävät huoneistoalaa, vaipan alaa sekä ilmatilavuutta. Mikäli rakenteita paksunnetaan "ulospäin", vaikuttaa se rakennuksen bruttoalaan. Paksummat ulkoseinärakenteet vaikuttavat myös rakennuksen ulkonäköön eteenkin ikkuna-aukkojen kohdalla. Tätä seikkaa voi arkkitehtuurissa hyödyntää esimerkiksi korostamalla aukkojen syvyyttä

tarkoituksellisesti. Vaihtoehtoisesti voi pyrkiä vähentämään vaikutelmaa isojen ikkunapintojen avulla, välttämällä pieniä aukkoja tai viistämällä ikkuna-aukkojen reunoja.

Rakennuksen U-arvojen parantuessa on tilojen ylikuumeneminen selkeä, uusi ongelma.

6.1.12 ILMATIIVIYS

Ilmatiiviys vaikuttaa myös rakennuksen energiatehokkuuteen merkittävästi. Parhaassa, variaatiossa $n_{50}4$, jossa ilmanvuotoluku on 0,5 1/h muutos on 15 yksikköä eli 8%. Variaation ET-luku on 176 ja ET-luokka C.

Ilmatiiviydellä on myös merkitystä lämpöhäviöiden tasauslaskelmassa ja sen mukaisten määräysten täyttymisessä. Tasauslaskelmassa vertailuarvona käytetään 2 1/h mutta suunnitteluarvona 41/h. Ilmatiiviyden vertailu- ja suunnitteluarvojen merkitystä on käsitelty tarkemmin kohdassa 6.3 Laskennan ongelmat.

6.1.13 LTO:N VUOSIHYÖTYSUHDE

Talo Saunarannassa on käytetty LTO:n vuosihyötysuhteena 75%. Vertailuissa on käytetty tätä heikompia arvoja jolloin LTO:n vuosihyötysuhteen vaikutus ilmenee käänteisesti. Variaatio LTO3, 45%, huonontaa ET-lukua 20 yksikköä eli 10,5 % ja LTO4, jossa vuosihyötysuhde on 30%, 32 yksikköä eli 17%.

Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde vaikuttaa rakennuksen energiatehokkuuteen merkittävästi.

6.1.14 LÄMMÖNJAKOTAPA

Lämmönjakotapa vaikuttaa energiatehokkuuteen lämpöhäviöiden kautta. Vesikiertoisien lattialämmityksen lämpöhäviöt ovat vertailun suurimmat joten se heikentää energiatehokkuutta eniten. Sähkölämmitys-pattereiden lämpöhäviöt ovat tämän vertailun pienimmät jolloin vaihtoehto LÄM4, suora sähkölämmitys sähkölämmityspattereihin, muodostuu ET-luvultaan parhaimmaksi. Variaation LÄM4 ET-luku on 171 ja ET-luokka C. Tämä aiheuttaa 20:n yksikön, eli 10,5%:n muutoksen. Lämmönjakotapa vaikuttaa tässä vertailussa saman verran kuin ikkunoiden pienentäminen RakMK G1:n minimitasoon kuten vaihtoehdossa I4.

Lämmönjakotapa vaikuttaa pattereihin sekä käyttömukavuuteen. Isojen ikkunoiden eteen tulevat patterit saattavat olla ulkonäköhaitta, joten lattialämmitys on tässä tapauksessa arkkitehtonisesti paras ratkaisu. Ikkunat on myös mahdollista varustaa sähkölämmityksellä.

6.2 JÄÄHDYTYSTARVE

Energiatehokkaan pientalon suunnittelussa jäähdytystarve nousee merkittävään asemaan. Jäähdytystarvetta syntyy kun rakennuksen lämpökuormat ylittävät lämpöhäviöt. Jäähdytystarve nostaa sisälämpötilaa ja siihen voidaan vaikuttaa lämpökuormia tai lämpöhäviöitä muuttamalla.

Rakennukseen tulee lämpökuormia henkilöistä, lämmitysjärjestelmän sekä lämpimän käyttöveden lämpöhäviöenergioista, valaistuksesta ja sähkölaitteista sekä ikkunoiden kautta rakennukseen tulevasta aurinkoenergiasta. Laskennassa henkilöistä ja sähkölaitteista lämpökuormia tulee rakennukseen tasaisesti ympäri vuoden. Aurinkoenergian määrässä käytetään säätietoja kuukausittain kyseessä olevalla säävyöhykkeellä ilmatieteen laitoksen testivuoden 1979 säätiiedoilla. Laskennassa on käytetty jäähdytyksen asetusarvona arvoa 23° (RakMK D5 s.71). Kuukauden keskimääräisen sisälämpötilan suunnitteluarvona käytetään tavanomaisissa tiloissa arvoa 23 °C (RakMK D3 2010, 2.8).

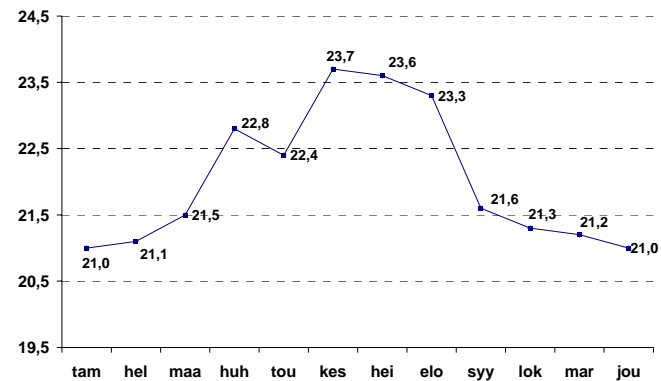
Rakennuksen käyttöaikana ei oleskeluvyöhykkeen lämpötila yleensä saa olla korkeampi kuin 25 °C. Ulkoilman lämpötilan viiden tunnin enimmäisjakson keskiarvon ollessa korkeampi kuin 20 °C voi huoneilman lämpötila ylittää tämän arvon korkeintaan 5 °C (RakMK D2, 2.2).

Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että tilat eivät lämpene haitallisesti. Liiallisen lämpenemisen estämiseksi kesällä käytetään ensisijaisesti rakenteellisia keinoja. Huonelämpötilan kohoamisen estämiseen ja vuorokautisen vaihtelun tasaamiseen käytetään mahdollisuuksien mukaan rakenteiden lämmön-varauskykyä ja yöllä tehostettua ilmanvaihtoa (RakMK D3 2010, 2.8). Kaavioissa 24 kuvataan vertailukohteena olevan Talo

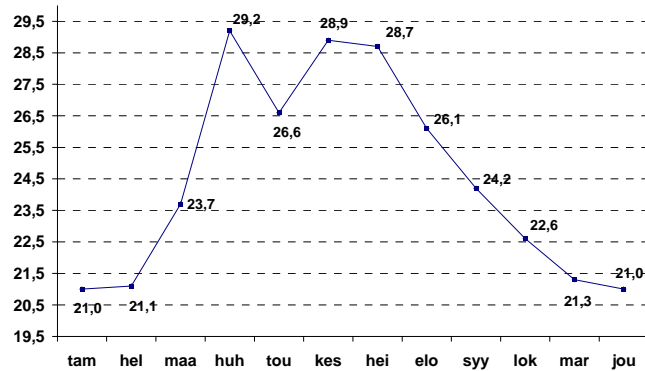
Saunarannan sisälämpötilan kuukausikeskiarvoja ilman jäähdytystä. Kaaviossa 25 on kuvattu sisälämpötiloja jäljempänä esitellystä variaatiosta A+E ilman varjostuksia ja jäähdytystä. A+E täyttää Suomessa passiivitalolle asetetut vaatimukset (Lähde energiatodistus.eu laskentaohjelma).

Pientalojen jäähdyttäminen koneellisesti ei ole energiatehokkuuden kannalta järkevää. Jäähdytystarvetta voi vähentää passiivisin keinoin erilaisin aurinkosuojauksin sekä tuuletuksen avulla, esimerkiksi avaamalla ikkunoita öisin.

U-arvojen parantuessa eli lämpöhäviöiden pienentyessä energiatehokkuuden ongelmana ei enää ole niinkään johtumishäviöt vaan hyödyntämättömät lämpökuormat ja niistä aiheutuva jäähdytystarve.



Kaavio 24, Talo Saunaranta, sisälämpötilan kuukausikeskiarvo ilman jäähdytystä °C



Kaavio 25 , Variaatio E+A
sisälämpötilan kuukausikeskiarvo ilman jäähtytystä °C

6.3 LASKENNAN ONGELMAT

Energiatehokkuuden määrittely ET-luvun avulla antaa hyvin suuntaa ja työkaluja energiatehokkaan rakennuksen suunnitteluun. Energiatehokkuuslukujen laskenta ja niiden vertailu ei kuitenkaan ole yksiselitteistä. Diplomityössä laskettujen variaatioiden ET-lukujen sekä työn ohella tehtyjen koeluontoisten laskentojen perusteella on ilmennyt useita laskennallisia ongelmia ja ristiriitaisuuksia.

6.3.1 D5 LASKENTA

Energiatodistuksen laskenta perustuu RakMK osan D5 72 sivuiseen ohjeeseen sekä 137 sivuiseen energiatodistusoppaaseen. Laskentakaavat on esitetty ohjeessa. Kaavoja on yli 70 kappaletta, niiden lisäksi erilaisia lähtöarvoja ja taulukoita on useita. RakMK D5

osan mukainen energiatehokkuusluvun laskeminen on haastava tehtävä. Laskennassa onkin lähes välttämättä käytettävä kaupallisia laskentaohjelmia. Eri laskentaohjelmien antamat tulokset ovat ristiriitaisia keskenään niiden poikkeavien lähtöarvojen vuoksi.

ET-luvun laskentaan tulisi olla käytettävissä maksuton, lähtötietojen osalta yhtenäinen laskentaohjelma.

6.3.2 KOKONAISENERGIANKULUTUS

Energiatehokkuusluku ilmoitetaan bruttoalaa kohden. Se ei huomioi rakennuksen kokonaisenergiankulutusta eikä ostoenergiankulutusta. Näillä on kuitenkin vaikutusta rakennuksen hiilidioksidipäästöihin joiden pienentäminen on asetettu tavoitteeksi.

Vertailusta käy ilmi koon merkitys rakennuksen ET-lukuun. Bruttoalan kasvaessa ET-luku paranee eli pienemmän rakennuksen energiatehokkuusluku muodostuu huonommaksi. Tämä on huomioitu energiatodistuslaskennassa niin että pienillä asuinrakennuksilla on oma luokitusasteikkonsa. Samaa "pienet asuinrakennukset" luokitteluasteikkoa käyttävät kuitenkin sekä erilliset pientalot että alle kuuden asunnon asuntoryhmät. Näiden bruttopinta-alojen erot, ja sitä kautta ET-luvut, saattavat olla huomattavia.

Pienemmän rakennuksen kokonaisenergiankulutus on kuitenkin pienempi. Eri kokoisten rakennusten vertailu on hankalaa ja saattaa ohjata suunnittelua suurempiin bruttopinta-aloihin.

Energiatehokkuuden määrittelyssä tulisi huomioida myös kokonaisenergiankulutus. Myös rakennuksen energiankulutusta henkilöä kohden olisi syytä tarkastella.

6.3.3 TILAVUUKSIEN LASKENTATAPA

Ilmatilavuuden laskennassa on tulkinnan mahdollisuuksia. **Rakennuksen** ilmatilavuus lasketaan sisämittojen mukaan, välipohjat vähentäen. **Huoneistossa** vähennetään lisäksi väliseinät ja **huoneen** ilmatilavuutta laskettaessa vähennetään alakattojen rajaama ilmatila. Toisaalta kuitenkin kaikkien rakennuksen tilojen tilavuus voidaan laskea kuten huoneen tilavuus (RakMK D5 s.4). Laskentatavan valinta aiheuttaa vaihtelua energiatehokkuuslukuihin. Välipohjan paksuus ja väliseinien määrä vaikuttavat ET-lukuun. Rakennustilavuus ei vaikuta ET-luvun laskentaan.

ET-luvun laskennassa käytetyt ilmatilavuudet tulisi voida laskea yksiselitteisesti.

6.3.4 PINTA-ALOJEN LASKENTATAPA

ET-luvun laskennassa energiantarve jaetaan bruttopinta-alalla. Muiden rakennusosien tiedot, esimerkiksi ilmatilavuus ja julkisivupinta-ala, lasketaan kokonaissisämittojen mukaan.

Jos ulkoseinävahvuudet kasvavat, U-arvojen kuitenkin pysyessä vakioina, laskennallinen energiatehokkuus paranee. Esimerkiksi paksummat julkisivuverhoukset vaikuttavat ET-lukuun positiivisesti vaikka niillä ei

todellisuudessa ole merkitystä. Energiantarve tulisi jakaa sisämittojen mukaan lasketulla pinta-alalla.

Kansainvälisessä passiivitalon määrittelyssä käytetään pinta-alaa joka lasketaan ulkoseinien sisäpintojen mukaan väliseinät vähentäen (www.passiivi.info). Tämä pinta-ala eroaa meillä käytetystä huoneistoalasta josta vähennetään alle 1600mm korkeat tilat, porrasaukot, hormit ja kantavat rakenteet. Laskennallisten epäkohtien korjaamiseksi ET-luvun laskennassa tulisi käyttää *bruttohuoneistoalaa*, pinta-alaa joka lasketaan rakennuksen kokonaissisämittojen mukaan. Tämä pinta-ala olisi vertailukelpoinen rakennuksen tilavuuden kanssa joka myös lasketaan kokonaissisämittojen mukaan.

6.3.5 LASIOVET

ET-luvun laskennassa huomioidaan ikkunoiden pinta-ala ilmansuunnittain mutta ei vastaavasti ikkunaukollisia ulko-ovia. Lämpöhäviöiden tasauslaskelmissa ikkunaksi katsotaan läpinäkyvällä tai valoa läpäisevällä lasituksella varustettu avautumaton ja avattava ikkunarakenne. Yhteenlaskettuun ikkunapinta-alaan luetaan mukaan valoaukolla varustetut ovet vain silloin, kun ovi ei ole tilan käyttötarkoituksen mukainen kulkutie sisätilasta ulos, ulkotilaan tai kylmään tilaan. Esimerkiksi ranskalaiselle parvekkeelle johtava valoaukollinen ovi luetaan mukaan yhteenlaskettuun ikkunapinta-alaan, kun taas tavanomainen parvekeovi

katsotaan ikkunapinta-alaan kuulumattomaksi oveksi (Tasauslaskentaopas 2007 s.16). Tämä aiheuttaa sen että esimerkiksi lasiaukollisia ulkoliukuovia joissa on kiinteä lasinen sivuosa voi sijoittaa määräysten puitteissa rakennukseen huomattavasti enemmän kuin vastaavan kokoisia ikkunoita. Toisaalta lasiovien kautta rakennukseen tulevaa auringon säteilyenergiaa ei myöskään hyödynnetä laskennassa.

Lasiaukolliset ulko-ovet tulisi huomioida ET-luvun laskennassa ilmansuunnittain, varjostus-, verho- ja kehäkertoimineen kuten ikkunat.

6.3.6 HENKILÖMÄÄRÄN LASKENTATAPA

Henkilömäärä lasketaan joko makuuhuoneiden lukumäärän mukaan MH+1 tai bruttoalaa kohden. Laskentatavan voi vapaasti valita. Tämä aiheuttaa eriarvoisia ET-lukuja riippuen laskentatavasta. Iso rakennus jossa vähän makuuhuoneita ”kannattaa” laskea makuuhuoneiden lukumäärän mukaan ja päinvastoin.

ET-luvun laskennassa henkilömäärän määrittämiseksi tulisi olla yksiselitteinen laskentatapa.

6.3.7 ILMATIIVYDEN VERTAILU- JA SUUNNITTELUARVO

Vaikka rakennuksen ilmatiiviyys huomioidaan ET-luvun laskennassa, on sillä ristiriitaisuuksia lämpöhäviöiden tasauslaskelmassa ja tätä kautta rakennusmääräysten täyttymisessä. Jos ilmanpitävyyttä ei osoiteta mittaamalla

tai muulla menettelyllä, käytetään rakennuksen suunnittelu-ratkaisun lämpöhäviön laskennassa rakennuksen vuoto-ilmakertoimena arvoa $n_{\text{vuotoilma}} = 0,16$ 1/h, mikä vastaa ilmanvuotolukua $n_{50} = 4,0$ 1/h. Ilmanpitävyyden osoittaminen muulla menettelyllä tarkoittaa esimerkiksi talotyypikohtaista ilmanpitävyyden

laadunvarmistusmenettelyä. Laskelmassa käytetään siis vertailuarvona 2 1/h ja suunnitteluarvona 4 1/h. Muutakin, esimerkiksi mitattua, arvoa voi käyttää. Koska mittaaminen on suoritettava valmiista rakennuksesta, on sen osoittaminen rakennuslupamenettelyn yhteydessä käytännössä mahdotonta. Laadunvarmistusmenettely on mahdollista ainoastaan teollisessa talovalmistuksessa. Menettely aiheuttaa haasteita isojen lasipintojen suunnittelulle. Kun suunnitteluvaiheessa on käytettävä lukua 4 1/h vaikka ilmatiiviyys olisikin rakennuksen valmistuttua 2 1/h on määräystenmukaisuus osoitettava U-arvoja parantamalla tai ikkunapinta-alaa pienentämällä. Esimerkiksi alkuperäinen Talo Saunaranta rakenteineen täyttäisi vuoden 2010 rakennusmääräykset kun käytetään ilmatiiviyyslukua 4 1/h jos ikkunapinta-alaa olisi 17 m². Ilmatiiviyden ollessa 2 1/h, voisi rakennukseen suunnitella ikkunapinta-alaa 34 m², eli kaksinkertainen määrä.

Ilmatiiviyden suunnitteluarvon tulisi lämpöhäviöiden tasauslaskelmassa olla yhtä suuri kuin vertailuarvon.

6.3.8 ENERGIAMUOTOJEN HUOMIOIMINEN

Lämmönjakotapa vaikuttaa energiatehokkuuteen D5 laskennassa niin että vesikiertaisen lattialämmityksen aiheuttamat lämpöhäviöt huonontavat energia-tehokkuutta. Tämä aiheuttaa sen että esimerkiksi maalämpö ja vesikiertoinen lattialämmitys aiheuttavat huonomman ET-luvun kuin suora sähkölämmitys. Maalämpöpumpulla primäärienergian tarve on kuitenkin pienempi. Passiivitalomääritelmässä energiamuotojen kertoimet on jo huomioitu.

Kokonais- ja primäärienergiatarkastelu sekä eri energiamuotojen kertoimet tulisi huomioida ET-luvun laskennassa.

6.3.9 VERTAILUKELPOISUUS

Lain rakennuksen energiatodistuksesta tultua voimaan vuoden 2008 alusta bruttoalaan laskettiin kaikki kerrostasoalat riippumatta siitä, ovatko tilat kylmiä vai lämpimiä. Tämä aiheutti etua esimerkiksi rakennuksille jossa on kylmiä autohalleja tai säilytystiloja. Tämä ongelma on nyt korjattu uudella asetuksella. Vuoden 2009 alusta rakennuksen energiatehokkuusluvun laskennassa on käytetty pinta-alana bruttopinta-alaa, josta on vähennetty rakennuksen tai rakennusryhmän lämmittämättömien tilojen osuus. Vanhalla tavalla lasketut energiatodistukset vaikeuttavat todistusten vertailua.

Energiatodistusten pitäisi olla nykyistä vertailukelpoisempia.

6.4 RAKENNUKSEN OMINAISUUKSIIEN VAIKUTUS PIENTALON ENERGIATEHOKKUUTEEN

Pientalon energiatehokkuus määritellään tässä työssä energiatodistuslaskennan perusteella. Kestävä, energiatehokas suunnittelu on kuitenkin enemmän kuin D5 laskentaa. Kestävä suunnittelu huomioi myös arkkitehtoniset ominaisuudet, joita voi käyttää hyödyksi energiatehokkaan pientalon suunnittelussa.

Ikkunoiden kokoa on tässä työssä pidetty arkkitehtuurin kannalta tärkeimpänä yksittäisenä ominaisuutena. Vaikka ikkunoiden tuoma hyöty arkkitehtuurille on merkittävä ja niiden läpi tuleva passiivinen energia huomattava, on niiden ongelmana edelleen suhteellisen huonot U-arvot sekä suurten lämpökuormien aiheuttama jäähdytystarve. Muiden rakenteiden U-arvoja, ilmanvaihtoa ja ilmatiiviyyttä parantamalla sekä ilmatilavuutta kohtuullistamalla voidaan edelleen suunnitella isoja ikkunapintoja.

Rakennus on monen ominaisuuden summa. Kuten diplomityössä on esitetty, voi pientalon energiatehokkuuteen vaikuttaa monin eri keinoin. Kun tiedetään eri ominaisuuksien aiheuttamat vaikutusprosentit, voidaan suunnitella energiatehokkuudeltaan passiivitalotasoinen rakennus ilman että arkkitehtonisista ominaisuuksista tarvitsee tinkiä. Talonsuunnitteluprosessi on sarja valintoja joista arkkitehdin tulisi tapauskohtaisesti painottaa arkkitehtonisesti tärkeimpiä.

Energiatehokkuusvaatimusten ei pidä antaa vaikuttaa arkkitehtuuriin heikentävästi, vaan arkkitehtuuria on käytettävä energiatehokkaan suunnittelun keinona ja mahdollisuutena.

6.5 JATKOTUTKIMUSTARPEET

Diplomityössä nousi esiin useita mielenkiintoisia aiheita, joiden selvittäminen vaatisi yksityiskohtaisempaa tarkastelua.

Yhtenä tutkimusaiheena voisi olla erilaisten rajapintojen ja optimitilanteiden selvittäminen. Esimerkiksi julkisivuvaipan määrän, ikkunoiden koon, ikkunatyypin ja suuntauksen optimointi suhteessa erilaisiin U-arvoihin ja ilmatilavuuksiin. Tarkastelussa voisi tutkia ominaisuuksien vaikutusta jäähdytystarpeen minimoinnin kannalta. Jäähdytystarpeen ja sen aiheuttaman huonelämpötilojen nousun tarkempi tutkiminen on myös mielenkiintoinen jatkotutkimusaihe jonka selvittämiseen on olemassa simulointiohjelma.

Suunnittelutarpeina työstä nousi esiin jäähdytystarpeen ja toisaalta johtumishäviöiden vähentäminen passiivisin keinoin. Esimerkkinä erilaisten, vuodenaikojen mukaan muunneltavien, esteettisesti ja toiminnallisesti kestävien aurinkosuojauksien suunnittelu mahdollisesti yhdistettynä ikkunoiden ja ovien johtumishäviöiden pienentämiseen.

Lisäksi olisi mielenkiintoista selvittää arkkitehtisuunnittelijan näkökulmasta erilaisten julkisivupintojen

sekä tilojen suhteiden vaikutus valittuihin suunnitteluratkaisuihin, esimerkiksi ikkunoiden kokoon. Energiatehokkuusluvun laskennassa ilmeni ristiriitaisuuksia, joiden selvittäminen vaatisi myös lisätutkimusta. Esimerkkinä ET-luvun laskennallisten ongelmakohtien tarkempi selvittäminen sekä laskentatavan yhtenäistäminen niin että ET-luvut olisivat entistä vertailukelpoisempia keskenään ja että lopputulos vastaisi paremmin tavoitetta.

7 ESIMERKKI, 2 VARIAATIOTA

7.1 VARIAATIOT E JA A+E

Esimerkkinä esitetään laskennallisesti kaksi variaatiota Talo Saunarannasta. Molemmissa vertailun ominaisuuksia on yhdistelty vapaasti. Tilaohjelmaa ei kuitenkaan ole muutettu jotta vaikutusten vertailu olisi jollain tasolla mahdollista. Talo Saunaranta kuvataan kirjaimella A. Esimerkissä on laskettu ET-luku vaihtoehdoille E ja A+E. E on variaatio jossa on käytetty tämän vertailun energiatehokkuuksiltaan parhaita vaihtoehtoja. A+E on variaatio jossa energiatehokkuuden lisäksi on huomioitu myös arkkitehtoniset ominaisuudet.


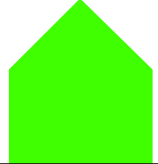
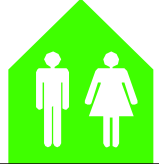

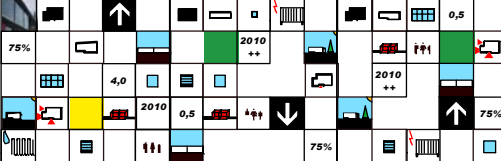

Variaatioiden E ja A+E muuttujat ja vakiot on esitetty kaaviossa 26.

7.1.1 TULOKSET

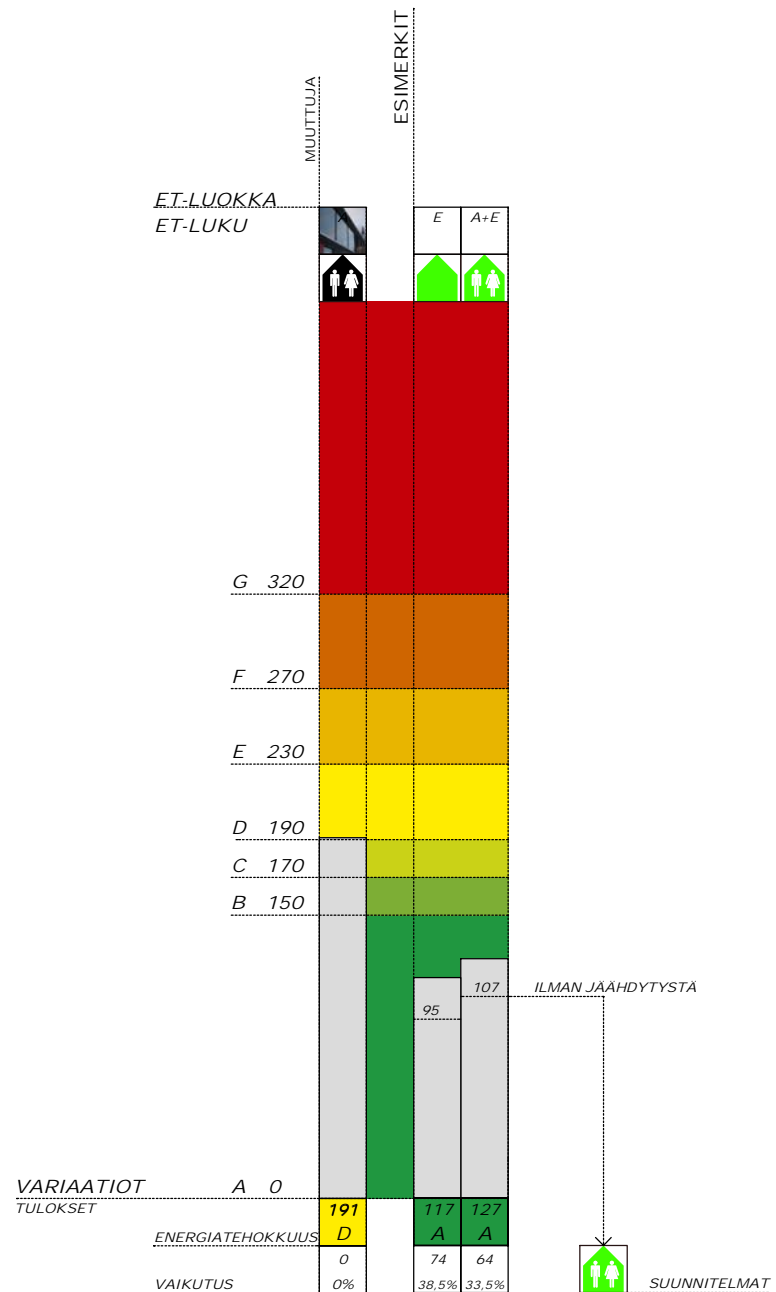
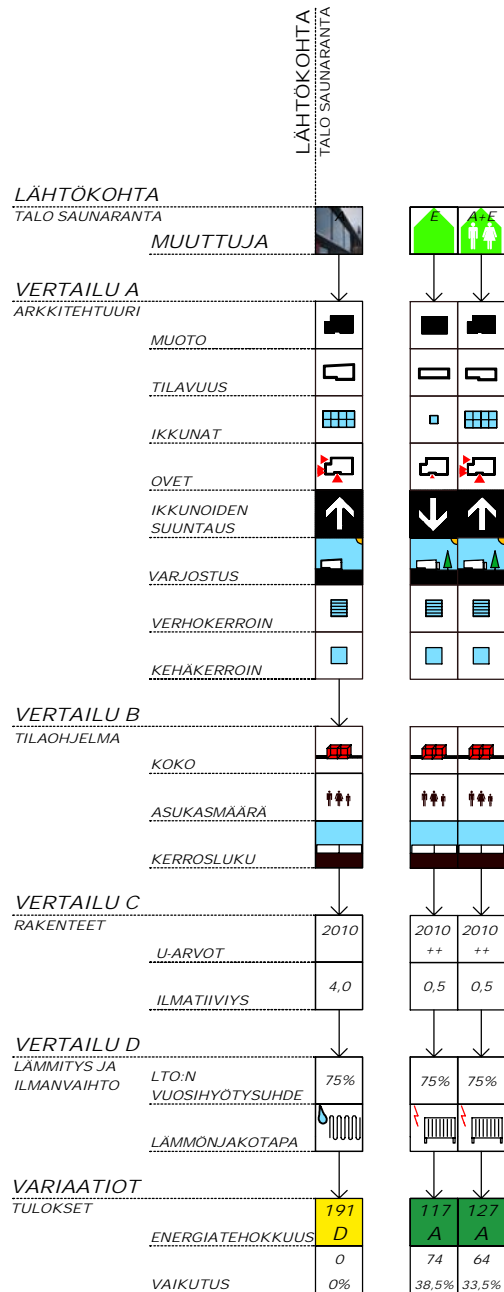
Variaation E energiatehokkuusluku on 117, muutos 74 yksikköä eli 38,5%. Variaation A+E 127 ja muutos 64 yksikköä eli 33,5%. Variaatiot on laskettu jäähdytystarve huomioiden ja ovat näin vertailukelpoisia muihin variaatioihin.

Jotta molemmat variaatiot täyttäisivät passiivitalolle asetetut vaatimukset on jäähdytystarve jätetty huomioimatta laskelmissa. Tämä edellyttää että ylikuumeneminen on estetty passiivisin keinoin. Ilman jäähdytystä variaation E energiatehokkuusluku on 95, muutos 96 yksikköä eli 50,5%. Variaation A+E 107, muutos 84 yksikköä eli 44%. Variaatio E edustaa arkkitehtuuria jossa vaippa, tilavuus ja ikkunapinta-ala on minimoitu. Variaatiosta ei ole esitetty suunnitelmaa.

Variaatioissa E ja A+E käytetyt vaihtoehdot sekä tulokset on esitetty kaaviossa 27. Laskennassa käytetyt lähtötiedot on esitetty liitteessä 1.

			ESIMERKIT
A	E	A+E	
			VARIAATIO
			SYMBOLI
	vain energiatehokkus huomioitu	sekä arkkitehtuuri että energiatehokkus huomioitu	KUVAUS
			KAAVIO
	tilaohjelma	tilaohjelma	VAKIOT
-	energia-tehokkuudelta parhaat vaihtoehdot	arkkitehtoniset ja energia-tehokkuudeltaan parhaat, vapaasti valitut, vaihtoehdot	MUTTUJAT

Kaavio 26 Muuttujat ja vakiot variaatiot E ja A+E



Kaavio 27, Tulokset, variaatiot E ja A+E

7.2 SUUNNITELMA, VARIAATIO A+E

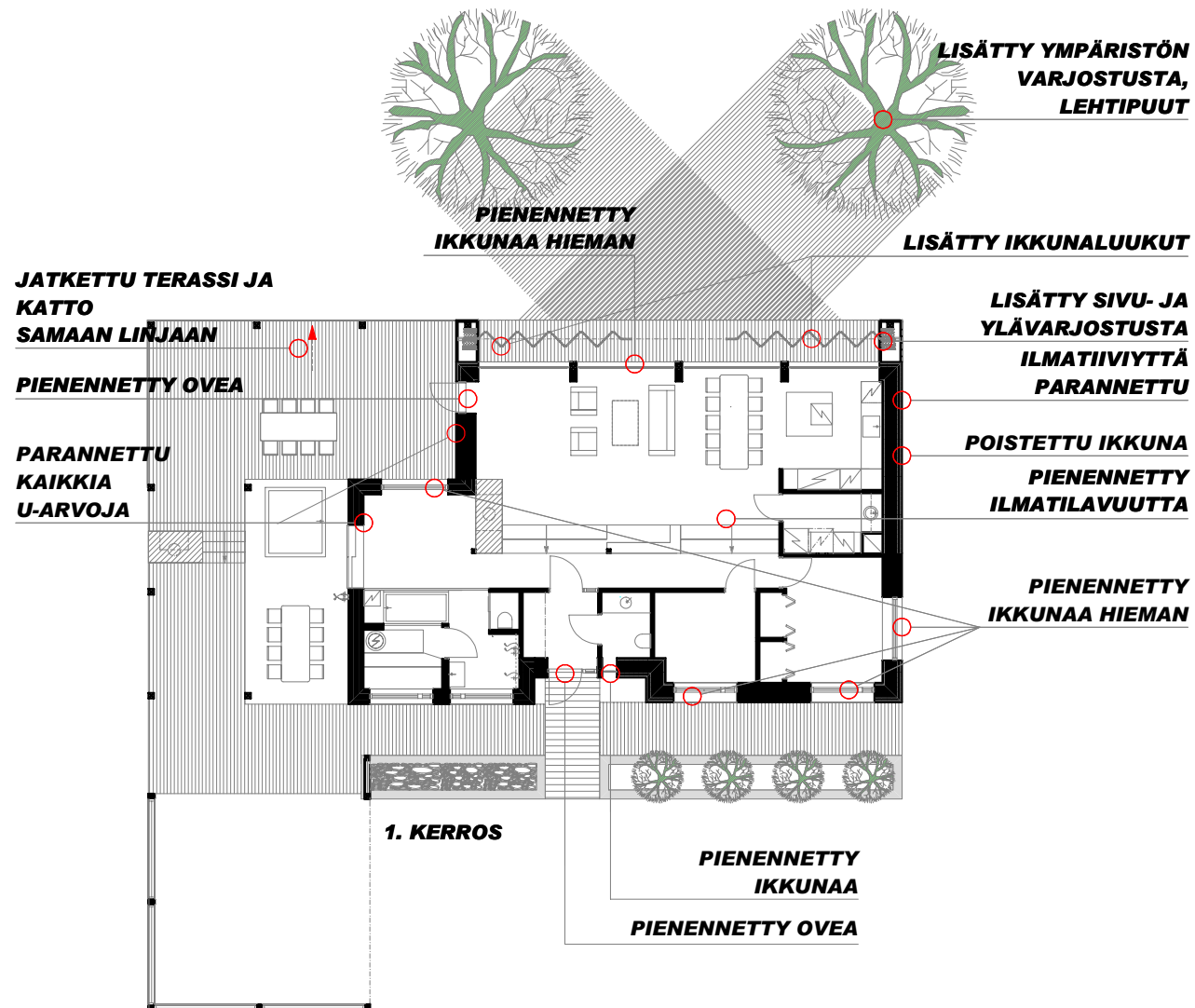
Esimerkkinä esitetään suunnitelmat variaatiosta A+E, jossa energiatehokkuuden lisäksi on huomioitu myös arkkitehtoniset ominaisuudet. Näitä ominaisuuksia on painotettu niin että arkkitehtuurin kannalta oleellisimmista ominaisuuksista on tingitty mahdollisimman vähän. Lähtökohtana ja tärkeimpänä ominaisuutena on pidetty ikkunoiden kokoa. Kaikkia ikkunoita on pienennetty hiukan, keittiön ikkuna on jätetty pois ja lasiseinä laskettu 3 metriin. Muita oleellisia ominaisuuksia tässä tapauksessa ovat ovet, muoto ja tilavuus. Näistä on tingitty hieman ovia pienentämällä sekä tilavuutta kohtuullistamalla. Rakennuksen muita ominaisuuksia parantamalla on kuitenkin saavutettu suunnitelma joka vastaa energiatehokkuudeltaan passiivitalotasoa. Rakennuksen U-arvoja on parannettu, kiviseinä on säilytetty huolimatta sen on puuosaa heikommasta U-arvosta. Kivisen massan oletetaan lisäävän lämpöenergian varastoitumista ja sitä myötä lämpökuormien hyödyntämistä. Kiviosa on myös oleellinen osa rakennuksen ulkoarkkitehtuuria. Rakennuksen ilmatiiviyttä on parannettu ja lattialämmitys on muutettu patterilämmitykseksi. LTO:n vuosihyötysuhde on pidetty ennallaan. Koska varjostusten passiivista vaikutusta jäähdytystarpeeseen ei ole pystytty laskennalla osoittamaan, on ikkunat edelleen suunnattu pohjoiseen.

Ilman jäähdytystarvetta, etelään suuntaaminen parantaisi ET-lukua 2 yksikköä.

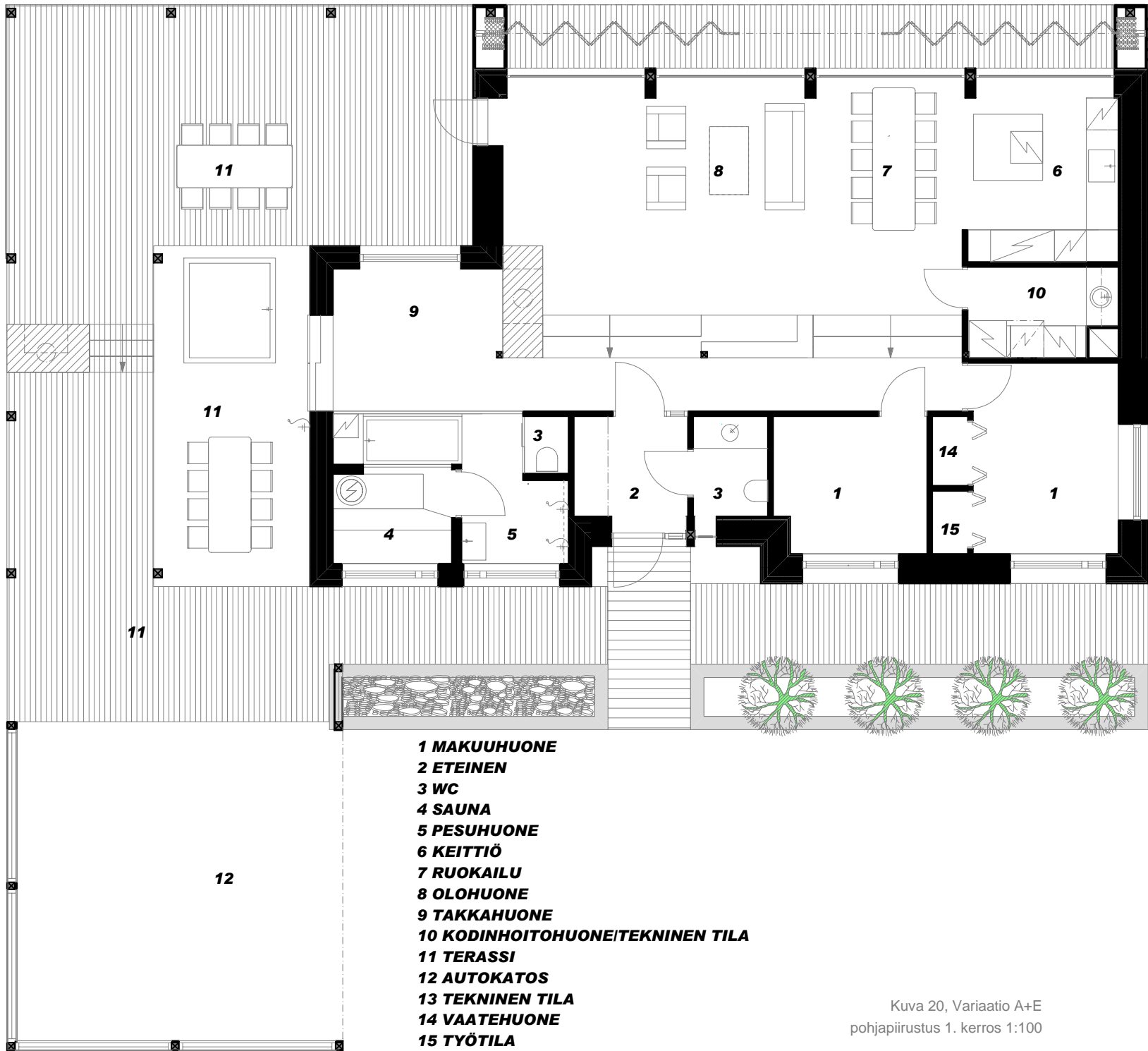
Rakennuksen jäähdytystarve on huomioitu käyttämällä passiivisia keinoja viilennystarpeen minimoimiseksi. Ison lasiseinän eteen on suunniteltu erilaisia aurinkosuojauksia. Lasiseinän ympärille tehty kehys toimii auringon säteilyn ylä- ja sivuvarjostimena. Kehys on tehty ikkunaseinän kanssa yhteneväksi elementiksi värein ja pintamateriaalein. Ikkunoiden eteen lisätyt lehtipuut varjostavat kesäaikaan, päästäen talvella aurinkoenergiaa rakennukseen. Kehykseen upotetut, taiteoven tavoin toimivat ikkunaluukut saadaan tarvittaessa siirrettyä koko lasiseinän eteen. Ikkunaluukut liukuvat teräskiskoilla ja kuula-laakeroiduilla pyörästöillä. Luukkuja on mahdollista ohjata sisältä käsin. Ikkunaluukut on tehty lämpöeristetyistä alumiinisäleistä, joiden pinta on rei'itetty lasiaukoin. Valoaukkojen ansiosta ikkunaluukkujen läpi näkee ulos ja rakennukseen tulee auringonvaloa. Suljettuna luukut muodostavat umpinaisen vaikutelman tuoden rakennuksen ulkoarkkitehtuuriin mielenkiintoisen lisäelementin. Rakennuksen sisältä tuleva valo muodostaa aukotettuun pintaan rasteroidun kuvion. Ikkunaluukut toimivat myös talvella, jolloin niitä voi käyttää öisin. Luukkujen ja lasiseinän väliin muodostuva ilmapatja pienentää ikkunoiden johtumishäviöitä ja parantaa osaltaan rakennuksen energiatehokkuutta. Suuruusluokkaa ei

ole voitu osoittaa joten sitä ei ole huomioitu ET-luvun laskennassa. Terassin kattorakenne ja katon otsapintaa on tuotu kehyksen tasolle jotta arkkitehtoninen kokonaisuus säilyy yhtenäisenä.

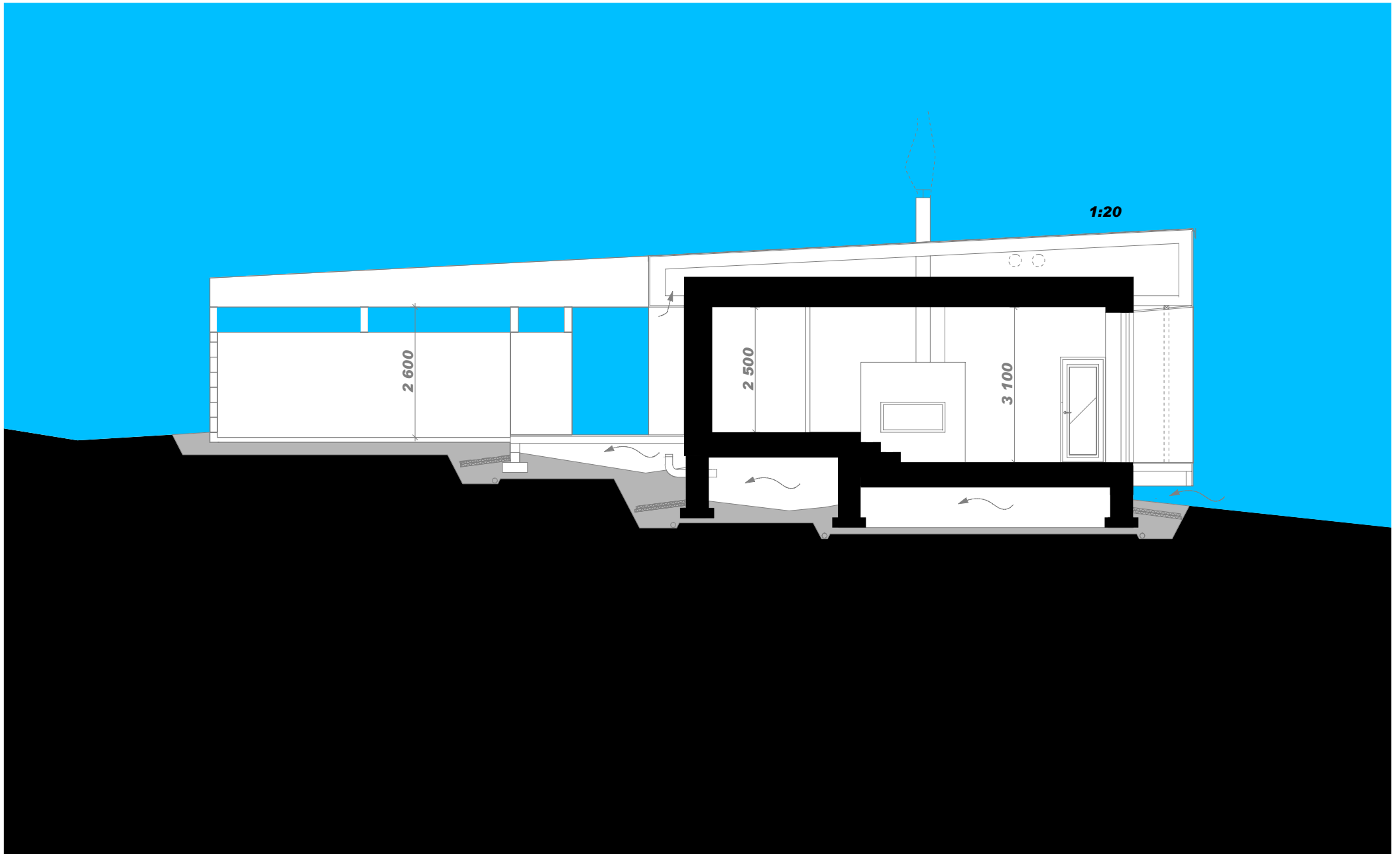
7.2.1 PIIRUSTUKSET, VARIAATIO A+E

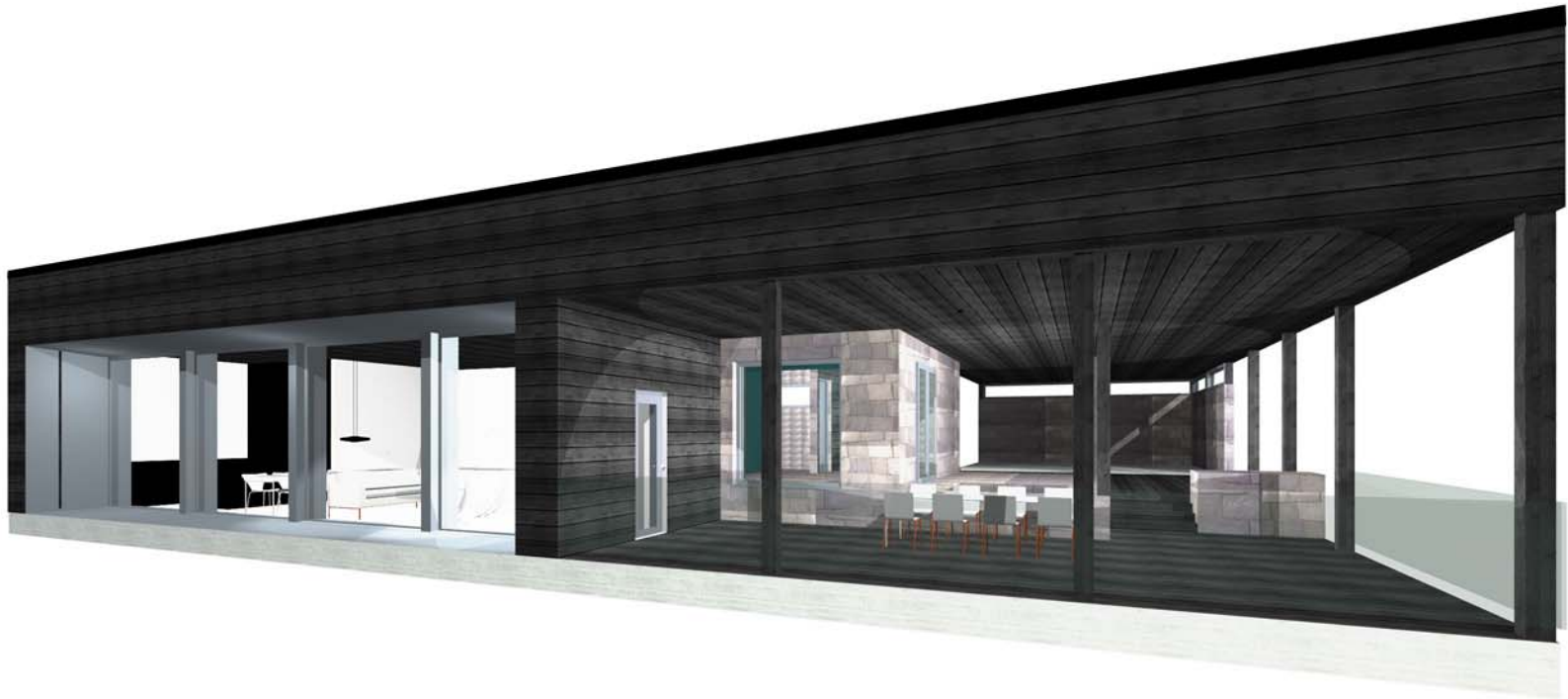


Kuva 19 , Variaatio A+E
muutokset vertailuversioon 1:200



Kuva 20, Variaatio A+E
 pohjapiirustus 1. kerros 1:100





Kuva 22, Variaatio A+E
näkökulma ulkoa



Kuva 23, Variaatio A+E
näkömä ulkoa ikkunaluukut suljettuna

8 LÄHTEET

Rakennuksen energiatodistuksesta annettu laki 487/2007
sekä sitä täydentävä asetus energiatodistuksesta
765/2007

Ympäristöministeriön asetus
rakennuksen energiatodistuksesta annetun
ympäristöministeriön asetuksen 1 §:n ja liitteen
1 muuttamisesta

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2002/91/EY,
rakennusten energiatehokkuudesta 2002

Ympäristöministeriön julkaisu
Kioton pöytäkirjan toimeenpanon säännöt
Helsinki 2003

Ympäristöministeriön Suomen
rakentamismääräyskokoelma osa D5
Rakennuksen energiankulutuksen ja
lämmitystehontarpeen laskenta
Ohjeet 2007

Ympäristöministeriön Suomen
rakentamismääräyskokoelma osa D3
Rakennusten energiatehokkuus
Määräykset ja ohjeet 2010

Ympäristöministeriön Suomen
rakentamismääräyskokoelma osa C3
Rakennusten lämmöneristys
Määräykset 2010

Ympäristöministeriön Suomen
rakentamismääräyskokoelma osa C3
Rakennusten lämmöneristys
Määräykset 2007

Ympäristöministeriön Suomen
rakentamismääräyskokoelma osa G1
Asuntosuunnittelu
Määräykset ja ohjeet 2005

Ympäristöministeriön Suomen
rakentamismääräyskokoelma osa D2
Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto
Määräykset ja ohjeet 2010

Ympäristöministeriön opas
Energiatodistusopas 2007
Rakennuksen energiatodistus ja energiatehokkuusluvun
määrittäminen

Ympäristöministeriön opas
Tasauslaskentaopas 2007

Ympäristöministeriön julkaisu
D3 Tasauslaskin 2010

Ympäristöministeriön julkaisu
Tasauslaskin 2007

Lamit.fi:n laskentaohjelmat:
Energiajunior 7.1
Energiatodistuspalvelu.eu

<http://www.ymparisto.fi>

<http://www.motiva.fi>

<http://www.passiivi.info>

<http://www.lamit.fi>

9 LIITTEET

Liite 1 Laskennan lähtötiedot ja tulokset

Liite 1
Laskennan lähtötiedot ja tulokset

SELITYKSET	
	TALO SAUNARANTA
	VAKIOT
	MUUTTUJAT

LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT		VERTAILU A, ARKKITEHTUURI																				
MUUTTUJA	YKSIKKÖ	M1	M2	M3	M4	V1	V2	V3	V4	I1	I2	I3	I4	O1	O2	O3	O4	S1	S2	S3	S4	
HUONEISTOALA	m2	122,10	122,87	123,64	114,07	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10
BRUTTOALA	m2	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00
RAKENNUSTILAVUUS	m3	633,89	633,89	633,89	633,89	633,89	601,20	497,32	456,41	633,89	633,89	633,89	633,89	633,89	633,89	633,89	633,89	633,89	633,89	633,89	633,89	633,89
ILMATILAVUUS	m3	461,18	461,18	461,18	461,18	461,18	432,49	341,96	305,24	461,18	461,18	461,18	461,18	461,18	461,18	461,18	461,18	461,18	461,18	461,18	461,18	461,18
ASUKASMÄÄRÄ (mh+1)	kpl	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
ULKOSEINÄ	m2	121,07	114,08	108,86	191,10	121,07	109,80	73,18	60,89	121,07	136,14	151,06	166,13	121,07	123,15	125,46	127,56	121,07	121,07	121,07	121,07	121,07
ALAPOHJA	m2	122,10	122,87	123,64	58,52	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10
YLÄPOHJA	m2	122,25	123,03	123,80	58,60	122,25	122,10	122,10	122,10	122,25	122,25	122,25	122,25	122,25	122,25	122,25	122,25	122,25	122,25	122,25	122,25	122,25
OVET	m2	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	6,30	3,99	1,89	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38
IKKUNAT	m2	54,23	54,23	54,23	54,23	54,23	54,23	54,23	54,23	54,23	39,16	24,24	9,17	54,23	54,23	54,23	54,23	54,23	54,23	54,23	54,23	54,23
POHOISEEN	m2	39,79	39,79	39,79	39,79	39,79	39,79	39,79	39,79	39,79	29,52	18,88	6,90	39,79	39,79	39,79	39,79	39,79	39,79	39,79	39,79	39,79
ETELÄÄN	m2	11,56	11,56	11,56	11,56	11,56	11,56	11,56	11,56	11,56	7,84	5,36	2,27	11,56	11,56	11,56	11,56	11,56	11,56	11,56	11,56	
ITÄÄN	m2	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	1,80	0,00	0,00	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	0,00	11,56	39,79	
LÄNTEEN	m2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,88	39,79	11,56	
IKKUNAT MAANPÄÄLLEISTÄ JULKISIVUSTA	%	29,52	30,69	31,62	21,37	29,52	31,45	39,93	43,91	29,52	21,32	13,20	4,99	29,52	29,52	29,52	29,52	29,52	29,52	29,52	29,52	29,52
OVET JULKISIVUSTA	%	4,56	4,74	4,89	3,30	4,56	4,86	6,17	6,79	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	3,43	2,17	1,03	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56
JULKISIVU	m2	183,68	176,69	171,47	253,71	183,68	172,41	135,79	123,50	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68
MAANPÄÄLLINEN JULKISIVU	m2	183,68	176,69	171,47	253,71	183,68	172,41	135,79	123,50	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68
SISÄPUOLINEN VAIPPA YHTEENSÄ	m2	428,03	422,59	418,90	370,82	428,03	416,60	379,98	367,69	428,03	428,03	428,03	428,03	428,03	428,03	428,03	428,03	428,03	428,03	428,03	428,03	428,03
U-ARVOT ULKOSEINÄ	W/m2K	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
ALAPOHJA	W/m2K	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
YLÄPOHJA	W/m2K	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
ULKO-OVI	W/m2K	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
IKKUNAT	W/m2K	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
ILMANVUOTOLUKU (n50)	1/h	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
ILMANVAIHDON LTO:n VUOSIHYÖTYSUHDE	%	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00
LÄMMÖNJAKOTAPA		VESI LATTIA	VESI LATTIA	VESI LATTIA	VESI LATTIA	VESI LATTIA	VESI LATTIA	VESI LATTIA	VESI LATTIA	VESI LATTIA	VESI LATTIA	VESI LATTIA	VESI LATTIA	VESI LATTIA	VESI LATTIA	VESI LATTIA	VESI LATTIA	VESI LATTIA	VESI LATTIA	VESI LATTIA	VESI LATTIA	VESI LATTIA

LASKENNAN TULOKSET		VERTAILU A, ARKKITEHTUURI																			ETELÄ			LANSI			ITÄ		
MUUTTUJA	YKSIKKÖ	M1	M2	M3	M4	V1	V2	V3	V4	I1	I2	I3	I4	O1	O2	O3	O4	S1	S2	S3	S4								
KOHTEN ENERGIANTARVE	kWh/v	26701,00	26612,00	26543,00	26784,00	26701,00	26237,00	24939,00	24514,00	26701,00	25638,00	24703,00	23810,00	26701,00	26542,00	26371,00	26220,00	26701,00	26583,00	27033,00	27106,00								
ET-LUKU	kWh/bm2/v	191,00	191,00	190,00	192,00	191,00	188,00	179,00	176,00	191,00	184,00	177,00	171,00	191,00	190,00	189,00	188,00	191,00	190,00	194,00	194,00								
ET-LUOKKA		D	D	C	D	D	C	C	C	D	C	C	C	D	C	C	C	D	C	D	D								
VAIKUTUKSEN VERTAILU																													
ET-LUVUN MUUTOS	kWh/bm2/v	0,00	0,00	1,00	-1,00	0,00	3,00	12,00	15,00	0,00	7,00	14,00	20,00	0,00	1,00	2,00	3,00	0,00	1,00	-3,00	-3,00								
ENERGIANTARPEEN MUUTOS	kWh/v	0,00	-89,00	-158,00	83,00	0,00	-464,00	-1762,00	-2187,00	0,00	-1063,00	-1998,00	-2891,00	0,00	-159,00	-330,00	-481,00	0,00	-118,00	332,00	405,00								
ET-LUVUN MUUTOS %	%	0,00	0,00	0,52	-0,52	0,00	1,57	6,28	7,85	0,00	3,66	7,33	10,47	0,00	0,52	1,05	1,57	0,00	0,52	-1,57	-1,57								
TÄYTTÄÄ D3-2010 LÄMPÖHÄVIÖVAATIMUKSET	X=Kyllä	X	X	X	X	X	X	ei	ei	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
MATALAENERGIATASO	X=Kyllä	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei								
PASSIIVITALO TASO	X=Kyllä	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei								
JÄÄHDYTYSTARVE	kWh/v	585,00	602,00	610,00	1095,00	585,00	705,00	1213,00	1435,00	585,00	330,00	197,00	78,00	585,00	623,00	667,00	710,00	585,00	1277,00	1071,00	1210,00								
ENERGIANTARVE ILMAN JÄÄHDYTYSTÄ	kWh/v	26116,00	26010,00	25933,00	25689,00	26116,00	25532,00	23726,00	23079,00	26116,00	25308,00	24506,00	23732,00	26116,00	25919,00	25704,00	25510,00	26116,00	25306,00	25962,00	25896,00								
ET-LUKU ILMAN JÄÄHDYTYSTÄ	kWh/bm2/v	186,54	185,78	185,23	183,50	186,54	182,37	169,47	164,85	186,54	180,77	175,04	169,51	186,54	185,13	183,60	182,21	186,54	180,76	185,44	184,97								
ET-LUVUN MUUTOS	kWh/bm2/v	0,00	0,76	1,31	3,04	0,00	4,18	17,08	21,70	0,00	5,78	11,50	17,03	0,00	1,41	2,95	4,33	0,00	5,79	1,10	1,57								
LÄMMIN KÄYTTÖVESI	kWh/v	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00								
LAITESÄHKÖN KULUTUS	kWh/v	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00								
TILOJEN LÄMMITYSENERGIANTARVE	kWh/v	-13907,00	-13894,00	-13889,00	-13627,00	-13907,00	-13819,00	-13470,00	-13308,00	-13907,00	-13101,00	-12306,00	-11467,00	-13907,00	-13880,00	-13848,00	-13817,00	-13907,00	-14717,00	-14060,00	-14127,00								
HYÖDYNNETYT LÄMPÖKUORMAT	kWh/v	14671,00	14522,00	14470,00	13964,00	14671,00	14435,00	13674,00	13419,00	14671,00	13057,00	11460,00	9847,00	14671,00	14448,00	14201,00	13976,00	14671,00	14671,00	14671,00	14671,00								
VAIPAN JOHTUMISHÄVIÖT	kWh/v	3930,00	3930,00	3930,00	3930,00	3930,00	3686,00	2914,00	2601,00	3930,00	3930,00	3930,00	3930,00	3930,00	3930,00	3930,00	3930,00	3930,00	3930,00	3930,00	3930,00								
ULKOVAIPAN ILMVAIHTO	kWh/v	3068,00</																											

SELITYKSET
TALO SAUNARANTA
VAKIOT
MUUTTUJAT

LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT		VERTAILU B, TILAHOJELMA											
MUUTTUJA	YKSIKKÖ	K1	K2	K3	K4	HLO 1	HLO 2	HLO 3	HLO 4	KER 1	KER 2	KER 3	KER 4
HUONEISTOALA	m2	122,10	187,23	252,37	57,43	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	114,07	55,55	104,48
BRUTTOALA	m2	140,00	210,00	280,00	70,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00
RAKENNUSTILAVUUS	m3	633,89	954,55	1275,27	313,34	633,89	633,89	633,89	633,89	633,89	633,89	633,89	633,89
ILMATILAVUUS	m3	461,18	710,21	959,29	213,79	461,18	461,18	461,18	461,18	461,18	461,18	461,18	461,18
ASUKASMÄÄRÄ (mh+1)	kpl	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	5,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00
ULKOSEINÄ	m2	121,07	157,15	193,26	82,09	121,07	121,07	121,07	121,07	121,07	167,25	210,48	242,31
ALAPOHJA	m2	122,10	187,23	252,37	57,43	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	58,52	58,52	58,52
YLÄPOHJA	m2	122,25	187,47	252,70	57,50	122,25	122,25	122,25	122,25	122,25	58,60	58,60	58,60
OVET	m2	8,38	10,88	13,38	5,68	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	11,57	5,79	11,14
IKKUNAT	m2	54,23	70,40	86,56	36,76	54,23	54,23	54,23	54,23	54,23	74,89	37,44	72,07
POHOISEEN	m2	39,79	51,64	63,66	27,00	39,79	39,79	39,79	39,79	39,79	54,95	27,47	52,88
ETEELÄÄN	m2	11,56	15,02	18,30	7,81	11,56	11,56	11,56	11,56	11,56	15,96	7,98	15,36
ITÄÄN	m2	2,88	3,74	4,60	1,95	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	3,98	1,99	3,83
LÄNTEEN	m2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
IKKUNAT MAANPÄÄLLESTÄ JULKISIVUSTA	%	29,52 %	29,52 %	29,52 %	29,52 %	29,52 %	0,30	0,30	0,30	29,52 %	29,52 %	29,52 %	29,52 %
OVET JULKISIVUSTA	%	4,56 %	4,56 %	4,56 %	4,56 %	4,56 %	0,05	0,05	0,05	4,56 %	4,56 %	4,56 %	4,56 %
JULKISIVU	m2	183,68	238,43	293,19	124,53	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68	253,71	253,71	325,52
MAANPÄÄLLINEN JULKISIVU	m2	183,68	238,43	293,19	124,53	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68	253,71	126,86	244,17
SISÄPUOLINEN VAIPPA YHTEENSÄ	m2	428,03	613,13	798,26	239,46	428,03	428,03	428,03	428,03	428,03	370,82	370,82	442,63
U-ARVOT ULKOSEINÄ	W/m2K	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
ALAPOHJA	W/m2K	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
YLÄPOHJA	W/m2K	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
ULKO-OVI	W/m2K	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
IKKUNAT	W/m2K	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
ILMANVUOTOLUKU (n50)	1/h	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
ILMANVAIHDON LTO:n VUOSIHYÖTYSUHDE	%	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00
LÄMMÖNJAKOTAPA		VESI LATTIA	VESI LATTIA	VESI LATTIA	VESI LATTIA	VESI LATTIA	0,00	0,00	0,00	VESI LATTIA	VESI LATTIA	VESI LATTIA	VESI LATTIA

LASKENNAN TULOKSET		VERTAILU B, TILAHOJELMA											
MUUTTUJA	YKSIKKÖ	K1	K2	K3	K4	HLO 1	HLO 2	HLO 3	HLO 4	KER 1	KER 2	KER 3	KER 4
KOHTEN ENERGIANTARVE	kWh/v	26701,00	36560,00	46631,00	16888,00	26701,00	27695,00	28693,00	25712,00	26701,00	28569,00	25377,00	29249,00
ET-LUKU	kWh/bm2/v	191,00	175,00	167,00	242,00	191,00	198,00	205,00	184,00	191,00	205,00	182,00	209,00
ET-LUOKKA		D	C	B	E	D	D	D	C	D	D	C	D
VAIKUTUKSEN VERTAILU													
ET-LUVUN MUUTOS	kWh/bm2/v	0,00	16,00	24,00	-51,00	0,00	-7,00	-14,00	7,00	0,00	-14,00	9,00	-18,00
ENERGIANTARPEEN MUUTOS	kWh/v	0,00	9859,00	19930,00	-9813,00	0,00	994,00	1992,00	-989,00	0,00	1868,00	-1324,00	2548,00
ET-LUVUN MUUTOS	%	0,00 %	8,38 %	12,57 %	-26,70 %	0,00 %	-3,66 %	-7,33 %	3,66 %	0,00 %	-7,33 %	4,71 %	-9,42 %
TÄYTTÄÄ D3-2010 LÄMPÖHÄVIÖVAATIMUKSET	X=KYLLÄ	X	X	X	ei	0,00	X	X	X	X	ei	X	ei
MATALAENERGIATASO	X=KYLLÄ	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei
PASSIIVITALO TASO	X=KYLLÄ	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei
JÄÄHDYTYSTARVE													
TILOJEN JÄÄHDYTYSTARVE	kWh/v	585,00	322,00	132,00	935,00	585,00	707,00	830,00	466,00	585,00	1421,00	851,00	977,00
ENERGIANTARVE ILMAN JÄÄHDYTYSTARVE	kWh/v	26116,00	36238,00	46499,00	15953,00	26116,00	26988,00	27863,00	25246,00	26116,00	27148,00	24526,00	28272,00
ET-LUKU ILMAN JÄÄHDYTYSTARVE	kWh/bm2/v	186,54	172,56	166,07	227,89	186,54	192,77	199,02	180,33	186,54	193,92	175,19	201,94
ET-LUVUN MUUTOS	kWh/bm2/v	0,00	13,98	20,48	-41,35	0,00	-6,23	-12,48	6,21	0,00	-7,38	11,35	-15,39
LÄMMIN KÄYTTÖVESI	kWh/v	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00	4258,00	5323,00	2129,00	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00
LAITESÄHKÖN KULUTUS	kWh/v	7000,00	10500,00	14000,00	3500,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00
TILOJEN LÄMMITYSENERGIAN TARVE													
HYÖDYNNETYT LÄMPÖKUORMAT	kWh/v	-13907,00	-19516,00	-25043,00	-8165,00	-13907,00	-14100,00	-14288,00	-13712,00	-13907,00	-14719,00	-12714,00	-14740,00
VAIPAN JOHTUMISHÄVIÖT	kWh/v	14871,00	20022,00	25477,00	9084,00	14671,00	14671,00	14671,00	14671,00	14671,00	16516,00	11889,00	17661,00
ULKOVAIPAN ILMAVUODOT	kWh/v	3930,00	6053,00	8175,00	1822,00	3930,00	3930,00	3930,00	3930,00	3930,00	3930,00	3930,00	3930,00
HALLITTU ILMANVAIHDO	kWh/v	3068,00	4746,00	6376,00	1438,00	3068,00	3068,00	3068,00	3068,00	3068,00	3068,00	3068,00	3068,00
JÄÄHDYTYSENERGIA	kWh/v	585,00	322,00	132,00	935,00	585,00	707,00	830,00	466,00	585,00	1421,00	851,00	977,00
YHT/BRM2	kWh/bm2/v	59,62	55,37	53,99	73,05	59,62				59,62	72,97	50,17	77,83

SELITYKSET
TALO SAUNARANTA
VAKIOT
MUUTTUJAT

LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT		VERTAILU C, RAKENTEET							
MUUTTUJA	YKSIKKÖ	U1	U2	U3	U4	n50 1	n50 2	n50 3	n50 4
HUONEISTOALA	m2	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10
BRUTTOALA	m2	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00
RAKENNUSTILAVUUS	m3	633,89	633,89	633,89	633,89	633,89	633,89	633,89	633,89
ILMATILAVUUS	m3	461,18	461,18	461,18	461,18	461,18	461,18	461,18	461,18
ASUKASMÄÄRÄ (mh+1)	kpl	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
ULKOSEINÄ	m2	121,07	121,07	121,07	121,07	121,07	121,07	121,07	121,07
ALAPOHJA	m2	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10
YLÄPOHJA	m2	122,25	122,25	122,25	122,25	122,25	122,25	122,25	122,25
OVET	m2	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38
IKKUNAT	m2	54,23	54,23	54,23	54,23	54,23	54,23	54,23	54,23
POHJOISEEN	m2	39,79	39,79	39,79	39,79	39,79	39,79	39,79	39,79
ETELÄÄN	m2	11,56	11,56	11,56	11,56	11,56	11,56	11,56	11,56
ITÄÄN	m2	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88
LÄNTEEN	m2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
IKKUNAT MAANPÄÄLLISESTÄ JULKISIVUSTA	%	29,52 %	29,52 %	29,52 %	29,52 %	29,52 %	29,52 %	29,52 %	29,52 %
OVET JULKISIVUSTA	%	4,56 %	4,56 %	4,56 %	4,56 %	4,56 %	4,56 %	4,56 %	4,56 %
JULKISIVU	m2	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68
MAANPÄÄLLINEN JULKISIVU	m2	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68	94,02	94,02	94,02
SISÄPUOLINEN VAIPPA YHTEENSÄ	m2	428,03	428,03	428,03	428,03	428,03	428,03	428,03	428,03
U-ARVOT ULKOSEINÄ	W/m2K	0,13	0,24	0,11	0,08	0,13	0,13	0,13	0,13
ALAPOHJA	W/m2K	0,16	0,24	0,09	0,08	0,16	0,16	0,16	0,16
YLÄPOHJA	W/m2K	0,09	0,15	0,07	0,06	0,09	0,09	0,09	0,09
ULKO-OVI	W/m2K	0,80	1,40	0,76	0,40	0,80	0,80	0,80	0,80
IKKUNAT	W/m2K	0,80	1,40	0,76	0,50	0,80	0,80	0,80	0,80
ILMANVUOTOLUKU (n50)	1/h	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	2,00	1,00	0,50
ILMANVAHDON LTO:n VUOSIHYÖTYSUHD	%	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00
LÄMMÖNJAKOTAPA		VESI LATTIA	VESI LATTIA	VESI LATTIA	VESI LATTIA	VESI LATTIA	VESI LATTIA	VESI LATTIA	VESI LATTIA

LASKENNAN TULOKSET		VERTAILU C, RAKENTEET							
MUUTTUJA	YKSIKKÖ	U1	U2	U3	U4	n50 1	n50 2	n50 3	n50 4
KOHTEN ENERGIANTARVE	kWh/v	26701,00	35248,00	25716,00	24068,00	26701,00	25432,00	24875,00	24618,00
ET-LUKU	kWh/bm2/v	191,00	252,00	184,00	172,00	191,00	182,00	178,00	176,00
ET-LUOKKA		D	E	C	C	D	C	C	C
VAIKUTUKSEN VERTAILU									
ET-LUVUN MUUTOS	kWh/bm2/v	0,00	-61,00	7,00	19,00	0,00	9,00	13,00	15,00
ENERGIANTARPEEN MUUTOS	kWh/v	0,00	8547,00	-985,00	-2633,00	0,00	-1269,00	-1826,00	-2083,00
ET-LUVUN MUUTOS	%	0,00 %	-31,94 %	3,66 %	9,95 %	0,00 %	4,71 %	6,81 %	7,85 %
TÄYTTÄÄ D3-2010 LÄMPÖHÄVIÖVAATIMUKSET	X=KYLÄ	X	ei	ei	X	X	X	X	X
MATALAENERGIATASO	X=KYLÄ	ei	ei	ei	X	ei	ei	ei	X
PASSIIVITALOTASO	X=KYLÄ	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei
JÄÄHDYTYSTARVE									
TILOJEN JÄÄHDYTYSTARVE	kWh/v	585,00	0,00	1130,00	2228,00	585,00	994,00	1247,00	1381,00
ENERGIANTARVE ILMAN JÄÄHDYTYSTARVE	kWh/v	26116,00	35248,00	24586,00	21840,00	26116,00	24438,00	23628,00	23237,00
ET-LUKU ILMAN JÄÄHDYTYSTARVE	kWh/bm2/v	186,54	251,77	175,61	156,00	186,54	174,56	168,77	165,98
ET-LUVUN MUUTOS	kWh/bm2/v	0,00	-65,23	10,93	30,54	0,00	11,99	17,77	20,56
LÄMMIN KÄYTTÖVESI	kWh/v	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00
LAITESÄHKÖN KULUTUS	kWh/v	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00
TILOJEN LÄMMITYSENERGIAN TARVE									
HYÖDYNNETYT LÄMPÖKUORMAT	kWh/v	13907,00	-16161,00	-13212,00	-12409,00	-13907,00	-13620,00	-13447,00	-13347,00
VAIPAN JOHTUMISHÄVIÖT	kWh/v	14871,00	24657,00	12445,00	8896,00	14871,00	14671,00	14671,00	14671,00
ULKOVAIPAN ILMANVUODOT	kWh/v	3930,00	3930,00	3930,00	3930,00	3930,00	1965,00	983,00	491,00
HALLITTU ILMANVAIHTO	kWh/v	3068,00	3068,00	3068,00	3068,00	3068,00	3068,00	3068,00	3068,00
JÄÄHDYTYSENERGIA	kWh/v	585,00	0,00	1130,00	2228,00	585,00	994,00	1247,00	1381,00
YHT/BRM2	kWh/bm2/v	258,29	110,67	52,58	40,81	258,29	205,56	168,59	165,98

SELITYKSET
TALO SAUNARANTA
VAKIOT
MUUTTUJAT

LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT		VERTAILU D, LÄMMITYS JA ILMANVAIHTO							
MUUTTUJA	YKSIKKÖ	LTO 1	LTO 2	LTO 3	LTO 4	LÄM1	LÄM2	LÄM3	LÄM4
HUONEISTOALA	m2	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10
BRUTTOALA	m2	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00
RAKENNUSTILAVUUS	m3	633,89	633,89	633,89	633,89	633,89	633,89	633,89	633,89
ILMATILAVUUS	m3	461,18	461,18	461,18	461,18	461,18	461,18	461,18	461,18
ASUKASMÄÄRÄ (mh+1)	kpl	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
ULKOSEINÄ	m2	121,07	121,07	121,07	121,07	121,07	121,07	121,07	121,07
ALAPOHJA	m2	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10	122,10
YLÄPOHJA	m2	122,25	122,25	122,25	122,25	122,25	122,25	122,25	122,25
OVET	m2	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38
IKKUNAT	m2	54,23	54,23	54,23	54,23	54,23	54,23	54,23	54,23
POHJOISEEN	m2	39,79	39,79	39,79	39,79	39,79	39,79	39,79	39,79
ETEELÄÄN	m2	11,56	11,56	11,56	11,56	11,56	11,56	11,56	11,56
ITÄÄN	m2	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88
LÄNTEEN	m2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
IKKUNAT MAANPÄÄLLISESTÄ JULKISIVUSTA	%	29,52 %	0,30	0,30	0,30	29,52 %	0,30	0,30	0,30
OVET JULKISIVUSTA	%	4,56 %	0,05	0,05	0,05	4,56 %	0,05	0,05	0,05
JULKISIVU	m2	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68
MAANPÄÄLLINEN JULKISIVU	m2	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68	183,68
SISÄPUOLINEN VAIPPA YHTEENSÄ	m2	428,03	428,03	428,03	428,03	428,03	428,03	428,03	428,03
U-ARVOT ULKOSEINÄ	W/m2K	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
ALAPOHJA	W/m2K	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
YLÄPOHJA	W/m2K	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
ULKO-OVI	W/m2K	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
IKKUNAT	W/m2K	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
ILMANVUOTOLUKU (n50)	1/h	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
ILMANVAIHDON LTO:n VUOSIHYÖTYSUHDE	%	75,00	60,00	45,00	30,00	75,00	75,00	75,00	75,00
LÄMMÖNJAKOTAPA		VESI LÄTTÄ	0,00	0,00	0,00	VESI LÄTTÄ	VESIPATTERI	SÄHKÖLÄTTIÄ	SÄHKÖPATTERI

LASKENNAN TULOKSET		VERTAILU D, LÄMMITYS JA ILMANVAIHTO							
MUUTTUJA	YKSIKKÖ	LTO 1	LTO 2	LTO 3	LTO 4	LÄM1	LÄM2	LÄM3	LÄM4
KOHTIEN ENERGIANTARVE	kWh/v	26701,00	28025,00	29528,00	31134,00	26701,00	25460,00	24881,00	23835,00
ET-LUKU	kWh/brm2/v	191,00	201,00	211,00	223,00	191,00	182,00	178,00	171,00
ET-LUOKKA		D	D	D	D	D	C	C	C
VAIKUTUKSEN VERTAILU									
ET-LUVUN MUUTOS	kWh/brm2/v	0,00	-10,00	-20,00	-32,00	0,00	9,00	13,00	20,00
ENERGIANTARPEEN MUUTOS	kWh/v	0,00	1324,00	2827,00	4433,00	0,00	-1241,00	-1820,00	-2866,00
ET-LUVUN MUUTOS	%	0,00 %	-5,24 %	-10,47 %	-16,75 %	0,00 %	4,71 %	6,81 %	10,47 %
TÄYTÄÄ D3-2010 LÄMPÖHÄVIÖVAATIMUKSET	X=KYLÄ	X	ei	ei	ei	X	X	X	X
MATALAENERGIATASO	X=KYLÄ	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei
PASSIIVITALOTASO	X=KYLÄ	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei
JÄÄHDYTYSTARVE									
TILOJEN JÄÄHDYTYSTARVE	kWh/v	585,00	278,00	106,00	7,00	585,00	472,00	99,00	99,00
ENERGIANTARVE ILMAN JÄÄHDYTYSTARVE	kWh/v	26116,00	26010,00	25933,00	25689,00	26116,00	24988,00	24782,00	23736,00
ET-LUKU ILMAN JÄÄHDYTYSTARVE	kWh/brm2/v	186,54	185,78	185,23	183,50	186,54	178,49	177,01	169,54
ET-LUVUN MUUTOS	kWh/brm2/v	0,00	0,76	1,31	3,04	0,00	8,06	9,53	17,00
LÄMMIN KÄYTTÖVESI	kWh/v	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00
LAITESÄHKÖN KULUTUS	kWh/v	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00
TILOJEN LÄMMITYSENERGIAN TARVE									
HYÖDYNNETYT LÄMPÖKUORMAT	kWh/v	-13907,00				-13907,00			
VAIPAN JOHTUMISHÄVIÖT	kWh/v	14671,00				14671,00			
ULKOVAIPAN ILMAVUODOT	kWh/v	3930,00				3930,00			
HALLITTU ILMANVAIHTO	kWh/v	3068,00				3068,00			
JÄÄHDYTYSENERGIA	kWh/v	585,00				585,00			
YHT/BRM2	kWh/brm2/v	59,62				59,62			

SELITYKSET
TALO SAUNARANTA
VAKIOT
MUUTTUJAT

LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT	ESIMERKIT			ILMAN JÄÄHDYTYSTÄ		
MUUTTUJA	YKSIKKÖ	A	E	A+E	E	A+E
HUONEISTOALA	m2	122,10	113,65	113,70	113,65	113,70
BRUTTOALA	m2	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00
RAKENNUSTILAVUUS	m3	633,89	397,78	533,37	397,78	533,37
ILMATILAVUUS	m3	461,18	284,13	318,05	284,13	318,05
ASUKASMÄÄRÄ (mh+1)	kpl	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
ULKOSEINÄ	m2	121,07	98,43	74,59	98,43	74,59
josta kiviseinää			0,00	25,11	0,00	25,11
ALAPOHJA	m2	122,10	113,65	113,70	113,65	113,70
YLÄPOHJA	m2	122,25	113,65	113,70	113,65	113,70
OVET	m2	8,38	1,89	7,77	1,89	7,77
IKKUNAT	m2	54,23	9,17	46,35	9,17	46,35
POHJOISEEN	m2	39,79	6,90	36,39	6,90	36,39
ETELÄÄN	m2	11,56	0,00	8,88	0,00	8,88
ITÄÄN	m2	2,88	2,27	1,08	2,27	1,08
LÄNTEEN	m2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
IKKUNAT MAANPÄÄLLISESTÄ JULKISIVUSTA	%	29,52 %	8,38 %	36,01 %	8,38 %	36,01 %
OVET JULKISIVUSTA	%	4,56 %	1,73 %	6,04 %	1,73 %	6,04 %
JULKISIVU	m2	183,68	230,36	128,71	230,36	128,71
MAANPÄÄLLINEN JULKISIVU	m2	183,68	109,49	128,71	109,49	128,71
SISÄPUOLINEN VAIPPA YHTEENSÄ	m2	428,03	336,79	356,12	336,79	356,12
U-ARVOT ULKOSEINÄ	W/m2K	0,13	0,08	0,08	0,08	0,08
ULKOSEINÄ KIVI	W/m2K			0,12		0,12
ALAPOHJA	W/m2K	0,16	0,08	0,08	0,08	0,08
YLÄPOHJA	W/m2K	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06
ULKO-OVI	W/m2K	0,80	0,40	0,40	0,40	0,40
IKKUNAT	W/m2K	0,80	0,50	0,50	0,50	0,50
ILMANVUOTOLUKU (n50)	1/h	4,00	0,50	0,50	0,50	0,50
ILMANVAHDON LTO:n VUOSIHYÖTYSUHDE	%	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00
LÄMMÖNJAKOTAPA		VESI LATTIA	SÄH PATTERNI	SÄH PATTERNI	SÄH PATTERNI	SÄH PATTERNI

LASKENNAN TULOKSET	ESIMERKIT			ILMAN JÄÄHDYTYSTÄ		
MUUTTUJA	YKSIKKÖ	A	E	A+E	E	A+E
KOHTEEN ENERGIANTARVE	kWh/v	26701,00	16366,00	17650,00	13295,00	14897,00
ET-LUKU	kWh/brm2/v	191,00	117,00	127,00	95,00	107,00
ET-LUOKKA		D	A	A	A	A
VAIKUTUKSEN VERTAILU						
ET-LUVUN MUUTOS	kWh/brm2/v	0,00	74,00	64,00	96,00	84,00
ENERGIANTARPEEN MUUTOS	kWh/v	0,00	-10335,00	-9051,00	-13248,00	-11646,00
ET-LUVUN MUUTOS	%	0,00 %	38,74 %	33,51 %	50,26 %	43,98 %
TÄYTTÄÄ D3-2010 LÄMPÖHÄVIÖVAATIMUKSET	X=KYLLÄ	X	X	X	X	X
MATALAENERGIATASO	X=KYLLÄ	ei	X	X	X	X
PASSIIVITALOTASO	X=KYLLÄ	ei	X	ei	X	X
JÄÄHDYTYSTARVE						
TILOJEN JÄÄHDYTYS	kWh/v	585,00	3071,00	2753,00	0,00	0,00
ENERGIANTARVE ILMAN JÄÄHDYTYSTÄ	kWh/v	26116,00	13295,00	14897,00	13295,00	14897,00
ET-LUKU ILMAN JÄÄHDYTYSTÄ	kWh/brm2/v	186,54	94,96	106,41	94,96	106,41
ET-LUVUN MUUTOS	kWh/brm2/v	0,00	91,58	80,13	90,27	78,83
LÄMMIN KÄYTTÖVESI	kWh/v	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00	3194,00
LAITESÄHKÖN KULUTUS	kWh/v	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00
TILOJEN LÄMMITYSENERGIAN TARVE						
HYÖDYNNETYT LÄMPÖKUORMAT	kWh/v	-13907,00	-6083,00	-8209,00	-6083,00	-8209,00
VAIPAN JOHTUMISHÄVIÖT	kWh/v	14871,00	4212,00	7665,00	4212,00	7665,00
ULKOVAIPAN ILMAVUODOT	kWh/v	3930,00	303,00	339,00	303,00	339,00
HALLITTU ILMANVAIHTO	kWh/v	3068,00	1870,00	2109,00	1870,00	2109,00
JÄÄHDYTYSENERGIA	kWh/v	585,00	3071,00	2753,00	0,00	0,00
YHT/BRM2	kWh/brm2/v	59,62	24,09	33,26	2,16	13,60

