



PAINOVOIMAISELLA ILMANVAIHDOLLA TOIMIVA PIENTALO 2012 MÄÄRÄYKSISSÄ

KIMMO LYLKANGAS
JUKKA SAINIO
MIKA VUOLLE

Tämä tarkastelu on laadittu Suomen Kulttuurirahastolle liittyen Ympäristöministeriön lausuntopyyntöön rakentamismääräyskokoelman osien C4, D2, D3 ja D5 uusimisesta. Tarkoituksena on arvioida neljän esimerkkisuunnitelman avulla painovoimaisella ilmanvaihdolla, diffuusioavoimilla rakenteilla ja luonnonmukaisista materiaaleista toteutettujen pientalojen toteutusmahdollisuutta uusien määräysten astuttua voimaan. Tarkastelun ovat laatineet:

Jukka Sainio, LVI-insinööri, erityisasiantuntija

Insinööritoimisto Leo Maaskola Oy

Mika Vuolle, TkL

Equa Simulation Finland Oy

Kimmo Lylykangas, arkkitehti SAFA

Arkkitehtuuritoimisto Kimmo Lylykangas

Lisäksi aineiston laatimisessa ovat avustaneet

Jari Kiuru, arkkitehti SAFA

Cillian Warfield, arkkitehti SAFA

Helsingissä 09.11.2010

Kimmo Lylykangas

Arkkitehti SAFA

Arkkitehtuuritoimisto Kimmo Lylykangas

LUONNONMUKAINEN TALO

Rakennuskannan energiankulutusta ja ilmastopäästöjä on pyritty Suomessa vähentämään ensisijaisesti rakennusten lämpöhäviöitä pienentämällä määräsuudistusten kautta. Vaikka määräykset sallivat erilaiset painotukset ja ratkaisut ns. kompensatiomenettelyn kautta, ne ovat kuitenkin ohjanneet suomalaista rakentamista kohti koneellista ilmanvaihtoa ja yhä pienempää lämmitysenergian tarvetta. Koneellisen ilmanvaihdon osalta rakentamismääräysten painotukset perustuvat tutkimustuloksiin, joiden mukaan lämmön talteenoton merkitys rakennuksen energiataloudelle on painoarvoltaan suuri. Lämmön talteenotolla saavutettu säästö lämmitysenergiassa on suurempi kuin ilmanvaihtolaitteen puhaltimen tarvitsema sähköenergia.

Rakentamisen ammattilaisten joukossa on myös vallitsevan rakennustavan epäilijöitä. Kritiikki kohdistuu usein siihen, että hyvien asumisolosuhteiden ylläpito rakennuksissa on sähkölaitteiden varassa. Toisaalta myös monikerroksellisten rakenteiden ja erilaisten sähkölaitteiden pitkäaikaiskestävyyttä ja korjattavuutta on epäilty. Vertailukohteena käytetään esimerkkejä rakennusperinteestämme, joka on eri aikakausina tuottanut satoja vuosia kestäviä rakennuksia ilman nykyisen kaltaista talotekniikkaa tai höyrynsulkuun perustuvia rakenneratkaisuja.

Tämän tarkastelun kohteena on pientalo, jonka ilmanvaihto painovoimainen (tai ns. tehostettu painovoimainen ilmanvaihto), ulkovaipan rakenteet diffuusioavoimia ja materiaalit suurimmaksi osaksi uusiutuvia. Rakennuksessa minimoidaan sähkölaitteiden määrä ja vältetään synteettisiä materiaaleja kuten muovia. Suunnitteluratkaisut tukevat ympäristöä säästävää elämäntapaa.

Päästövähennyksiä ei tavoitella lämmitystarvetta pienentämällä, vaan lämmitystapavalinnoilla, minimoimalla sähkölaitteiden määrä ja suosimalla vähäpäästöisiä materiaaleja.



Kuva 1: Perinteisellä rakennustavalla toteutettu uudisrakennus. Kuvassa näkyy ainoastaan uusiutuvia rakennusmateriaaleja, joiden osuus voi parhaimmillaan olla yli 70 % rakennuksen kaikista materiaaleista. Kuljetusmatkat ovat lyhyet ja puutavaraa ei ole lainkaan koneellisesti kuivattu tai työstetty, jolloin sen hiilijalanjälki ennen pintakäsittelyä on erittäin pieni. Valokuvat: Kimmo Lylykangas ja Jussi Kalliokoski.

RAKENTAMISMÄÄRÄYSTEN 2012 ASETTAMAT VAATIMUKSET

Tarkastelujen lähtökohtana on käytetty Suomen Rakentamismääräyskokoelman osien C4, D2, D3 ja D5 lausuntoversioita 28.09.2010. Painovoimaisella ilmanvaihdolla toimiva pientalo on osoitettava määräysten mukaiseksi erityisesti kolmen vaatimuksen suhteen, jotka ovat

- lämmöntasauslaskelma
- pientalolle asetettava E-lukuvaatimus
- uusiutuvan energian osuus

Lämmöntasauslaskenta

Laadittuja esimerkkisuunnitelmia on tarkasteltu aluksi lämmöntasauslaskimen 2012 lausuntoversion avulla. Tasauslaskimen käyttämä vertailuarvo lämmön talteenoton (LTO) vuosihyötysuhteelle on 45 %. Painovoimaisen ilmanvaihdon ratkaisussa LTO:n arvoksi asetetaan nolla, ja tämä pyritään kompensoimaan muilla suunnitteluratkaisuilla.

D3-osion kohdan 2.6.2 mukaan

”rakennuksen ilmanvaihdon poistoilmasta on otettava lämpöä talteen lämpömäärä, joka vastaa vähintään 45 % ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemasta lämpömäärästä. Vastaava lämpöenergiantarpeen pienentäminen voidaan toteuttaa

- 1) rakennuksen vaipan lämmöneristystä parantamalla;*
 - 2) rakennuksen vaipan ilmanpitävyyttä parantamalla; tai*
 - 3) vähentämällä ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemää lämpömäärää muulla tavalla kuin poistoilman lämmöntalteenotolla.”*
- (D3 lausuntoversio 28.09.2010 kohta 2.6.2 s. 14)

Tasauslaskennassa on käytetty kohtien 1 ja 2 mukaisia keinoja lämmön talteenoton puuttumisen kompensointiin.

Uudessa lämmöntasauslaskimessa oletettu ilmanpitävyys annetaan q_{50} -lukuna aiemman n_{50} -luvun sijasta. Tarkasteluissa on oletettu ilmavuotoluvun vaihteluväliksi:

ilmavuotoluku q_{50} 0.5 -2.0 m³/(h m²).

D3-osion mukaan lämpöhäviön laskennassa käytetään rakennusvaipan ilmavuotoluvun suunnitteluarvoa, jonka ohjearvoksi ”selostus”-kohdassa annetaan 1 m³/h m²:
”kosteusteknisen turvallisuuden, hyvän sisäilmaston ja energiatehokkuuden kannalta tulisi rakennusvaipan ilmavuotoluvun q_{50} olla enintään 1 m³/h m² (rakennuksen vaipan neliön läpi virtaa ilmavirta yksi kuutio tunnissa paine-eron sisä- ja ulkoilman välillä ollessa 50 Pa)” (D5 lausuntoversio 28.09.2010 kohta 2.5.8 s. 13).

Pientalossa q_{50} ja n_{50} ovat lukuarvoina lähellä toisiaan. TTY:n ja TKK:n painekoemittauksissa ns. perinteisten hirsitalojen ilmavuotoluvun n_{50} mittaustulokset vaihtelivat välillä 3 – 16 1/h keskiarvon ollessa 7.9 1/h. Tiiviimmällä saumaeristeellä varustetut hirsitalot saavuttivat keskiarvon 4.1 1/h, ja osa niistä myös alitti arvon 2.0 1/h. (Vinha, Juha: Vuoden 2010 uudet lämmöneristystä ja energiankulutusta koskevat rakentamismääräykset. Kestävä rakentaminen –seminaari, 14.4.2009 Vaasa).

Rakenteiden ja rakennusosien lämmöneristävyyden toteutuskelpoisien ratkaisujen vaihteluvälinä on tässä tarkastelussa pidetty seuraavia arvoja:

ulkoseinä 0.08 – 0.17 W/m²K

hirsiseinä 0.40 – 0.60 W/m²K

yläpohja	0.05 – 0.09 W/m ² K
alapohja _{maanvastainen}	0.07 – 0.16 W/m ² K
alapohja _{ryömintätilaan rajoittuva}	0.07 – 0.17 W/m ² K
alapohja _{ulkoilmaan rajoittuva}	0.07 – 0.16 W/m ² K
ikkunat	0.66 – 1.00 W/m ² K
ulko-ovet	0.60 – 1.00 W/m ² K

Tarkastelluissa rakennuksissa ei ole käytetty kattoikkunoita.

Vaihteluväli on asetettu siten, että parhaana arvona käytetään tunnettua, suomalaisilla markkinoilla olevaa tuotetta tai valmiissa rakennuksessa toteutettua rakennetta, ja huonoimpana arvona lämmöntasauslaskimen 2012 vertailuarvoa.

Uudisrakennuksen E-luku ei saa ylittää seuraavia arvoja:

Luokka 1

erillinen pientalo, rivi- ja ketjutalo

kun $A_{\text{netto}} < 150 \text{ m}^2$	$182 - 0.15 \cdot A_{\text{netto}}$	kWh/(m ² a)
--	-------------------------------------	------------------------

kun $A_{\text{netto}} \geq 150 \text{ m}^2$	$170 - 0.07 \cdot A_{\text{netto}}$	kWh/(m ² a)
---	-------------------------------------	------------------------

hirsitalo

kun $A_{\text{netto}} < 150 \text{ m}^2$	$202 - 0.15 \cdot A_{\text{netto}}$	kWh/(m ² a)
--	-------------------------------------	------------------------

kun $A_{\text{netto}} \geq 150 \text{ m}^2$	$190 - 0.07 \cdot A_{\text{netto}}$	kWh/(m ² a)
---	-------------------------------------	------------------------

(D3 Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. Kohta 2.1.4 s.8)

Rakennuksen energialuku

D3-osiossa uudisrakennusten energiatehokkuusvaatimus asetetaan rakennuksen energialukuna eli E-lukuna (kWh/(m²a), jolla tarkoitetaan ”*energiamuotojen kertoimilla painotettua rakennuksen vuotuista netto-ostoenergian laskennallista kulutusta näissä määräyksissä annetuilla säännöillä ja lähtöarvoilla laskettuna lämmitettyä nettoalaa kohden*”.

(D5 lausuntoversio 28.09.2010 kohta 1.3.1 s. 4)

Uusiutuvan energian osuus

D3-osiossa asetetaan vähimmäisvaatimus uusiutuvan energian osuudelle seuraavasti:

”Uusiutuvan omavaraisenergian määrä tai uusiutuvilla polttoaineilla tuotetun energian määrä tulee olla vähintään 25% verrattuna rakennuksen tilojen ja ilmanvaihdon lämmityksen energian nettotarpeeseen. Uusiutuva omavaraisenergia tai uusiutuvilla polttoaineilla tuotetun energian määrä voidaan käyttää hyödyksi missä tahansa rakennuksen järjestelmässä tai se voi olla muualle vietyä energiaa.”

(D3 lausuntoversio 28.09.2010 kohta 2.10 s. 15)

Prosenttiosuutta ei siis lasketa kokonaisostoenergiasta tai kokonaisenergiantarpeesta vaan tilojen lämmitystarpeesta ilmanvaihdon lämmitys mukaanlukien.

Passiivista aurinkoenergiaa tai verkon kautta kiinteistöön tuotua uusiutuvaa energiaa ei huomioida kriteerin täyttymistä arvioitaessa. Vaatimus ei koske kaukolämpöön liitettävää rakennusta. Lämpöpumppu riittää täyttämään vaatimuksen, mikäli lämpöpumpun vuoden keskimääräinen lämpökerroin on vähintään 2.0. Mikäli rakennuksessa on varaava tulisija, sen tuottamaksi lämmitysenergiaksi voidaan laskea enintään 2000 kWh/a.

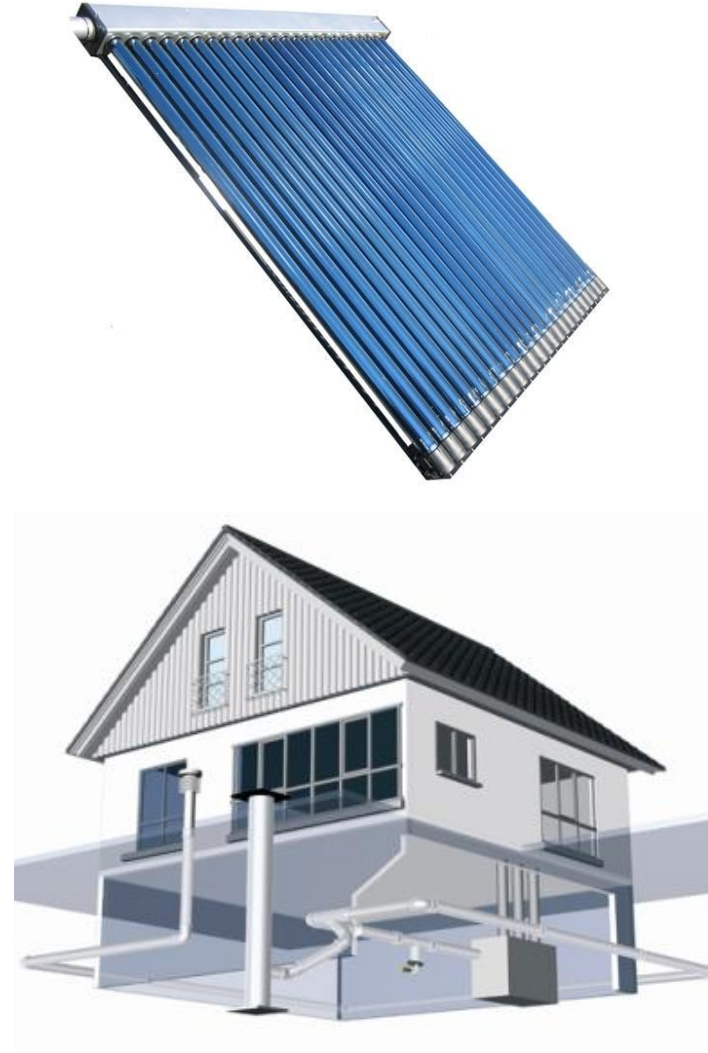
VIITESUUNNITELMIEN TARKASTELUT

Viitesuunnitelmissa on esitetty erilaisia pohjaratkaisuja, joihin painovoimainen ilmanvaihto soveltuu luontevasti. Rakennusten muoto ja ikkuna-aukotus ovat antavat keskimääräistä paremman lähtökohdan energiatehokkuudelle. Taustalla on oletus siitä, että painovoimainen ilmanvaihto vaikeuttaa määräystason saavuttamista rakennuksissa. Laskelmissa on erikseen arvioitu mahdollisuutta ikkuna-alan kasvattamiseen suunnitelmissa.

Uusiutuvien rakennusmateriaalien käyttäminen tai diffuusioavoimet rakenteet eivät erityisesti ilmene viitesuunnitelmissa. Yksiaineisista seinärakenteista hirsi saa rakentamismääräyksissä erityiskohtelun sekä lämpöhäviöiden tasauslaskennassa että E-lukuvaatimuksen suhteen. Muut yksiaineiset seinärakenteet, esimerkiksi kevytbetoniharkko, kevytsoraharkko, savi-olkirakenne tai massiivitiiliseinä ovat käytännössä mahdottomia toteuttaa ilman lisälämmöneristystä.

Talomallien 1 ja 2 E-luku on laskettu dynaamisella simulaatio-ohjelmalla (IDA Indoor Climate and Energy 4.0). Rakennuksista on laadittu tietomalli, joka on viety simulaatio-ohjelmaan IFC-formaatissa. Energiasimulaation lähtötiedot ja energiamuotojen kertoimet on asetettu rakentamismääräyskokoelman osien C4, D2, D3 ja D5 luonnosversioiden mukaisesti. Uusiutuvan energian osuutta koskevan vaatimuksen täyttämistä koskevassa laskennassa aurinkosähköjärjestelmän tuotoksi on oletettu 120 kWh/m²/a ja aurinkokeräinjärjestelmän (tyhjiöputkikeräin) 300 kWh/m²/a.

Asumisviihtyvyyden lisäämiseksi suunnitelmissa esitetään ratkaisumalleja ja ideoita tuloilman esilämmittämiseen (esimerkiksi Rehau Oy:n maalämmönsiirrinputkijärjestelmä tuloilman esilämmitystä ja -jäähdytystä varten).



Kuvat 2 ja 3: tyhjiöputkikeräin (ylhällä); maalämmönsiirrin (alhaalla); lähde: www.lammontasaaja.fi. Rehau Awadukt Thermo; tarkoitettu koneellisen ilmanvaihdon ulkoilmakanavistoksi.



Tarkasteltavan rakennuskonseptin suurin tekninen haaste liittyy painovoimaisen ilmanvaihdon toimivuuden varmistamiseen.

Viitesuunnitelmissa esitetään poistoilmavirran tehostamiseen erilaisia ratkaisuja ja ideoita. Keskeistä on ollut välttää vaakasiirtymiä hormoneissa ja kanavissa. Ilmanvaihdon vaatimukset heijastuvat tilajärjestelyihin.

Kun ilmaa ei liikuteta puhaltimella, riittävän ilman vaihtuvuuden todentamiseen ei ole yleisesti käytettyjä menettelyjä. Tämä saattaa vaikeuttaa rakennusluvan saamista painovoimaiseen ilmanvaihtoon perustuvilla ratkaisuille. Vaatimus tuloilman suodattamisesta vaikeuttaa merkittävästi painovoimaisen ilmanvaihdon toteuttamista.

Rakennusperinteessämme painovoimaista ilmanvaihtoa tehostettiin toisinaan tuuli- tai imuhatuilla (esim. *jonnari* eli Johnin tuulihattu, kuva ylhäällä oikealla), jotka hyödyntävät tuulta poistoilmakanavan

ilmavirtauksen lisäämiseksi. Tuulta hyödyntää myös Biolan Oy:n *tuulituuletin*, joka on tarkoitettu lisäämään kuivakäymälöiden poistoilmavirtaa (kuva alhaalla oikealla).

Poistoilmavirtaa voidaan lisätä myös poistoilmahormia tai –kanavaa lämmittämällä. Aurinkoenergia soveltuu tarkoitukseen siinä suhteessa erinomaisesti, että lämmöntuotto ajoittuu samaan vuodenaikaan, jolloin painovoimainen ilmanvaihto toimii heikoimmin. Poistoilmahormia voitaisiin lämmittää esimerkiksi aurinkokeräinten ylimääräisellä lämmöntuotolla kesäaikaan – tai keskittävällä peilipinnalla poistoilmahormin ympärillä (kuva vasemmalla ylhäällä).



Kuvat 4 ja 5: Keskittävä peili ja poistoilmahormi (ylhäällä vasemmalla.) luonnos; jonnareita (ylhäällä oikealla); tuulituuletin (alhaalla oikealla) lähde: www.biolan.fi. Biolan Oy; tarkoitettu tehostamaan kuivakäymälöiden ja varastotilojen ilmanvaihtoa.

TALO 1

Rakennus on muodoltaan kompakti. Ikkunapinta-ala on verrattain niukka: 13 % maanpäällisestä kerrostasoalasta ja 12 % julkisivun pinta-alasta. Märkätilat on keskitetty pohjoispuolelle rakennusta. Tilojen jäsentelyssä on huomioitu polttopuun kuljetus ja painovoimaisen ilmanvaihdon vaatimukset. Löylyhuone on sijoitettu lämmitettävän tilan ulkopuolelle. Lämmitettävä tuulikaappi on korvattu lämmittämättömällä lasikuistilla.

Tuloilman esilämmitys

Tuloilma tuodaan huoneistoon eteläseinältä, ikkunoiden alla sijaitsevien lämmityspattereiden takaa. Patterit lämmittävät tuloilmaa lämmityskauden aikana estäen vedon tunnetta.

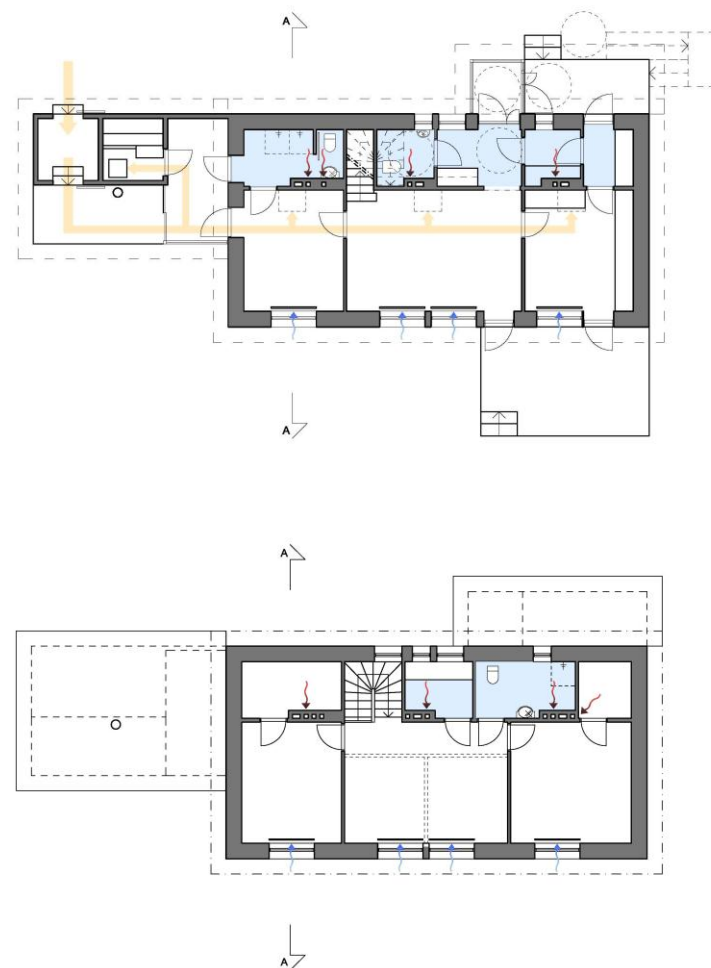
Poistoilmanvaihto

Ratkaisu perustuu sydänmuurimalliin, jossa muuratut poistoilmahormit on keskitetty rakennuksen keskilinjassa sijaitsevaan sydänmuuriin. Sydänmuuriin liittyvät tulisijat ja savuhormit lämmittävät poistoilmahormeja ja lisäävät ilmavirtausta lämmityskauden aikana. Poistoilmavirran lisäämiseksi hormien päässä on tuulihatut. Poistoilmahormeissa ei ole vaakasiirtymiä.

Lämmitysjärjestelmä

Rakennuksen päälämmitysjärjestelmä on tekniseen tilaan sijoitettu maalämpöpumppu, jonka vuoden keskimääräinen lämpösuhde on 3.0. Täydentävänä lämmitysmuotona käytetään tulisijoja, joita on kolme: kaksi varaavaa takkaa (OH ja TH) sekä puukiuas.

lämmitetty nettoala: 155 m²
rakennustilavuus: 719 m³
kerrosluku: 2



TALO 1: TULOKSET

Lämpöhäviöiden taseuslaskenta

Suunnitelma täyttää lämpöhäviöiden taseuslaskimen 2012 vaatimukset seuraavilla arvoilla:

ikkunapinta-ala kerrostasosalasta	13 %
US	0.11 W/m ² K
YP	0.08 W/m ² K
AP	0.09 W/m ² K
ikkunat	0.75 W/m ² K
ovet	0.72 W/m ² K
q ₅₀	1.00 m ³ /h m ²

Vaadittavat rakenteet ja tuotteet ovat investointikustannuksiltaan hieman tavanomaista kalliimpia, mutta toteutettavissa tunnetuin ja markkinoilla olevin ratkaisuin.

Rakennuksen energialuku

Dynaamisella energiasimulaatio-ohjelmalla laskettu rakennuksen E-luku on 128. D3-osion lausuntoversiossa nettolattia-alaltaan yli 150 m²:n pientalon E-lukuvaatimus määritellään seuraavasti:

$$170 - 0.07 \times A_{\text{netto}}$$

Tässä tapauksessa E-lukuvaatimus on

$$170 - 0.07 \times 151 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) = 159.2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$

Suunnitelma täyttää SrakMK D3:n vaatimukset edellä kuvatuilla ratkaisuilla.

Uusiutuvan energian osuus

Lämpöpumppu, jonka vuotuinen lämpösuhde on yli 2.0, täyttää uusiutuvan energian vaatimuksen. Suunnitelmissa käytetyn maalämpöpumpun lämpösuhde on 3.0.

Tilojen lämmitysenergiantarve on 11518 kWh/a. Uusiutuvan energian vaatimus on 25 % tästä eli 2880 kWh/a.

Ilman lämpöpumppua uusiutuvan energian osuutta koskevasta vaatimuksesta enintään 2000 kWh/a voitaisiin täyttää varaavalla tulisijalla. Määräysten muotoilusta ei selvästi ilmene, voisiko kaksi varaavaa tulisijaa täyttää uusiutuvan energian vaatimuksen kokonaisuudessaan.

Yhden varaavan tulisijan lisäksi tarvittaisiin vaatimuksen täyttämiseksi

- aurinkosähköjärjestelmä 8 m²
- aurinkokeräinjärjestelmä (tyhjiöputkikeräin) 3 m²

Kokonaan ilman maalämpöpumppua ja varaavia tulisijoja vaatimuksen täyttämiseen riittäisi esimerkiksi

- ilma-vesi-lämpöpumppu, lämpösuhde 2.5
- aurinkosähköjärjestelmä 24 m²
- aurinkokeräinjärjestelmä (tyhjiöputkikeräin) 10 m²

Kaukolämpöön kytkettynä rakennuksen ei tarvitsisi täyttää uusiutuvan energian vaatimusta.

Tulosten arviointia

Uusien määräysten vaatimuksista lämpöhäviöiden tasauslaskenta asettaa painovoimaisella ilmanvaihdolla toteutetulle pientalolle suurimman haasteen. Lämmön talteenoton kompensointi johtaa verrattain suuriin eristedimensioihin ulkoseinässä, yläpohjassa ja alapohjassa. Selluvillaeristeellä toteutettuna eristepaksuudet ovat suunnilleen seuraavanlaiset:

	suunnitteluratkaisu	vähimmäisvaatimus
ulkoseinä	n. 400 mm	n. 225 mm
yläpohja	n. 600 mm	n. 450 mm

Ikkunoiden U-arvo on 0.75 W/m²K ja ovien 0.72 W/m²K. Näitä arvoja vastaavat tuotteet löytyvät useammalta suomalaiselta valmistajalta. Käyttämällä kiinteästiin runkoon tehtäviä lasituksia, kaksilehtistä ulko-ovea tai umpiovea U-arvo saadaan vieläkin paremmaksi.

Uusiutuvan energian vaatimus voi muodostua pienemmäksi rakennuksissa, joissa on koneellinen ilmanvaihto ja tehokas lämmöntalteenotto, sillä LTO-laite pienentää tilojen lämmitystarvetta, joka on uusiutuvan energian vaatimuksen laskentaperusteena.

Suunnitelmassa ikkunapinta-ala on verrattain pieni, 24.9 m². Vertailuarvona käytetty 15 % kerrostasoalasta tarkoittaisi n. 29 m²:n ikkuna-alaa. Seuraavassa on tarkasteltu lämpöhäviöiden tasauslaskennan avulla rakennusten ja rakennusosien lämmöneristävyysvaatimuksen kiristymistä ikkuna-alan kasvaessa. Lämpöhäviöiden tasauslaskennan vaatimustaso saavutetaan siis täytettyä suuremmallakin ikkunapinta-alalla, mutta rakenteiden ja rakennusosien lämmöneristävyydelle asetettavat vaatimukset kasvavat silloin entisestään.

ikkuna- ala m ²	U-arvo (W/m ² K)					q ₅₀ m ³ /h m ²
	YP	AP	US	ikkunat	ovet	
25	0,08	0,09	0,11	0,75	0,72	1,00
26	0,08	0,09	0,11	0,75	0,72	1,00
27	0,08	0,09	0,11	0,75	0,72	1,00
28	0,07	0,09	0,11	0,75	0,72	1,00
29	0,07	0,09	0,11	0,75	0,72	1,00
30	0,06	0,09	0,11	0,75	0,72	1,00
31	0,05	0,09	0,11	0,75	0,72	1,00
32	0,05	0,08	0,11	0,75	0,72	1,00
33	0,05	0,08	0,11	0,75	0,72	1,00
34	0,05	0,07	0,11	0,75	0,72	1,00
35	0,05	0,07	0,10	0,75	0,72	1,00
36	0,05	0,07	0,10	0,75	0,72	1,00
37	0,05	0,07	0,10	0,75	0,72	1,00
38	0,05	0,07	0,09	0,75	0,72	1,00
39	0,05	0,07	0,09	0,75	0,72	1,00
40	0,05	0,07	0,09	0,75	0,72	1,00
41	0,05	0,07	0,08	0,75	0,72	1,00
42	0,05	0,07	0,08	0,75	0,72	1,00
43	0,05	0,07	0,08	0,75	0,72	1,00
44	0,05	0,07	0,08	0,74	0,72	1,00
45	0,05	0,07	0,08	0,73	0,72	1,00
46	0,05	0,07	0,08	0,72	0,72	1,00
47	0,05	0,07	0,08	0,71	0,72	1,00
48	0,05	0,07	0,08	0,70	0,72	1,00
49	0,05	0,07	0,08	0,69	0,72	1,00
50	0,05	0,07	0,08	0,68	0,72	1,00
51	0,05	0,07	0,08	0,67	0,72	1,00
52	0,05	0,07	0,08	0,66	0,72	1,00
53	0,05	0,07	0,08	0,66	0,69	1,00
54	0,05	0,07	0,08	0,66	0,65	1,00
55	0,05	0,07	0,08	0,66	0,61	1,00

TALO 2

Rakennus on muodoltaan kompakti. Ikkunapinta-ala on verrattain niukka: 14 % maanpäällisestä kerrostasoalasta ja 13 % julkisivun pinta-alasta. Märkätilat on keskitetty rakennuksen eteläpuolelle. Tilojen jäsentelyssä on huomioitu painovoimaisen ilmanvaihdon vaatimukset. Puukiukaalla varustettu löylyhuone on sijoitettu lämmitettävän ulkovaipan ulkopuolelle puolilämpimänä tilana. Lämmitettävä tuulikaappi on korvattu lasikuistilla.

Tuloilman esilämmitys

Tuloilma tuodaan maalämmönsiirrinputkessa maan sisällä esilämmitettynä tai -jäähdytettynä kellarikerroksessa sijaitsevaan *kulverttiin* eli tuloilmakammioon, josta se jaetaan edelleen pystyhormeja pitkin asuinhuoneisiin. Antibakteriaalisella maalilla pinnoitettu tuloilmakammio pidetään irtaimistosta vapaana ja puhtaana pölystä ja liasta. Tuloilmahormeissa ei ole vaakasiirtymiä.

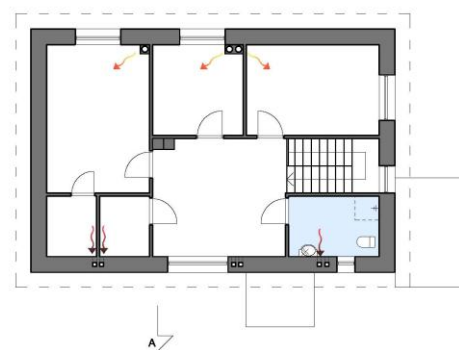
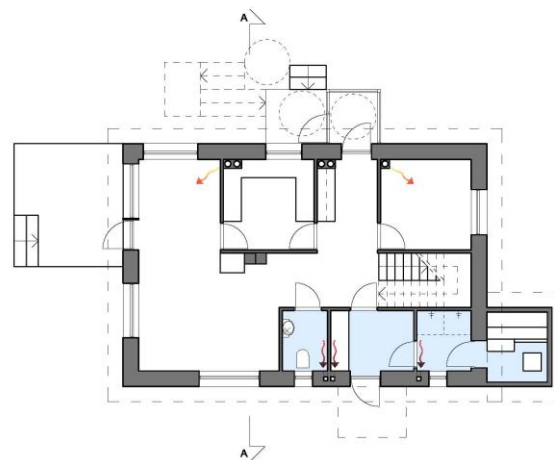
Poistoilmanvaihto

Poisto tapahtuu eteläseinustan märkätiloista ja aputiloista, joissa on poistoilmahormit eteläseinustalla. Tulo- ja poistohormit ovat vastakkaisilla puolilla rakennusta. Ilma johdetaan märkätiloihin ovirakojen kautta. Eteläseinustalla auringon lämpösäteilyä voidaan hyödyntää poistoilmahormien lämmitykseen, millä voidaan lisätä ilmastusta kesäaikaan, kun lämpötilaero sisä- ja ulkotilan välillä on vähäisin ja painovoimainen ilmanvaihto toimii heikoimmin. Poistoilmahormeissa ei ole vaakasiirtymiä.

Lämmitysjärjestelmä

Rakennuksen päälämmitysjärjestelmä on tekniseen tilaan sijoitettu maalämpöpumppu, jonka COP on 3.0. Huoneistossa on tilavaraus kahdelle varaavalle tulisijalle.

lämmitetty nettoala: 154 m²
rakennustilavuus: 680 m³
kerrosluku: 2 + lämmittämätön kellari



TALO 2: TULOKSET

Lämpöhäviöiden taseuslaskenta

Suunnitelma täyttää lämpöhäviöiden taseuslaskimen 2012 vaatimukset seuraavilla arvoilla:

ikkunapinta-ala kerrostasosalasta	13 %
US	0.10 W/m ² K
YP	0.07 W/m ² K
AP	0.09 W/m ² K
ikkunat	0.75 W/m ² K
ovet	0.72 W/m ² K
q ₅₀	1.00 m ³ /h m ²

Vaadittavat rakenteet ja tuotteet ovat investointikustannuksiltaan hieman tavanomaista kalliimpia, mutta toteutettavissa tunnetuin ja markkinoilla olevin ratkaisuin.

Rakennuksen energialuku

Dynaamisella energiasimulaatio-ohjelmalla laskettu rakennuksen E-luku on 133. D3-osion lausuntoversiossa nettolattia-alaltaan yli 150 m²:n pientalon E-lukuvaatimus määritellään seuraavasti:

$$170 - 0.07 \times A_{\text{netto}}$$

Tässä tapauksessa E-lukuvaatimus on

$$170 - 0.07 \times 154 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) = 159.2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$

Suunnitelma täyttää SrakMK D3:n vaatimukset edellä kuvatuilla ratkaisuilla.

Uusiutuvan energian osuus

Lämpöpumppu, jonka vuotuinen lämpösuhde on yli 2.0 täyttää uusiutuvan energian vaatimuksen. Suunnitelmissa käytetyn maalämpöpumpun lämpösuhde on 3.0.

Tilojen lämmitysenergian tarve on 11794 kWh/a. Uusiutuvan energian vaatimus on 25 % tästä eli 2948 kWh/a.

Kokonaan ilman maalämpöpumppua ja varaavia tulisijoja vaatimuksen täyttämiseen riittäisi esimerkiksi

- ilma-vesi-lämpöpumppu, lämpösuhde 2.5
- aurinkosähköjärjestelmä 25 m²
- aurinkokeräinjärjestelmä (tyhjiöputkikeräin) 10 m²

Kaukolämpöön kytkettynä rakennuksen ei tarvitsisi täyttää uusiutuvan energian vaatimusta.

Tulosten arviointia

Talo 2 muistuttaa tuloksiltaan ja tunnusluvuiltaan Talo 1:ä. Suurempi ikkunapinta-ala voidaan toteuttaa vastaavin muutoksin kuin Talo 1:ssä.

Kun lämpöhäviöiden tasauslaskennan vaatimus on täytetty, lämmitysenergiamuodon valinta on E-lukuvaatimuksen kannalta ratkaiseva tekijä. Viereinen taulukko osoittaa, että tehokkaalla lämpöpumpulla E-lukuvaatimus toteutuu (laskentatapaus 1, lämmönjakojärjestelmän häviöt 15 %). Lämpöpumpun katsotaan myös täyttävän uusiutuvan energian vaatimuksen, kun sen vuotuinen lämpösuhde on vähintään 2.0. Suoralla sähkölämmityksellä Talo 2 ei täytä E-lukuvaatimusta (laskentatapaus 2, lämmönjakojärjestelmän häviöt 0). Lisäksi uusiutuvan energian vaatimus jää täyttämättä.

E-lukuvaatimus asetetaan kuitenkin netto-ostoenergialle, ja kiinteistön oma energiantuotanto voidaan laskea ostoenergiaa pienentävänä mukaan E-lukuun. Suoran sähkölämmityksen epäedullisen kertoimen kompensoimiseksi esimerkiksi aurinkosähköjärjestelmällä paneelipinta-alan on kuitenkin oltava jopa 76 m² riittävän energiantuoton aikaansaamiseksi (laskentatapaus 3). Tätä mallia on pidettävä teoreettisena korkeiden investointikustannusten vuoksi. Mikäli tilojen ja käyttöveden lämmitys tehdään kaukolämmöllä, E-lukuvaatimus täyttyy, eikä uusiutuvan energian vaatimus koske rakennusta (laskentatapaus 4).

Tulosten perusteella vaikuttaa siltä, että E-lukuvaatimus ohjaa energiamuotojen valintaa samalla tavalla riippumatta siitä, onko rakennus painovoimaisella vai koneellisella ilmanvaihdolla varustettu. Koneellinen ilmanvaihto kasvattaa sähköenergian osuutta (kerroin 2.0) ja pienentää tilojen lämmitysenergiaa, jonka kerroin voi olla 0.5 – 2.0 lämmitysmuodosta riippuen.

LÄMPÖPUMPPU COP = 3.0	ostoenergia kWh/a		painotettu energia kWh/a	painotettu energia kWh/(m ² a)
tilojen lämmitys	4625	2	9250	60,1
lämmin käyttövesi	1943	2	3886	25,2
valaistus	1048	2	2096	13,6
laitesähkö	2359	2	4718	30,6
yhteensä	9975		19950	129,5
► vaatimus täyttyy				
SUORA SÄHKÖLÄMMITYS	ostoenergia kWh/a		painotettu energia	painotettu energia kWh/(m ² a)
tilojen lämmitys	12065	2	24130	156,7
lämmin käyttövesi	5829	2	11658	75,7
valaistus	1048	2	2096	13,6
laitesähkö	2359	2	4718	30,6
yhteensä	21301		42602	276,6
► E-luku liian suuri				
SÄHKÖ + AURINKOPANEELI	ostoenergia kWh/a		painotettu energia	painotettu energia kWh/(m ² a)
tilojen lämmitys	12065	2	24130	156,7
lämmin käyttövesi	5829	2	11658	75,7
valaistus	1048	2	2096	13,6
laitesähkö	2359	2	4718	30,6
sähköntuotto	-9120		-18240	-118,4
yhteensä	12181		24362	158,2
► vaatimus täyttyy				
KAUKOLÄMPÖ	ostoenergia kWh/a		painotettu energia	painotettu energia kWh/(m ² a)
tilojen lämmitys	13875	0,7	9712,5	63,1
lämmin käyttövesi	5829	0,7	4080,3	26,5
valaistus	1048	2	2096	13,6
laitesähkö	2359	2	4718	30,6
yhteensä	23111		20606,8	133,8
► vaatimus täyttyy				

TALO 3

Rakennus on yksikerroksinen. Märkätilat on keskitetty rakennuksen eteläpuolelle. Rakennuksessa on kuivakäymälä, joka ei edellytä alapohjan alapuolelle sijoitettavia säiliöitä tai muita asennuksia. Löylyhuone ja tuulikaappi ovat lämmitettävää tilaa.

Tuloilman esilämmitys

Painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän tuloilma tuodaan kellarikerroksessa sijaitsevaan *kulverttiin* eli tuloilmakammioon, josta se jaetaan edelleen pystyhormeja pitkin asuinhuoneisiin. Tuloilman esilämmitys ja -jäähdytys tehdään maaliuospiirillä. Antibakteriaalisella maalilla pinnoitettu tuloilmakammio pidetään irtaimistosta vapaana ja puhtaana pölystä ja liasta. Tuloilmahormeissa ei ole vaakasiirtymiä.

Poistoilmanvaihto

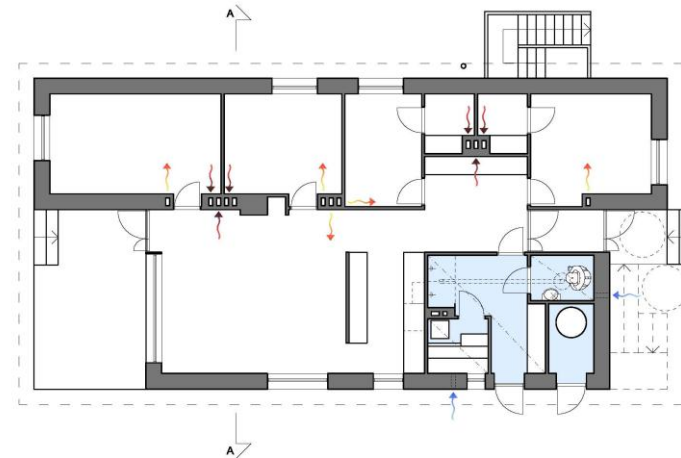
Rakennuksessa on tehostettu painovoimainen ilmanvaihto: märkätiloissa on koneellinen poistoilmapuhallin, joka käynnistyy valokatkaisimesta ja toimii ajastimen ohjaamana. Muiden asuintilojen ilmanvaihto on kokonaan painovoimainen. Painovoimaisen ja koneellisen poiston tilat järjestetään eri osastoiksi: märkätilat muodostavat oman osastonsa, jonka erottaa muista asuintiloista yksi ovipumpulla varustettu ovi.

Rakennuksen katolle tai eteläjulkisivuun sijoitettavat aurinkokeräimet lämmitävät vesivaraajaa. Kuumimpaan kesäaikaan aurinkokeräinjärjestelmän tuotto on maksimissaan, ja ellei lämpimän veden käyttö ole erityisen suurta, keräinjärjestelmä tuottaa enemmän lämpöä kuin mitä vesivaraaja voi varastoida. Järjestelmän ylikuumenemisen estämiseksi yllilämpö syötetään usein ulkoilmaan.

Talo 3:ssa aurinkokeräinjärjestelmän yllilämpö ajetaan painovoimaisen ilmanvaihdon poistoilmahormeihin. Hormia lämmitämällä voidaan lisätä ilmapvirtausta kesäaikaan, jolloin lämpötilaero sisä- ja ulkotilan välillä on vähäisin ja painovoimainen ilmanvaihto toimii heikoimmin. Painovoimaisesti toimivissa poistoilmahormeissa ei ole vaakasiirtymiä.

Lämmitysjärjestelmä

Rakennuksessa on vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä, johon voidaan tuottaa lämpöä erilaisilla lämmitysmuodoilla, esimerkiksi aurinkokeräimillä. Huoneistossa on yksi varaava tulisija, puukiuas ja puuliesivaraus.



lämmitetty nettoala:	150 m ²
rakennustilavuus:	770 m ³
kerrosluku:	1 + lämmittämätön kellar

TALO 3: TULOKSET

Lämpöhäviöiden tasauslaskenta

Suunnitelma täyttää lämpöhäviöiden tasauslaskimen 2012 vaatimukset seuraavilla arvoilla:

ikkunapinta-ala kerrostasoalasta	11 %
US	0.12 W/m ² K
YP	0.08 W/m ² K
AP	0.09 W/m ² K
ikkunat	0.75 W/m ² K
ovet	0.72 W/m ² K
q ₅₀	1.00 m ³ /h m ²

Vaadittavat rakenteet ja tuotteet ovat investointikustannuksiltaan hieman tavanomaista kalliimpia, mutta toteutettavissa tunnetuin ja markkinoilla olevin ratkaisuin.

Rakennuksen energialuku

Ei laskettu.

Uusiutuvan energian osuus

Ei laskettu.

Tulosten arviointia

Mikäli rakennus haluttaisiin toteuttaa hirsirunkoisena ilman seinien lisälämmöneristettä, vaaditaan seuraavat arvot:

ikkunapinta-ala kerrostasoalasta	11 %
US _{hirsi}	0.40 W/m ² K
YP	0.06 W/m ² K
AP	0.08 W/m ² K
ikkunat	0.75 W/m ² K
ovet	0.72 W/m ² K
q ₅₀	1.00 m ³ /h m ²

Näillä arvoilla ikkunapinta-alan voi kasvattaa 20,3 m²:sta 23 m²:iin. Ikkunapinta-alan kasvattaminen vertailuarvoon 27,3 m²:iin on mahdollista jos esimerkiksi yläpohjan lämmöneristävyyttä parannetaan 0.05 W/m²K:iin. Seinärakenteen ja muiden rakenteiden lämmöneristävyyden suhde on kuitenkin koko ajan selvästi epätasapainoinen. Ilmanvuotoluku q₅₀ = 1.00 on hirsirakenteelle erittäin haastava.

200 mm paksun hirsiseinän U-arvo on 0.53 W/m²K. Tällä arvolla tasauslaskennan vaatimuksia ei enää saada täytettyä tunnetuilla tuotteilla ja rakenteilla. Talo 3:ssa lämpöhäviöiden tasauslaskelman vaatimuksia ei siten täytä rakennusperinteestä tuttu yhdistelmä, jossa rakennuksessa on painovoimainen ilmanvaihto ja liimaamattomasta massiivipuusta tehty hirsirunko ilman lisälämmöneristettä.

TALO 4

Rakennus on kaksikerroksinen. Märkätilat on keskitetty rakennuksen pohjoispuolelle. Rakennuksen olohuone on kaksi kerrosta korkea tila.

Tuloilman esilämmitys

Painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän tuloilma tuodaan kellarikerroksessa sijaitseviin tuloilmakammioihin, joista se johdetaan edelleen pystyhormeja pitkin asuinhuoneisiin. Tuloilman esilämmitys ja -jäähdytys voidaan tehdä esimerkiksi maaliuospiirillä. Antibakteriaalisella maalilla pinnoitettu tuloilmakammio pidetään irtaimistosta vapaana ja puhtaana pölystä ja liasta. Tuloilmahormeissa ei ole vaakasiirtymiä.

Poistoilmanvaihto

Rakennuksessa on painovoimainen ilmanvaihto. Poisto- ja tuloilmahormit on keskitetty kolmeen ryhmään. Poistoilmavirtaa voidaan tehostaa esimerkiksi hormia lämmittämällä tai kehittämällä hormin päähän asennettavia, virtausta lisääviä laitteita (esimerkiksi tuulituuletin tai pieneen aurinkopaneeliin suoraan kytketty tasavirtapuhallin).

Lämmitysjärjestelmä

Rakennuksessa on savuhormiin integroitu 6 metriä korkea vesivaraaja, johon voidaan tuottaa lämpöä monilla erilaisilla lämmitysjärjestelmillä. Savuhormiin liittyy kolme tulisijaa: leivinuuni, olohuoneen varaava takka ja puukiuas.

lämmitetty nettoala: 173 m²
rakennustilavuus: 812 m³
kerrosluku: 2 + lämmittämätön kellarikerros



TALO 4: TULOKSET

Lämpöhäviöiden tasauslaskenta

Suunnitelma täyttää lämpöhäviöiden tasauslaskimen 2012 vaatimukset seuraavilla arvoilla:

ikkunapinta-ala kerrostasosalasta	10 %
US	0.12 W/m²K
YP	0.08 W/m²K
AP	0.09 W/m²K
ikkunat	0.75 W/m²K
ovet	0.72 W/m²K
q ₅₀	1.00 m³/h m²

Vaadittavat rakenteet ja tuotteet ovat investointikustannuksiltaan hieman tavanomaista kalliimpia, mutta toteutettavissa tunnetuin ja markkinoilla olevin ratkaisuin. Lämpöhäviöiden tasauslaskennan vaatimukset voidaan täyttää tunnetuilla rakenteilla ja olemassa olevilla tuotteilla, vaikka ikkuna-ala kasvatettaisiin 20 %:iin maanpäällisestä kerrostasosalasta (n. 42 m² ikkunapinta-alaa). Vertailuarvo, 15 % maanpäällisestä kerrostasosalasta, on 32,3 m².

Rakennuksen energialuku

Ei laskettu.

Uusiutuvan energian osuus

Ei laskettu.

Tulosten arviointia

Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q₅₀ parantaminen vaikuttaa vaadittaviin lämmöneristävyyksiin ja ikkuna-alaan seuraavasti:

q ₅₀ m³/h m²	U-arvo (W/m²K)					ikkuna-ala m²
	YP	AP	US	ikkuna	ovi	
2,0	0,07	0,07	0,08	0,75	0,72	32,3
1,5	0,10	0,07	0,08	0,75	0,72	32,3
1,0	0,13	0,07	0,08	0,75	0,72	32,3
0,5	0,16	0,07	0,08	0,75	0,72	32,3
2,0	0,07	0,07	0,08	0,75	0,72	32,3
1,5	0,07	0,10	0,08	0,75	0,72	32,3
1,0	0,07	0,13	0,08	0,75	0,72	32,3
0,5	0,07	0,17	0,08	0,75	0,72	32,3
2,0	0,07	0,07	0,08	0,75	0,72	32,3
1,5	0,07	0,07	0,09	0,75	0,72	32,3
1,0	0,07	0,07	0,11	0,75	0,72	32,3
0,5	0,07	0,07	0,12	0,75	0,72	32,3
2,0	0,07	0,07	0,08	0,75	0,72	32,3
1,5	0,07	0,07	0,08	0,84	0,72	32,3
1,0	0,07	0,07	0,08	0,93	0,72	32,3
0,5	0,07	0,07	0,08	1,00	0,72	32,3
2,0	0,07	0,07	0,08	0,75	0,72	32,3
1,5	0,07	0,07	0,08	0,75	0,95	32,3
1,0	0,07	0,07	0,08	0,75	1,16	32,3
0,5	0,07	0,07	0,08	0,75	1,37	32,3
2,0	0,07	0,07	0,08	0,75	0,72	32,3
1,5	0,07	0,07	0,08	0,75	0,72	37,7
1,0	0,07	0,07	0,08	0,75	0,72	42,7
0,5	0,07	0,07	0,08	0,75	0,72	47,8

JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

Lämpöhäviöiden tasauslaskelma asettaa haastavimman vaatimuksen valitulle rakennuskonseptille. Rakenteiden lämmöneristävyydelle asetettuja vähimmäisvaatimuksia ei kuitenkaan ole ehdotettu muutettavaksi vuoden 2012 uudistusten yhteydessä (poislukien nettolattia-alan käyttäminen pinta-alana ja q_{50} -arvon käyttäminen n_{50} -arvon sijasta ilmanvuotolukuna; kumpikaan ei muuta merkittävästi lämmöntasauslaskentaa). Lämmöntasauslaskelman näkökulmasta ilmanvaihdon lämmöntalteenoton puute on heikkous, jota kompensoidaan paremmin lämmöneristävillä rakenteilla ja rakennusosilla sekä paremmalla ilmanpitävyydellä. Vaikuttaa siltä, että perinteisen hirsiseinän (tyypillinen hirren dimensio 6" eli n. 150 mm) ja painovoimaisen ilmanvaihdon yhdistelmä on tullut mahdottomaksi jo vuoden 2010 määräysuudistuksen yhteydessä. Painovoimaisella ilmanvaihdolla toteutettuja pientaloja voidaan yhä toteuttaa lausuntokierroksella olevien määräysuudistusten astuttua voimaan. Painovoimaisella ilmanvaihdolla toimiva talo tarvitsee käytännössä passiivitalotasaisen lämmöneristyksen, ovet ja ikkunat.

Pientalolle asetettavan E-lukuvaatimuksen voi täyttää sopivilla lämmitystapavalinnoilla. Asetettu E-lukuvaatimus tekee käytännössä suoran sähkölämmityksen kannattamattomaksi vaihtoehdoksi. Kun lämpöhäviöiden tasauslaskelman vaatimus on saatu täytettyä, D3-osion lausuntoversion esittämää pientalon E-lukuvaatimusta ei ole erityisen vaikeaa toteuttaa pientalossa, jossa käytetään painovoimaista ilmanvaihtoa ja luonnonmukaisia rakennusmateriaaleja.

Uusiutuvan energian osuudelle asetetun vaatimuksen voi täyttää monilla tavoin: esimerkiksi tehokkaalla lämpöpumpulla, kiinteistökohtaisella aurinkoenergiajärjestelmällä tai osittain myös

varaavalla tulisijalla. Varaava tulisija (max. 2000 kWh/m²a) ei yksin riitä täyttämään uusiutuvan energian vaatimusta; esim. Talo 1:n tilojen lämmitystarve passiivitalona toteutettuna (Etelä-Suomi) 196 brn² x 20 kWh/(m²a) = 3920 kWh/a.

Pientalon E-luvulle asetettava vaatimustaso sekä uusiutuvan energian osuuden vaatimus vaikuttavat hyvin varovaisesti asetetuilta. Tarkoituksena lienee totuttaa rakentajat uusien tunnuslukujen laskemiseen vuoden 2012 uudistuksessa. E-lukuna asetettava vaatimustaso voidaan myöhemmin kiristää tarvittaessa vaikka Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin esittämään ”lähes nollaenergiataloon” saakka.

Rakennuksen lämpöhäviöille asetettava tiukka vaatimustaso ohjaa energiansäästöön ulkovaipan ratkaisulla ja koneellisella ilmanvaihdolla. E-lukuna asetettu vaatimus sallii suuremman määrän erilaisia ratkaisumalleja, jotka voivat olla päästövaikutuksiltaan yhtä hyviä.

Uusiutuvista materiaaleista rakennettu ja painovoimaisella ilmanvaihdolla varustettu rakennus saavuttaa päästövähennyksiä tavalla, jota ei palkita lämpöhäviöiden tasauslaskelmassa. Rakentamisen hiilijalanjälkeä voidaan radikaalisti pienentää uusiutuvien materiaalien systemaattisella valinnalla. Talotekniikkajärjestelmän yksinkertaistuminen pienentää edelleen materiaalivalmistuksen ja rakennusprosessin päästöjä. Puupohjaisiin materiaaleihin varastoituu lisäksi huomattava määrä hiilidioksidia rakennuksen elinkaaren ajaksi.

Rakennuksen käytön aikana painovoimaisella ilmanvaihdolla varustetun ja ilmanvuotoluvultaan keskinkertaisen rakennuksen tilojen lämmitysenergian tarve muodostuu selvästi korkeammaksi kuin esimerkiksi passiivitaloissa. Vähäpäästöisyys voidaan kuitenkin saavuttaa lämmitystapavalinnoilla. Ilmanvaihtokoneen

sähkönkulutus, n. 1 MWh/a kertoimeltaan epäsuotuisinta energiamuotoa, jää kokonaan pois.

Koko elinkaarta tarkasteltaessa ainoa tie vähäpäästöisyyteen ei siis ole rakennuksen lämpöhäviöiden minimoiminen. Rakenteilta vaadittavaa lämmöneristävyyttä ja lämpöhäviöiden tasauslaskennassa osoitettavaa vaatimustasoa voitaisiin hyvin jopa lieventää, ja asettaa rakennuksen energiankäyttöä kokonaisuutena paremmin kuvaavalle E-luvulle tiukempi vaatimustaso.

Rakennusten energiatehokkuuden ohjaaminen E-luvun kautta lämpöhäviöitten sijasta on tervetullut uudistus, ja askel kohti rakennuksen päästövaikutusten yhä kokonaisvaltaisempaa tarkastelua, johon jatkossa voitaisiin sisällyttää myös materiaalivalmistuksen ja rakentamisen päästövaikutukset.

LIITTEET

TALO 1

Pohjapiirustukset 1 : 100

Leikkaus 1 : 100

TALO 2

pohjapiirustukset 1 : 100

leikkaus 1 : 100

TALO 3

pohjapiirustukset 1 : 100

leikkaus 1 : 100

TALO 4

pohjapiirustukset 1 : 100

leikkaus 1 : 100

Energiasimulaatiotulokset Talo 1

Energiasimulaatiotulokset Talo 2

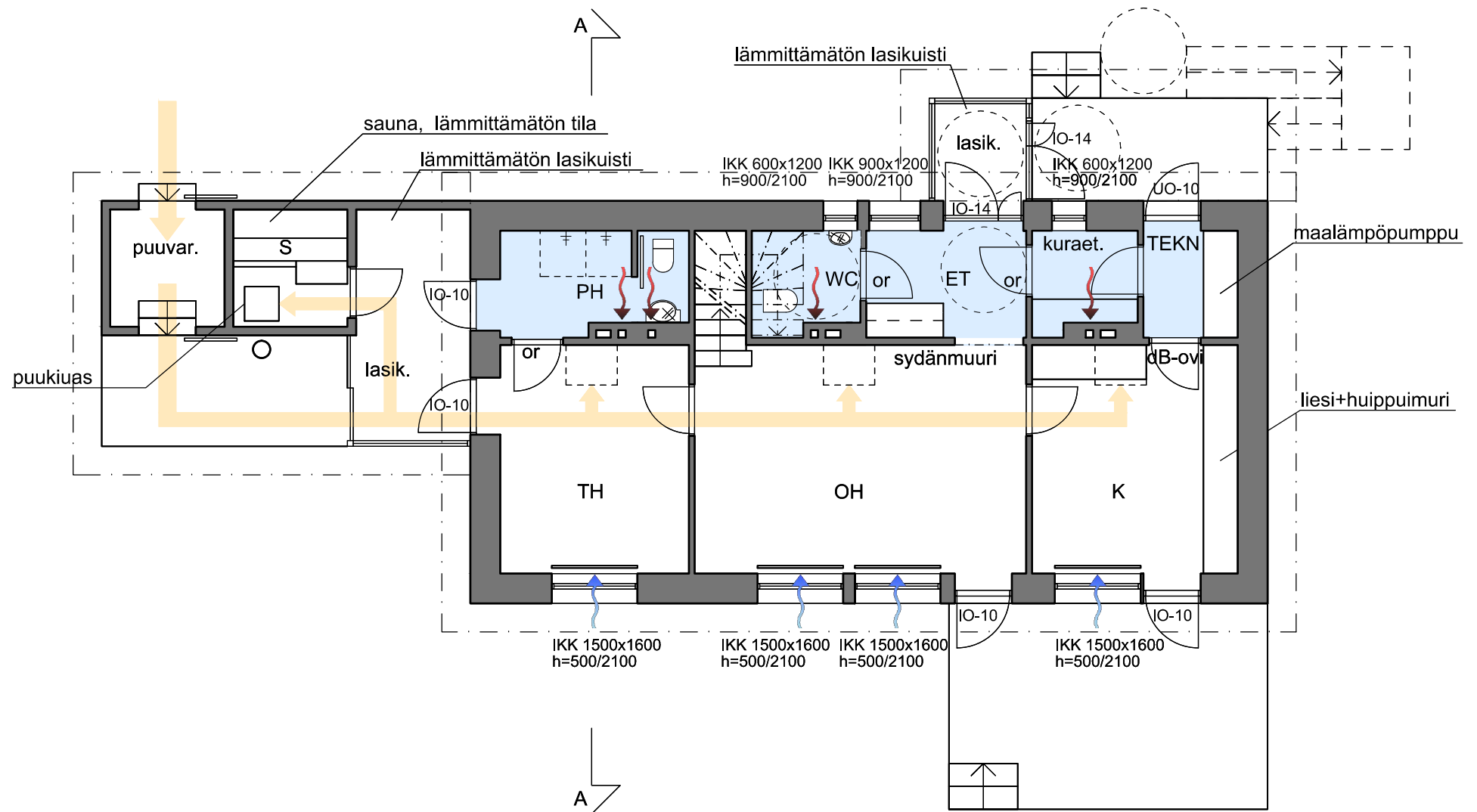
Lämpöhäviöiden tasauslaskelma Talo 1

Lämpöhäviöiden tasauslaskelma Talo 2

Lämpöhäviöiden tasauslaskelma Talo 3

Lämpöhäviöiden tasauslaskelma Talo 4

1 KERROS



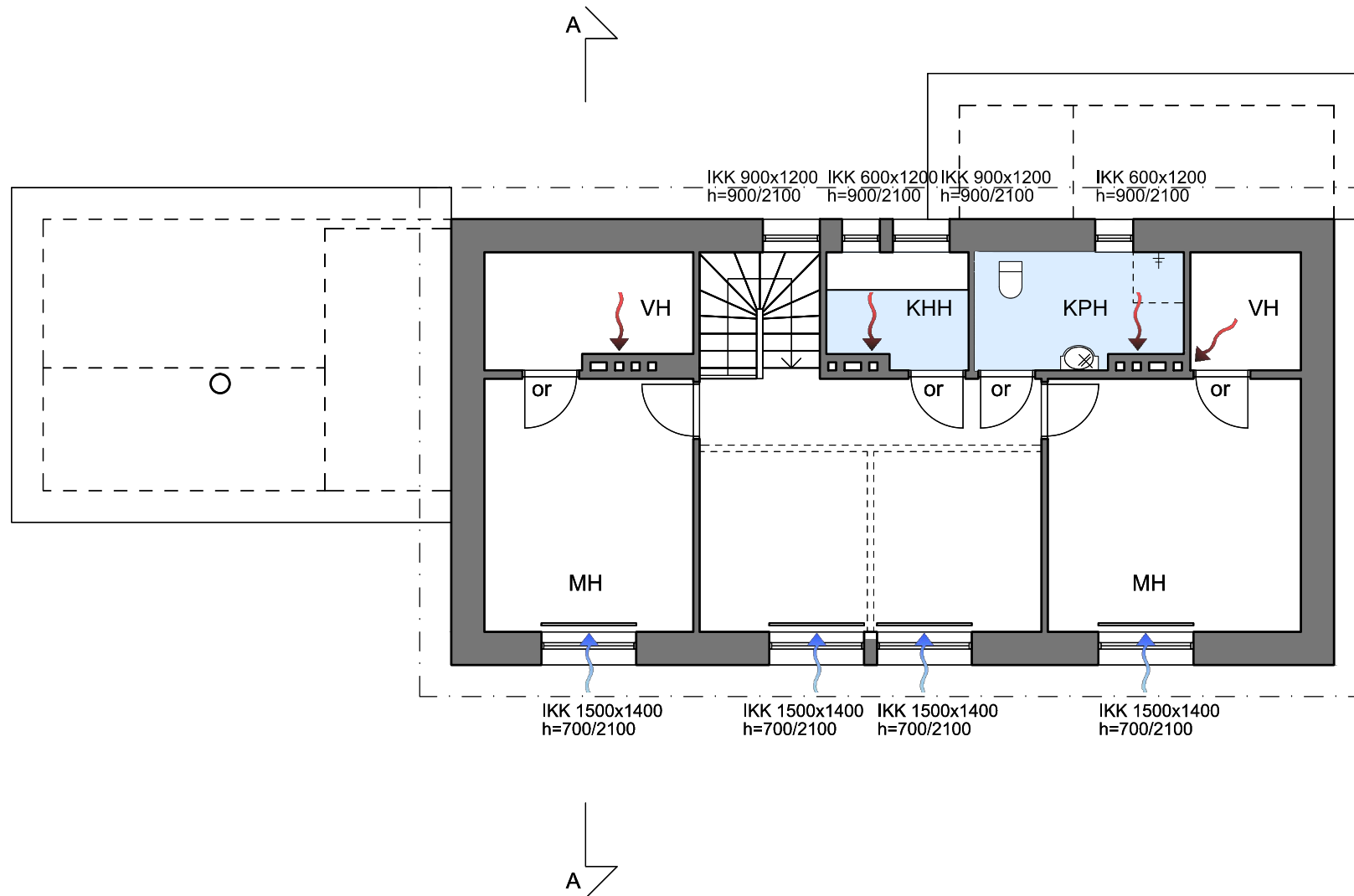
LUOMUTALO
MALLI 1

09.11.2010
LUONNOS
1 : 100

ARKKITEHTUURITOIMISTO
KIMMO LYLKANGAS

Oksasenkatu 10, 00100 Helsinki
Puh [09] 492 219
cillian.warfield@arkkilylykangas.com

2 KERROS



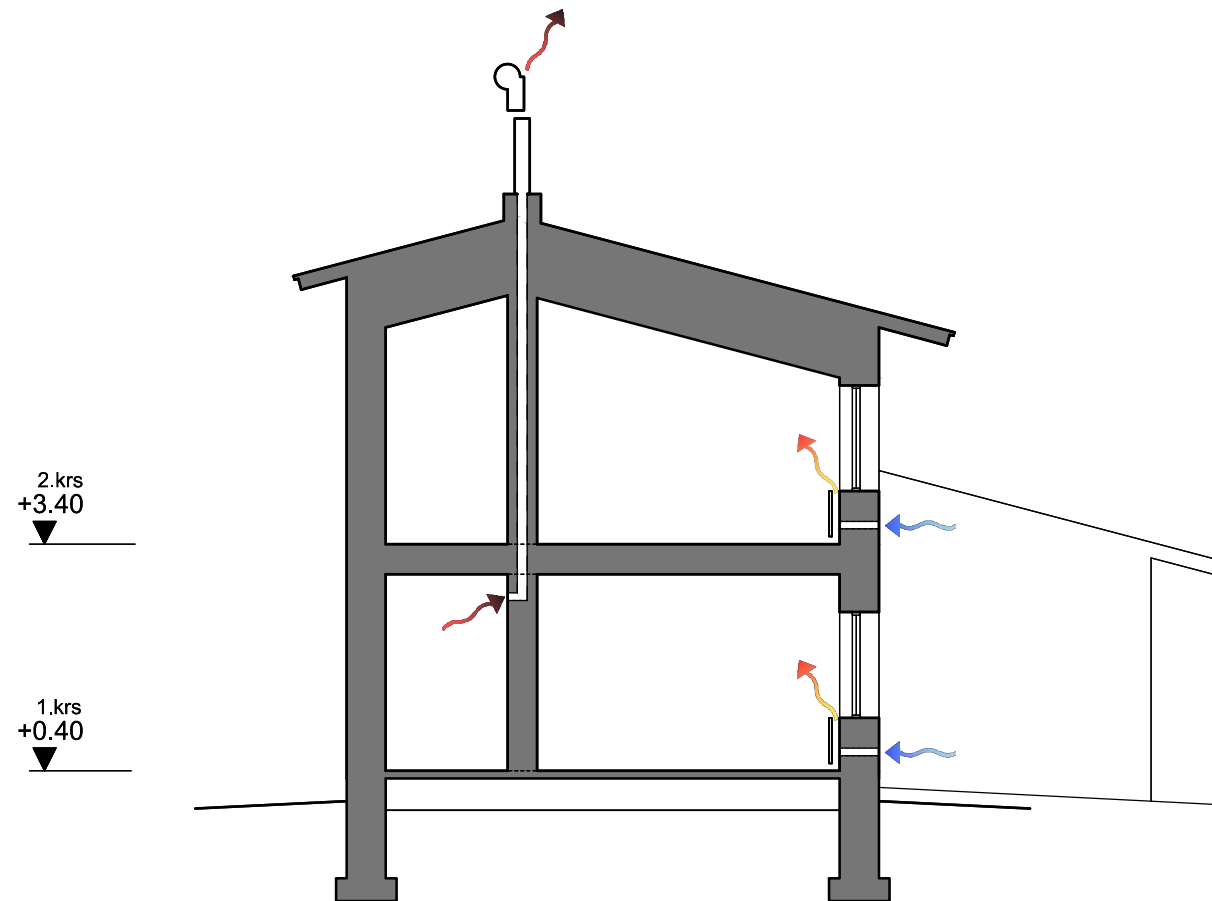
LUOMUTALO
MALLI 1

09.11.2010
LUONNOS
1 : 100

ARKKITEHTUURITOIMISTO
KIMMO LYLYKANGAS

Oksasenkatu 10, 00100 Helsinki
Puh [09] 492 219
cillian.warfield@arkkilylykangas.com

LEIKKAUS A-A



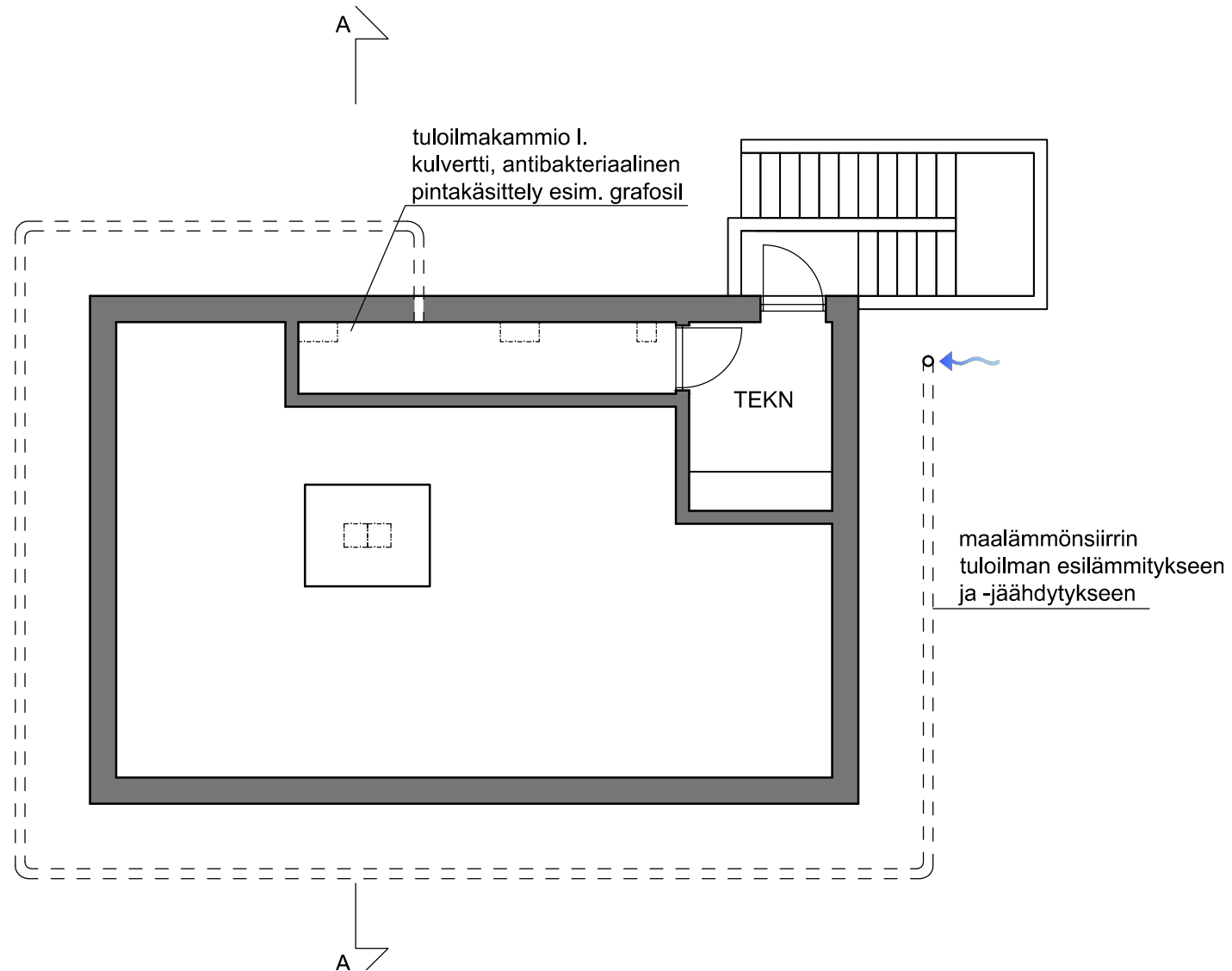
LUOMUTALO
MALLI 1

09.11.2010
LUONNOS
1 : 100

ARKKITEHTUURITOIMISTO
KIMMO LYLYKANGAS

Oksasenkatu 10, 00100 Helsinki
Puh [09] 492 219
cillian.warfield@arkkilylykangas.com

KELLARI



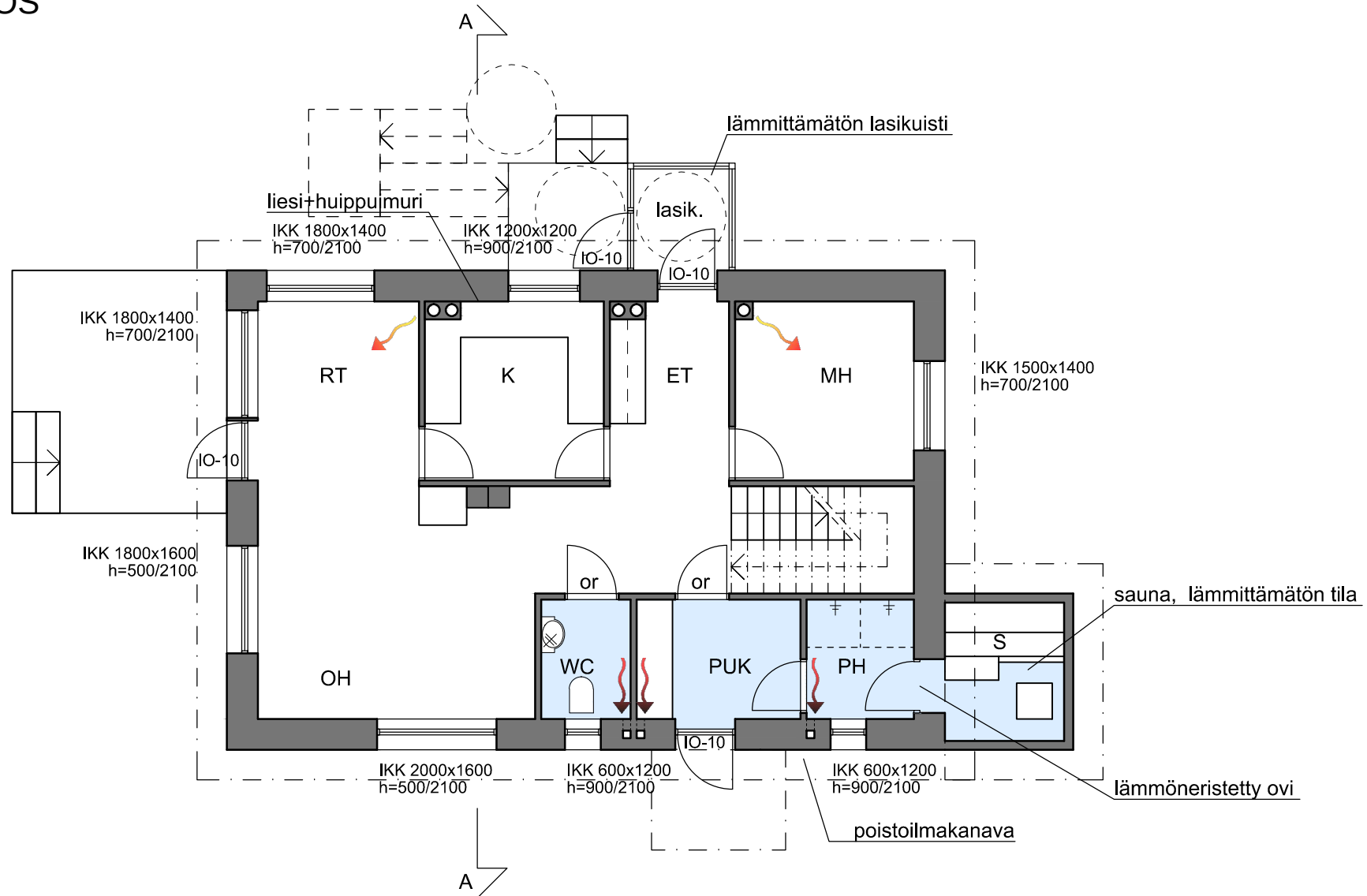
LUOMUTALO
MALLI 2

09.11.2010
LUONNOS
1 : 100

ARKKITEHTUURITOIMISTO
KIMMO LYLYKANGAS

Oksasenkatu 10, 00100 Helsinki
Puh [09] 492 219
cillian.warfield@arkkilylykangas.com

1 KERROS



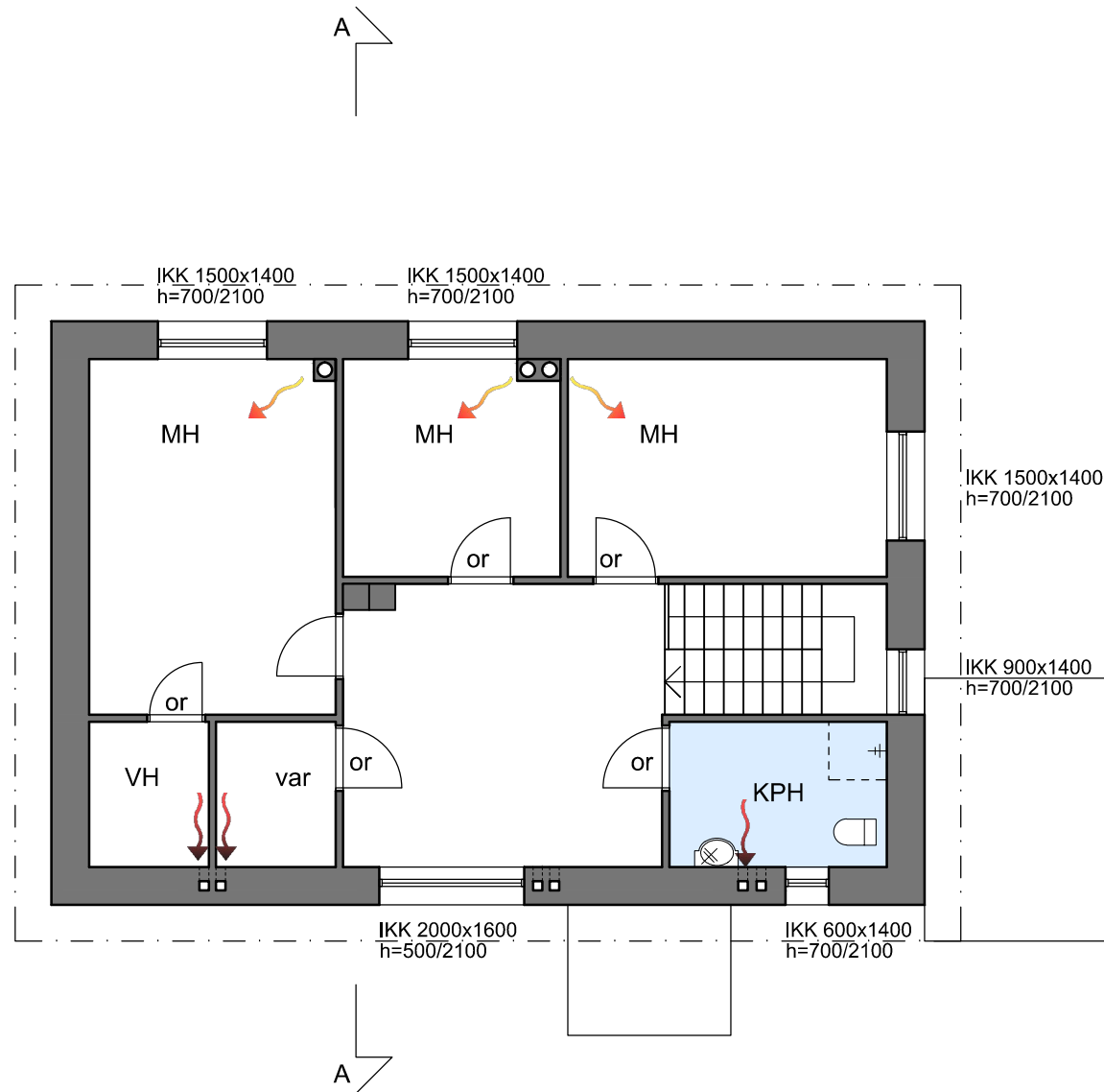
LUOMUTALO
MALLI 2

09.11.2010
LUONNOS
1 : 100

ARKKITEHTUURITOIMISTO
KIMMO LYLKANGAS

Oksasenkatu 10, 00100 Helsinki
Puh [09] 492 219
cillian.warfield@arkkilykangas.com

2 KERROS



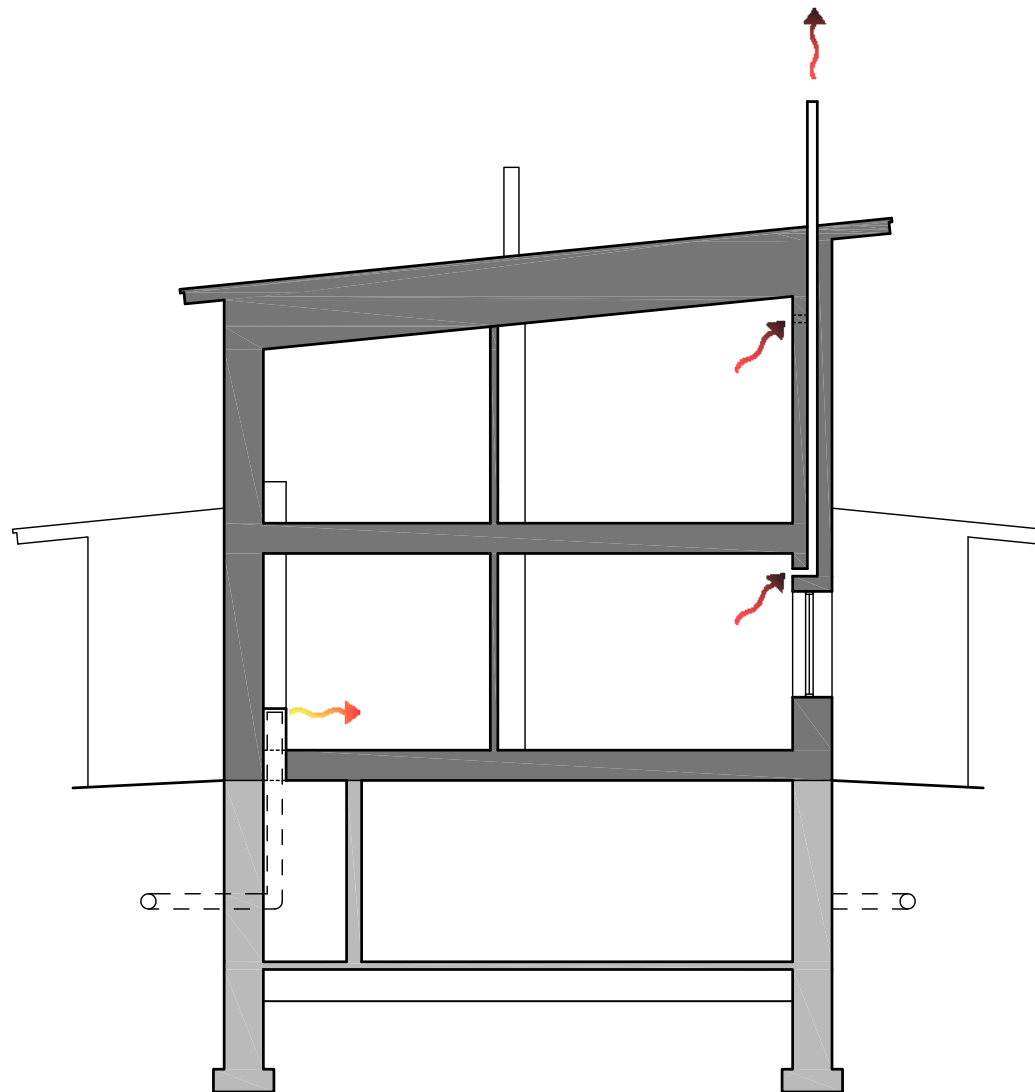
LUOMUTALO
MALLI 2

09.11.2010
LUONNOS
1 : 100

ARKKITEHTUURITOIMISTO
KIMMO LYLKANGAS

Oksasenkatu 10, 00100 Helsinki
Puh [09] 492 219
cillian.warfield@arklylykangas.com

LEIKKAUS A-A



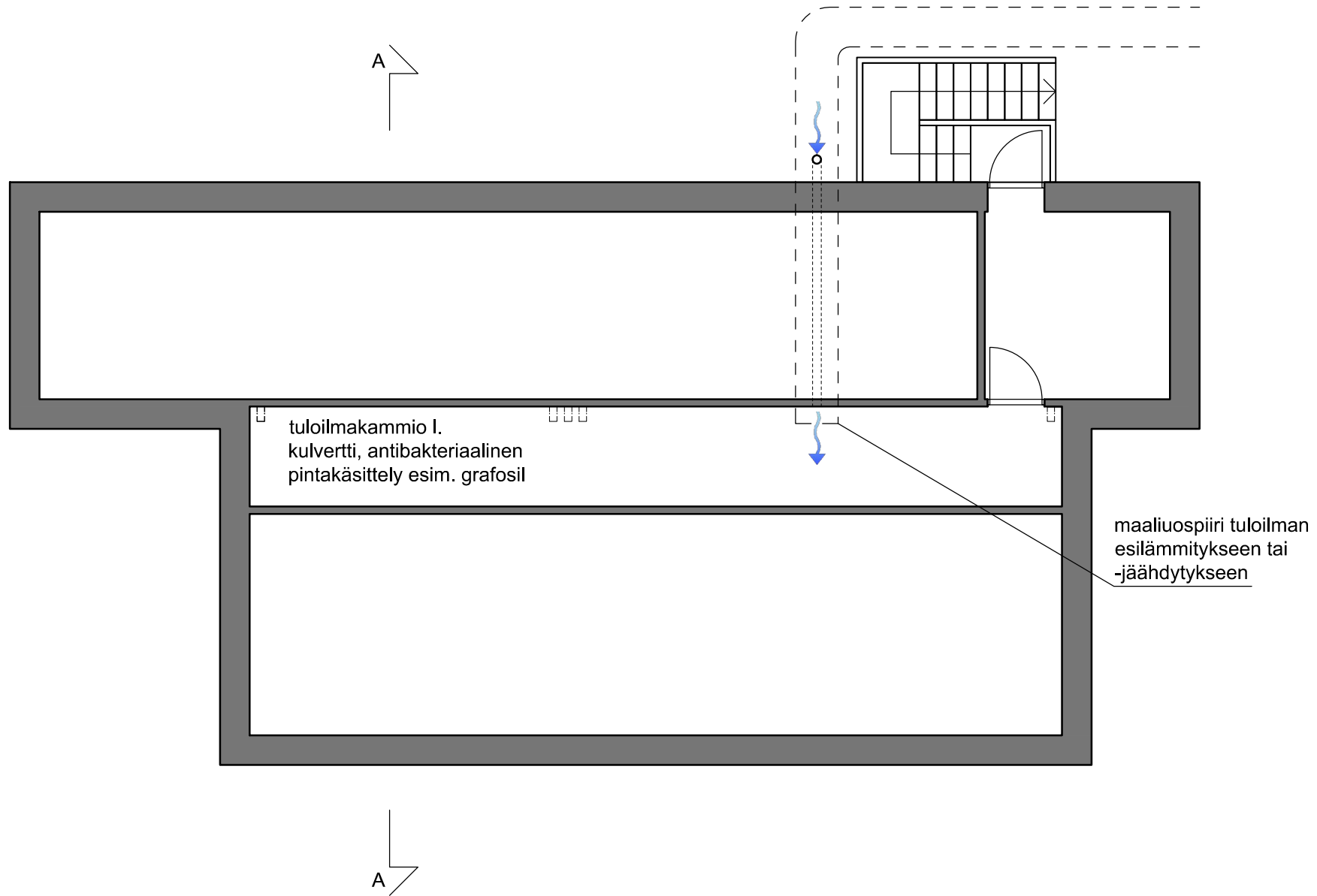
LUOMUTALO
MALLI 2

09.11.2010
LUONNOS
1 : 100

ARKKITEHTUURITOIMISTO
KIMMO LYLYKANGAS

Oksasenkatu 10, 00100 Helsinki
Puh [09] 492 219
cillian.warfield@arkkilylykangas.com

KELLARI



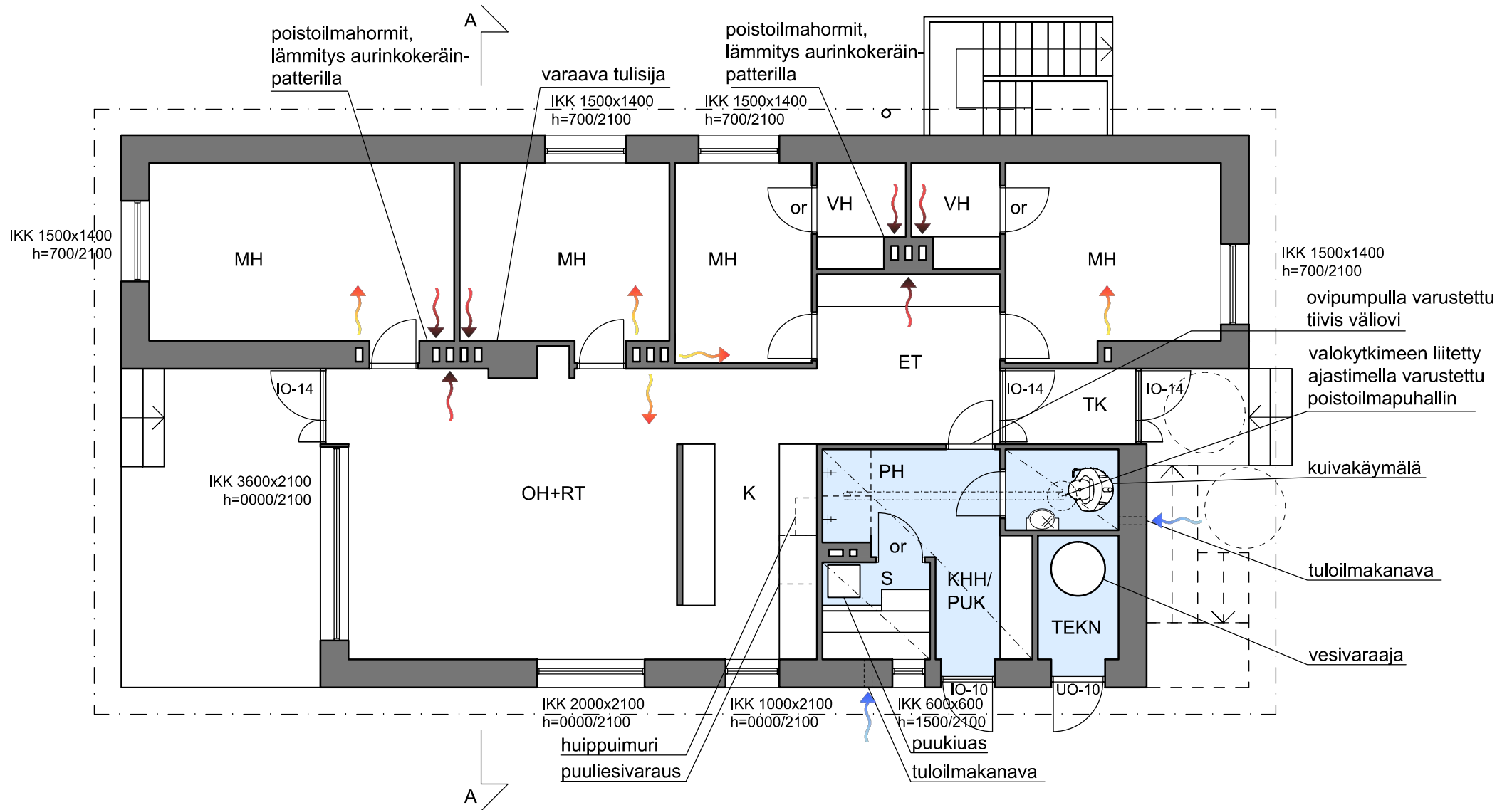
LUOMUTALO
MALLI 3

09.11.2010
LUONNOS
1 : 100

ARKKITEHTUURITOIMISTO
KIMMO LYLYKANGAS

Oksasenkatu 10, 00100 Helsinki
Puh [09] 492 219
cillian.warfield@arkkilylykangas.com

1 KERROS



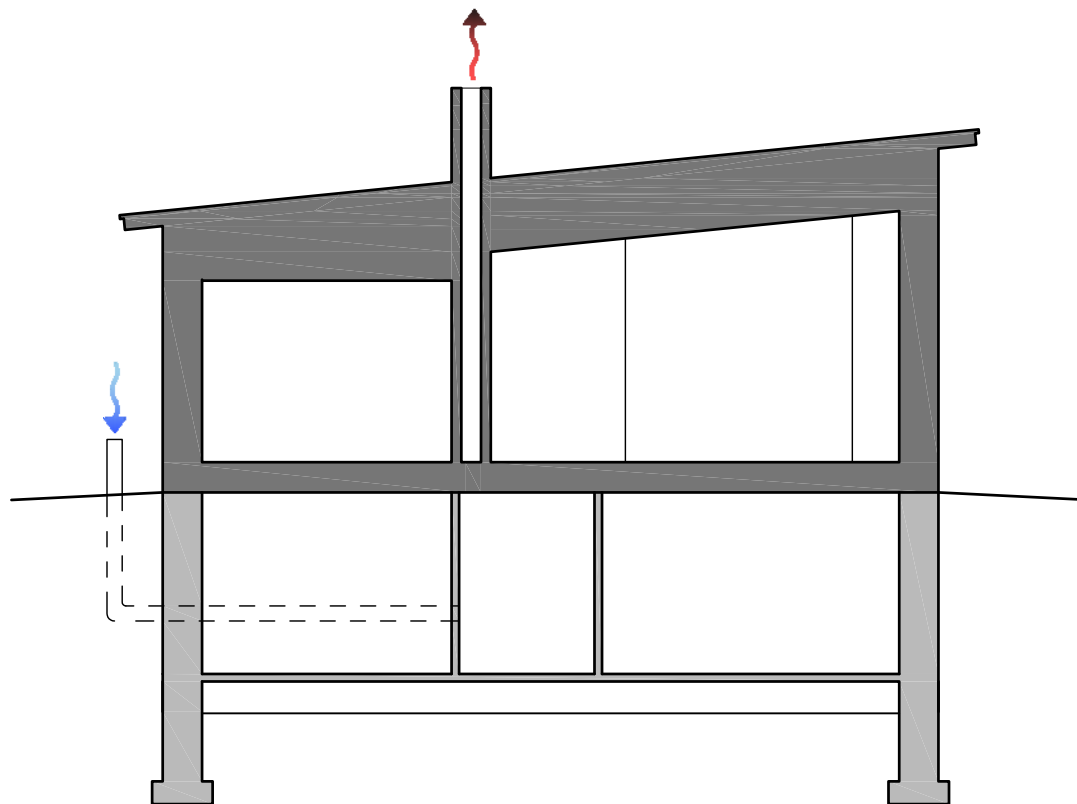
LUOMUTALO
MALLI 3

09.11.2010
LUONNOS
1 : 100

ARKKITEHTUURITOIMISTO
KIMMO LYLKANGAS

Oksasenkatu 10, 00100 Helsinki
Puh [09] 492 219
cillian.warfield@arkkilykangas.com

LEIKKAUS A-A



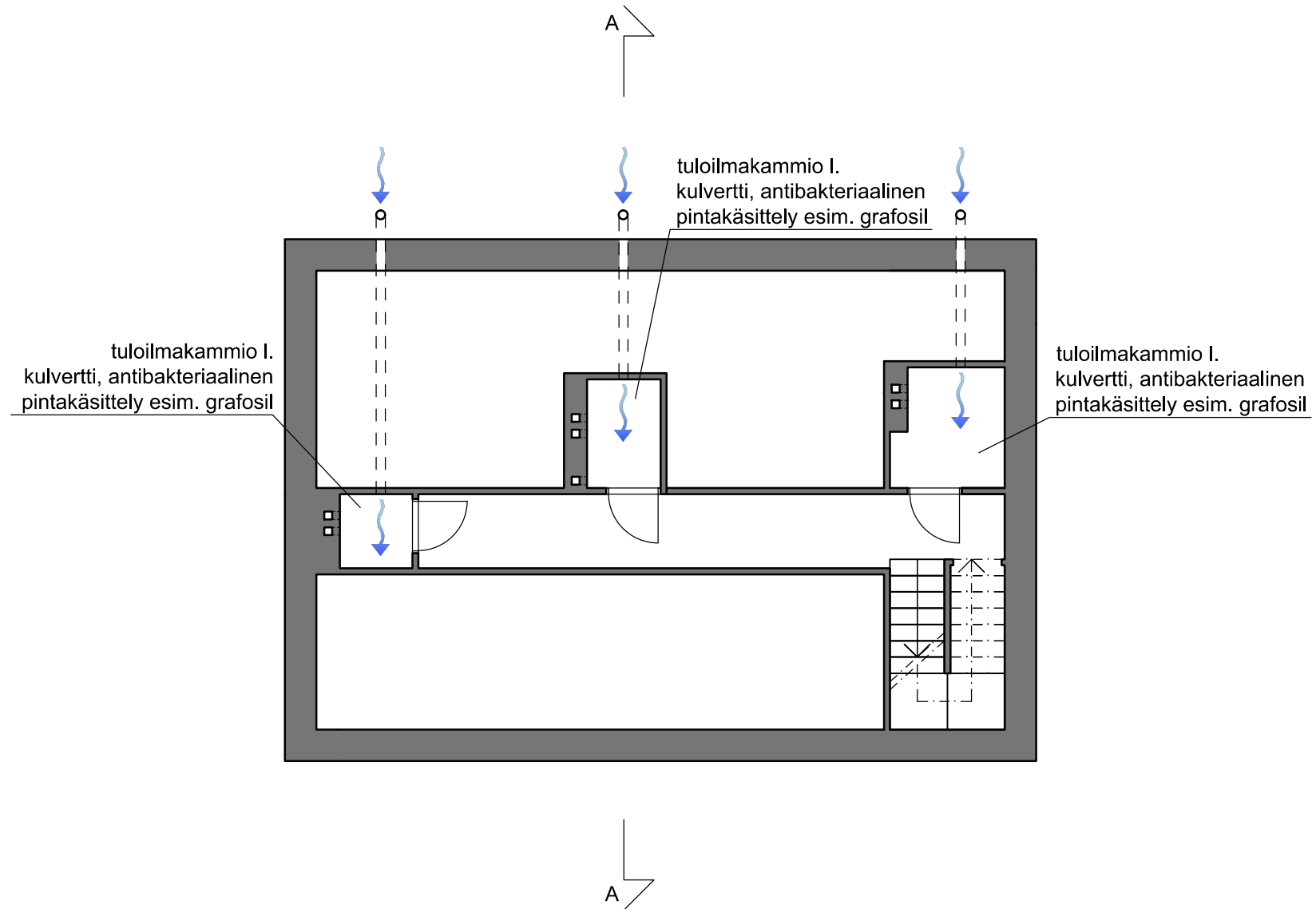
LUOMUTALO
MALLI 3

09.11.2010
LUONNOS
1 : 100

ARKKITEHTUURITOIMISTO
KIMMO LYLYKANGAS

Oksasenkatu 10, 00100 Helsinki
Puh [09] 492 219
cillian.warfield@arkkilylykangas.com

KELLARI



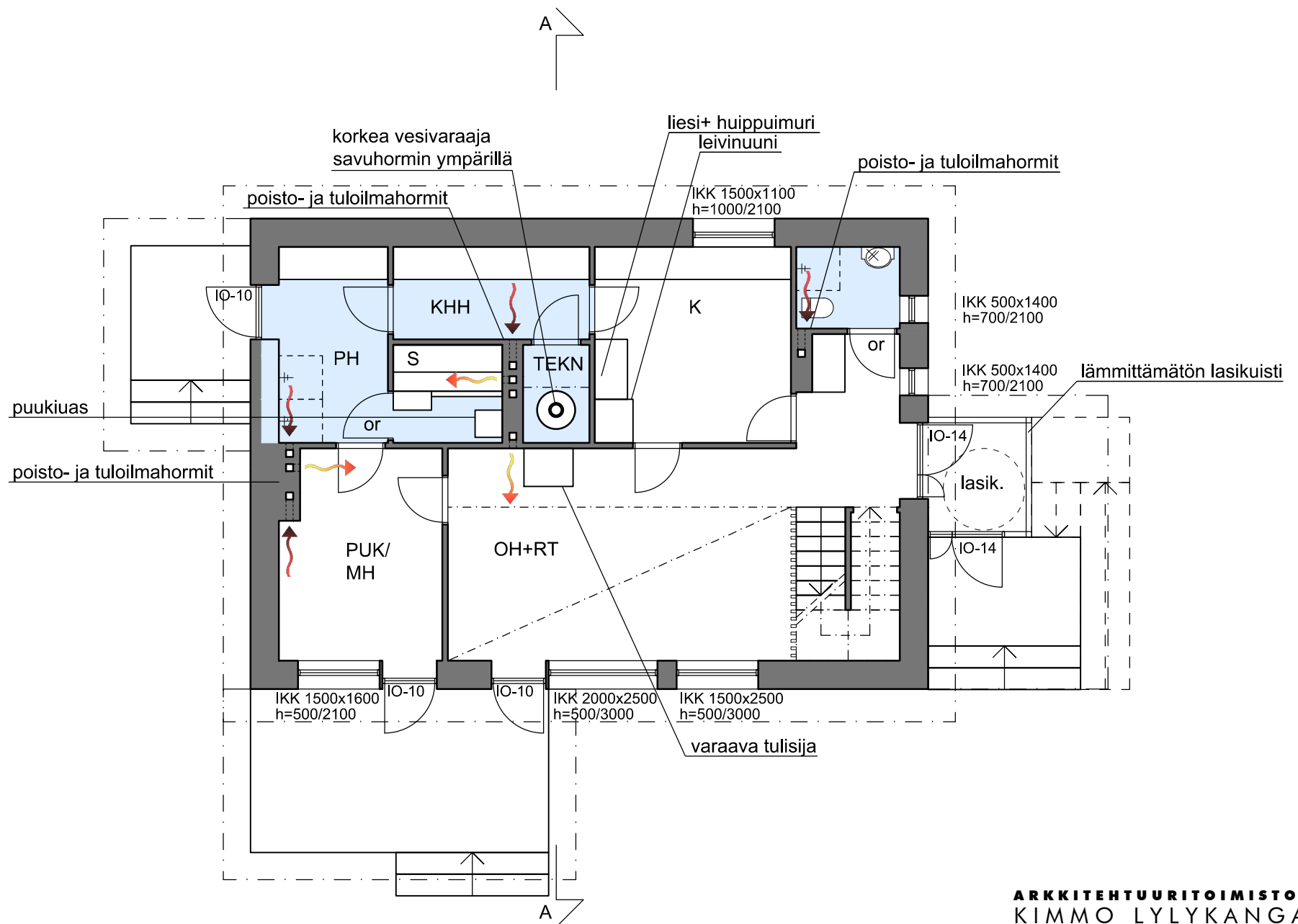
LUOMUTALO
MALLI 4

09.11.2010
LUONNOS
1 : 100

ARKKITEHTUURITOIMISTO
KIMMO LYLKANGAS

Oksasenkatu 10, 00100 Helsinki
Puh [09] 492 219
cillian.warfield@arkkilykangas.com

1 KERROS



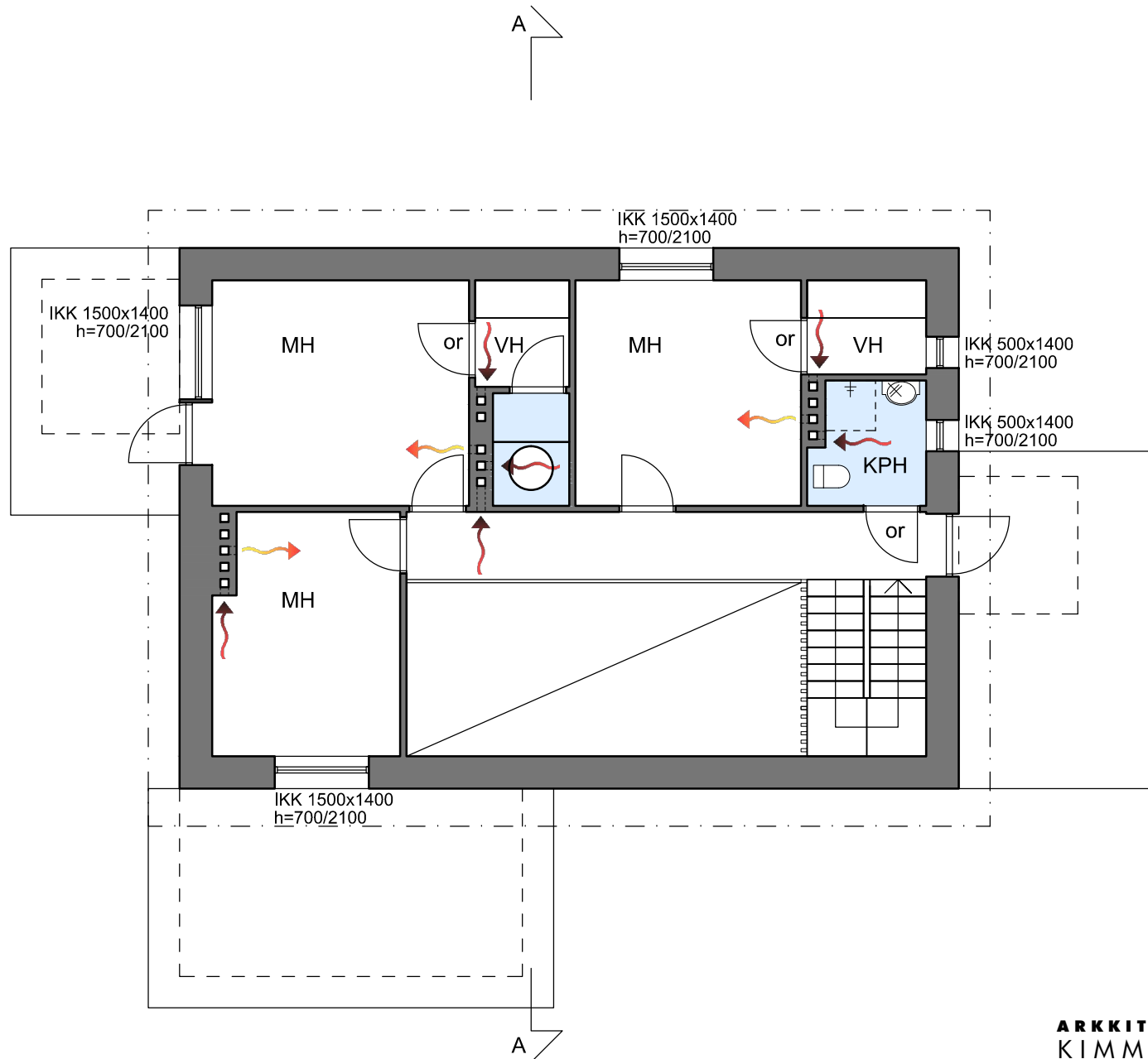
LUOMUTALO
MALLI 4

09.11.2010
LUONNOS
1 : 100

ARKKITEHTUURITOIMISTO
KIMMO LYLKANGAS

Oksasenkatu 10, 00100 Helsinki
Puh [09] 492 219
cillian.warfield@arkkilykangas.com

2 KERROS



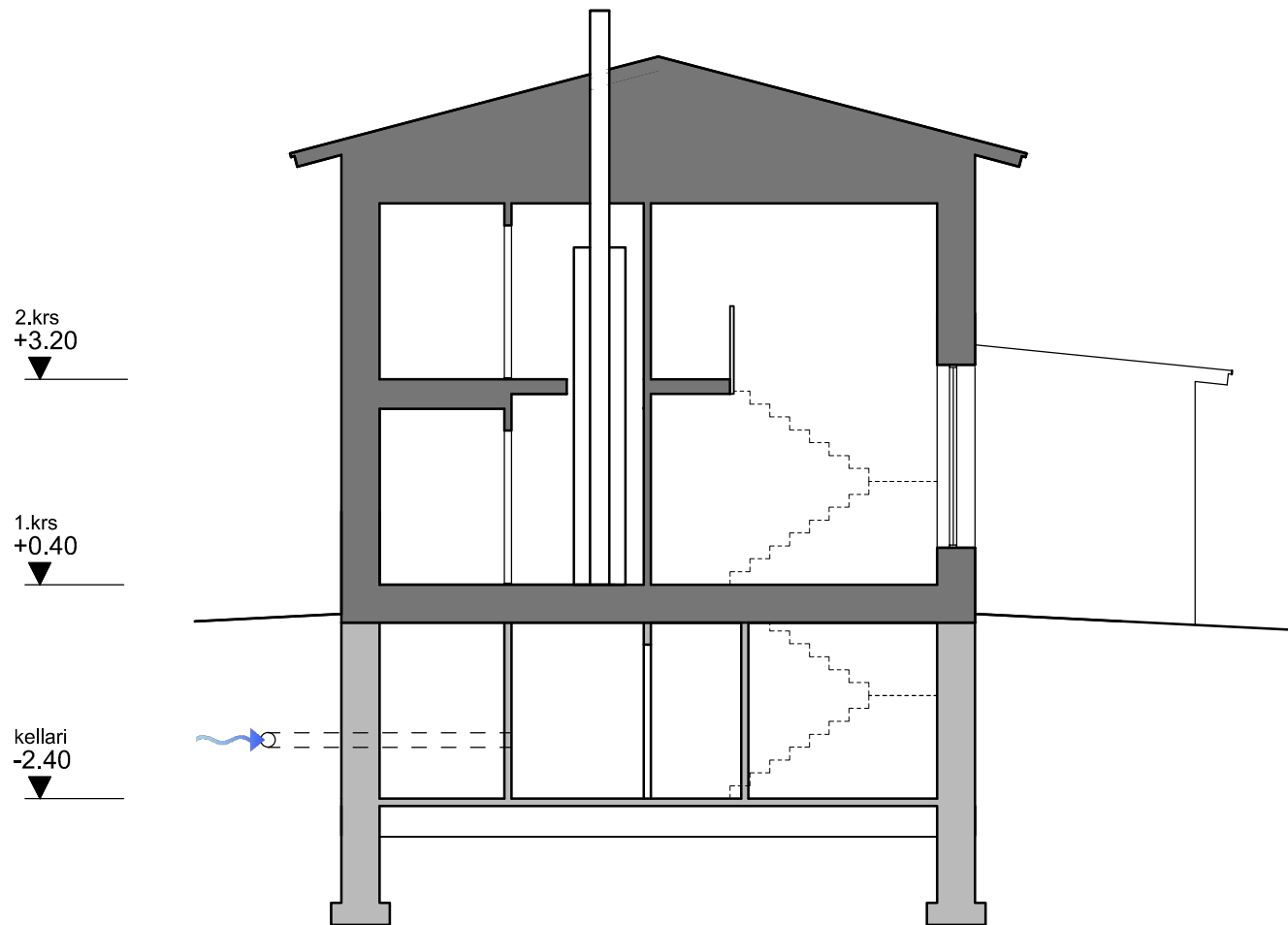
LUOMUTALO
MALLI 4

09.11.2010
LUONNOS
1 : 100

ARKKITEHTUURITOIMISTO
KIMMO LYLYKANGAS

Oksasenkatu 10, 00100 Helsinki
Puh [09] 492 219
cillian.warfield@arkkilylykangas.com

LEIKKAUS A-A



LUOMUTALO
MALLI 4

09.11.2010
LUONNOS
1 : 100

ARKKITEHTUURITOIMISTO
KIMMO LYLYKANGAS

Oksasenkatu 10, 00100 Helsinki
Puh [09] 492 219
cillian.warfield@arkkilylykangas.com

IDA Indoor Climate and Energy vers. 4.0059

License: IDA40:E5MUT447

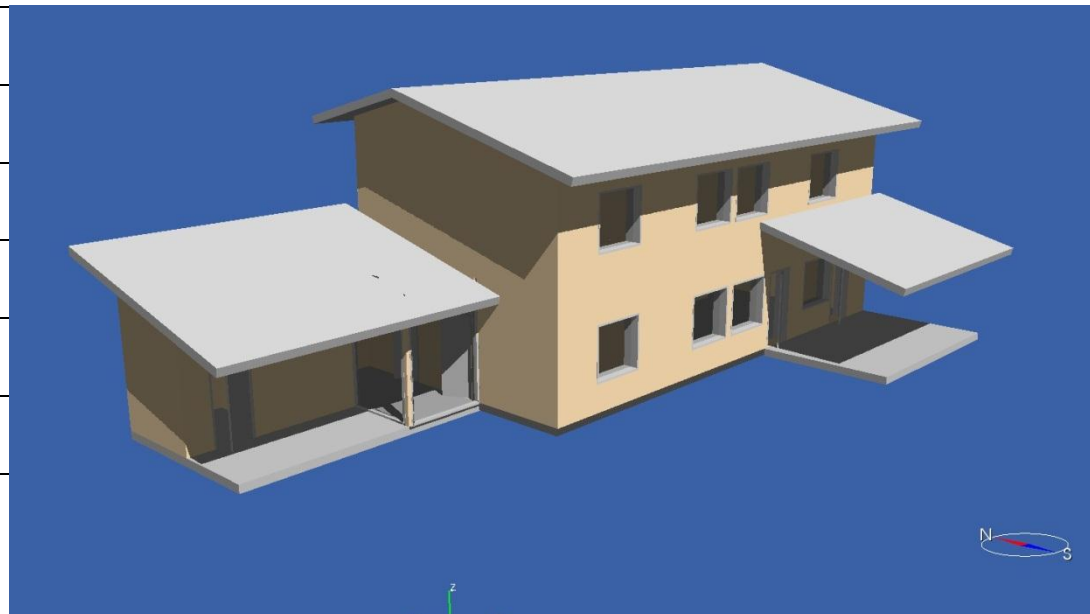
Simulated by mvuolle

Date 4.11.2010 20:47:02 [520]



Project Data

Project name	luomutalo1
Customer	
Description	
Location	Helsinki 2010 sijainti
Climate	Climate file Helsinki 2010
Simulation type	Whole-year energy simulation
Simulation period	1.1.2010 - 31.12.2010



Building defaults

Elements of Construction

External walls	US1 U=0,1	▶
Internal walls	Väliseinä	▶
Internal floors	Concrete floor 150	▶
Roof	YP1 U=0,07	▶
External floor	AP2	▶
Glazing	MSE ikkuna 0,75	▶
Door construction	Ulko-ovi 0,6	▶
Integrated window shading	© No integrated shading	▶

Generator Efficiencies

	Electric	Fuel	District
Heating COP	1	3	1
Cooling COP	3	1	1
Domestic hot water COP	1	2.7	1

Other

Zone model fidelity	Energy
Zone cooling coil temperature	15 °C

[IDA Resources](#)

[Database](#)

Thermal bridges

None	Good	Typical	Poor	Very Poor		
External wall / Internal slab						
50					0.05	W/K/(m joint)
External wall / Internal wall						
0					0	W/K/(m joint)
External wall / External wall						
17					0.04	W/K/(m joint)
External windows perimeter						
58					0.04	W/K/(m perim)
External doors perimeter						
58					0.04	W/K/(m perim)
Roof / External walls						
18					0.05	W/K/(m joint)
External slab / External walls						
16					0.05	W/K/(m joint)
Balcony floor / External walls						
0					0	W/K/(m joint)
External walls					0	W/K/(m2 external wall)



Infiltration

Method

Infiltration units

Wind driven flow

Air tightness ACH (building)
at pressure difference Pa

[Pressure coefficients](#)

Fixed infiltration

Flow ACH (building)

Zone Distribution

Distribute
proportional to

Wind driven flow

Air tightness in zones L/(s.m2 ext. surf.)
at pressure difference Pa

Fixed infiltration

Fixed flow in zones L/(s.m2 ext. surf.)

Building leakage can be modelled either depending on actual wind pressure or as a given fixed in/exfiltration.

For fixed flow , select Fixed infiltration and specify the flow .

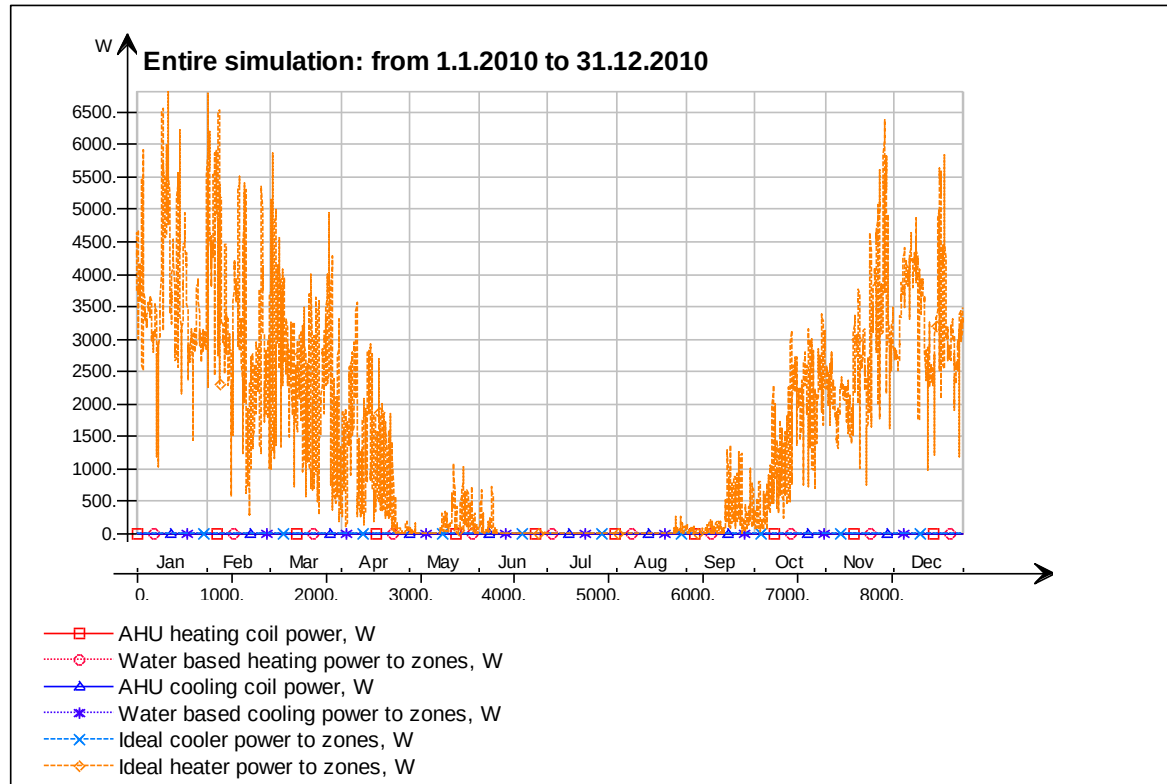
For wind dependent infiltration, select Wind driven flow , set Air tightness for the building envelope and [specify pressure coefficients](#) for external surfaces. Internal leakage paths must be defined in partitions between zones. Adds doors or leaks in internal walls.

The infiltration data is automatically transferred to zones and overrides present zone "Leak area ..." but does not alter leaks that have been defined separately on surfaces.

ACH = Air Changes per Hour

Simulation results

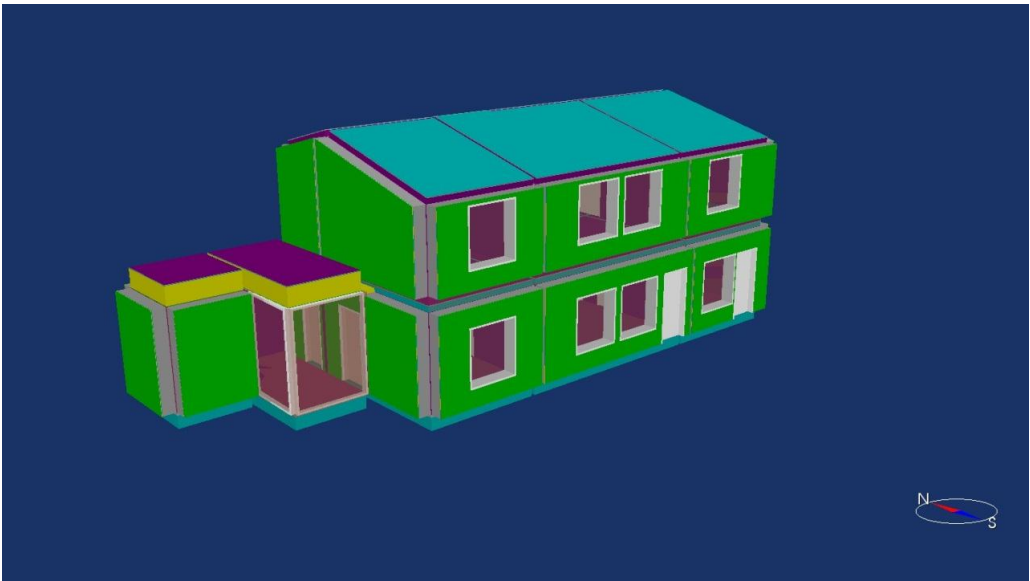
Total heating and cooling



Delivered Energy Report

Building Comfort Reference

Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	31 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	19 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	19 %

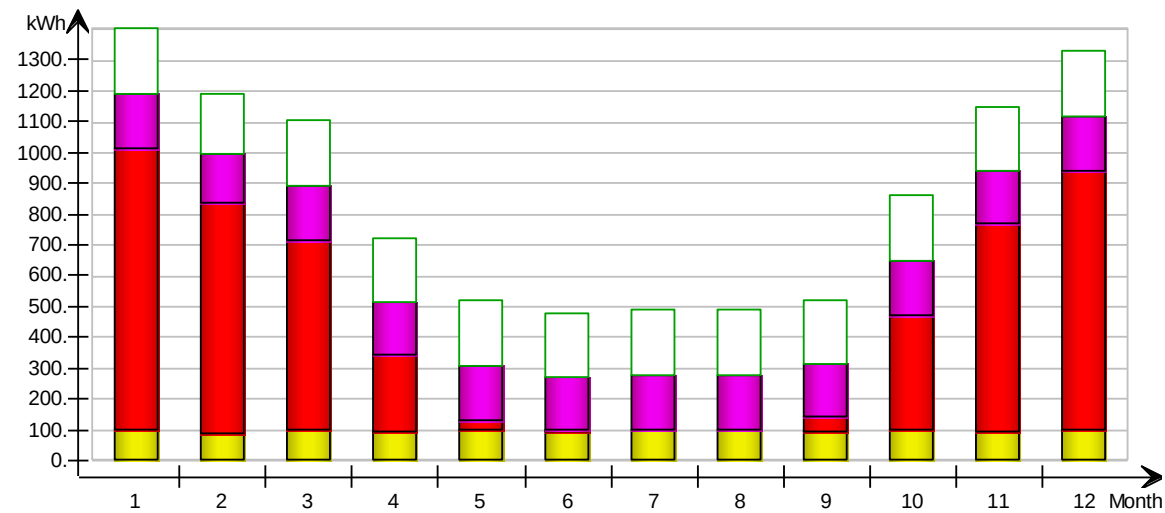


Delivered Energy Overview

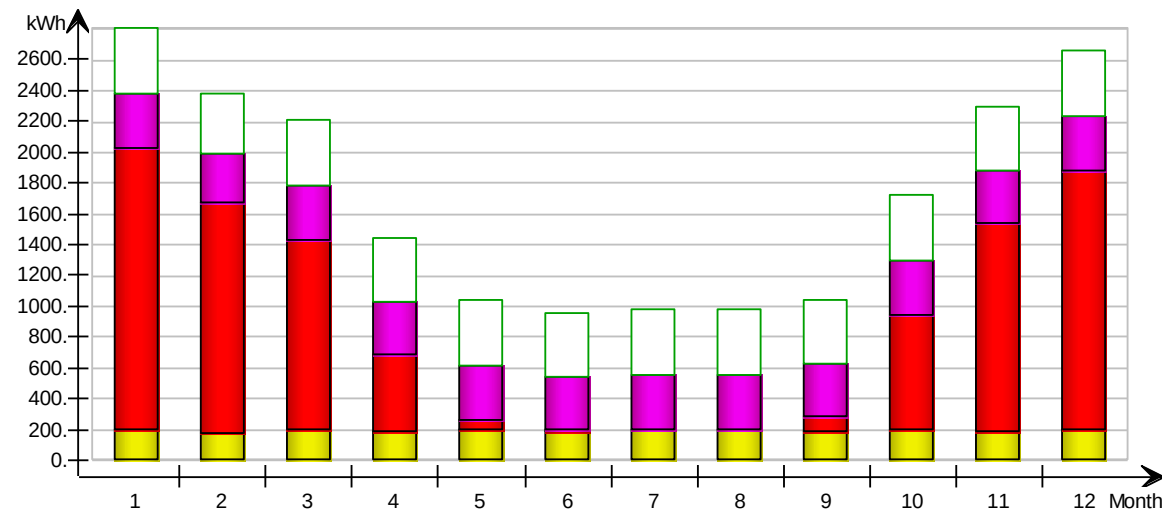
		Delivered energy		Primary energy	
		kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²
	Lighting, facility	1118	7.0	2237	14.0
	Cooling	0	0.0	0	0.0
	HVAC aux	1	0.0	2	0.0
	Total, Facility electric	1119	7.0	2239	14.0
	Heating	4517	28.2	9034	56.3
	Domestic hot water	2072	12.9	4144	25.8
	Total, Facility fuel*	6589	41.1	13178	82.2
	Total	7708	48.1	15417	96.1
	Equipment, tenant	2516	15.7	5033	31.4
	Total, Tenant electric	2516	15.7	5033	31.4
	Grand total	10224	63.8	20450	127.5

*heating value

Monthly Delivered Energy



Monthly Primary Energy

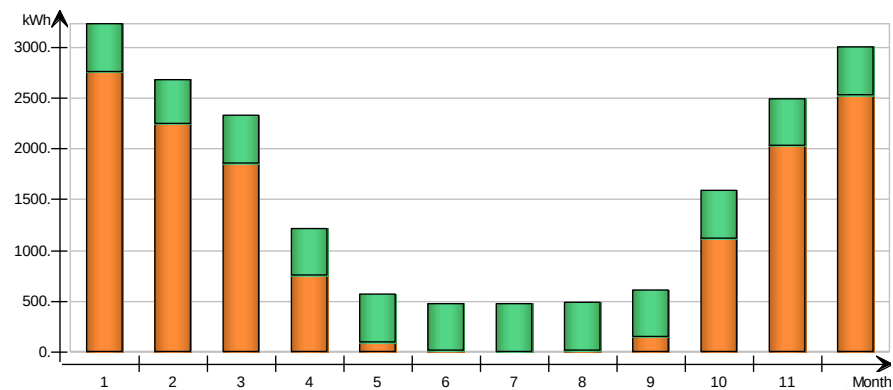


Month	Facility electric						Facility fuel (heating value)				Tenant electric	
	Lighting, facility		Cooling		HVAC aux		Heating		Domestic hot water		Equipment, tenant	
	(kWh)	Prim. (kWh)	(kWh)	Prim. (kWh)	(kWh)	Prim. (kWh)	(kWh)	Prim. (kWh)	(kWh)	Prim. (kWh)	(kWh)	Prim. (kWh)
1	95.0	190.1	0.0	0.0	0.1	0.2	917.4	1834.8	176.0	352.0	213.8	427.6
2	85.8	171.7	0.0	0.0	0.1	0.1	748.0	1496.0	159.0	318.0	193.1	386.2
3	95.0	190.0	0.0	0.0	0.1	0.2	618.1	1236.2	176.0	352.0	213.8	427.6
4	91.9	183.8	0.0	0.0	0.1	0.2	252.8	505.6	170.3	340.6	206.8	413.6
5	95.0	189.9	0.0	0.0	0.1	0.2	29.4	58.7	176.0	352.0	213.6	427.2
6	91.9	183.8	0.0	0.0	0.1	0.2	6.2	12.4	170.3	340.6	206.7	413.4
7	95.0	190.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	176.0	352.0	213.7	427.4
8	95.0	189.9	0.0	0.0	0.1	0.2	2.3	4.7	176.0	352.0	213.6	427.2
9	91.9	183.8	0.0	0.0	0.1	0.2	50.3	100.7	170.3	340.6	206.7	413.4
10	95.0	190.0	0.0	0.0	0.1	0.2	371.7	743.4	176.0	352.0	213.7	427.4
11	92.0	184.0	0.0	0.0	0.1	0.2	676.9	1353.8	170.3	340.6	207.0	414.0
12	95.0	190.1	0.0	0.0	0.1	0.2	843.7	1687.4	176.0	352.0	213.8	427.6
Total	1118.5	2236.9	0.0	0.0	0.9	1.9	4516.9	9033.7	2072.2	4144.4	2516.3	5032.6

Systems Energy

Systems Energy

kWh (sensible and latent)



Month	Zone heating	Zone cooling	AHU heating	AHU cooling	AHU heat recovery	AHU cold recovery	Humidification	Fans	Pumps	Dom. hot water
1	2751.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	475.2
2	2243.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	429.2
3	1853.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	475.2
4	758.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	459.9
5	88.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	475.2
6	18.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	459.9
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	475.2
8	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	475.2
9	150.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	459.9
10	1115.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	475.2
11	2030.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	459.9
12	2530.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	475.2
Total	13544.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	5595.2

Distribution Losses

kWh

Month	Domestic hot water circuit	Heating	Cooling*	Air ducts*
1	0.0	412.8	0.0	0.0
2	0.0	336.6	0.0	0.0
3	0.0	278.1	0.0	0.0
4	0.0	113.8	0.0	0.0
5	0.0	13.2	0.0	0.0
6	0.0	2.8	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	1.1	0.0	0.0
9	0.0	22.6	0.0	0.0
10	0.0	167.3	0.0	0.0
11	0.0	304.6	0.0	0.0
12	0.0	379.7	0.0	0.0
Total	0.0	2032.6	0.0	0.0

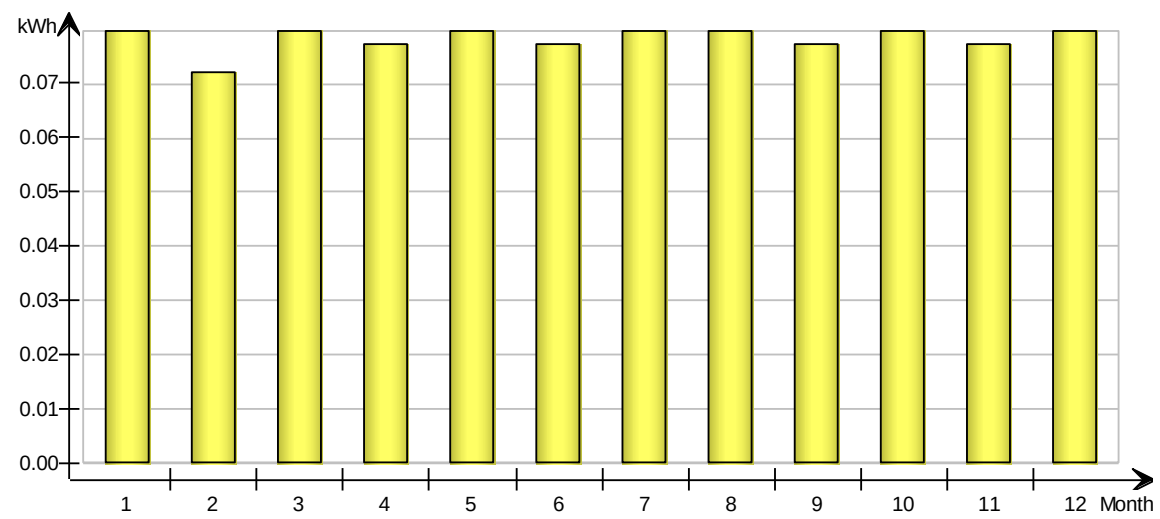
*positive loss when conduit is cooler than building

Air Handling Unit

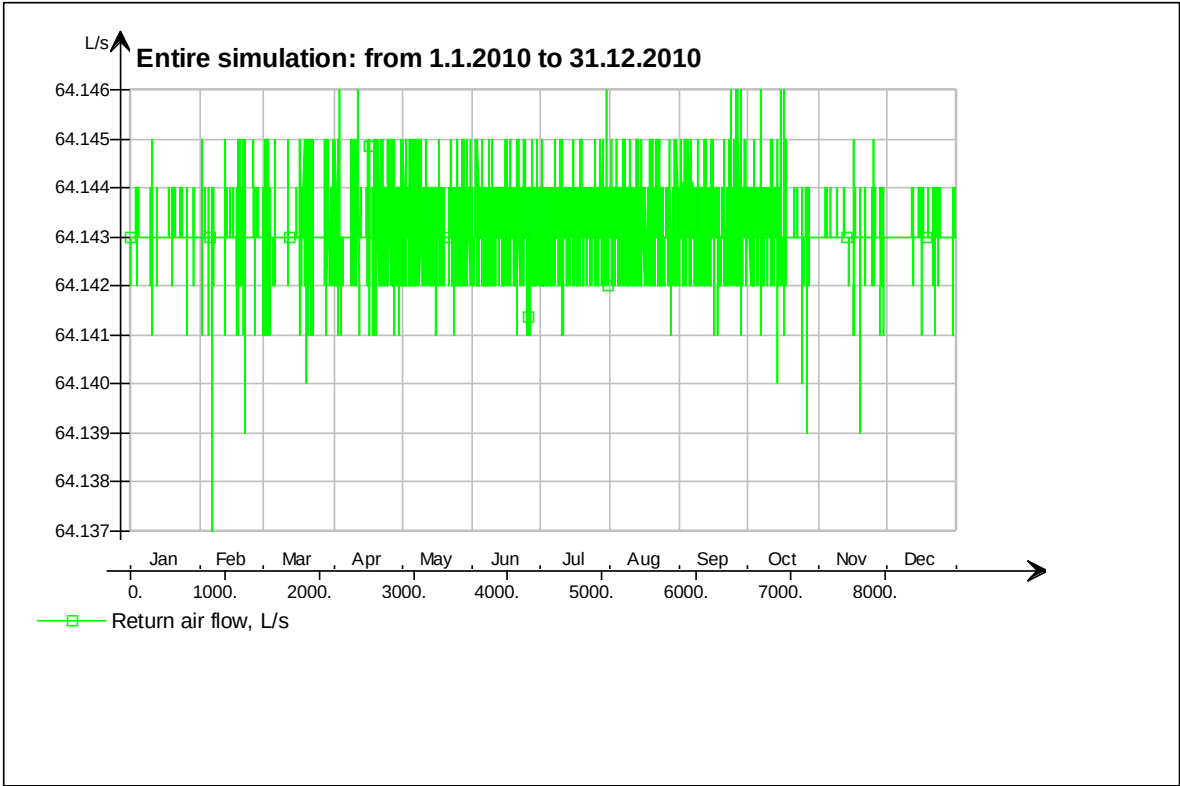
Energy report for "Air Handling Unit"

kWh (sensible and latent)

Month	Heating	Cooling	AHU heat recovery	AHU cold recovery	Humidification	Fans
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Total	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9



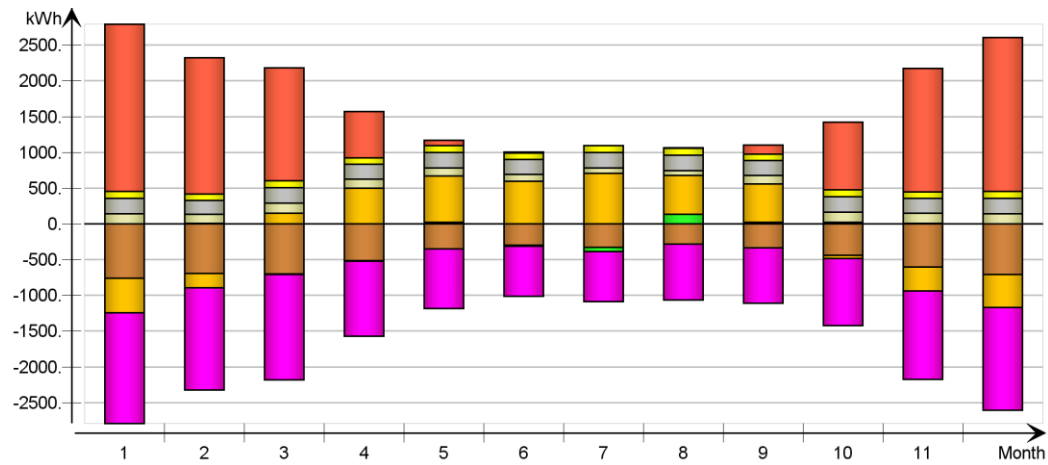
AHU air flows



Energy for zones

Project		Building	
		Model floor area	160.4 m ²
Customer		Model volume	446.1 m ³
Created by	mvuolle	Model ground area	0.0 m ²
Location	Helsinki 2010 sijainti	Model envelope area	241.2 m ²
Climate file	Helsinki 2010	Window/Envelope	17.8 %
Case	luomutalo1	Average U-value	0.2618 W/(K·m ²)
Simulated	4.11.2010 20:47:02	Envelope area per Volume	0.5408 m ² /m ³

Zones eteinen, keittiö, kura-ET, kura-ET-1, olohuone, olohuone (2), pesuhuone, Space, tekninen, 2krs_keskitila, KHH, KPH, MH_1, MH_2, vaateh, vaateh-1, lasikuisti-1, lasikuisti, sauna



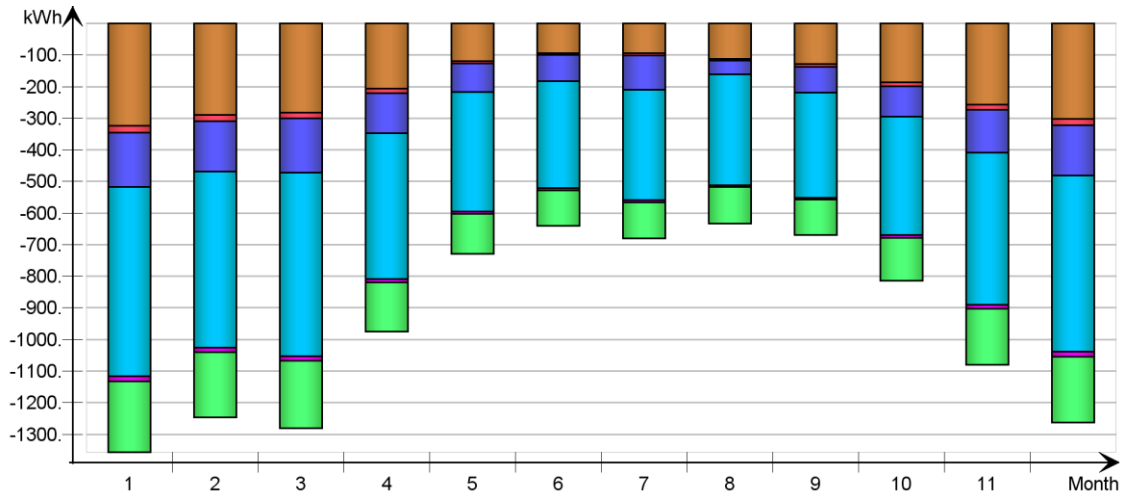
kWh (sensible only)

Month	Envelope	Internal	External	Mech.	Infiltra-	Occu-	Equip-	Lighting	Local	Local	Net
1	-758.0	2.8	-486.8	0.0	-1547.7	141.4	213.8	95.0	2339.6	0.0	0.0
2	-690.7	5.1	-198.1	0.0	-1431.6	126.4	193.1	85.8	1907.6	0.0	0.0
3	-699.7	-6.2	151.2	0.0	-1472.7	138.1	213.8	95.0	1576.2	0.0	0.0
4	-513.1	-9.7	495.4	0.0	-1051.4	128.1	206.8	91.9	644.7	0.0	0.0
5	-351.1	23.8	650.3	0.0	-830.8	115.0	213.7	95.0	74.9	0.0	0.0
6	-301.0	-15.0	599.3	0.0	-703.0	97.0	206.8	91.9	15.9	0.0	0.0
7	-330.2	-60.0	705.4	0.0	-702.2	71.2	213.7	95.0	0.0	0.0	0.0
8	-283.5	135.1	542.5	0.0	-782.2	65.0	213.7	95.0	6.0	0.0	0.0
9	-337.4	25.8	533.5	0.0	-774.3	119.3	206.7	91.9	128.3	0.0	0.0
10	-439.2	20.9	-46.8	0.0	-935.6	141.8	213.7	95.0	947.8	0.0	0.0
11	-602.0	4.2	-332.3	0.0	-1233.1	138.0	206.9	92.0	1726.0	0.0	0.0
12	-705.7	2.6	-460.1	0.0	-1438.8	141.8	213.8	95.0	2151.6	0.0	0.0
Total	-6011.8	129.6	2153.6	0.0	-12903.4	1423.1	2516.6	1118.5	11518.5	0.0	0.0
During	-4206.1	791.4	-2007.3	0.0	-9246.3	985.1	1490.5	662.6	11518.0	0.0	0.0
During	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Rest of	-1805.7	-661.8	4160.9	0.0	-3657.1	438.0	1026.1	455.9	0.5	0.0	0.0

Envelope transmission

kWh

Month	Walls	Roof	Floor	Windows	Doors	Thermal bridges
1	-323.6	-21.5	-172.4	-598.9	-16.9	-223.6
2	-289.4	-19.2	-160.0	-557.4	-15.0	-207.1
3	-281.7	-18.7	-171.5	-581.1	-14.4	-213.5
4	-205.9	-14.7	-125.8	-461.7	-11.0	-155.7
5	-118.7	-7.7	-90.4	-378.7	-7.1	-127.2
6	-94.0	-5.6	-82.8	-338.8	-6.5	-112.1
7	-94.3	-7.1	-108.2	-348.8	-6.9	-113.8
8	-112.3	-5.9	-43.0	-351.0	-5.8	-116.5
9	-128.2	-9.0	-82.1	-333.3	-6.1	-112.0
10	-185.9	-12.3	-96.4	-374.1	-9.6	-135.0
11	-257.0	-17.1	-136.5	-480.7	-13.4	-178.1
12	-302.0	-20.1	-160.0	-557.9	-15.8	-207.8
Total	-2393.0	-158.9	-1429.0	-5362.4	-128.4	-1902.4
During heating	-1887.3	-110.0	-783.0	-3444.8	-98.3	-1327.4
During cooling	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Rest of time	-505.7	-48.9	-646.0	-1917.6	-30.1	-575.0



IDA Indoor Climate and Energy

Version: 4.0059

License: ICE40:E5MUT447

IDA Indoor Climate and Energy vers. 4.0059

License: IDA40:E5MUT447

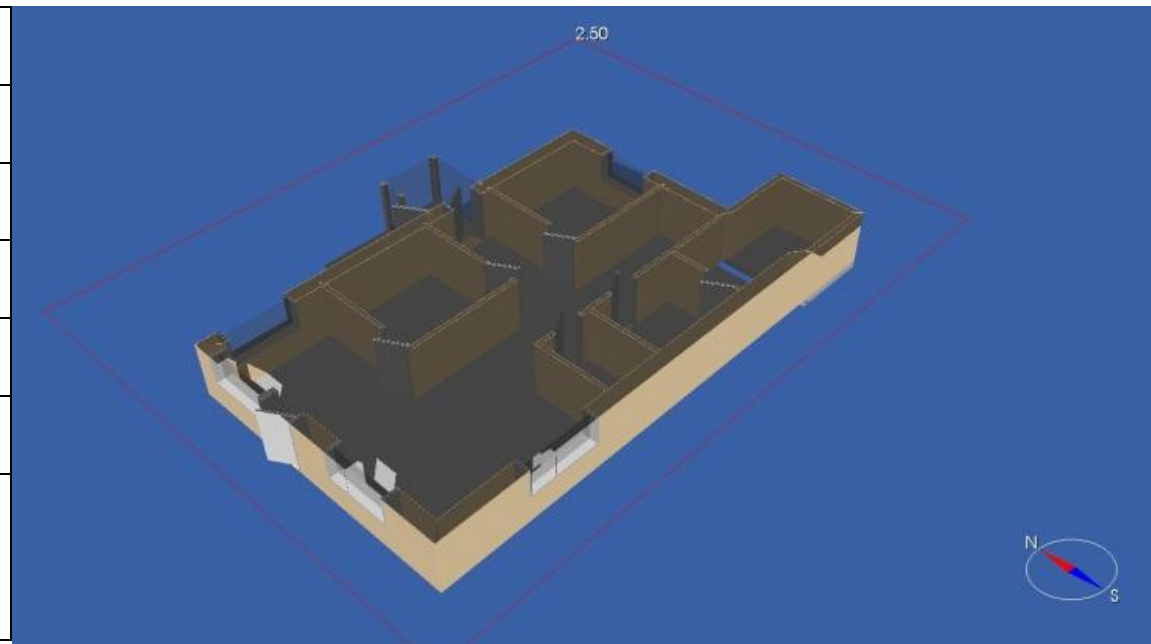
Simulated by mvuolle

Date 6.11.2010 16:50:14 [268]



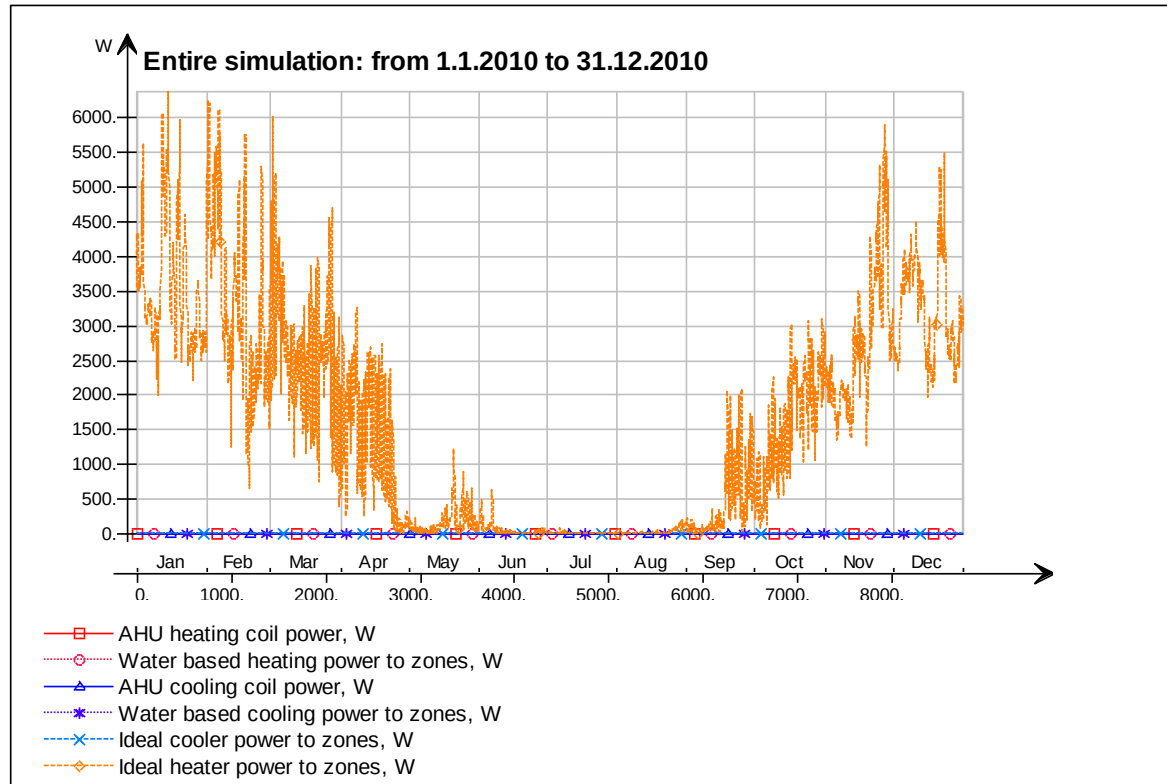
Project Data

Project name	luomutalo2
Customer	
Description	
Location	Helsinki 2010 sijainti
Climate	Climate file Helsinki 2010
Simulation type	Whole-year energy simulation
Simulation period	1.1.2010 - 31.12.2010



Simulation results

Total heating and cooling



Delivered Energy Report

Building Comfort Reference

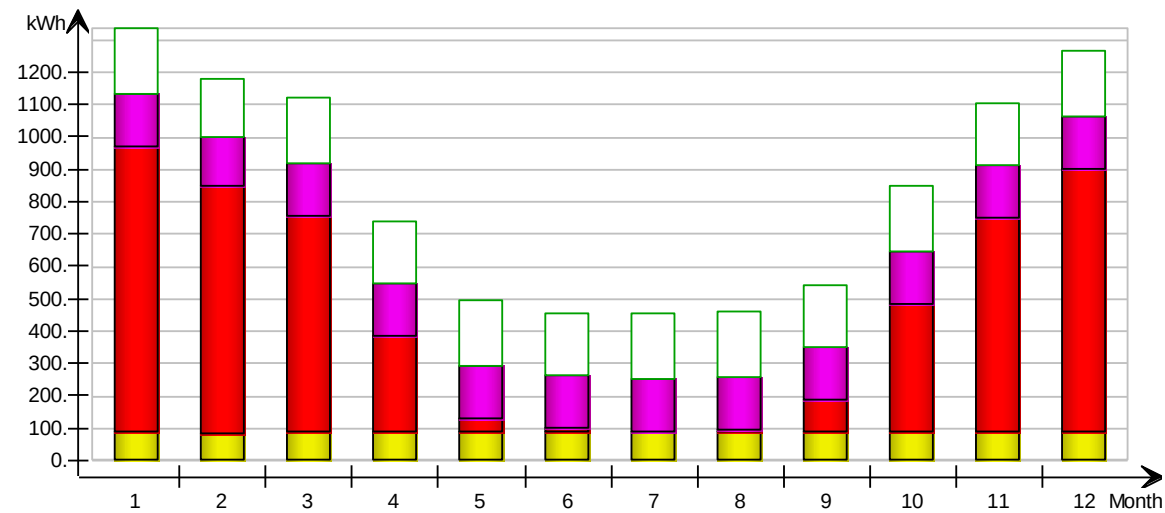
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	25 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	16 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	19 %

Delivered Energy Overview

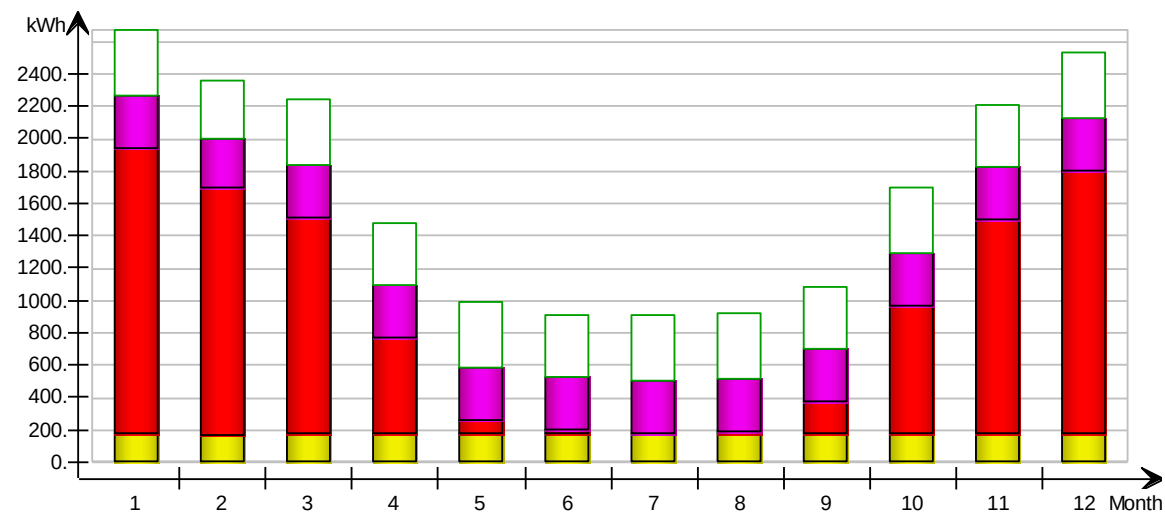
		Delivered energy		Primary energy	
		kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²
	Lighting, facility	1048	7.0	2096	13.9
	Cooling	0	0.0	0	0.0
	HVAC aux	1	0.0	2	0.0
	Total, Facility electric	1049	7.0	2098	14.0
	Heating	4625	30.8	9250	61.5
	Domestic hot water	1943	12.9	3886	25.9
	Total, Facility fuel*	6568	43.7	13136	87.4
	Total	7617	50.7	15234	101.4
	Equipment, tenant	2359	15.7	4717	31.4
	Total, Tenant electric	2359	15.7	4717	31.4
	Grand total	9976	66.4	19951	132.7

*heating value

Monthly Delivered Energy



Monthly Primary Energy



Month	Facility electric						Facility fuel (heating value)				Tenant electric	
	Lighting, facility		Cooling		HVAC aux		Heating		Domestic hot water		Equipment, tenant	
	(kWh)	Prim. (kWh)	(kWh)	Prim. (kWh)	(kWh)	Prim. (kWh)	(kWh)	Prim. (kWh)	(kWh)	Prim. (kWh)	(kWh)	Prim. (kWh)
1	89.1	178.2	0.0	0.0	0.1	0.1	879.3	1758.6	165.0	330.0	200.5	401.0
2	80.5	160.9	0.0	0.0	0.1	0.1	764.1	1528.2	149.0	298.0	181.0	362.0
3	89.1	178.1	0.0	0.0	0.1	0.1	669.7	1339.4	165.0	330.0	200.4	400.8
4	86.1	172.3	0.0	0.0	0.1	0.1	297.1	594.2	159.7	319.4	193.8	387.6
5	89.0	178.0	0.0	0.0	0.1	0.1	37.8	75.6	165.0	330.0	200.2	400.4
6	86.1	172.2	0.0	0.0	0.1	0.1	9.3	18.7	159.7	319.4	193.7	387.4
7	89.0	178.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.6	1.1	165.0	330.0	200.3	400.6
8	89.0	178.0	0.0	0.0	0.1	0.1	4.9	9.8	165.0	330.0	200.2	400.4
9	86.1	172.2	0.0	0.0	0.1	0.1	99.5	199.1	159.7	319.4	193.8	387.6
10	89.0	178.0	0.0	0.0	0.1	0.1	391.8	783.6	165.0	330.0	200.3	400.6
11	86.2	172.4	0.0	0.0	0.1	0.1	661.2	1322.4	159.7	319.4	194.0	388.0
12	89.1	178.2	0.0	0.0	0.1	0.1	809.6	1619.2	165.0	330.0	200.4	400.8
Total	1048.2	2096.5	0.0	0.0	0.9	1.8	4624.9	9249.9	1942.8	3885.6	2358.6	4717.2

Systems Energy

Systems Energy

kWh (sensible and latent)

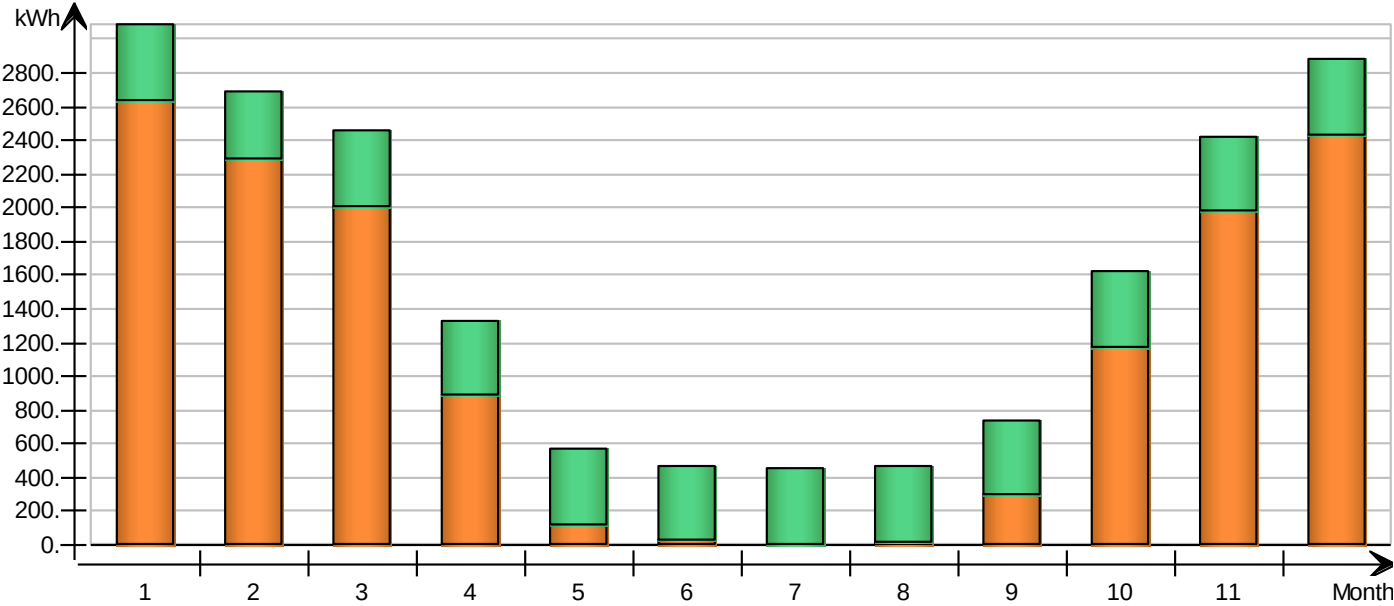
Month	Zone heating	Zone cooling	AHU heating	AHU cooling	AHU heat recovery	AHU cold recovery	Humidification	Fans	Pumps	Dom. hot water
1	2637.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	445.5
2	2291.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	402.4
3	2008.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	445.5
4	891.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	431.1
5	113.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	445.5
6	28.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	431.1
7	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	445.5
8	14.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	445.5
9	298.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	431.1
10	1175.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	445.5
11	1983.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	431.1
12	2428.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	445.5
Total	13869.2	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	5245.3

Distribution Losses

kWh

Month	Domestic hot water circuit	Heating	Cooling*	Air ducts*
1	0.0	395.7	0.0	0.0
2	0.0	343.9	0.0	0.0
3	0.0	301.4	0.0	0.0
4	0.0	133.7	0.0	0.0
5	0.0	17.0	0.0	0.0
6	0.0	4.2	0.0	0.0
7	0.0	0.3	0.0	0.0
8	0.0	2.2	0.0	0.0
9	0.0	44.8	0.0	0.0
10	0.0	176.3	0.0	0.0
11	0.0	297.5	0.0	0.0
12	0.0	364.3	0.0	0.0
Total	0.0	2081.3	0.0	0.0

*positive loss when conduit is cooler than building

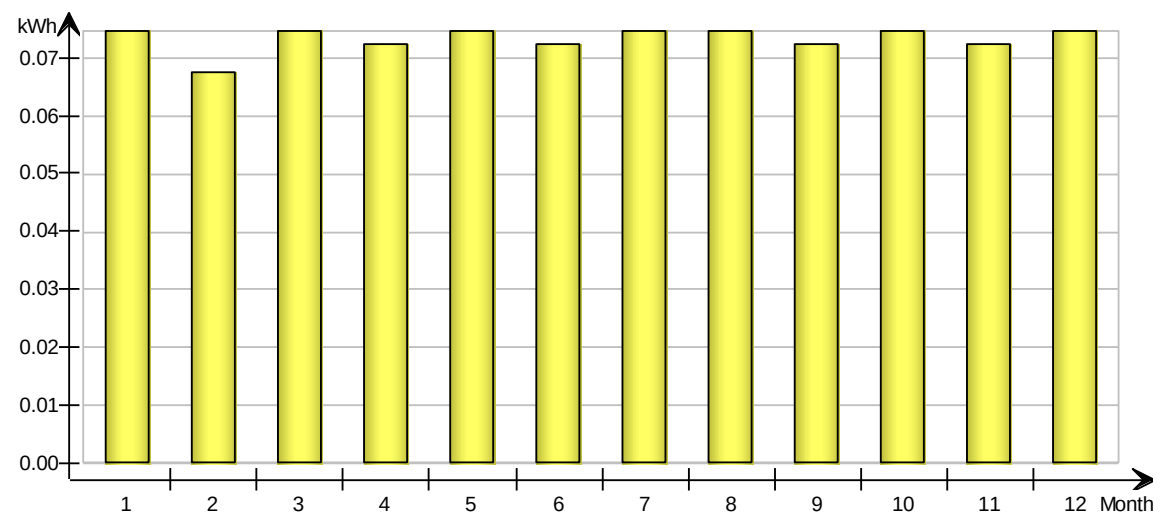


Air Handling Unit

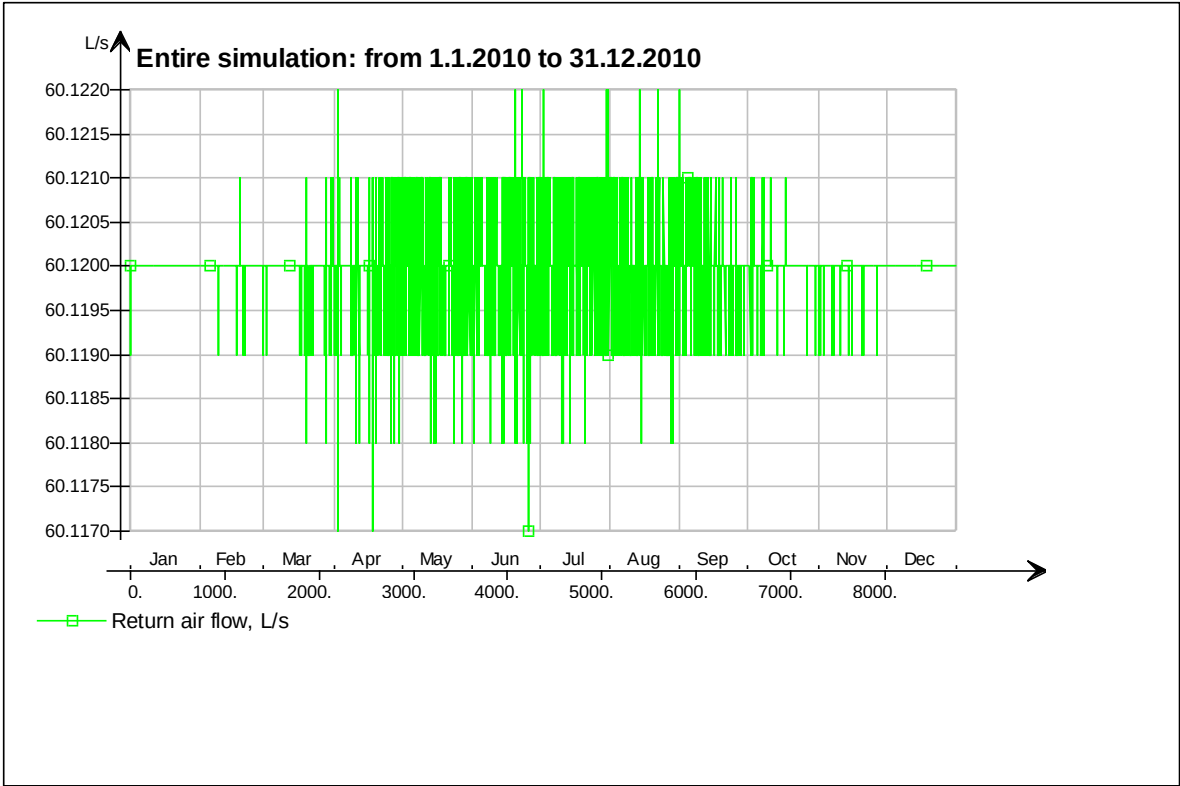
Energy report for "Air Handling Unit"

kWh (sensible and latent)

Month	Heating	Cooling	AHU heat recovery	AHU cold recovery	Humidification	Fans
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Total	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9



AHU air flows



Rakennuskohde	Pientalo 1
Rakennuslupatunnus	vain testikäyttöön, perustuu 28.9.2010 päivättyyn D3 luonnokseen
Rakennustyyppi	2-kerroksinen pientalo, ikkunapinta-ala 13 % kerrostasosalasta.
Pääsuunnittelija	Kimmo Lylykangas, arkkitehti SAFA
Tasauslaskelman tekijä	Kimmo Lylykangas, arkkitehti SAFA
Päiväys	4.11.2010
Tulos: Suunnitteluratkaisu	TÄYTÄÄ VAATIMUKSET

Rakennuksen laajuustiedot

Rakennustilavuus	719 rak-m³
Maanpäälliset kerrostasosalat yhteensä	192 m²
Lämmitetty nettoala, lämpimät tilat	155 m²
Lämmitetty nettoala, puoliämpimät tilat	m²
Rakennusluokka (1 - 9)	1
Rakennuksen kerros määrä	2 kerrosta

Laskentatuloksia

Julkisivun pinta-ala on 213 m²
 Ikkunapinta-ala on 13 % maanpäällisestä kerrostasosalasta
 Ikkunapinta-ala on 12 % julkisivun pinta-alasta
 Lämpöhäviö on 99 % vertailutasosta (lämpimät tilat)

Perustiedot		Pinta-alat, m² [A]		U-arvot, W/(m² K) [U]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{oint} = A · U]	
RAKENNUSOSAT		Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-arvo	Enimmäis-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-ratkaisu
Lämpimät tilat							
Ulkoseinä		171	175	0,17	0,60	0,11	29,1
Hirsiseinä				0,40	0,60		-
Yläpohja		80	80	0,09	0,60	0,08	7,2
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)				0,09	0,60		-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾				0,17	0,60		-
Alapohja (maanvastainen)		77		0,16	0,60	0,09	12,4
Muu maanvastainen rakennusosa				0,16	0,60		-
Ikkunat		28,8	24,9	1,00	1,80	0,75	28,8
Ulko-ovet		13,3		1,00	-	0,72	13,3
Kattoikkunat				1,00	1,80		-
Lämpimät tilat yhteensä		370	370				90,7
Puoliämpimät tilat tai tilapäiset rakennukset tai alle 100 m² loma-asunnot							60,8
Ulkoseinä				0,26	0,60		-
Hirsiseinä				0,60	0,60		-
Yläpohja				0,14	0,60		-
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)				0,14	0,60		-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾				0,26	0,60		-
Alapohja (maanvastainen)				0,24	0,60		-
Muu maanvastainen rakennusosa				0,24	0,60		-
Ikkunat				1,40	2,80		-
Ulko-ovet				1,40	-		-
Kattoikkunat				1,40	2,80		-
Puoliämpimät tilat yhteensä		-	-				-
VAIPAN ILMAVUODOT		Ilmanvuotoluku, m³/(h m²) [q _s]		Vuotoilmavirta, m³/s [q _{v,v} = q _{so} / 24 · A/3600]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{vuotoilma} = 1200 · q _{v,v}]	
		Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-ratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu
Vuotoilma							
Lämpimät tilat		2,0	1,0	0,0086	0,0043	10,3	5,1
Puoliämpimät tilat		2,0				-	-
ILMANVAIHTO		Poistoilmavirta, m³/s [q _{v,p}]		LTO:n vuosihyötysuhde, % [ξ _s]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H _v = 1200 · q _{v,p} · (1-ξ _s)]	
		Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-ratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu
Hallittu ilmanvaihto							
Lämpimät tilat		0,062		45	0	40,9	74,4
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta				0		-	-
Puoliämpimät tilat				45		-	-
Puoliämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta				0		-	-
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus						Ominaislämpöhäviö, W/K [H = H _{oint} + H _{vuotoilma} + H _v]	
						Vertailu-ratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä						142	140
Puoliämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä						-	-

Rakennuskohde	Pientalo 2
Rakennuslupatunnus	vain testikäyttöön, perustuu 28.9.2010 päivättyyn D3 luonnokseen
Rakennustyyppi	2-kerroksinen pientalo, ikkunapinta-ala 14 % kerrostasosalasta.
Pääsuunnittelija	Kimmo Lylykangas, arkkitehti SAFA
Tasauslaskelman tekijä	Kimmo Lylykangas, arkkitehti SAFA
Päiväys	11.11.2010
Tulos: Suunnitteluratkaisu	TÄYTÄÄ VAATIMUKSET

Rakennuksen laajuustiedot

Rakennustilavuus	680 rak-m³
Maanpäälliset kerrostasosalat yhteensä	194 m²
Lämmitetty nettoala, lämpimät tilat	154 m²
Lämmitetty nettoala, puoliämpimät tilat	m²
Rakennusluokka (1 - 9)	1
Rakennuksen kerros määrä	2 kerrosta

Laskentatuloksia

Julkisivun pinta-ala on 203 m²
 Ikkunapinta-ala on 14 % maanpäällisestä kerrostasosalasta
 Ikkunapinta-ala on 13 % julkisivun pinta-alasta
 Lämpöhäviö on 100 % vertailutasosta (lämpimät tilat)

Perustiedot		Pinta-alat, m² [A]		U-arvot, W/(m² K) [U]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{oint} = A · U]	
RAKENNUSOSAT		Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-arvo	Enimmäis-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-ratkaisu
Lämpimät tilat							
Ulkoseinä		168	170	0,17	0,60	0,10	28,6
Hirsiseinä				0,40	0,60		-
Yläpohja		77	77	0,09	0,60	0,07	7,0
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)				0,09	0,60		-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾				0,17	0,60	0,09	-
Alapohja (maanvastainen)		77		0,16	0,60	0,09	12,3
Muu maanvastainen rakennusosa				0,16	0,60		-
Ikkunat		29,0	27,3	1,00	1,80	0,75	29,0
Ulko-ovet		6,2		1,00	-	0,72	6,2
Kattoikkunat				1,00	1,80		-
Lämpimät tilat yhteensä		358	358				83,1
Puoliämpimät tilat tai tilapäiset rakennukset tai alle 100 m² loma-asunnot							54,3
Ulkoseinä				0,26	0,60		-
Hirsiseinä				0,60	0,60		-
Yläpohja				0,14	0,60		-
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)				0,14	0,60		-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾				0,26	0,60		-
Alapohja (maanvastainen)				0,24	0,60		-
Muu maanvastainen rakennusosa				0,24	0,60		-
Ikkunat				1,40	2,80		-
Ulko-ovet				1,40	-		-
Kattoikkunat				1,40	2,80		-
Puoliämpimät tilat yhteensä		-	-				-
VAIPAN ILMAVUODOT		Ilmanvuotoluku, m³/(h m²) [q _s]		Vuotoilmavirta, m³/s [q _{v,v} = q _{so} / 24 · A/3600]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{vuotoilma} = 1200 · q _{v,v}]	
		Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-ratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu
Vuotoilma							
Lämpimät tilat		2,0	1,0	0,0083	0,0041	9,9	5,0
Puoliämpimät tilat		2,0				-	-
ILMANVAIHTO		Poistoilmavirta, m³/s [q _{v,p}]		LTO:n vuosihyötysuhde, % [ξ _s]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H _v = 1200 · q _{v,p} · (1-ξ _s)]	
		Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-ratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu
Hallittu ilmanvaihto							
Lämpimät tilat		0,062		45	0	40,7	73,9
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta				0		-	-
Puoliämpimät tilat				45		-	-
Puoliämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta				0		-	-
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus						Ominaislämpöhäviö, W/K [H = H _{oint} + H _{vuotoilma} + H _v]	
						Vertailu-ratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä						134	133
Puoliämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä						-	-

¹⁾ Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämpöhäviö kerrotaan luvulla 0,8 rakentamismääräyksen osan D3 mukaisesti.

Tällä tavalla otetaan huomioon ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi vuotuinen keskilämpötila.

Ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta.

¹⁾ Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämpöhäviö kerrotaan luvulla 0,8 rakentamismääräyksen osan D3 mukaisesti.

Tällä tavalla otetaan huomioon ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi vuotuinen keskilämpötila.

Ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta.

Rakennuskohde	Pientalo 3
Rakennuslupatunnus	vain testikäyttöön, perustuu 28.9.2010 päivättyyn D3 luonnokseen
Rakennustyyppi	1-kerroksinen pientalo, ikkunapinta-ala 11 % kerrostasosalasta.
Pääsuunnittelija	Kimmo Lylykangas, arkkitehti SAFA
Tasauslaskelman tekijä	Kimmo Lylykangas, arkkitehti SAFA
Päiväys	11.11.2010
Tulos: Suunnitteluratkaisu	TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET

Rakennuksen laajuustiedot

Rakennustilavuus	770 rak-m³
Maanpäälliset kerrostasot yhteensä	182 m²
Lämmitetty nettoala, lämpimät tilat	150 m²
Lämmitetty nettoala, puoliämpimät tilat	m²
Rakennusluokka (1 - 9)	1
Rakennuksen kerros määrä	1 kerrosta

Laskentatuloksia

Julkisivun pinta-ala on 160 m²
Ikkunapinta-ala on 11 % maanpäällisestä kerrostasosalasta
Ikkunapinta-ala on 13 % julkisivun pinta-alasta
Lämpöhäviö on 97 % vertailutasosta (lämpimät tilat)

Perustiedot		Pinta-alat, m² [A]		U-arvot, W/(m² K) [U]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{joh} = A · U]	
RAKENNUSOSAT		Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Enimmäis- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu
Lämpimät tilat							
Ulkoseinä		123	130	0,17	0,60	0,12	20,9
Hirsiseinä				0,40	0,60		-
Yläpohja		151	151	0,09	0,60	0,08	13,6
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)				0,09	0,60		-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾				0,17	0,60		-
Alapohja (maanvastainen)		150		0,16	0,60	0,09	24,0
Muu maanvastainen rakennusosa				0,16	0,60		-
Ikkunat		27,3	20,3	1,00	1,80	0,75	27,3
Ulko-ovet		9,9		1,00	-	0,72	9,9
Kattoikkunat				1,00	1,80		-
Lämpimät tilat yhteensä		461	461				95,7
Puoliämpimät tilat tai tilapäiset rakennukset tai alle 100 m² loma-asunnot							63,5
Ulkoseinä				0,26	0,60	0,26	-
Hirsiseinä				0,60	0,60		-
Yläpohja				0,14	0,60		-
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)				0,14	0,60		-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾				0,26	0,60		-
Alapohja (maanvastainen)				0,24	0,60	0,24	-
Muu maanvastainen rakennusosa				0,24	0,60	0,24	-
Ikkunat				1,40	2,80		-
Ulko-ovet				1,40	-		-
Kattoikkunat				1,40	2,80		-
Puoliämpimät tilat yhteensä		-	-				-
VAIPAN ILMAVUODOT		Ilmanvuotoluku, m³/(h m²) [q ₅₀]		Vuotoilmavirta, m³/s [q _{v,v} = q ₅₀ / 35 · A/3600]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{vuotoilma} = 1200 · q _{v,v}]	
		Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
Vuotoilma							
Lämpimät tilat		2,0	1,0	0,0073	0,0037	8,8	4,4
Puoliämpimät tilat		2,0				-	-
ILMANVAIHTO		Poistoilmavirta, m³/s [q _{v,p}]		LTO:n vuosihyötysuhde, % [β _a]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H _v = 1200 · q _{v,p} · (1-β _a)]	
		Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
Hallittu ilmanvaihto							
Lämpimät tilat		0,060		45		39,6	72,0
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta				0		-	-
Puoliämpimät tilat				45		-	-
Puoliämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta				0		-	-
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus						Ominaislämpöhäviö, W/K [H = H _{joh} + H _{vuotoilma} + H _v]	
		Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu			Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä			144				140
Puoliämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä			-				-

Rakennuskohde	Pientalo 4
Rakennuslupatunnus	vain testikäyttöön, perustuu 28.9.2010 päivättyyn D3 luonnokseen
Rakennustyyppi	2-kerroksinen pientalo, ikkunapinta-ala 10 % kerrostasosalasta.
Pääsuunnittelija	Kimmo Lylykangas, arkkitehti SAFA
Tasauslaskelman tekijä	Kimmo Lylykangas, arkkitehti SAFA
Päiväys	11.11.2010
Tulos: Suunnitteluratkaisu	TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET

Rakennuksen laajuustiedot

Rakennustilavuus	812 rak-m³
Maanpäälliset kerrostasot yhteensä	215 m²
Lämmitetty nettoala, lämpimät tilat	173 m²
Lämmitetty nettoala, puoliämpimät tilat	m²
Rakennusluokka (1 - 9)	1
Rakennuksen kerros määrä	2 kerrosta

Laskentatuloksia

Julkisivun pinta-ala on 217 m²
Ikkunapinta-ala on 10 % maanpäällisestä kerrostasosalasta
Ikkunapinta-ala on 10 % julkisivun pinta-alasta
Lämpöhäviö on 99 % vertailutasosta (lämpimät tilat)

Perustiedot		Pinta-alat, m² [A]		U-arvot, W/(m² K) [U]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{joh} = A · U]	
RAKENNUSOSAT		Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Enimmäis- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu
Lämpimät tilat							
Ulkoseinä		171	182	0,17	0,60	0,12	29,1
Hirsiseinä				0,40	0,60		-
Yläpohja		88	88	0,09	0,60	0,08	7,9
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)				0,09	0,60		-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾				0,17	0,60		-
Alapohja (maanvastainen)		87		0,16	0,60	0,09	13,9
Muu maanvastainen rakennusosa				0,16	0,60		-
Ikkunat		32,3	21,6	1,00	1,80	0,75	32,3
Ulko-ovet		13,3		1,00	-	0,72	13,3
Kattoikkunat				1,00	1,80		-
Lämpimät tilat yhteensä		391	391				96,5
Puoliämpimät tilat tai tilapäiset rakennukset tai alle 100 m² loma-asunnot							62,4
Ulkoseinä				0,26	0,60		-
Hirsiseinä				0,60	0,60		-
Yläpohja				0,14	0,60		-
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)				0,14	0,60		-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾				0,26	0,60		-
Alapohja (maanvastainen)				0,24	0,60		-
Muu maanvastainen rakennusosa				0,24	0,60		-
Ikkunat				1,40	2,80		-
Ulko-ovet				1,40	-		-
Kattoikkunat				1,40	2,80		-
Puoliämpimät tilat yhteensä		-	-				-
VAIPAN ILMAVUODOT		Ilmanvuotoluku, m³/(h m²) [q ₅₀]		Vuotoilmavirta, m³/s [q _{v,v} = q ₅₀ / 24 · A/3600]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{vuotoilma} = 1200 · q _{v,v}]	
		Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
Vuotoilma							
Lämpimät tilat		2,0	1,0	0,0091	0,0045	10,9	5,4
Puoliämpimät tilat		2,0				-	-
ILMANVAIHTO		Poistoilmavirta, m³/s [q _{v,p}]		LTO:n vuosihyötysuhde, % [β _a]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H _v = 1200 · q _{v,p} · (1-β _a)]	
		Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
Hallittu ilmanvaihto							
Lämpimät tilat		0,069		45	0	45,7	83,0
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta				0		-	-
Puoliämpimät tilat				45		-	-
Puoliämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta				0		-	-
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus						Ominaislämpöhäviö, W/K [H = H _{joh} + H _{vuotoilma} + H _v]	
		Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu			Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä			153				151
Puoliämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä			-				-

¹⁾ Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämpöhäviö kerrotaan luvulla 0,8 rakentamismääräyksen osan D3 mukaisesti.

Tällä tavalla otetaan huomioon ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi vuotuinen keskilämpötila.

Ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta.

¹⁾ Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämpöhäviö kerrotaan luvulla 0,8 rakentamismääräyksen osan D3 mukaisesti.

Tällä tavalla otetaan huomioon ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi vuotuinen keskilämpötila.

Ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta.