

Jouni Korpi

## OMAKOTITALO KORVEN SUUNNITTELU

Rakennustekniikan koulutusohjelma  
2013

## OMAKOTITALO KORVEN SUUNNITTELU

Korpi, Jouni  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Tammikuu 2013  
Ohjaaja: Sandberg, Rauno  
Sivumäärä: 45  
Liitteitä: 42

Asiasanat: Arkkitehtisuunnittelu, rakennesuunnittelu, energialaskelma, pientalo

---

Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella yhden perheen asuintalo Haukiputaan kunnassa sijaitsevalle tontille. Suunnittelun perusteena oli asiakkaan tarve rakentaa uusi talo perheelleen.

Opinnäytetyö aloitettiin kartoittamalla asiakasperheen tarpeet ja vaatimukset uudelle kodille, kartoitus tapahtui keskustellen perheen kanssa. Tärkeä kriteeri suunnittelulle oli myös saada projektin kustannuskehys järkeväksi asiakkaan rahoitusmahdollisuuksiin nähden. Perhe oli laatinut alustavan pohjapiirrosluonnoksen, josta ilmeni heidän toiveensa eri tilojen ja huonejärjestyksen suhteen sekä karkeat arviot pinta-aloista.

Yhteisten keskustelujen jälkeen aloitettiin luonnossuunnittelu. Asiakkaan hyväksytyä luonnokset voitiin piirtää pääpiirustukset ja tehdä talon energiaselvitys, joiden perusteella haettiin rakennuslupa. Kun lupa oli saatu, opinnäytetyö jatkui rakennesuunnittelulla ja työpiirustusten laatimisella.

Rakenteet suunniteltiin täyttämään tämän päivän vaatimukset voimassa olevien eurokoodien mukaan. Rakenteet on myös suunniteltu yksinkertaisiksi, jotta ne ovat helppo ja nopea toteuttaa. Näin ollen rakentaminen on järkevää ja tehokasta, tästä seuraten myös kustannustehokasta.

## HOUSE PLANNING FOR FAMILY KORPI

Korpi, Jouni

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction Engineering

January 2013

Supervisor: Sandberg, Rauno

Number of pages: 45

Appendices: 42

Keywords: Architect planning, structure planning, calculation of energy, house

---

The purpose of this thesis was to plan a house for one family on residential plot in commune of Haukipudas. The criterion of this planning was customers' need to have a new house for their family.

The thesis was started by discussions with customers to find out their requirements and needs for their new home. The price of the final product was important to get a reasonable level with customers financing. The customer had prepared a preliminary ground plan of the house including wished premises, arrangement of the rooms and rough acreages.

After the discussions started actual outline-planning. When the customer had admitted those ones, could the principal drawings and energy statement of the house be made and then sought the building license to project. After getting the building license continued the project with a structure planning and making the work drawings.

The structures are planned to fill up the requirements of currently regulation of euro-codes. These are also planned to be simple, easy and fast to build. By that the building project is rational and effective and hereby also cost-effective.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Työn taustaa .....	5
1.2	Työn tavoitteet .....	5
2	OMAKOTITALON SUUNNITTELU .....	6
2.1	Suunnittelun lähtökohta .....	6
2.2	Arkkitehtisuunnittelu .....	7
2.3	Rakennesuunnittelu.....	8
2.3.1	Rakennuksessa esiintyvät painesuhteet .....	8
2.3.2	Lämpö.....	11
2.3.3	Kosteus.....	15
2.3.4	Ääneneristys... ..	19
2.3.5	Puun palonkestävyys .....	22
2.3.6	Yleistä kohteen rakennesuunnittelusta .....	25
3	RAKENTEIDEN SUUNNITTELU .....	26
3.1	Vaipparakenteet .....	26
3.1.1	Alapohjarakenne.....	27
3.1.2	Ulkoseinärakenne .....	29
3.1.3	Yläpohjarakenne.....	31
3.2	Perustukset .....	33
3.3	Runko- ja vesikattorakenteet.....	34
3.4	Väliseinät .....	35
3.5	Pintarakenteet.....	36
4	ENERGIASELVITYS.....	37
4.1	Laadinnan periaatteet .....	37
4.2	Energialaskelman teko .....	37
5	YHTEENVETO .....	43
	LÄHTEET.....	45
	LIITTEET	
	LIITE 1 Sisällysluettelo Haapakankaan rakentamisohjeista	
	LIITE 2 Ote pohjatutkimusraportista	
	LIITE 3 Rakenteiden U-arvolaskelmat	
	LIITE 4 Lämmitystehontarpeen laskenta	
	LIITE 5 Energialaskelmaraportti	
	LIITE 6 Piirustukset	

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn taustaa

Tämän opinnäytetyön aiheena oli suunnitella omakotitalo yhden perheen asuinkäyttöön. Opinnäytetyöhön sisältyy asuinrakennuksen arkkitehtisuunnittelu, energiaselvityksen laatiminen sekä kohteen rakennesuunnittelu. Lisäksi opinnäytetyöhön sisällytettiin arkkitehtisuunnittelu autotalli/varastorakennuksen osalta.

## 1.2 Työn tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia rakennuslupaan vaadittavat pääpiirustukset, rakennuksen energiaselvitys, kohteen rakennesuunnitelmat viranomaisia ja rakentajaa varten sekä rakentamista ajatellen riittävä määrä työpiirustuksia ja detaljeja. Suunnittelun keskeisenä tavoitteena oli suunnitella rakenteet siten, että rakennus on sekä rakennusteknisesti järkevä kokonaisuus että helppo ja nopea toteuttaa. Monimutkaisia ja hankalasti toteutettavia rakenteita pyrittiin välttämään. Arkkitehtisuunnittelun keskeisiä tavoitteita oli luoda käytännölliset, selkeät ja toimivat tilat. Rakennuksen julkisivuihin pyrittiin saamaan harmoninen ja tasapainoinen kokonaisuus, joka on tyylikkään ja asiallisen näköinen. Suunnittelua ohjasi myös vaatimus kustannustehokkuudesta, koska hankkeen toteutusbudjetti oli rajallinen.

## 2 OMAKOTITALON SUUNNITTELU

### 2.1 Suunnittelun lähtökohta

Suunnittelun lähtökohtana olivat tilaajan tarpeet sekä viranomaisten asettamat rajoitukset. Tilaaja asui perheineen pienessä, luhtitalossa sijaitsevassa vuokra-asunnossa. Asunto oli suhteellisen hyväkuntoinen, mutta perhe tarvitsi lisää tilaa, isomman asunnon. Perhe oli saanut Haukiputaan kunnalta vuokratontin, jolle haaveili omakotitalon rakentamista.

Perhe oli suunnitellut rakentamista jo lähes vuoden. Omakotitalon rakentaminen oli ollut alun perin tarkoitus aloittaa jo vuoden 2011 syksyllä, mutta hanke viivästyi vanhan asunnon myyntiprosessin pitkittyessä. Myynnin hidastuttua perheellä oli aikaa miettiä tulevan asunnon suunnitelmia pidempään ja useat asiat hioutuivat parempaan suuntaan.

Omakotitalon suunnittelussa lähtökohtana on tilaajan tarpeet. Yhdessä asiakkaiden kanssa keskustellaan ja kuunnellaan, mitä tarpeita heillä on tulevan rakennuksen suhteen. Tällä tarkoitetaan mm. huoneiden lukumäärää, niiden keskinäistä järjestystä ja tilojen pinta-aloja. Tässä vaiheessa on myös huomioitava tontti ja sen asettamat rajoitukset ja mahdollisuudet. Riippuen tontin sijainnista, kaavamääräyksistä ja tontin sijaintikunnasta, tontille ei välttämättä ole mahdollista rakentaa rajoituksetta unelmiensa taloa. Tasamaan tontille ei esimerkiksi voi rakentaa rinnetontille tarkoitettua taloa tai päinvastoin. Kaavamerkinnällä II voidaan rakentaa joko yksi- tai kaksikerroksinen rakennus, mutta kaavamerkinnän ollessa II rakennus voidaan rakentaa vain kaksikerroksisena.

Tässä tapauksessa tontti sijaitsi Haukiputaan kunnassa Haapakangas III-nimisellä alueella korttelissa 2855 ja oli varustettu kaavamerkinnällä AO-4. Rakennuksen kerroskorkeus oli määrätty I u<sup>1/2</sup> ja tontin tehokkuusluku oli 0,20. Tontin pinta-alan ollessa 1220 m<sup>2</sup> rakennusoikeutta oli 244 m<sup>2</sup>. Rakennus oli mahdollista toteuttaa joko yksi- tai puolitoistakerroksisena. Yksikerroksisena kattokaltevuutena tuli käyttää 1:2 tai puolitoistakerroksisena rakennuksena kattokaltevuuden tuli olla 1:1<sup>1/2</sup>.

Rakennuksen harjakorkeus oli myös määrätty. Kaavamerkintä AO-4 tarkoittaa, että alue on varattu erillispientalojen korttelialueeksi, eli tonteille ei saa rakentaa paritaloja vaan rakennuspaikat on tarkoitettu yhden perheen taloille. Sivu-asunto oli mahdollista rakentaa, mutta sen suurin kerrosala oli 50m<sup>2</sup>.

## 2.2 Arkkitehtisuunnittelu

Suunnittelutyö aloitettiin keskustelemalla tilaajien kanssa heidän tarpeistaan ja vaatimuksistaan uuden kodin suhteen. Keskustelujen pohjaksi tilaajat olivat laatineet alustavan pohjapiirrosluonnoksen, johon he olivat hahmotelleet toivomansa tilat, huonejärjestyksen sekä pinta-alat suurpiirteisään. Heillä oli myös näkemys tulevan rakennuksen julkisivuista eli miltä valmis rakennus ulkoapäin näyttäisi. Tätä varten heillä oli myös erään aikaisemmin toteutetun rakennuksen julkisivupiirustukset, joiden käyttöön he olivat saaneet luvan.

Erilaisten vaihtoehtojen kartoittamisen jälkeen aloitettiin varsinainen luonnossuunnittelu. Luonnospiiirustusten tekoon käytettiin lähtötietoina tilaajien hahmottelemaa pohjapiirrosta sekä heidän esittämiään julkisivukuvia sekä keskustelujen perusteella syntynyttä lisäinformaatiota. Ensimmäisten luonnosten valmistumisen jälkeen ne annettiin tilaajien arvioitavaksi. Heidän antamansa palautteen perusteella luonnoksia korjattiin ja tehtiin tarvittavia muutoksia, tämän jälkeen korjatut luonnossuunnitelmat esiteltiin heille uudelleen. Luonnospiiirustuksia käytiin esittelemässä myös rakennusvalvontaviranomaisille, näin heillä oli jo siinä vaiheessa mahdollisuus antaa omat kommenttinsa, jotka voitiin ottaa huomioon seuraavassa vaiheessa.

Hyväksytyjen luonnosten perusteella tehtiin varsinaiset pääpiirustukset. Laadittiin myös rakennuksen energiaselvitys, ja näiden perusteella kohteelle haettiin rakennuslupaa. Luvan saamisen jälkeen suunnittelua jatkettiin rakennesuunnittelulla sekä työpiirustusten laatimisella.

## 2.3 Rakennesuunnittelu

### 2.3.1 Rakennuksessa esiintyvät painesuhteet

Rakennesuunnittelun tarkoituksena on suunnitella rakennus käyttäjilleen terveelliseksi ja turvalliseksi. Rakennesuunnittelussa on otettava huomioon useita rakenteiden kosteus- ja lämpötekniiseen toimintaan vaikuttavia asioita. Lämmön ja kosteuden lisäksi huomioitavia asioita ovat muun muassa rakennuksessa esiintyvät ilmanpaineet ja niiden vaihtelut. Ilmanpaine-eroja aiheuttavat rakennuksissa ns. savupiippuvaikutus, tuuli ja lämmityksen sekä ilmanvaihdon järjestelyt (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.98).

Ilmanpaineen vaihteluita ja ilman kiertoliikettä esiintyy myös sienien sisällä, ullakotiloissa ja ikkunalasien välissä (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.98).

Savupiippuvaikutuksen, LVI-laitteiden ja tuulen aikaan saaman paine-eron vaikutuksesta tapahtuvaa ilman virtausta rakenteiden läpi kutsutaan pakotetuksi konvektioksi. Pakotetun konvektion esiintyminen edellyttää paine-erojen lisäksi sellaista epätiiviyttä rakenteissa, että se mahdollistaa ilmavirtauksen rakenteen läpi. Pakotetun konvektion lisäksi kerroksellisissa pystyrakenteissa (seinissä, ikkunoissa) esiintyy ilman tiheyseroista johtuvaa pystysuoraa ilman virtausta eli ns. luonnollista konvektiota (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.98).

Savupiippuvaikutus syntyy seuraavalla tavalla: Kun ilma lämpenee, sen tiheys pienenee ja lämmennyt, kevyt ilma pyrkii nousemaan ylös. Tällöin huonetilan yläosaan kohdistuu ylipainetta, kun taas alaosassa on alipainetta (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.98). Häiriintymättömään tilaan syntyy varsinkin lämmityskaudella painetilanne, jossa tilan yläosassa on ylipaine ja alaosassa on alipaine. Johonkin kohtaan tilaa syntyy ns. neutraaliakseli, jolla vallitsee sama ilmanpaine kuin ulkonakin on. Neutraaliakselin sijainti riippuu huonetilan aukotuksesta, ilmanvaihtohormeista, tulisijasta hormeineen, avoimista ikkunoista yms. (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.98).



Savupiippuvaikutuksen aiheuttamat paine-erot ovat pieniä, mutta koska ne ovat käytännöllisesti katsoen pysyviä, niillä on merkitystä rakenteiden lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.98)

Tuulen aiheuttamat paine-erot vaihtelevat suuruudeltaan ja suunnaltaan. Tuulen painevaikutuksen suuruus riippuu lisäksi rakennuksen korkeudesta ja muodosta, ympäröivästä maastosta ja toisista rakennuksista yms. Tuuli aikaansaa painekuvion, jolloin esim. seinän tai katon tuulen puolella olevaan osaan kohdistuu ylipainetta ja tuulen suojaisella puolella olevaan osaan kohdistuu alipainetta. Tuulen pyörteisyyden takia painekuvio ei ole vakio, vaan vaihtelee usein nopeasti ja äkillisesti. Tuuli saattaa aiheuttaa lyhytaikaisesti suuriakin yli- ja alipaineita, jotka täytyy ottaa huomioon rakenteiden lujuuslaskelmissa. Pitkäaikainen kova tuuli voi huomattavasti lisätä seinämän läpi tapahtuvaa lämmön ja kosteuden siirtymistä. Mitä tiiviimmät seinämät ovat, sitä vähemmän tuuli vaikuttaa rakennuksen energiatalouteen (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.99).

Pientalojen koneellinen ilmanvaihto ja ilmalämmitys asettavat uusia vaatimuksia rakenteiden tiiviydelle. Varsinkin koneellisesti aikaansaatuu ylipaine edellyttää seinämärakenteilta ja alapohjilta hyvää ilman- ja kosteudentiivyyttä rakenteiden oikean kosteus- ja lämpöteknisen toiminnan takaamiseksi (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.99).

Huonetilaan koneellisesti aikaansaatuu alipaine imee kylmää ulkoilmaa seinämärakenteiden läpi. Seinämän läpi virratessaan ilma lämpenee, jolloin ilman suhteellinen kosteus alenee. Näin alipaineen avulla huoneeseen virtaava ilma kuivattaa seinämiä ja on täten seinämän kosteusteknisen toiminnan kannalta turvallinen ratkaisu. Ilman sisäänvirtauksen edellytyksenä ovat tietenkin seinämissä esiintyvät epätiivyydet (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.99).

Koneellinen ilmanvaihto ja ilmalämmitys sekä kylmät ikkuna- yms. pinnat aiheuttavat lisäksi ilmavirtauksia, jotka voivat vaikuttaa haitallisesti oleskeluviihtyvyyteen ja siksi lisätä esim. energiankulutusta (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.99).

Ilman tiheyseroista johtuvia ilmanpaineen vaihteluita ja ilman kiertoliikettä eli luonnollista konvektiota esiintyy muun muassa ikkunoiden ilmaraoissa ja ulkoseinien huokoisissa eristeissä. Tämä on otettava huomioon seinien tiiviyttä, kosteusteknistä toimintaa ja lämmöneristävyttä tarkasteltaessa (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.99).

Huokoisessa lämmöneristeessä oleva ilma lämpenee lähellä seinän sisäpintaa ja pyrkii virtaamaan ylöspäin, kun taas kylmän ulkopinnan lähellä ilma jäähtyy ja virtaa alaspäin. Näin seinän sisälle syntyy luonnollinen ilmankierto, joka kuljettaa mukanaan sekä lämpöä että kosteutta ja on näin ollen otettava huomioon seinään rakenteellisessa suunnittelussa (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.99).

Jos seinä on yläosastaan suljettu ja tuulensuojan höyrynvastus on suuri, saattaa seinän yläosaan kulkeutunut kosteus tiivistyä seinän ulkonurkassa vedeksi. Samalla kun lämmöneristeen sisäinen ilmavirtaus huonontaa eristeen lämmöneristysominaisuuksia, se jäähdyttää seinän alaosaa ja varsinkin alasidepuuta, johon ilmatila rajautuu. Tästä seuraa, että vesihöyry voi tiivistyä kosteudeksi seinän alaosaan, mikäli höyrynsulkuna käytettävä muovi sijoitetaan lämmöneristeiden väliin. Mitä pienempi ilmanvastus eristeellä on, sitä suurempi on rakenteen sisäinen ilmanliike. Pehmeillä mineraalivilloilla seinän sisäinen ilmanliike tulee merkittäväksi, kun eristepaksuus kasvaa yli 120 mm:n. Tiheämmillä puupohjaisilla lämmöneristeillä luonnollisen konvektion merkitys eristeiden toimintaan on hyvin vähäinen. Seinän sisäinen ilmavirtaus vaikuttaa seinän toimintaan vain lämmityskaudella (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.100).

Rakennuksen sisä- ja ulkopuolen välillä vallitsevat ilmanpaine-erot ovat voimina vain muutaman  $N/m^2$ , kun taas vesihöyryyn osapaineista rakenteisiin aiheutuvat paine-erot ovat suuruudeltaan useita satoja  $N/m^2$ . Ilmanpaine-eroista aiheutuu kuitenkin rakenteille ja rakennuksille suurempia kosteushaittoja kuin vesihöyryyn osapaine-eroista (diffuusio). Pienistäkin rei'istä ja raoista pääsee sisätilassa vallitsevan ylipaineen vaikutuksesta virtaamaan suuria määriä ilmaa sisältä ulospäin. Lämpimään sisäilmaan sitoutunutta kosteutta kulkeutuu rakenteisiin, missä se saattaa tiivistyä vedeksi. Sen sijaan esim. höyrynsulussa oleva 1 mm<sup>2</sup> reikä ei juuri vaikuta diffuusion suuruuteen. Vastaavasti diffuusion ja ilmanpaineen suunta tulee ottaa huomioon

kylmätilojen seiniä suunniteltaessa (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s. 100).

### 2.3.2 Lämpö

Lämpöön liittyy muutamia käsitteitä, jotka täytyy ensin määritellä. Lämmönvastus  $R_T$  ilmoittaa rakennusosan tai ainekerroksen lämmönsiirtymisvastuksen. Rakennusosan lämmönsiirtymisvastukseen  $R_T$  luetaan mukaan pintavastukset ( $R_{si}$  ja  $R_{su}$ ). Sisäpuolinen ja ulkopuolinen pintavastus ( $R_{si}$  ja  $R_{su}$ ) ilmoittaa rakennusosan ja ilmatilan välisen rajakerroksen lämmönsiirtymisvastuksen. Yksikkönä on  $m^2\text{C}/W$  (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.101).

Lämmönjohtavuus ( $\lambda_i$ ) ilmoittaa lämpömäärän, joka jatkuvuustilassa siirtyy sekunnissa (s) neliömetrin ( $m^2$ ) suuruisen ja metrin (m) paksuisen homogeenisen ainekerroksen läpi, kun lämpötilaero pintojen välillä on  $1^\circ\text{C}$ :n suuruinen. Yksikkönä on  $W/m^\circ\text{C}$  (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.101).

Lämmönläpäisykerroin (U) ilmoittaa lämpömäärän, joka jatkuvuustilassa läpäisee sekunnissa (s) neliömetrin ( $m^2$ ) suuruisen rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien tilojen välillä on  $1^\circ\text{C}$ :n suuruinen. Yksikkönä on  $W/m^2\text{C}$ . Käytännössä U-arvo ei pysy vakiona, vaan se huononee seinämän kosteuden lisääntyessä ja paranee jälleen seinämän kuivuessa. Myös rakenteen sisällä oleva lämmöneriste saattaa menettää ajan mittaan lämmöneristysominaisuuksiaan (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.101).

Lähes kaikki rakennustarvikkeet sisältävät jonkin verran kosteutta normaaleissa käyttöoloissa. Kosteuspitoisuus riippuu pääasiassa vallitsevasta lämpötilasta ja ympäristön kosteudesta. Rakennusaineiden ja -tarvikkeiden lämmönjohtavuus kasvaa kosteuden lisääntyessä. Jotta saataisiin lähellä todellista tilannetta olevia lämmönjohtavuusarvoja, oletetaan rakennusaineiden sisältävän tietyn määrän kosteutta. Tällöin lämmönjohtavuudesta käytetään merkintää  $\lambda_D$  eli lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo. Samalla edellytetään, että rakenteet suunnitellaan sellaisiksi, ettei niiden kosteus-

pitoisuus pääsee merkittävästi kohoamaan normaalista tasapainokosteudesta (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.101).

Lämpökapasiteetilla eli lämmönvaraamiskyvyllä ymmärretään kappaleen kykyä sitoa ja luovuttaa lämpöä. Aineen tilavuuslämpökapasiteettiin vaikuttavat aineen tiheys ( $S$ )  $\text{kg/m}^3$  ja ominaislämpö ( $c$ )  $\text{J/kg}^\circ\text{C}$  (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.102).

Tilavuuslämpökapasiteetti  $c/v = Sc$  ( $\text{kJ/m}^3^\circ\text{C}$ )

Verrattuna muihin yleisempiin rakennusaineisiin puu on hyvä lämmöneriste, eikä se siten muodosta varsinaista kylmäsiltaa rankorakenteisissa seinämissä. Lisäksi puulla on keveydestään huolimatta erinomainen lämmönvaraamiskyky, josta on etua mm. jatkuvasti lämmitettävien täyshirsisten rakennusten lämmityksessä ja lämmitysjärjestelmän valinnassa. Tehollinen paksuus tarkoittaa suurinta ainekerroksen paksuutta, joka valmiissa rakenteessa vaikuttaa aineen tai rakenteen lämmönvarastointiin ja luovutukseen. Puun lämpökapasiteetin vaikuttava tehollinen paksuus on noin 40 mm. Jos rakenteisiin kohdistuu suora auringonpaiste, voidaan arvo kaksinkertaistaa (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.103).

Rakenteiden lämpökapasiteetin merkitys perustuu lähinnä siihen, että rakenteet, joilla on iso lämpökapasiteetti, pystyvät varastoimaan itseensä suoraa auringon lämpösäteilyä tai muita huonetilan tilapäisiä yllilämpöjä (auringonlämpö, koneet, ihmiset yms.) ja pienentämään näin huoneen lämmön nousua. Sisälämpötilan laskiessa seinämät luovuttavat varastoimaansa lämpöä ja tasaavat siten pitkällä aikavälillä huoneen lämpötilaa (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.103).

Lämpökapasiteetin energiataloudellinen merkitys normaalirakennuksissa riippuu monista seikoista, joista tärkeimpiä luetellaan seuraavassa:

-Sijaintipaikka

Mitä esteettömämmin aurinko paistaa rakennukseen, sitä suurempi on lämpökapasiteetin vaikutus.

-Sisäilman laadulle asetetut vaatimukset

Mitä vähäisempi sisälämpötilan nousu sallitaan ennen kuin aloitetaan jäähdytys tai tuuletus, sitä suurempi on lämpökapasiteetin merkitys.

-Ikkunoiden suuntaus

Ikkunoiden keskittäminen eteläseinälle lisää lämpökapasiteetin merkitystä.

-Seinien eristys ja pintojen verhoilu

Merkitystä on vain eristeiden sisäpuolisella lämpökapasiteetilla; pinnalla oleva verhoilu pienentää tehollista lämpökapasiteettia.

-Ilmaislämmöt

Ilmaislämpöjen kasvaessa lämpökapasiteetin merkitys kasvaa.

-Rakennusmateriaali

Lämmön varastointikyky riippuu lämpökapasiteetista ja lämmönsiirtymisnopeus ja tehokkuus lämpenemiskertoimesta; kullakin materiaalilla on ns. tehollinen paksuus, josta tehollinen lämpökapasiteetti ei enää kasva.

-Lämmityksen säätö

Lämpökapasiteetin vaikutuksesta on tietoa lähinnä vain käytettäessä ideaalista säätöjärjestelmää. Todellista säätöjärjestelmää käytettäessä – säätimellä on tietty hitaus- ja eroalue- lämpökapasiteetin vaikutus pienenee.

-Lämpökapasiteetin vaikutustapa

Käytettäessä lämpökapasiteettia aktiivisesti (esim. kierrättämällä ilmaa ontelolaatoissa) vaikutus on tehostuneen lämmönsiirron vuoksi suurempi kuin tavallisessa rakenteessa.

-Lämpökapasiteetin vaikutus on suurin alussa (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.103,104).

Tietokoneohjelmilla tehtyjen laskelmien mukaan on rakenteiden suurella lämpökapasiteetilla saavutettava säästö pientaloissa 1–5% ja kerrostaloissa vähän suurempi. Ns. passiivisissa aurinkotaloissa, joissa rakenteiden lämpökapasiteettia pyritään hyödyntämään järjestelmällisesti, lämpökapasiteetin merkitys on huomattava (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.104).

Lämpökapasiteetille annettu energiataloudellinen merkitys on perustunut pääasiassa laskelmilla saatuihin tuloksiin. Käytännön seurantaan perustuvat tutkimukset (VTT:n LVI-tekniikan laboratorion julkaisu *Rakenteiden massiivisuuden ja lämpöjärjestel-*

*män vaikutus pientalon energiankulutukseen*) osoittavat kuitenkin, että lämpökapasiteetilla ei ole käytännön merkitystä esimerkiksi nykyaikaisen omakotitalon energiankulutuksessa, mikäli rakennuksessa on herkästi säätyvä lämmitysjärjestelmä (esim. patteritermostaatti). Sen sijaan suuri lämpökapasiteetti saattaa alentaa kesäaikana huonetilan huippulämpöjä (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.104).

Puurakenteisen seinämän kosteusteknisen toiminnan arvioimiseksi on välttämätöntä määrittää lämpötilat seinämärakenteen eri osissa. Kun lämpötilat tunnetaan, on mahdollista arvioida kosteuden tiivistymisen esiintymistodennäköisyys. Lämpötiloja määriteltäessä oletetaan lämpötilan muutoksen olevan suoraan verrannollinen eri ainekerrosten lämmönvastukseen. Kun tunnetaan rakennetta rajaavien tilojen lämpötilat ja rakenteen eri kerrosten ja koko rakenteen lämmönvastukset, voidaan lämpötilat rakenteen eri osissa määrittää joko laskennallisesti tai graafisesti suorakulmaisen kolmion avulla (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.104,105).

Määriteltäessä lämpötilat suorakulmaisen kolmion avulla jaetaan pystykateetti seinämän rakennekerrosten lämmönvastusten suhteessa ja hypotenuusa rakenteen sisä- ja ulkopuolella vallitsevien lämpötilojen erotuksen määrittämisen asteiden lukumäärän mukaan. Jos esimerkiksi sisälämpötila on  $+20^{\circ}\text{C}$  ja ulkolämpötila  $-10^{\circ}\text{C}$ , jaetaan hypotenuusa 30 yhtä suureen osaan. Rakenteen sisällä vallitseva lämpötila saadaan piirtämällä vaakasuora viiva haluttuun kohtaan seinärakennetta (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.105).

Kylmäsillalla tarkoitetaan valmiin seinärakenteen ympäristöään huomattavasti paremmin lämpöä johtavaa rakenneosaa, joka ulottuu yleensä lämmöneristeen läpi ja aiheuttaa energiahukkaa ja mahdollisesti kosteuden tiivistymisen rakenteissa. Yleisempiä kylmäsillan aiheuttajia rakenteissa ovat eri rakennekerroksia yhdistävät metallisiteet ja kannakkeet ja suojaavat betonirakenteet. Vaikka puun lämmönjohtoluku on noin kolminkertainen mineraalivillaan verrattuna, puu ei muodosta kylmäsiltaa eikä myöskään aiheuta ylimääräistä vaaraa kosteuden tiivistymisestä rakenteissa (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.105).

### 2.3.3 Kosteus

Puu on huokoinen aine, joten se sisältää aina jonkin verran kosteutta. Kosteuden määrä riippuu ympäristön lämpötilasta ja kosteudesta (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.106).

Kosteuden kulkeutumista aineeseen kutsutaan absorptioksi, sen kulkeutumista aineesta sorptioksi ja poistumista aineesta desorptioksi (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.106).

Hygroskooppinen kosteus on kosteutta, jonka sorptio aikaansaa aineessa suhteellisen kosteuden normaaliarvoilla eli huokoinen aine pystyy sitomaan kosteutta ilmasta ja luovuttamaan kosteutta ilmaan. Aineen kosteus asettuu tasapainotilaan ympäristönsä kanssa, jolloin sillä on hygroskooppinen tasapainokosteus. Hygroskooppinen kosteus vaihtelee paljon eri aineilla. Puupohjaisilla aineilla hygroskooppisuus on suuri ja mm. mineraalivilloilla pieni. Aineen kykyä sitoa ja luovuttaa kosteutta kutsutaan aineen kosteuskapasiteetiksi (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.106).

Aineessa oleva kosteusmäärä ilmoitetaan tavallisesti kosteuden massan ja kuivan aineen massan välisenä suhteena. Lukuarvo ilmoitetaan tavallisesti prosentteina kuivapainosta. Aineen kosteus voidaan ilmoittaa myös kosteuden massan ja tilavuuden välisenä suhteena ( $\text{kg/m}^3 = \text{tilavuus-\%}$ ) tai ns. tasapainokosteuden avulla (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.106).

Ilma sisältää aina jonkun määrän kosteutta, joka esiintyy vesihöyrynä. Ilman sisältämän vesihöyryn määrä grammoina ilmakuutiometriä kohti ilmaisee ilman absoluuttisen kosteuden. Mitä lämpimämpää ilma on, sitä suuremman määrän vesihöyryä se voi sisältää. Rakennustekniikassa käytetään yleisemmin suhteellista kosteutta (RH), joka ilmoittaa prosentteina tietynlämpöisen ilman sisältämän vesihöyryn määrän enimmäisvesihöyrymäärästä (g), jonka sen lämpöinen ilma voi sisältää. Kun suurin mahdollinen ilman sisältämä vesihöyrymäärä ylittyy, vesihöyry tiivistyy vedeksi. Vesihöyry voi tiivistyä rakenteessa, jos ilman kosteus lisääntyy tarpeeksi tai tiivistymispinnan lämpötila laskee. Rakenteissa vesihöyry tiivistyy aina ympäröivää ilmaa

kylmemmälle, kovalle pinnalle. Tiivistymislämpötilaa kutsutaan kastepisteeksi (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.106,107).

Sisäilman suhteellinen kosteus vaihtelee lämmityskaudella tavallisesti 20–40%, kun taas samaan aikaan ulkoilman suhteellinen kosteus on keskimäärin 85%. Suhteellisella kosteudella on merkitystä ulkoilmaan rajoittuvan rakenteen toimintaan vain talvella. Vaikka suhteellinen kosteus on ulkona 90%, on  $-20^{\circ}\text{C}$ :n lämpötilassa kosteuden määrä ainoastaan  $0,8\text{g}/\text{m}^3$ . Samaan aikaan  $+20^{\circ}\text{C}$ :n sisäilma, jonka suhteellinen kosteus on 40%, sisältää  $6,9\text{g}/\text{m}^3$  kosteutta (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.107).

Puu, kuten muutkin huokoiset rakennusaineet, kuljettaa vettä huokosissaan eli sillä on ns. kapillaarinen imu. Valmiissa rakenteissa kapillaari-imu aikaansaa veden kulkeutumista muista materiaaleista puuhun ja kosteuden liikkumista puussa. Puussa kapillaarinen imu on voimakkainta syiden suunnassa. Tällä on suuri merkitys käytännössä. Rakenteellisella puunsuojauksella pyritään nimenomaan suojaamaan puun poikkileikkauspinnat, ”pääpuu” kosteudelta. Kapillaarinen vedenliike nopeuttaa myös puun kuivumista. Hyvän kapillaari-imun ansiosta puu kuivuu nopeammin kuin materiaali, jolla on vähäinen kapillaari-imu (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.107).

Huone- tai ulkoilman sisältämä kosteus kulkeutuu rakenteisiin joko vesihöyryn osapaine-eron aikaansaaman diffuusion muodossa tai rakenteen eri puolilla vallitsevan ilmanpaine-eron aiheuttaman ilmavirtauksen eli konvektion kuljettamana (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.108).

Epätasaisesti jakautuneessa kaasuseoksessa kaasumolekyylit pyrkivät liikkumaan niin, että seos tasaantuu. Tätä ilmiötä kutsutaan diffuusioksi (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.108).

Vesihöyryn diffuusio on veden liikkumista vesihöyryn muodossa rakenteen läpi. Lähes kaikki materiaalit läpäisevät ainakin jonkin verran vesihöyryä. Jos ilman sisältämän vesihöyryn osapaine on erilainen eri puolilla seinämää, vesihöyry diffusoituu



seinämän läpi kohti sitä seinämän pintaa, jossa vesihöyryn osapaine on pienin (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.108).

Diffuusion suunta on lähes aina suuresta absoluuttisesta ilman kosteudesta pieneen eli lämpimästä kylmään. Vesihöyryn osapaine-eron lisäksi diffuusio riippuu ilmanpaineen vaihteluista. Rakennuksen sisäinen ylipaine vahvistaa diffuusiota, kun taas alipaine pyrkii eliminoimaan sen. Lämpötilan kohoaminen voimistaa diffuusiota (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.108).

Todellisuudessa huokoisissa rakennusmateriaaleissa on harvoin kyse puhtaasta diffuusiosta, kun vesihöyry kulkeutuu materiaaliin ja poistuu sen toiselta puolelta. Materiaalin sisällä osa kosteuden liikkeestä voi olla myös kapillaarista (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.108).

Nykyisissä seinämärakenteissa diffuusio on yleensä hidasta, eikä se kuivissa tiloissa aiheuta kosteushaittoja, vaikka höyrynsulkumuoveja ei käytettäisikään, jos rakenteet on suunniteltu oikein. Seinämä tulee suunnitella siten, että lämmöneristeen ja lämpimän sisätilan väliin tulee riittävän höyrynpitävä kerros ja seinämärakenteen vesihöyrynvastus pienenee kylmään tilaan päin mentäessä (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.108).

Pienet sisäpuolisessa höyrynsulussa olevat reiät eivät sanottavasti lisää diffuusiota. Jos reiät tai raot mahdollistavat ilmavirtauksen eli konvektion seinämän läpi sisältä ulos, kulkeutuu ilman mukana moninkertainen kosteusmäärä diffuusiioon verrattuna, ja tällöin myös kosteusvaurion mahdollisuus on ilmeinen. Lämmityskaudella on vesihöyryn osapaine lämmitettävän rakennuksen sisällä suurempi kuin ulkona. Tällöin kosteus pyrkii siirtymään diffuusion muodossa sisältä ulospäin (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.108).

Vesihöyryn osapaine riippuu vallitsevasta lämpötilasta ja ilman kosteudesta. Jokaisella aineella on tietty lämmönvastus ja vesihöyrynvastus, joka hidastaa kosteuden kulkua diffuusion muodossa. Osapainetta, jossa ilman suhteellinen kosteus on 100%, kutsutaan vesihöyryn kyllästymispaineeksi (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu, s.108,109).

Yksi puurankoisen seinämän suunnittelun lähtökohta on tehdä rakenne lämpö- ja kosteusteknisesti sellaiseksi, ettei kosteutta tiivisty haitallisessa määrin rakenteisiin. Määriteltäessä diffuusiokosteuden liikkumista ja mahdollista tiivistymistä rakenteissa, täytyy tuntea lämpötilat rakenteen eri osissa, eri ainekerrosten vesihöyrynvastukset, lämpötiloja vastaavat kyllästymispaineet ja suhteellinen kosteus seinämän molemmiin puolin. Seinämän kosteusteknisessä tarkastelussa oletetaan vesihöyryn osapaineen muuttuvan samassa suhteessa kuin seinämässä olevien ainekerrosten vesihöyrynvastukset muuttuvat (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.109).

Vesihöyrynvastus ( $m^2sPa/kg$ ) kuvaa aineen vesihöyryn virtausta vastustavaa ominaisuutta. Se on tavallaan käänteinen suure vesihöyrynläpäisevyydelle (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.109).

Vaikka kosteuden kertyminen puurakenteisiin mielletään kielteisenä ilmiönä, on puuperäisten tuotteiden kyvyllä imeä ja luovuttaa kosteutta eli ns. kosteuskapasiteetilla suuri merkitys seinämien kosteustekniseen toimintaan. Seinämän kosteuskapasiteetti tasaa lähinnä vesihöyryn muodossa olevan kosteuden kulkeutumista seinämän läpi, sisälle tai ulos, vähentäen samalla kosteusvauriovaaraa mm. ulkoseinä-, yläpohja- ja vesikattorakenteissa (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.111).

Yläpohjan pumppausvaikutus perustuu kaasujen tilanyhtälöön, jonka mukaan ilmamäärän tarvitsema tilavuus vakioaineessa ja –lämpötilassa on vakio. Tilavuuden ollessa muuttumaton ilman on lämpenemisen yhteydessä poistuttava yläpohjasta ja viilenemisen yhteydessä sinne on tultava tietyn suuruinen ilmamäärä. Ulos virtaava ilma on lämmennyt ja sisältää enemmän kosteutta kuin sisälle virtaava ulkoilma, jolloin pumppauksella pienennetään yläpohjan lämmöneristeen sisältämää vesimäärää. Vuorokautisten lämpötilavaihteluiden kasvaessa pumppausvaikutus voimistuu, ja se toimii tehokkaammin suuren kosteuskapasiteetin omaavien puuperäisten lämmöneristeiden yhteydessä (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.111).

Sadevesi on näkyvin rakennusta rasittava kosteuden muoto. Sateen aiheuttama vedenpaine kohdistuu eniten vesikattoon ja muihin vaakapintoihin sekä seinien ulko-verhouksiin (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.111.)

Seinärakenteiden suunnittelun kannalta tärkeintä on ottaa huomioon viistosade, joka kohdistuu tuulen paineen myötävaikutuksella myös pystysuoriin seiniin. Tuulen vaikutuksesta vesi tunkeutuu julkisivuverhouksen rakoihin ja taakse. Sopivan tuulenpyörteen ansiosta vesi voi nousta myös ylöspäin verhouksen ulkopinnassa (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.111).

Viistosade tulee yleisimmin lounaasta. Myös auringon säteilyn aiheuttama rasitus on kaakkois-, etelä- ja lounaissuunnasta suurinta. Nämä kaksi rasitusta asettavat siten erityisiä vaatimuksia seinän suunnittelulle. Maanpäällisen seinän suunnittelussa täytyy lisäksi huomioida seinän alaosa rasittava roiskevesi ja kellarinseinän osalta myös vajovesi (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.111).

Sateen seinille aiheuttamia haittoja on helpointa vähentää riittävän leveillä räystäillä, jotka estävät sadeveden pääsyn ainakin seinien yläosaan ja yläpohjarakenteisiin. Ulkopuolisen lautaverhouksen takana tulee olla ilmarako, joka johtaa pois verhouksen läpäisseen sadeveden ja tuulettaa seinärakenteen sisältä tulevan kosteuden (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.111).

#### 2.3.4 Ääneneristys

Puurakenteiden heikkoutena pidetään yleisesti sekä huonoa ääneneristävyyttä että huonoa palonkestävyyttä. Käsitys on sikäli virheellinen, että puurakenteilla voidaan saavuttaa yksinkertaisin menetelmin hyvä tai jopa erittäin hyvä ääneneristävyys. Toisaalta käsitys on aivan oikea, koska monet puurakenteet toteutetaan ottamatta riittävästi huomioon ääneneristystä (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.112).

Ääneneristykseen liittyy useita erilaisia käsitteitä, joita käydään tässä yhteydessä läpi vain joiltakin osin.

Absorptiokertoimella tarkoitetaan pinnasta heijastumatta jääneen ja siihen kohdistuneen äänienergian suhdetta. Askeläänellä tarkoitetaan sitä ääntä, joka syntyy välipohjalla tai portaissa kuljettaessa ja joka kuuluu muihin huoneisiin. Ilmääni on puolestaan ilman välityksellä etenevä ääni. Runkoääni on rakenteissa etenevä ääni, joka ai-

heuttaa ilmaääntä. Ilmaääneneristysluku  $R'_w$  on väliseinän, välipohjan tms. ilmaääneneristävyyttä kuvaava luku, joka saadaan vertaamalla taajuuden funktiona mitattua ilmaääneneristävyyttä standardoituun vertailukäyrään. Askeläänitasoluku  $L'_{n,w}$  on askelääneneristävyyttä kuvaava luku, joka saadaan vertaamalla taajuuden funktiona mitattua askeläänitasoa standardoituun vertailukäyrään. Äänitaso (dB) on äänenpainetason painotettu arvo. Ääneneristysmääräyksissä käytetään A-painotusta. Äänenpainetaso on äänenpaineen ja standardoidun vertailuäänepaineen suhteen kaksikymmenkertainen kymmenlogaritmi. Jälkikaiunta-aika on aika, jona äänenpainetaso äänilähteen vaiettua alenee 60 dB (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.112).

Yleisen käsityksen mukaan paras ääneneristävyys saavutetaan massiivisilla kiviseinillä. Tämä pitääkin paikkansa yksinkertaisilla seinämärakenteilla. Teoreettisesti laskien massiiviseinän ilmaääneneristävyys paranee 6 dB massan kaksinkertaistuksessa, mutta todellisuudessa keskimääräinen eristävyyden parannus on 4-5 dB. Nykyisin käytettävillä kiviaineisilla (tiili, betoni) seinämällä asettaa rakenteiden taloudellinen paksuus ilmaääneneristävyyden ylärajaksi noin 56 dB (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.112,113).

Sekä teoreettiset laskelmat että käytäntö ovat osoittaneet, että kaksi- tai useampikerroksisilla seinärakenteilla päästään helposti, niiden massasta riippumatta, parempiin ilmaääneneristävyyssarvoihin kuin massiivirakenteilla (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.113).

Rakenteen ilmaääneneristävyyteen vaikuttavat rakennusosan paino, kerroksellisuus, reiät, tiiviys ja liittyminen muihin rakennusosiin. Yksinkertaisen rakenteen ääneneristävyys riippuu pääasiassa rakenteen  $m^2$ -painosta, kun taas monikerroksisissa rakenteissa on merkitystä myös kerrosten keskinäisellä etäisyydellä. Koska puurakenteissa käytettävät tarvikkeet ovat keveitä, voidaan niillä saavuttaa riittävä ilmaääneneristävyys vain kerrosrakenteita käyttämällä. Rakenteisiin tulee lukuisia liitoksia, joten tiiviyyden merkitys korostuu (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.113).

Ääni siirtyy huonetilasta toiseen paitsi suoraan seinän läpi, myös ns. sivutiesiirtymänä (flanking) toisten rakennusosien, ilmanvaihtokanavien, lämmityspattereiden, ik-

kunoiden yms. kautta. Sivutiesiirtymän välttämiseksi on äänen kulku liittyviä rakennusosia pitkin ehkäistävä. Myös LVI-asennusten suunnittelussa ja toteutuksessa on tämä huomioitava. Mitä parempaa ääneneristävyyttä rakenteilta vaaditaan, sitä suurempi on sivutiesiirtymän merkitys. Hyvä keino pienentää rakenteellista sivutiesiirtymää on käyttää liittyvinä rakenteina oikein toteutettuja keveitä puurakenteita. Tämä seikka on otettu huomioon myös ympäristöministeriön ääneneristysmääräyksiä täydentävissä ohjeissa (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.113).

Askelääni kulkee rakenteen läpi periaatteessa samalla tavalla kuin ilmaäänikin eli palkkeja pitkin. Kun otetaan tavoitteeksi sekä hyvä ilmaääneneristys että askelääneneristys, saavutetaan paras tulos käyttämällä ns. kelluvaa lattiarakennetta tai joustavasti ripustettua alakattoa. Kelluvan lattian tekniselle toiminnalle on tärkeää, että lattia on irti kantavista vaaka- ja pystysuorista rakenteista. Kaikki lattiaan liittyvät tai sen läpäisevät rakennusosat erotetaan kantavasta lattiarakenteesta joustavalla, tiiviillä väliaineella, esimerkiksi huopakaistalla, elastisella kitillä tms. (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.116,117).

Seinämän rakenteen ja tiiviiden lisäksi ääneneristävyys riippuu liittyvistä rakenteista. RakMK:n ääneneristysohjeissa on annettu arvot liittyvien rakenteiden vaikutuksesta eristävyteen. Taulukko osoittaa muun muassa, että puurakenteiden käyttö liittyvänä rakenteena on ääniteknisesti edullista (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.117).

Voimassa olevat ääneneristysmääräykset korostavat ehkä tarpeettoman yksipuolisesti seinärakenteiden riittäviä ääneneristysarvoja. Häiriöäänen syntyyn vaikuttavat kuitenkin myös muut akustiset seikat, kuten absorptio ja melutaso, joten niitä tulisi tarkastella samassa yhteydessä. Huoneessa syntyvää melua vaimennetaan tekemällä huoneen pinnat ääntäimeviksi eli absorboiviksi. Ääntävaimentavilla rakenteilla tavoitellaan vaimennusta mahdollisimman laajalla taajuusalueella, tavallisesti 125 - 4000 Hz, mikä peittää normaalin äänialueen. Tehokkain absorptiomateriaali on huokoinen levy, kuten huokoinen puukuitulevy, mineraalivilla yms. Huokoisen materiaalin absorptio-ominaisuuksiin vaikuttavat sekä levyn paksuus että sen etäisyys heijastavasta taustasta. Absorptio on tehokkain silloin, kun vaimentavan levyn keskipisteen etäisyys heijastavasta pinnasta on noin  $\frac{1}{4}$  vaimennettavan aallon pituudesta. Koska ab-

sorboivaa levyä ei ole aina mahdollista tehdä riittävän paksuksi tai levyn etäisyyttä taustasta riittävän suureksi, jää vaimennus matalilla äänillä usein heikoksi (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.120,121).

Matalien äänien vaimennusta voidaan tehostaa erilaisilla resonaattorirakenteilla. Niissä vaimennettava pinta verhotaan rakenteella, jossa puukorokkeiden päällä on ohut ehyt tai rei'itetty levy (rei'itysprosentti 10 - 15) tai harva laudoitus ja korokkeiden välissä mineraalivilla. Vastaavanlaisella resonaattorirakenteella, jossa käytetään jäykkää puukuitulevyä alustaan kiinnitettyjen korokkeiden varaan ja ilmatila täytetään eristysvillalla (äänitekniinen paketointi), voidaan parantaa tehokkaasti massiivisen kiviseinän ääneneristävyyttä. Ilmaääneneristävyyden parannus on 5-12 dB (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.121).

### 2.3.5 Puun palonkestävyys

Tulipalo on luonteeltaan kolmivaiheinen. Ensimmäisessä vaiheessa, syttymisvaiheessa, lämpötila kohoaa hitaasti noin +400 °C:seen. Tämä vaihe on henkilöturvallisuuden kannalta ratkaiseva ja asettaa rakenteiden pintakerrosten syttymisherkkyydelle suurimmat vaatimukset. Tämän jälkeen lämpötila nousee äkillisesti (flash over), mikä aloittaa toisen vaiheen, palamisen. Tällöin lämpötila nousee +1100 - +1200 °C:seen. Kun kaikki palava materiaali on palanut, seuraa kolmas vaihe, jäähtyminen, jolloin lämpötila laskee nopeasti (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.122).

Puu ja puutuotteet ovat palavia materiaaleja. Puun syttymispiste on +250 - +300 °C. Pitkäaikaisen käyttölämpötilan maksimiarvo on + 105 °C ja lyhytaikaisen + 150 °C. Palaessaan puu hiiltyy pinnaltaan. Hiiltyminen suojaa puuta kuumenemiseltä ja näin ollen hidastaa puun palamista. Puu ei tarvitse kantavana rakenteena, palkkina, pilarina tms. erityistä palosuojaa, jos se palotilanteessa säilyttää riittävän kanto- ja suojaamiskyvyn määräyksissä vaaditun ajan. Sen sijaan kantaviin puurakenteisiin liittyvät teräsosat tulee suojata, jos rakenteille on asetettu jokin palonkesto-aikavaatimus (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.122).

Rakenteisiin tuleville suojaamattomille pultti-, naula- ja naulalevyliitoksille ei voida laskea lainkaan palonkestoaikaa. Niiden suojaukseen voidaan käyttää puuta, lastulevyä, mineraalivillaa tai vastaavaa materiaalia (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.123).

Käytettäessä liitoksissa metallisia liittimiä rakennetta voidaan usein muuttaa siten, että metallilevyt tulevat suojaan puuosien väliin tai puuhun tehtyihin loveuksiin. Tarvittaessa voidaan upotetut pultinkannat ja muut metalliosat peittää esimerkiksi puuverhoilulla. Tappivaarvoja käytettäessä suojaus on helppoa. Riittävän lyhyeksi jätettyjen vaarvojen päihin valmiiksi porattuihin reikiin pannaan puutulpat. Liitokseen jää näin näkyviin pelkkä puupinta. Polttokokeilla on osoitettu, että metalliliittimin kootujen liitosten palonkesto-ominaisuuksia voidaan parantaa suojauksella niin, että ne täyttävät palonkestoluokkien 30 minuutin ja jopa 60 minuutin vaatimukset (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.123).

Massiivipuu soveltuu hyvin käytettäväksi, kun kannatteilta vaaditaan 30 - 90 minuutin palonkestoaikaa. Tällöin mitoituksessa tulee ottaa huomioon puun hiiltymisnopeus ja hiiltymissyvyys. RakMK:n osan B10 mukaan puisen suorakaiteen muotoisen rakennusosan hiiltymissyvyys  $x$  voidaan laskea hiiltymisnopeuden  $\beta$  ja ajan  $t$  (min) avulla seuraavasti (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.123):

$$x = \beta t$$

Hiiltymättä jääneen poikkileikkauksen nurkkien kaarevuussäde  $r = 0,8 \beta t$  (mm).

Jos puurakenteella on yhteinen kosketuspinta jonkun toisen rakennusosan, kuten yläpohjan, seinän ym. kanssa, voidaan jälkimmäisen rakennusosan suojaava vaikutus kosketuspinnan hiiltymisessä ottaa huomioon, jos suojaavan rakenteen vaikutus hiiltymissyvyyteen on osoitettu luotettavin selvityksin. Kantavien rakenteiden kantokyvyn säilyminen vaadittavan palonkestoajan määritetään hiiltymättä jääneen puun poikkileikkauksen perusteella (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.123).

Rakentamisessa käytettävät puutuotteet esim. massiivipuu, lastulevy ja vanerit ja kovat sekä puolikovat rakennuslevyt luokitellaan syttymisherkyys- ja palonlevittämisominaisuuksiltaan luokkaan 2/-. Huokoinen kuitulevy, rakennuspahvit ja -paperit

ovat yleensä luokkaa -/-. Joillakin puupohjaisilla rakennuslevyillä esim. sementtilas-tulevyllä voidaan saavuttaa luokka 1/I (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s. 123,124). Syttymisherkkyyks- ja palonlevittämisloukat alenevat asteittain seuraavassa järjestyksessä: 1/I, 1/II, 1/-, 2/- (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.127).

Puun palonkestävyyttä voidaan parantaa myös kemiallisesti. Tavallinen painekyllästys pienentää syttymisherkkyyttä ja palavuutta, mutta lisää puun lämmönjohtavuutta niin, että tulipalossa painekyllästetyn puun hiiltymisnopeus voi olla jopa suurempi kuin käsittelemättömän puun. Siksi tavallista painekyllästystä ei voida pitää palosuojakäsittelynä (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.124).

Suomessa kehitetty palonestokyllästys parantaa puun palonkestävyyttä niin, että näin käsitelty puu luokitellaan pintakerroksen syttymisherkkyyksluokkaan 1 ja palonlevittämisloukkaan II. Tälle ns. palonestopuulle on myönnetty tyyppihyväksyntä sisäasiainministeriössä (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.124).

Puhalluskuitueristeitä käytetään yleisesti teräsrakenteiden suojaukseen. Teknisesti ne soveltuvat myös puun palosuojaukseen. 30 minuutin palosuojaukseen tarvitaan vähintään 12 mm:n paksuinen kerros (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.124).

Puun palosuojaukseen käytetään myös erityisiä palonestomaaleja. Palonestomaalit paisuvat kuumuuden vaikutuksesta, ja näin syntynyt vaahtomainen palamaton solukko hidastaa lämmön siirtymistä suojattavaan rakenteeseen. Puupinnalle sivelty palonestomaali suojaa puuta 10 – 15 minuuttia. Ulkonäöltään palonestomaalaus vastaa normaalia maalausta tai lakkausta (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.124).

Yksi- ja kaksikerroksisissa P2- ja P3-loukan rakennuksissa puuta voidaan käyttää kantavissa rakenteissa kellarikerroksen kantavia seiniä lukuun ottamatta (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.124).

Määräysten mukaan pientalot tulee sijoittaa vähintään 8 metrin etäisyydelle toisistaan. Etäisyydet mitataan seinästä seinään, paitsi jos räystäät ovat yli 60cm leveät,



jolloin mitataan räystäästä räystääseen. Jos rakennusten keskinäinen etäisyys on alle 8 metriä, joudutaan rakennukset erottamaan tarkoituksenmukaisin osastoivin seinin tai palomuurin. Kun paloahidastavia pientaloja on useita, niistä voidaan muodostaa ns. paloteknisiä ryhmiä. Ryhmän enimmäiskerrosala on yksikerroksisena 2400 m<sup>2</sup> ja kaksikerroksisena 1600 m<sup>2</sup>. Ryhmärakentaminen voi tulla kyseeseen pientaloalueella joko samalla tontilla tai eri tonteilla. Ulkoseinien osastointivaatimuksen soveltaminen tiiviisti rakennetuilla pientaloalueilla on tuottanut vaikeuksia. Samoin määräysten ulottaminen sekä asuin- että talousrakennuksiin on vaikeuttanut tilannetta. Ryhmien välisen etäisyyden tulee olla vähintään 8 metriä. Ympäristöministeriön soveltamisesimerkeissä on otettu kanta, että osastointivaatimuksia voidaan lieventää, jos ryhmien välinen etäisyys on vähintään 12 – 15 metriä ja ryhmät muodostavat suuryhmiä. Tällöin yleensä riittävät B30-luokan seinät eikä talousrakennuksissa tarvita niitäkään. Seinien palonkestovaatimukset asetetaan lähinnä rakennuksen sisältä leviävän palon varalle (Siikanen Unto, Puurakennusten suunnittelu s.128).

### 2.3.6 Yleistä kohteen rakennesuunnittelusta

Opinnäytetyön aiheena oleva kohde on yhteen tasoon rakennettava puurunkoinen rakennus, jonka rakenteet suunniteltiin eurokoodien vaatimukset täyttäviksi. Rakennesuunnittelua tehtiin jo arkkitehtisuunnittelun rinnalla mm. rakennedetaljien muodossa esimerkiksi alapohjan, yläpohjan ja ulkoseinien rakenteista. Edellä mainittujen rakenteiden suunnittelussa on huomioitava rakennusmääräykset esimerkiksi lämmön-, äänen- ja vedeneristämisen suhteen. Suunnittelussa on huomioitava myös palomääräykset, kaikki nämä asiat jo rakennusluvan hakemisvaiheessa. Jos suunnitelmissa on puutteita, rakennuslupakäsittely viivästyy. Valvontaviranomaiset joutuvat pyytämään lisäselvityksiä, eikä asian käsittely yleensä etene ennen kuin kaikki pyydetyt asiat on selvitetty ja kaikki tarvittavat liitteet toimitettu.

Rakennedetaljien miettiminen jo arkkitehtisuunnittelun aikana helpottaa rakennusluvan hakemista, sillä myös pientaloihin täytyy tehdä energiaselvitys rakennuslupavaiheessa. Eri rakennusosien U-arvojen laskemisessa on tiedettävä niiden rakennekerrokset, jotta lämmönläpäisykertoimet voidaan laskea. Saatuja arvoja verrataan raken-

nusmääräysten mukaisiin arvoihin, ja tällä tavoin osoitetaan rakenteiden täyttävän voimassa olevat uudisrakentamisesta annetut määräykset.

Varsinainen rakennesuunnittelu tehtiin vasta luvan saamisen jälkeen, kun rakentaminen tuli ajankohtaiseksi. Rakennustarkastaja oli ilmoittanut tilaajalle, että kaikki kuvat voi esittää yhtä aikaa esim. rakennekatselmuksen yhteydessä, ja hän vain tarkastaa, että olette tehneet suunnitelmien mukaisesti. Rakennekuvat tarvitaan rakennusvalvontaan, ja niitä tarvitaan lisäksi toteutusvaiheessa, jotta rakenteet osataan tehdä suunnitelmien mukaisiksi.

### 3 RAKENTEIDEN SUUNNITTELU

#### 3.1 Vaipparakenteet

Rakennus suunniteltiin vakituiseen asuinkäyttöön, joten rakenteiden tuli täyttää lämpimän tilan rakenteille asetetut vaatimukset. Lämpimällä tilalla tarkoitetaan tilaa, jonka mitoitettavaksi huonelämpötilaksi lämmityskaudella valitaan oleskelu- tai muista syistä +17 °C tai sitä korkeampi lämpötila (Suomen RakMK C3.2008, s.2). Rakenteiden suunnittelussa kiinnitettiin huomiota sekä materiaalien eristysominaisuuksiin että niiden kustannustehokkuuteen (Mikkola Iina, Opinnäytetyö s.11).

Rakennuksen eri rakenneosien lämmönläpäisykerroin  $U$  määritettiin Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C4 mukaan.

$$U = 1/R_T$$

Kokonaislämmönvastus  $R_T$  laskettiin kaavalla

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_i + R_{se},$$

jossa laskettiin eri rakennusosien lämmönvastukset ottaen huomioon sisä- ja ulkopuoliset lämmönvastukset  $R_{si}$  ja  $R_{se}$ .

Yhden rakennusosan lämmönvastus laskettiin kaavalla

$$R_i = d_i / \lambda_i,$$

jossa  $d_i$  on ainekerroksen paksuus ja  $\lambda_i$  ainekerroksen lämmönjohtavuuden arvo (Mikkola Iina, Opinnäytetyö s.12).

### 3.1.1 Alapohjarakenne

Alapohjarakenteeksi valittiin maanvarainen teräsbetonilattia, jonka alle asennetaan lämmöneristeet. Rakennuksen lämmönjakotapana käytetään lattialämmitystä, joka toteutettiin vesikiertoisina lattialämmityspiireinä. Muoviset lattialämmityspotket asennetaan ennen lattian valamista paikoilleen lattialämmityssuunnitelman mukaisesti ja putket sidotaan teräsverkkoihin asianmukaisilla sidelangoilla.

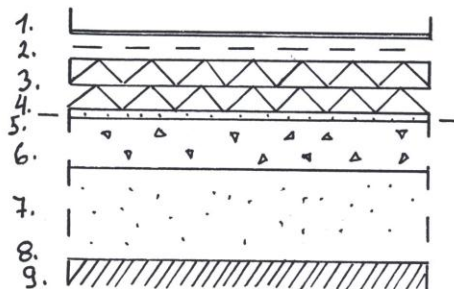
Alapohjarakenne ylhäältä alaspäin lukien on seuraavanlainen:

- pintamateriaali laminaatti noin 10 mm (kosteat ja märkätilat laatta, klinkkeri)
- maanvarainen teräsbetonilaatta 100 mm, raudoitus keskeinen teräsverkko 6 # 150mm
- lämmöneriste 200 mm, 100 + 100 mm EPS-lattiaeriste,  $\lambda_D = 0.036 \text{ W/m}^2\text{K}$ .
- kapillaarikatkosorakerros vähintään 200 mm
- täytesora kerrospaksuus noin 510 mm
- perusmaa

Rakenteen paksuus varsinaisen alapohjan osalta on 310 mm ja alapohjarakenteen lämmönläpäisykerroin eli U-arvo on  $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

OMAKOTITALO KORPI	RAKENNETYYPPI		
JARI JA ELISA	- ALAPOTILJA		AP
SUUNNITTELIJA	PÄIVÄYS	MITTAKAANIA	PIIRTÄJÄ
JOUNI KORPI	23.12.2012	1:20	JOUNI KORPI

⊕



⊖

AP-RAKENNE YLHÄÄLTÄ ALAS LUKIEN

1.	10 MM	PINTAMATERIAALI LAMINAATTI
2.	100 MM	TERÄSBETONILAATTA, KESKEINEN RAUDOITUS 6-150
3.	200 MM	SOLU POLYSTYREENILEVYT EPS 100-LATTIAERISTE 100+100MM, $\lambda_d = 0,036 \text{ W/mK}$ , SAUMAT LIMITTÄIN
4.	30...50MM	TASAUSHIEKKA
5.		SUODATINKANGAS, KÄYTTÖLUOKKA 2 ( $> 120 \text{ g/m}^2$ )
6.	200 MM	KAPILLAARIKATKO, SEPELI 8-16MM, VÄHINTÄÄN 200MM
7.	370 MM	TÄYTESORA, KERROS PAKSUUS NOIN 370MM
8.		SUODATINKANGAS, KL 2 ( $> 120 \text{ g/m}^2$ )
9.		PERUSMAATA VASTEN
		PERUSMAA, KALLISTUS SALOJIIIN 1:50
RAKENTEEN PAKSUUS AP:IN OSALTA		370 MM

LÄMMÖNLÄPÄISYKERTOIN:  $U = 0,17 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ .

### 3.1.2 Ulkoseinärakenne

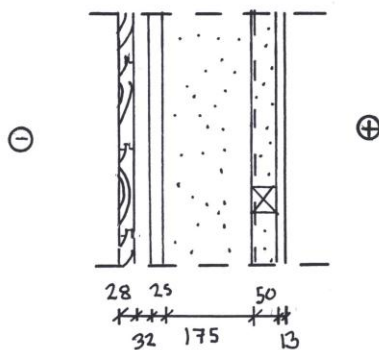
Ulkoseinä toteutetaan ristirankarakenteena, jolla tarkoitetaan kahteen suuntaan tehtyä puurunkoa. Varsinainen kantava pystyrunko tehdään dimensioiltaan 48 x 173 mm k600 mitallistetusta puutavarasta ja sen sisäpuolelle tehdään 48 x 48 mm k600 mitallistetusta puutavarasta vaakarunko. Pysty- ja vaakarungon väliin asennetaan ilmansulkupaperi ja lämmöneristeenä pystyrungon osalta käytetään ruiskutettavaa puukuitueristettä. Vaakarungon väliin asennetaan lämmöneristeeksi saman valmistajan puukuitulevyvillaa. Lämmöneristeiden valmistuksessa on hyödynnetty kierrätyspaperia. Ulkoseinän sisäpuoli verhoillaan erikoiskovalla kipsilevyllä ja rungon ulkopuolella käytetään tuulensuojana 25mm paksua huokoista puukuitulevyä. Tuulensuojalevyn päälle asennetaan pystysuuntainen koolaus 32 x 100 mm puutavarasta ja julkisivut verhoillaan 28 x 170 mm vaakasuuntaisella ulkoverhouslaudalla.

Ulkoseinärakenne sisältä ulospäin lukien on seuraavanlainen:

- kipsilevy 13 mm EK (erikoiskova)
- vaakarunko 48x48 mm k600 + lämmöneriste 50 mm levyvilla,  $\lambda_D = 0,039$  W/m<sup>2</sup>K
- ilmansulkupaperi EKO X5
- kantava puurunko 48x175 mm k600 + lämmöneriste 175 mm ruiskutettava puukuitueriste,  $\lambda_D = 0,040$  W/m<sup>2</sup>K.
- tuulensuojalevy 25 mm huokoinen puukuitulevy
- pystysuuntainen koolaus 32x100 mm k600
- julkisivuverhous 28x170 mm UTV vaakaverhous

Ulkoseinän rakennepaksuus on 321 mm ja rakenteen lämmönläpäisykerroin eli U-arvo on 0,17 W/m<sup>2</sup>K.

OMAKOTITALO KORPI JARI JA ELISA	RAKENNETYYPPI -ULKOSEINÄ US		
SUUNNITTELIJA JOUNI KORPI	PÄIVÄYS 23.12.2012	MITTAKAANA 1:10	PIIRTÄJÄ JOUNI KORPI



#### US-RAKENNE SISÄLTÄ ULOS LUKIEN

1. PINTAKÄSITTELY
2. 13MM KIPSIKARTONKI LEVY EK
3. 48MM VAAKAKOOLAUS 48x48 K600 + LÄMMÖNERISTE LEVYVILLA 50MM,  $\lambda_D = 0,039 \text{ W/mK}$
4. ILMANSULKUPAPERI EKO X5
5. 175MM KANTAVA PUURUNKO 48x175 K600 + LÄMMÖNERISTE RUISKUTETTAVA PUUKUTUERISTE,  $\lambda_D = 0,040 \text{ W/mK}$
6. 25MM TUULENSUOJALEVY, RUNKOLEIJONA 25MM,  $\lambda_{10} = 0,05 \text{ W/mK}$
7. 32MM PYSTYKOOLAUS 32x100 K600
8. 28MM ULKOVERHOUSLAUTA UTV 28x170MM VAAKAM

RAKENTEEN PAKSUUS ON 321MM

LÄMMÖNLÄPÄISYKERTOIN:  $U = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Rakenne on lähes homogeeninen eli kaikki rakennekerrokset ovat samaa raaka-ainetta eli puuta. Huokoisen puukuitulevyn käyttö tuulensuojana antaa mahdollisuuden laskea se lämmöneristekerrokseksi ja näin ollen lämmöneristeen kokonaispaksuus on 250 mm.

Ilmansulkupaperin asennus vaaka- ja pystyrungon väliin mahdollistaa sähköasennusten tekemisen ilmansulkupaperin sisäpuolelle, jolloin sähköasennukset eivät riko ilmansulkukerrosta. Tällä on hyvin suuri merkitys rakenteiden ilmanpitävyydelle.

### 3.1.3 Yläpohjarakenne

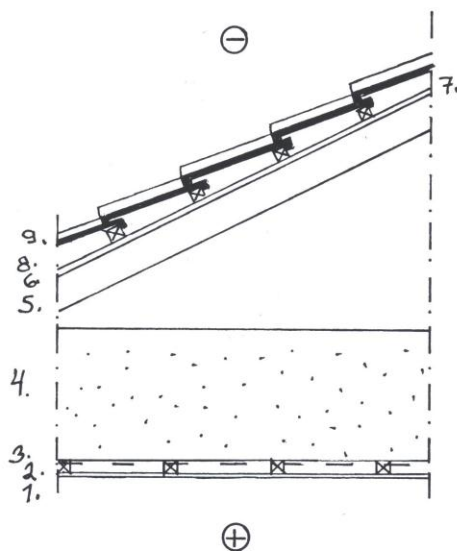
Yläpohjan kantava rakenne toteutetaan tehdasvalmisteisilla naulalevyristikoilla. Riskin alapäärre muodostaa kantavan rakenteen varsinaiselle yläpohjarakenteelle. Riskin yläpäärre muodostaa kantavan rakenteen vesikatteelle ja sen alusrakenteelle.

Yläpohjarakenne sisältä ulospäin lukien on seuraavanlainen:

- sisäkattoverhous esim. MDF-paneeli 10 mm
- koolaus 48x48 mm k400
- höyrystänsulkukalvo 0,2 mm muovikalvo, saumat limitetään vähintään 200 mm ja teipataan luotettavalla tavalla (saumat pyritään tekemään puristusliitoksilla mahdollisuuksien mukaan)
- vesikaton kantava rakenne naulalevyristikot k900
- lämmöneriste puhallettava puukuitueriste 500 mm,  $\lambda_D = 0,040 \text{ W/m}^2\text{K}$ .
- aluskate
- tuuletusvälirima 22x50 mm k900
- tiilikaton ruoteet 48x48 mm k300...350
- vesikatemateriaali betoninen kattotiili

Rakenteen paksuus varsinaisen yläpohjan osalta on 558 mm ja yläpohjan lämmönläpäisykerroin eli U-arvo on  $0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

OMAKOTITALO KORPI JARI JA ELISA	RAKENNETYYPPI - YLÄPOHJA YP		
SUUNNITTELIJA JOUNI KORPI	PÄIVÄYS 23.12.2012	MITTAKAANA 1:20	PIIRITÄJÄ JOUNI KORPI



YP-RAKENNE SISÄLTÄ ULOS LUKIEN

1. 10 MM SISÄKATTO VERHOUS ESIM. MDF-PANEELI
2. 48 MM HARVAKOOLAUS 48 x 48 K400
3. 0,2 MM HÖYRYNSULKUMUUVI 0,2 MM SAUMMI LIMITÄÄN VÄHINTÄÄN 200MM JA TEIPATAAN
4. 500 MM LÄMMÖNERISTE PUHALLETTAVA PUUKUITUERISTE  $\lambda_d = 0,040 \text{ W/mK}$
5. VESIKATON KANTAVA RAKENNE, NAULALEVY-  
RISTIKOT K900
6. ALUSKATE
7. 22MM KOROKERIMAT 22x100 KATTOKANNAKKEIDEN KOHDALLA
8. 48MM TIILIKATTO RUOTEET 48x48 K 300...350
9. BETONIKATTOTIILI

RAKENTEEN PAKSUUS YP:IN OSALTA 558 MM

LÄMMÖNLÄPÄISYKERTOIN:  $U = 0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$

VESIKATON KALTEVUUS 1:2



### 3.2 Perustukset

Perustuksien tekemiseen on olemassa useita eri vaihtoehtoja, esim. teräsbetoniantura ja harkkosokkeli, teräsbetoniantura ja teräsbetonisokkeli, paaluperustus, maanvarainen reunavahvistettu laatta. Muitakin vaihtoehtoja on, mutta nämä ovat yleisimpiä pientalojen perustustapoja.

Harkkosokkeli muurataan perustusharkoista, joita on useanlaisia erilaisiin käyttötarkoituksiin. Tällainen sokkeli tarvitsee alleen aina teräsbetonianturan. Teräsbetonisokkeli voidaan tehdä kaksivaiheisena, jolloin ensimmäisellä valukerralla valetaan antura ja toisella valukerralla sokkeli. Toinen vaihtoehto on valaa antura ja sokkeli samaan aikaan, jolloin perustus saadaan valmiiksi kerralla.

Pohjamaan kantavuuden ollessa heikko, perustukset voidaan toteuttaa maanvaraisena laattaperustuksena, reuna-alueiltaan vahvistettuna laattana. Tällöin perustukset ja lattia valetaan yhtä aikaa. Koko laatta kantaa, jolloin kuormitus jakaantuu laajemmalle alueelle, eikä heikosti kantavan pohjamaan kantokykyä ylitetä. Joskus pohjamaan kantavuus on niin heikkoa, että joudutaan turvautumaan paalutukseen, jolloin rakennuksen ala paalutetaan joko kokonaan tai osittain. Paalut upotetaan riittävän syvälle kantavaan perusmaahan asti tarkoitukseen valmistettua lyöntikonetta käyttäen.

Perustuksien suunnittelussa lähdettiin siitä, että perustukset valetaan betonista, ja betoni vahvistetaan tarvittavalla määrällä teräksiä. Tilaaja oli teettänyt tontillaan pohjatutkimuksen ja pohjatutkimusraporttia hyödynnettiin perustuksien suunnittelussa. Aluksi perustuksia alettiin suunnitella maanvaraisena reunavahvistettuna laattana. Maapohjan kantavuus ei edellyttänyt tätä, vaan siihen oli muita syitä. Rakentaminen aloitetaan loppukesällä ja perustuksien teko maanvaraisena laattana mahdollistaisi perustuksien ja lattian valamisen yhtä aikaa, jolloin rakentaminen edistyisi ripeästi ja oikeassa järjestyksessä, koko ajan pohjalta ylöspäin. Tämä vaihtoehto mahdollistaisi myös lämpöeristeiden sijoittamisen sokkelin ulkopuolelle niin, että sokkeli olisi koko ajan lämpimällä puolella. Sokkeli täytyisi lopuksi pinnoittaa. Tästä vaihtoehdosta luovuttiin sen kohdattua useilta tahoilta paljon kritiikkiä.

Toisena vaihtoehtona oli halkaistu teräsbetonisokkeli, joka tarkoittaa sokkeliä, jonka sisä- ja ulkokuori on betonista ja välissä on lämpöeristekerros. Eristekerros katkaisee lämmönjohtumisen rakennuksen sisältä ulos ja on energiatehokas rakenne. Halkaistu teräsbetonisokkeli onkin lämpötaloudellisin sokkeli.

Sokkeli oli tarkoitus valaa valmiita lämpöeristettyjä muotteja käyttäen, johon on asennettu rauditus valmiiksi. Tällä tavalla olisi saatu energiataloudellinen perustus kohtuullisella työpanoksella. Muotteja valmistetaan tehdasvalmisteisena ja niiden saatavuus on hyvä. Tämäkin vaihtoehto hylättiin kustannussyistä. Pelkät muotit olivat lähes samanhintaiset kuin perustusurakoitsijalta saatu tarjous valmiista sokkelista, johon sisältyivät muottityöt, teräkset, betonit ja muottien purku. Perustusurakoitsijat käyttävät valmiita vanerista, puusta ja teräsosista tehtyjä muotteja, joita he käyttävät useassa eri kohteessa.

Kolmas vaihtoehto eli sokkelin teettäminen perustusurakoitsijalla valittiin toteutettavaksi. Sokkeli suunniteltiin 200 mm leveänä ja 1000 mm korkeana teräsbetonisokkelina. Sokkelin sisäpuolelle asennetaan lämmöneristeeksi 100 mm EPS 100-lattiaeristettä. Eriste asennetaan kahtena 50 mm kerroksena ja saumat limitetään. Sokkelin yläosaan asennetaan 300 mm korkea 50 mm paksu XPS eristekaista, joka nostetaan 50 mm lattiatason yläpuolelle. Tällä katkaistaan mahdollinen vuotoilma-reitti alaohjauspuun alitse.

Sokkelin alaosa tehdään 300 mm leveänä. Levennys toimii anturana. Sokkelin teräkset ovat 10 mm harjaterästä ja niitä asennetaan kuusi kappaletta kolme molempiin pintoihin. Hakoina käytetään 8 mm teräksestä taivutettua umpihakoja, jotka asennetaan k300 jaolla. Sokkelin alle asennetaan lämmöneristeeksi 50 mm XFS eriste.

### 3.3 Runko- ja vesikattorakenteet

Kantavan rungon aluspuuna käytetään dimensioltaan 48x175 mm mitallistettua puutavaraa, joka kiinnitetään sokkeliin porattavilla kiinnikkeillä (halkaisija 8 mm).

Alajuoksun alle asennetaan kosteuseristeeksi bitumikermikaista ja sen päälle lämmöneristeeksi solumuovikaista. Pystyrunkona käytetään samaa dimensioltaan

48x175 mm puutavaraa. Pystytolpat asennetaan 600 mm:n jaolla. Pystyrungon sisäpuolelle asennetaan ensin ilmansulkupaperi ja sen jälkeen vaakarunko dimensioltaan 48x48 mm mitallistetusta puutavarasta. Vaakarunko asennetaan k600 jaolla. Rungon pitkien sivujen yläosaan lovetaan kertopuu 51x200 mm. Ylös asennetaan lisäksi yläohjauspuuksi 48x175 mm olevaa puutavaraa.

Vesikaton kantava rakenne tehdään naulalevyristikoilla, päätyräystäiden rungot tehdään 48x123 mm puutavarasta. Rakennuksen eteen tulevan terassin pystyrunko rakennetaan 115x115 mm liimapilareilla ja niiden varaan asennettavasta 115x225 mm liimapalkista. Terassin katon kantava runko tehdään dimensioltaan 48x150 mm puutavaraa käyttäen. Räystäiden rungot tehdään samalla puutavaralla. Terassien rungot rakennetaan paikan päällä.

#### 3.4 Väliseinät

Kaikki väliseinät ovat keveitä väliseiniä. Tällä tarkoitetaan sitä, etteivät ne toimi rakenteellisesti kantavina seininä eli niiden ei tarvitse siirtää kuormia ylhäältä alaspäin. Ne ovat ainoastaan tilaa jakavia seiniä.

Keveitä väliseiniä on kahdentyyppisiä. Puurunkoiset väliseinät tehdään dimensioltaan 40 x 66 mm kertopuusta ja verhoillaan molemmin puolin erikoiskovalla 13 mm:n kipsilevyllä. Väliseinien rungot tehdään k600 jaolla, paitsi sellaiset seinät, joiden pintamateriaalina on laatta. Silloin rungon pystytolppien jakona käytetään k400. Saunan ja pesuhuoneen seinät sekä keittiön ja olohuoneen välinen seinä tehdään kivi-rakenteisena. Nämä seinät tehdään kalkkihiekkatiilestä ohutsaumamuurauksella. Kakhitiili on kalkkihiekkatiili, jonka mitat ovat 300 x 200 x 85 mm ja tiilet ovat pontattuja sekä rei'itettyjä, jolloin rei'itys mahdollistaa esim. sähkövetojen viemisen väliseinän sisässä. Keittiön ja olohuoneen välinen seinä muurataan, koska olohuoneen puolelle muurataan takka-leivinuuni sekä savuhormi, joka palvelee myös saunaan tulevan puukiukaan savukaasujen poistohormina.

Kevyet väliseinät ovat seuraavanlaisia:

#### Puurunkoinen väliseinä

- pintakäsittely, maali tai tapetti
- kipsilevy 13 mm EK (erikoiskova)
- pystyrunko 40x66 mm k600 + äänieriste 50 mm levyvilla
- kipsilevy 13 mm EK (erikoiskova)
- pintakäsittely, maali tai tapetti

#### Kahitiiliseinä

- pintakäsittely, maali tai tapetti (kuivat tilat)
- tasoite
- kalkkiahiekkatiili 300 x 200 x 85 mm
- tasoite
- pintakäsittely, maali tai tapetti (kuivat tilat)

Märkätilojen seinät tasoitetaan märkätilatasoitteella, vesieristetään ja laatoitetaan.

Saunan kiviseinät lämpöeristetään 30 mm alumiinipaperipintaisella SPU-eristeellä ja sen jälkeen seinät koolataan esim. 22 x 50 mm puutavaralla ja paneloidaan.

Kiukaan viereistä seinää ei voida paneloida eikä myöskään aivan kiukaan takana olevaa seinää, vaan ne tasoitetaan ja esim. maalataan.

### 3.5 Pintarakenteet

Asuinhuoneiden sisäseinien pinnat maalataan tai ne voidaan vaihtoehtoisesti tapetoida. Tapetoitavatkin seinät kuitenkin pohjamaalataan.

Keittiössä tiskialtaan yläpuoli sekä kalusteiden välitilat laatoitetaan. Myös WC:n seinät laatoitetaan.

Asuintilojen sisäkatot tehdään valmiiksi pintakäsittelystä rungoltaan Mdf-verhoilulevystä. Katot voidaan vaihtoehtoisesti paneloida puupaneelilla.

Asuinhuoneiden lattiat ovat laminaattia. WC:n lattia laatoitetaan ja keittiön lattiaan asennetaan muovimatto. Kodinhoitohuoneen, pesuhuoneen ja saunan katot paneloidaan sekä lattiat laatoitetaan.

## 4 ENERGIASELVITYS

### 4.1 Laadinnan periaatteet

Laskennassa käytettiin RakMK D5 2012 mukaista laskentamenetelmää. Ensin laskettiin omakotitalon jokaisen huoneen lämmitystehontarve. Sen jälkeen laskettiin koko rakennuksen lämmitystehontarve, jossa on mukana myös ilmanvaihtokone ja lämpimän käyttöveden lämmitysteho. Nämä laskelmat suoritettiin käsin. Kun tarvittavat lähtötiedot oli saatu ja laskelmat tehty, saadut arvot sijoitettiin tietokone-ohjelmaan lähtötiedoiksi ja varsinainen energialaskelma tehtiin Energiajunior 7.1 -nimisellä laskentaohjelmalla.

### 4.2 Energialaskelman teko

Energialaskelman teko aloitettiin lähtötietojen selvittelyllä. Lähtötietoina tarvitaan ulkovaipan rakenteiden U-arvot eli ulkoilmaan rajoittuvien rakennusosien lämmönläpäisykertoimet, jotka jouduttiin laskelmaan jokaiselle rakennusosalle erikseen. Sen lisäksi tarvitaan jokaisen huoneen tai tilan ulkoilmaan rajoittuvien pintojen pinta-alat (alapohja, ulkoseinä, yläpohja). Edelleen lähtötietoina tarvitaan ikkunoiden tai ulkoviekien pinta-alat, koska näillä rakennusosilla on yleensä erilainen U-arvo suhteessa esim. ulkoseinään. Pinta-alamatiedot saadaan piirustuksista mittaamalla. Lisäksi tarvi-

taan tieto siitä, millä paikkakunnalla rakennus sijaitsee. Tällä on merkitystä ulkoilman mitoittavaa lämpötilaa valittaessa.

Tässä suhteessa Suomi on jaettu neljään eri vyöhykkeeseen mm. sijaintinsa suhteen ja esim. Haukiputaalla ulkoilman mitoittavana lämpötilana pidetään  $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Näiden tietojen perusteella voidaan laskea jokaisen huoneen lämmitystehontarve johtumishäviöiden osalta. Sen lisäksi lämmitystehontarpeeseen vaikuttaa tilan ilmanvaihdon tarve. Ilmanvaihto jaetaan vuotoilmaan, tuloilmaan ja korvausilmaan, joista jokaisella on oma merkityksensä. Vuotoilma tarkoittaa sitä ilmamäärää, joka vuotaa rakenteiden läpi rakenteiden epätiivyydestä johtuen. Tuloilmalla tarkoitetaan huoneeseen puhallettavaa ilmamäärää, mikä kuuluu varsinaiseen ilmanvaihtoon. Korvausilmalla tarkoitetaan tilaan yleensä ulkoa otettavaa ilmaa, jotta ilmanvaihtovirrat pysyvät keskenään tasapainossa.

Ilmanvaihdon lämmitystehontarvetta laskettaessa ensin laskettiin vuotoilman lämmityksestä aiheutuva tehontarve kaavalla:

$$\Phi_{\text{vuotoilma}} = \rho_i \times c_{pi} \times q_{v,\text{vuotoilma}}(T_s - T_{u,\text{mit}})$$

jossa

$\Phi_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämmityksen tarvitsema teho, W
$\rho_i$	ilman tiheys, $1,2\text{ kg/m}^3$
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, $1000\text{ Ws/(kgK)}$
$q_{v,\text{vuotoilma}}$	vuotoilmavirta, $\text{m}^3/\text{s}$
$T_s$	sisäilman lämpötila, $^{\circ}\text{C}$
$T_{u,\text{mit}}$	mitoittava ulkoilman lämpötila, $^{\circ}\text{C}$

Vuotoilmavirta  $q_{v,\text{vuotoilma}}$  lasketaan kaavalla:

$$q_{v,\text{vuotoilma}} = (q_{50}/3600 \cdot x) \times A$$

jossa

$q_{50}$	rakennusvaipan ilmanvuotoluku, $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$
$A$	rakennusvaipan pinta-ala (alapohja mukaanluettuna), $\text{m}^2$
$x$	kerroin, joka on yksikerroksisille rakennuksille 35, kaksikerroksisille

24, kolmi- ja nelikerroksisille 20 ja viisikerroksisille ja sitä korkeammille 15

3600 kerroin, joka muuttaa ilmavirran  $\text{m}^3/\text{h}$  yksiköstä  $\text{m}^3/\text{s}$  yksikköön.

Seuraavaksi laskettiin tuloilman lämmityksestä aiheutuva tehontarve kaavalla:

$$\Phi_{\text{tuloilma}} = \rho_i \times c_{\text{pi}} \times q_{\text{v,tuloilma}}(T_s - T_{\text{sp}})$$

jossa

$\Phi_{\text{tuloilma}}$  tilassa tapahtuvan tuloilman lämmityksen tarvitsema teho, W

$\rho_i$  ilman tiheys,  $1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$

$c_{\text{pi}}$  ilman ominaislämpökapasiteetti,  $1000 \text{ Ws}/(\text{kgK})$

$q_{\text{v,tuloilma}}$  tuloilmavirta,  $\text{m}^3/\text{s}$

$T_s$  sisäilman lämpötila,  $^{\circ}\text{C}$

$T_{\text{sp}}$  tuloilman sisäänpuhalluslämpötila,  $^{\circ}\text{C}$ .

Korvausilman lämmityksestä aiheutuva tehontarve laskettiin kaavalla:

$$\Phi_{\text{korvausilma}} = \rho_i \times c_{\text{pi}} \times q_{\text{v,korvausilma}}(T_s - T_{\text{u,mit}}),$$

jossa

$\Phi_{\text{korvausilma}}$  korvausilman lämpenemisen tarvitsema teho, W

$\rho_i$  ilman tiheys,  $1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$

$c_{\text{pi}}$  ilman ominaislämpökapasiteetti,  $1000 \text{ Ws}/(\text{kgK})$

$q_{\text{v,korvausilma}}$  korvausilmavirta,  $\text{m}^3/\text{s}$

$T_s$  sisäilman lämpötila,  $^{\circ}\text{C}$

$T_{\text{u,mit}}$  mitoittava ulkoilman lämpötila,  $^{\circ}\text{C}$

Korvausilmamäärä lasketaan kaavalla:

$$q_{\text{korvausilma}} = q_{\text{v,poisto}} - q_{\text{v,tulo}}$$

jossa

$q_{\text{korvausilma}}$  korvausilmavirta,  $\text{m}^3/\text{s}$

$q_{v,poisto}$	poistoilmavirta, $m^3/s$
$q_{v,tulo}$	tuloilmavirta, $m^3/s$

Tämän jälkeen jokaisen huoneen lämmitystehontarve saatiin laskettua, kun kaikki edellä mainitut laskelma laskettiin yhteen, jolloin summana saatiin yhden huoneen lämmitystehontarve. Tämän jälkeen koko rakennuksen lämmitystehontarve saatiin laskemalla yhteen kaikki yksittäisten huonetilojen lämmitystarpeet. Tämän jälkeen laskettiin ilmanvaihdon ja käyttöveden lämmityksen tehontarpeet.

Ilmanvaihdon lämmitystehontarve laskettiin kaavalla:

$$\Phi_{iv} = \rho_i \times c_{pi} \times q_{iv,tulo} (T_{sp} - T_{lto,mit})$$

jossa

$\Phi_{iv}$	ilmanvaihto lämmityspatterin teho, W
$\rho_i$	ilman tiheys, $1,2 \text{ kg/m}^3$
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, $1000 \text{ Ws/(kgK)}$
$q_{v,tulo}$	tuloilmavirta, $m^3/s$
$T_{sp}$	sisäänpuhalluslämpötila, $^{\circ}\text{C}$
$T_{lto,mit}$	lämmön talteenottolaitteen jälkeinen lämpötila mitoitusilanteessa, $^{\circ}\text{C}$ .

Lämmön talteenoton jälkeinen tuloilmalämpötila lasketaan kaavalla:

$$T_{lto,mit} = T_{u,mit} + \eta_{t,mit} (T_s - T_{u,mit})$$

jossa

$T_{u,mit}$	mitoitettava ulkoilman lämpötila, $^{\circ}\text{C}$
$\eta_{t,mit}$	lämmön talteenoton tuloilman lämpötilasuhde mitoitusilanteessa
$T_s$	sisälämpötila, $^{\circ}\text{C}$

Lämmön talteenoton poistoilman lämpötilasuhde lasketaan kaavalla:

$$\eta_{p,mit} = T_s - T_{jäte,mit} / T_s - T_{u,mit}$$

jossa



$\eta_{p,mit}$	lämmön talteenoton poistoilman lämpötilasuhde mitoitusolosuhteissa
$T_s$	sisäilman lämpötila, °C
$T_{jäte,mit}$	jäteilman lämpötila mitoitusolosuhteissa, °C
$T_{u,mit}$	mitoitettava ulkoilman lämpötila, °C.

Käyttöveden lämmityksen tehontarve laskettiin kaavalla:

$$\Phi_{lkv} = \rho_v \times c_{pv} \times q_{v,lkv}(T_{lkv} - T_{kv}) + \Phi_{lkv,kiertohäviö}$$

jossa

$\Phi_{lkv}$	käyttöveden lämmityksen tarvitsema teho, kW
$\rho_v$	veden tiheys, 1000 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pv}$	veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/kgK
$q_{v,lkv}$	lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama, m <sup>3</sup> /s
$T_{lkv}$	lämpimän käyttöveden lämpötila, °C
$T_{kv}$	kylmän käyttöveden lämpötila, °C
$\Phi_{lkv,kiertohäviö}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon tarvitsema teho, kW

Ellei perustelluista syistä ole tarvetta käyttää muita arvoja, käytetään lämpimän ja kylmän veden lämpötilaerona arvoa 50 °C.

Lämpimän käyttöveden kiertojohtoon tehohäviö lasketaan kaavalla:

$$\Phi_{lkv,kiertohäviö} = \Phi_{lkv,kiertohäviö,amin} \cdot A$$

jossa

$\Phi_{lkv,kiertohäviö}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon tarvitsema teho, kW
$= \Phi_{lkv,kiertohäviö,amin}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon tarvitsema ominais- teho, kW/m <sup>2</sup>
A	rakennuksen lämmitetty nettoala, m <sup>2</sup>

Asuinrakennuksissa lämpimän käyttöveden kiertojohtoon ominaistehona voidaan käyttää arvoa 0,002 kW/m<sup>2</sup>, jos kiertojohtoon ei ole kytketty lämmityspattereita.

Kun ilmanvaihdon ja käyttöveden lämmitystehontarpeet oli saatu laskettua edellä esitetyllä tavalla, päästiin määrittämään koko rakennuksen lämmitystehontarve, kun otettiin lisäksi huomioon valittujen järjestelmien hyötysuhteet.

Rakennuksen lämmitystehontarve laskettiin kaavalla:

$$\Phi_{\text{lämmitys}} = \Phi_{\text{huonelämmitys}} / \eta_{\text{huonelämmitys}} + \Phi_{\text{tuloilmapatteri}} / \eta_{\text{tuloilma}} + \Phi_{\text{lkv}} / \eta_{\text{lkv}}$$

jossa

$\Phi_{\text{lämmitys}}$	rakennuksen lämmitystehontarve, W
$\Phi_{\text{huonelämmitys}}$	huonelämmityksen tehontarve, W
$\Phi_{\text{tuloilmapatteri}}$	ilmanvaihdon tuloilman jälkilämmityspatterin tehontarve, W
$\Phi_{\text{lkv}}$	käyttöveden lämmitystehontarve, W
$\eta_{\text{huonelämmitys}}$	huonelämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa
$\eta_{\text{tuloilma}}$	ilmanvaihdon tuloilman lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa
$\eta_{\text{lkv}}$	käyttöveden lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa

Järjestelmien hyötysuhteena käytettiin arvoa 0,9.

Lopuksi laskettiin vielä laitesähkönkulutus kaavalla:

$$W_{\text{laitesähkö}} = W_{\text{valaistus}} + W_{\text{ilmanvaihto}} + W_{\text{muut laitteet}}$$

jossa

$W_{\text{laitesähkö}}$	rakennuksen laitteiden sähköenergian kulutus, kWh
$W_{\text{valaistus}}$	valaistuksen sähköenergiankulutus, kWh
$W_{\text{muut laitteet}}$	muiden laitteiden sähköenergiankulutus, kWh

Laskennassa käytettiin rakennustyyppikohtaisia ominaissähköenergiankulutuksen arvoja seuraavasti:

$W_{\text{valaistus}}$  arvoa 7 kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi

$W_{\text{ilmanvaihto}}$  arvoa 7 kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi

$W_{\text{muut laitteet}}$  arvoa 36 kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi.

## 5 YHTEENVETO

Opinnäytetyöni aihe oli minulle hyvin mieluisa. Valitsin sen siksi, koska uskon tämän olevan juuri se alue, johon tulen jatkossa törmäämään entistä useammin tavalla tai toisella. Tällä hetkellä työskentelen muutoinkin näiden asioiden parissa. Minulla ei ollut kovin paljon kokemusta hankkeiden kokonaissuunnittelusta, vaikka olen aiemminkin tehnyt useita suunnitelmia. Tarkoituksena olikin kehittää osaamistani ja saada rutiinia suunnitella ja vastata rakennushankkeesta kokonaisuudessaan ja se onnistui mielestäni erinomaisesti.

Tiesin jo lähtövaiheessa, että projekti tulee olemaan melko työläs ja aikaa vievä. Tiedosta huolimatta tulin projektin edetessä miettineeksi, lupasinko vähän liikaa, mutta osallistumista ei enää voinut perua. Varsinainen suunnittelu sujui aika kivuttomasti ja ennakkoon olin ajatellut, että kirjallisen osuuden teko olisi kaikkein vaikeinta. Näin ei kuitenkaan ollut, kirjallinen osuuskin valmistui melko helposti. Haastavin osuus oli energialaskelman tekeminen. Laskettavaa oli paljon ja laskelmien teko ei ollut aivan yksinkertaista.

Opinnäytetyössäni energialaskelma tehtiin noudattaen vuoden 2010 rakennusmääräyksiä. Tämä oli asiakkaan toive ja oli vielä mahdollista, koska uudet määräykset astuivat voimaan 1.7.2012 alkaen.

Projekti tehtiin useassa vaiheessa johtuen mm. siitä, että hanketta ryhdyttiin toteuttamaan suunnittelun ollessa vielä kesken. Aluksi tarkoituksena oli tehdä niin paljon suunnitelmia, että hankkeelle voidaan hakea rakennuslupaa. Luvan saamiselle asetettiin tavoitteeksi toukokuun loppuun 2012 mennessä. Se onnistui, koska rakennuslupa on myönnetty papereissa olevan leiman perusteella 31.5.2012. Sen jälkeen suunnitella oli tarkoitus jatkaa rakennekuvilla niin pitkälle, että kohteen rakentaminen voidaan aloittaa viimeistään loppukesällä. Ennen talven tuloa rakennus olisi saatava niin pitkälle, että talviolosuhteet eivät häiritse rakentamisen etenemistä. Syyskuun lopussa näin olikin ja sen jälkeen oli tarkoitus jatkaa opinnäytetyö valmiiksi viimeistään vuoden 2012 loppuun mennessä.

Jossain vaiheessa tulin ajatelleeksi, että opinnäytetyötä olisi ollut mahdollista laajentaa toteutusvaiheen kuvauksella, koska rakentamista tehtiin rinnan opinnäytetyön kanssa. Luovuin kuitenkin tästä ajatuksesta todettuani, että tehtävää on muutenkin tarpeeksi.

Lopuksi voin sanoa, että projekti oli kaiken kaikkiaan mielenkiintoinen ja haastava, ja mikä hienointa, tavoitteet saavutettiin.

## LÄHTEET

Mikkola Iina. 2012. Siirrettävän sähköasemarakennuksen suunnittelu. Opinnäytetyö. Samk, Pori.

Välikallio Heidi. 2012. Omakotitalon laajennus yläkertaan. Opinnäytetyö. Samk, Pori.

Suomen RakMK C3. 2008. Rakennusten lämmöneristys. Määräykset 2010. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto.

Suomen RakMK D3. 2008. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2010. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto.

Suomen RakMK D3.2011. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. Helsinki: ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto.

Suomen RakMK D5. 2007. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ohjeet 2007. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto.

Suomen RakMK E1. 2011. Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2011. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto

Suomen RakMK E3. 2007. Pienten savupiippujen rakenteet ja paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2007. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto.

Suomen RakMK E8. 1984. Muuratut tulisijat. Ohjeet 1985. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Ekovilla Oy:n www-sivut. <http://www.ekovilla.fi>

Thermisol Oy:n www-sivut. <http://www.thermisol.fi>

Soklex Oy:n www-sivut. <http://www.soklex.fi>

Tiileri Oy:n www-sivut. <http://www.tiileri.fi>

Mäkitalo Mikael. 2008. Talousrakennus Korpi Jouni. Rakennepiirustukset.

Parviainen Juha. 2011. Omakotitalo Laukkanen Mikko ja Essi. Rakennepiirustukset. Muurametalot Oy.

Vänttilä Mikko. 2010. Talo Vänttilä Lasse ja Leena. Julkisivupiirustukset.

Siikanen Unto. 1998. Puurakennusten suunnittelu. Neljäs, täysin uudistettu painos. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.

LIITE 1

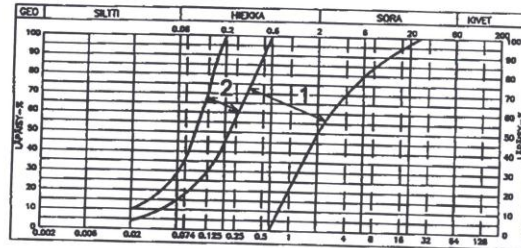
## Sisällys

<b>1 YLEISTÄ</b> .....	<b>3</b>
1.1 Suunnittelalueen ominaispiirteistä .....	3
1.2 Rakentamisen ja suunnittelun laadusta .....	3
1.3 Asemakaavassa annettuja määräyksiä ja suosituksia .....	3
<b>2 TONTTI</b> .....	<b>5</b>
2.1 Rakennusten sijoittaminen, ilmansuunnat ja pihatilat .....	5
2.2 Kasvillisuus ja luonnonympäristö .....	8
Aitaaminen .....	8
<b>3 RAKENNUKSET</b> .....	<b>9</b>
3.1 Asuinrakennus ja talousrakennukset.....	9
3.2 Kerrosluku, kattomuoto ja kattokaltevuus .....	9
3.3 Materiaalit ja värit.....	10
<b>4 YLEISET ALUEET, TIET JA REITIT</b> .....	<b>12</b>

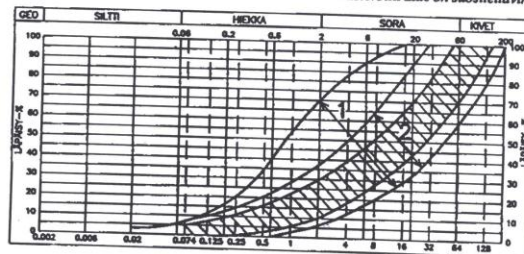
Valokuvat ja piirrokset © Ympäristötaito Oy/Kristiina Strömmer

LIITE 2

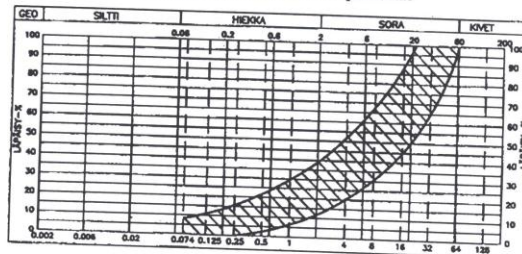
Kuva 24. Suodatinkerroksen materiaalin rakeisuusohjearvoalue. Alue 1: normaali ohjearvo; alue 2: käyttö sallittu, kun karkeampaa hiekkaa ei saada.



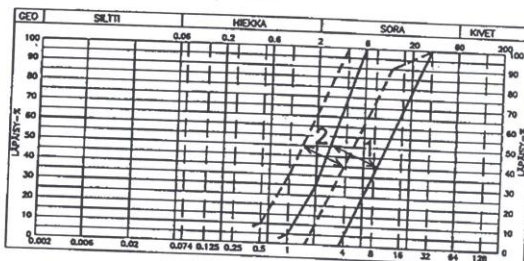
Kuva 25. Jakavan kerroksen materiaalin rakeisuusohjearvoalue. Alue 1 on käytettävän soran ja alue 2 käytettävän murskeen rakeisuus. Rasteroitu alue on suositeltavin.



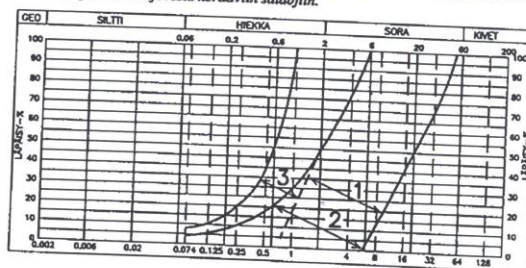
Kuva 26. Kantavan kerroksen materiaalin rakeisuusohjearvoalue



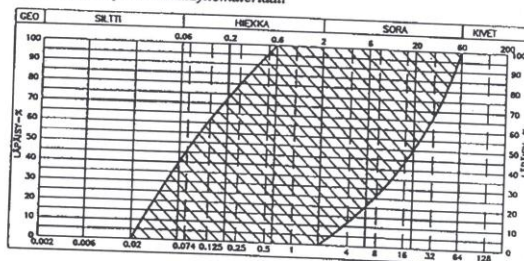
Kuva 27. Rakennuspohjan salaajitusoran rakeisuusohjearvoalue. Alueen 1 materiaalia käytetään, kun pohjavedenpintaa lasketaan tai vettä saattaa virrata sivuilta runsaasti rakennuspohjaan. Alueen 2 materiaalia käytetään normaalitapauksissa pohjavedenpinnan yläpuolisessa salaajituksessa.



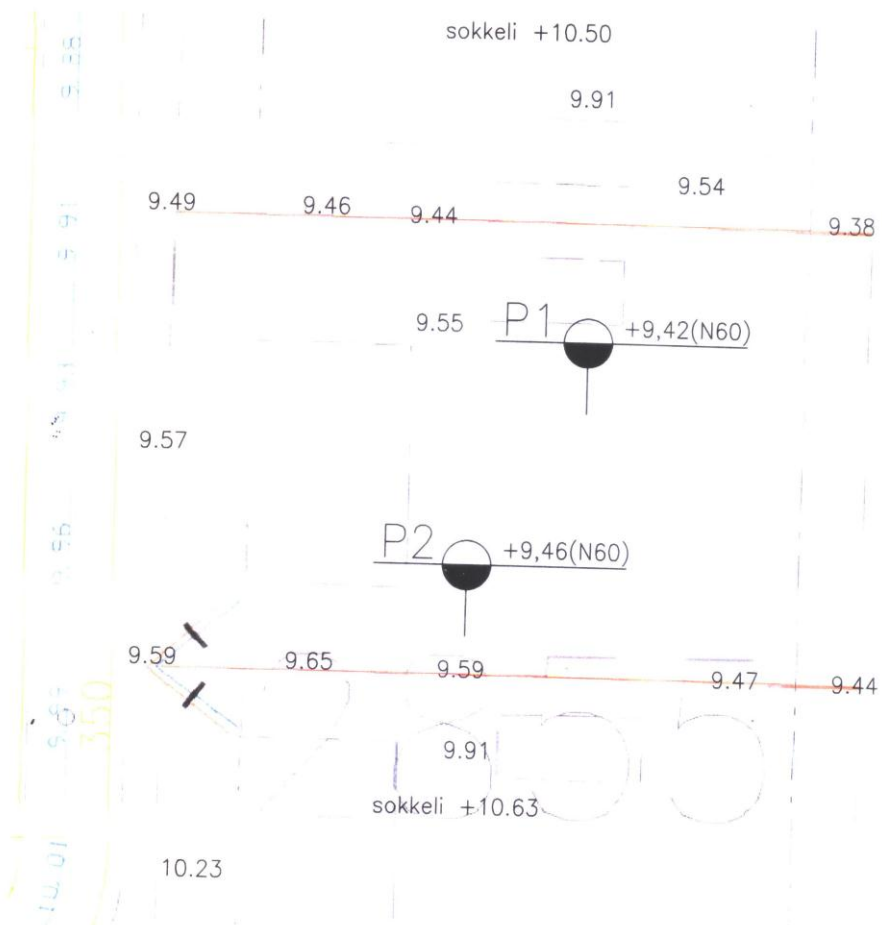
Kuva 28. Piha-alueen salaajitusoran rakeisuusohjearvoalue. Alueen 1 sепeli johtaa vettä parhaiten. Alueen 2 sora kelpaa myös pohjavedestä kerääviin salaajiin. Alueen 3 hiekkaa kelpaa vain vajojesid kerääviin salaajiin.




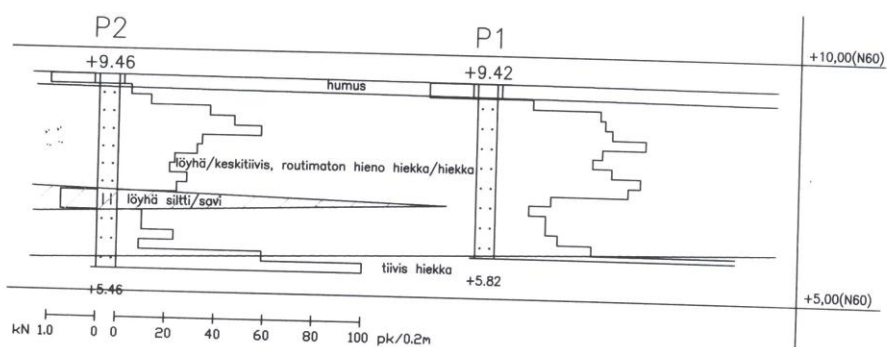
Kuva 29. Muoviputken alkutäyttömateriaali








Kaupunginosa HAAPAKANGAS	Kortteli 2855	Tontti 4	Alue	Viranom: arkistomerkitöjä
Rakennustoimenpide UUDISRAKENNUS				Piirustuslaji POHJATUTKIMUS
Rakennuskohteen nimi ja osoite OKT ELISA JA JARI KORPI JUMPPAJUSSINTIE 17 HAUKIPUDAS				Piirustuksen sisältö Mittakaavat TUTKIMUSPISTEKARTTA
Suunnittelijan päiväys ja allekirjoitus  <b>GEOPUDAS OY</b> RAKENNUSGEOLOGINEN TOIMISTO				Suunnitteluala GEO 01
2.11.2011				



Kaupunginosa HAAPAKANGAS	Kortteli 2855	Tontti 4	Alue	Viranom: arkitsemerkintäjä
Rakennustoimenpide UUDISRAKENNUS				Piirustuslaji POHJATUTKIMUS
Rakennuskohteen nimi ja osoite OKT ELISA JA JARI KORPI JUMPPAJUSSINTIE 17 HAUKIPUDAS				Piirustuksen sisältö POIKKILEIKKAUS P2--P1 PAINOKAIRAUSDIAGRAMMIT
Suunnittelijan päiväys ja allekirjoitus				Mittakaavat - /1:100
 <b>GEOPUDAS OY</b> RAKENNUSGEOLOGINEN TOIMISTO				Suunnittelualue GEO 02
2.11.2011				



$$\begin{aligned} \text{Puumu suhteellinen osuus} &= \frac{48}{600} \cdot 100\% = 8\% \quad \textcircled{1} \\ \text{eristeen suhteellinen osuus} &= \frac{552}{600} \cdot 100\% = 92\% \end{aligned}$$

$$R_{\text{ERISTE}} = \frac{d_{\text{ERISTE}}}{\lambda_{\text{ERISTE}}} = \frac{0,175 \text{ m}}{0,040 \text{ W/mK}} = 4,4 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \quad (\text{ERISTEEN TIHEYS})$$

$$R_{\text{PUU}} = \frac{d_{\text{PUU}}}{\lambda_{\text{PUU}}} = \frac{0,175 \text{ m}}{0,13 \text{ W/mK}} = 1,35 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \quad (\text{PUUN TIHEYS } 500 \text{ kg/m}^3)$$

Puun ja eristeen suhteelliset osuudet kuitenkin edellä

$$R_{\text{TSLEUY}} = \frac{d_{\text{TSLEUY}}}{\lambda_{\text{TSLEUY}}} = \frac{0,025 \text{ m}}{0,05 \text{ W/mK}} = 0,50 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

(TIHEYS 230...300 kg/m<sup>3</sup>)

$$\begin{aligned} R_{1\text{ERISTE}+\text{PUU}} &= R_{\text{ERISTE}} \cdot \frac{92}{100} + R_{\text{PUU}} \cdot \frac{8}{100} = 4,4 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \cdot 0,92 + \\ &0,37 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \cdot 0,08 = 4,16 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \end{aligned}$$

$$R_{2\text{ERISTE}+\text{PUU}} = 4,4 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \cdot 0,92 + 1,35 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \cdot 0,08 = 4,16 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

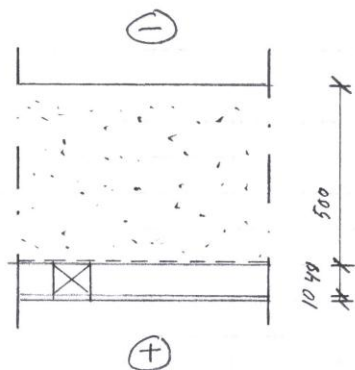
$$R_T = R_{\text{PINTASILEUY}} + R_{1\text{ERISTE}+\text{PUU}} + R_{2\text{ERISTE}+\text{PUU}} + R_{\text{TSLEUY}} + R_{\text{PINTAVASTUS}}$$

$$\begin{aligned} R_T &= 0,052 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + 4,16 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + 4,16 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + 0,50 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + 0,2 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \\ &= 9,072 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \end{aligned}$$

$$U\text{-arvo} = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{9,072 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}} = \underline{\underline{0,11 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}}}$$

YD-RAKENTEEN U-ARVO

③



YD-RAKENNE SISÄLTÄ ULOS LUKIEN

1. SISÄKATTOVERHOUS ESIM. MDF-PANELI 10MM
2. KOKKAUS 48x48 K 400
3. HÖYRYNSULKUMOONI 0,2MM SAUMAT KIMMERTÄÄN VÄLI, 200MM JA TRIDATAAN
4. VESIKATON KANTAVA RAKENNE NAUHALIESTIKÖT K 900
5. LE PUHALLETTAVA PUUKUVERISTE 500MM  $\lambda_D=0,040\text{W/mK}$
6. ALUSKATE
7. 22x50 MM TUULETUSVÄLIRIITA
8. TIILIKATTOORUOTZET 48x48 MM K 300... 350
9. TIILIKATZ

RAKENTEEN PAKSUUS YPIIN OSALTA 558mm

$$R_{\text{PANELI}} = \frac{d_{\text{PANELI}}}{\lambda_{\text{PANELI}}} = \frac{0,010\text{ m}}{0,14\text{ W/mK}} = 0,07 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

(RAPPUU TIHEYDESIÄ)  
KÄYTTÄMÄ 600kg/m<sup>3</sup>

$$R_{\text{ERISTE}} = \frac{d_{\text{ERISTE}}}{\lambda_{\text{ERISTE}}} = \frac{0,150\text{ m}}{0,040\text{ W/mK}} = 3,75 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \quad (\text{alapaarten osuus})$$

$$R_{\text{PUU}} = \frac{d_{\text{PUU}}}{\lambda_{\text{PUU}}} = \frac{0,150\text{ m}}{0,13\text{ W/mK}} = 1,15 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \quad (\text{alapaarten osuus})$$

(PUUN TIHEYS 600kg/m<sup>3</sup>)

$$\text{Puumu määteellinen osuus} \frac{42}{900} \cdot 100\% = 4,7\% \quad \textcircled{4}$$

$$\text{Eristeen määteellinen osuus} \frac{858}{900} \cdot 100\% = 95,3\%$$

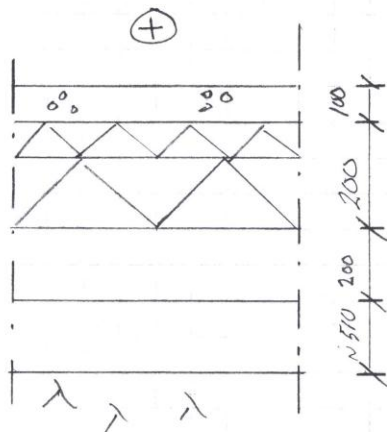
$$R_{ERISTE} = \frac{d_{ERISTE}}{\lambda_{ERISTE}} = \frac{0,350 \text{ m}}{0,040 \text{ W/mK}} = 8,75 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$\begin{aligned} R_{ERISTE + PUU} &= R_{ERISTE} \cdot \frac{95,3}{100} + R_{PUU} \cdot \frac{4,7}{100} \\ &= 8,75 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \cdot 0,953 + 1,15 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \cdot 0,047 = 3,63 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_T &= R_{Si} + R_{PANELI} + R_{ERISTE + PUU} + R_{ERISTE} + R_{Se} \\ &= 0,10 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + 0,07 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + 3,63 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + 8,75 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + 0,04 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \\ &= 12,59 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \end{aligned}$$

$$U\text{-arvo} = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{12,59 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}} = \underline{\underline{0,08 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}}}$$

AD-PÄRENTTEEN U-ARVO



## AP-RAKENNE YLHÄRTÄÄ ALAS LUKIEN

⑤

1. PINTAMATERIAALI LAMIINAATTI NOIN 10MM
  2. MÄNNÄRÄINEN TB-LATTIA 100MM, RAUDOITUS TERÄSVERKKO 6 # 150MM KESKEISESTÄ
  3. LE 200MM 100+100MM EPS 100-LATTIAERISTE  $\lambda_0 = 0,036 \text{ W/mK}$
  4. KAPILLAARIKITKOSKERROS 200MM
  5. TÄYTSORA KERROSPÄKSI NAIN 510MM
  6. PERUSMAA
- RAKENNE PÄKSIUS API:N OSALTA 310MM

$$R_{\text{LAMIINAATTI}} = \frac{d_{\text{LAMIINAATTI}}}{\lambda_{\text{LAMIINAATTI}}} = \frac{0,01 \text{ m}}{0,18 \text{ W/mK}} = 0,056 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

(RIIPAN TIHEYDESTÄ  
KÄYTTÄY 800 kg/m<sup>3</sup>)

$$R_{\text{TB-LATTIA}} = \frac{d_{\text{TB-LATTIA}}}{\lambda_{\text{TB-LATTIA}}} = \frac{0,1 \text{ m}}{2,3 \text{ W/mK}} = 0,043 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$R_{\text{EPS-ERISTE}} = \frac{d_{\text{EPS-ERISTE}}}{\lambda_{\text{EPS-ERISTE}}} = \frac{0,20 \text{ m}}{0,036 \text{ W/mK}} = 5,56 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$R_{\text{KAPILLAARISORA}} = \frac{d_{\text{KAPILLAARISORA}}}{\lambda_{\text{SORA}}} = \frac{0,2 \text{ m}}{2,0 \text{ W/mK}} = 0,1 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

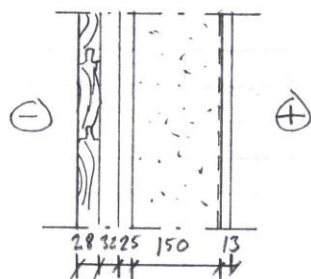
$$R_{\text{TÄYTSORA}} = \frac{d_{\text{TÄYTSORA}}}{\lambda_{\text{TÄYTSORA}}} = \frac{0,51 \text{ m}}{2,0 \text{ W/mK}} = 0,255 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$\begin{aligned} R_T &= R_{\text{LAMIINAATTI}} + R_{\text{TB-LATTIA}} + R_{\text{EPS-ERISTE}} + R_{\text{KAPILLAARISORA}} + R_{\text{TÄYTSORA}} \\ &= 0,056 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + 0,043 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + 5,56 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + 0,1 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + 0,255 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \\ &= 6,01 \text{ m}^2\text{K/W} \end{aligned}$$

$$U\text{-arvo} = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{6,01 \text{ m}^2\text{K/W}} = \underline{\underline{0,17 \text{ W/m}^2\text{K}}}$$

AUTOTALLI

⑥

US-RAKENTZEN U-ARVOUS-RAKENNE SISÄLTÄ ULOS LUKIEN

1. PINTAKÄSITTELY
  2. KIPSILEVY  $\epsilon_k$  13 MM
  3. ILIANSULKUPAPERI  $\epsilon_{ko}$  x 5
  4. KANTAVA PUURUNKO  $H \times 150 \times 600 + LE$  RUIKUTETTAVA  
PUUKUITUERISTE  $\lambda_d = 0,040 \text{ W/mK}$
  5. TUULENSUJALEVY RUNKOLEIJONA 25MM  $\lambda_{10} = 0,05 \text{ W/mK}$
  6. PYSTYKOOLAUUS  $32 \times 100 \times 600$
  7. JULKISIVUPANEELI  $28 \times 170 \text{ MM}$  VAAKKAAN
- RAKENTZEN PAKSUUS 248 MM

$$R_{\text{KIPSILEVY}} = \frac{d_{\text{KIPSILEVY}}}{\lambda_{\text{KIPSILEVY}}} = \frac{0,013 \text{ m}}{0,25 \text{ W/mK}} = 0,052 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$R_{\text{ERISTE}} = \frac{d_{\text{ERISTE}}}{\lambda_{\text{ERISTE}}} = \frac{0,150 \text{ m}}{0,04 \text{ W/mK}} = 3,75 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \quad (\text{RUIKUTETTAVA ERISTE})$$

$$R_{\text{PUU}} = \frac{d_{\text{PUU}}}{\lambda_{\text{PUU}}} = \frac{0,150 \text{ m}}{0,13 \text{ W/mK}} = 1,15 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \quad (\text{PUUN TIHEYS } 500 \text{ kg/m}^3)$$



$$\text{Pinnan suhteellinen osuus} = \frac{48}{600} \cdot 100\% = 8\% \quad \textcircled{7}$$

$$\text{Eräiden suhteellinen osuus} = \frac{552}{600} \cdot 100\% = 92\%$$

$$R_{TSLEUY} = \frac{d_{TSLEUY}}{\lambda_{TSLEUY}} = \frac{0,025 \text{ m}}{0,05 \text{ W/mK}} = 0,50 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \quad \left( \begin{array}{l} \text{tikku} \\ 230 \dots 300 \text{ kg/m} \end{array} \right)$$

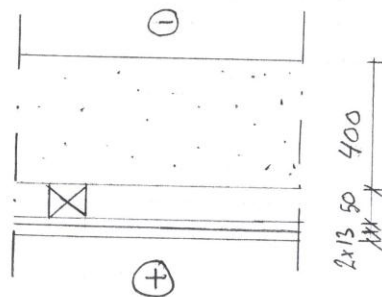
$$R_{KERISTE+PUU} = R_{KERISTE} \cdot \frac{92}{100} + R_{PUU} \cdot \frac{8}{100} = 3,75 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \cdot 0,92 + 1,15 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \cdot 0,08 = 3,54 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$R_T = R_{KIPSILEUY} + R_{KERISTE+PUU} + R_{TSLEUY} + R_{PINNIVASTUKSET}$$

$$R_T = 0,052 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + 3,54 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + 0,50 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + 0,2 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} = 4,292 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$U\text{-arvo} = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{4,292 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}} = \underline{\underline{0,23 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}}}$$

#### YP-RAKENTEEN U-ARVO



YD-RAKENNE SISÄLTÄ ULOS LUKIEN

(8)

1. PINTAKÄSITTELY
  2. SISÄKATTOVERHOUS 2 x 13MM KIPSILEVY NORMAALI
  3. KOOLAUS 48 x 48 K 400
  4. HÖYRYNSULKUJUOVI 0,2MM SAUMAT LIMIETÄÄN VÄH. 200MM JA TRIPATAAN
  5. VESIKATON KANTAVA RAKENNE NAULALEUYRISTIKOT K 900
  6. LE PUHALLETTAVA PUUKUTIERISTE 400MM  $\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$
  7. ALUSKATE
  8. 22 x 50MM TUULETUSVÄLIRIMA
  9. TIILIKATTORUOSTEET 48 x 48MM K 300...350
  10. TIILIKATE
- RAKENTEEN PAKSUUS YPÄIN OSASTA 474MM

$$R_{\text{KIPSILEVY}} = \frac{d_{\text{KIPSILEVY}}}{\lambda_{\text{KIPSILEVY}}} = \frac{0,013 \text{ m}}{0,25 \text{ W/mK}} = 0,052 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$R_{\text{ERISTE}} = \frac{d_{\text{ERISTE}}}{\lambda_{\text{ERISTE}}} = \frac{0,150 \text{ m}}{0,040 \text{ W/mK}} = 3,75 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \quad (\text{alapaarteen osalla})$$

$$R_{\text{PUU}} = \frac{d_{\text{PUU}}}{\lambda_{\text{PUU}}} = \frac{0,150 \text{ m}}{0,13 \text{ W/mK}} = 1,15 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \quad (\text{alapaarteen osalla})$$

$$\text{Puumen suhteellinen osuus} = \frac{42}{900} \times 100 = 4,67\%$$

$$\text{Eristeen suhteellinen osuus} = \frac{858}{900} \times 100 = 95,3\%$$

$$R_{\text{ERISTE}} = \frac{d_{\text{ERISTE}}}{\lambda_{\text{ERISTE}}} = \frac{0,25 \text{ m}}{0,040 \text{ W/mK}} = 6,25 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$R_{\text{ERISTE} + \text{PUU}} = R_{\text{ERISTE}} \cdot \frac{95,3}{100} + R_{\text{PUU}} \cdot \frac{4,67}{100} = 3,75 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \cdot 0,953 + 1,15 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \cdot 0,0467 = 4,11 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

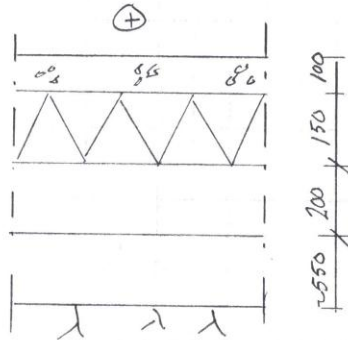
$$R_T = R_{\text{Si}} + R_{\text{KIPSILEVY}} + R_{\text{ERISTE} + \text{PUU}} + R_{\text{ERISTE}} + R_{\text{Se}}$$

$$= 0,10 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + (2 \times 0,052 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}) + 4,11 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + 6,25 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + 0,04 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$= 10,6 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \quad \textcircled{9}$$

$$U_{\text{arvo}} = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{10,6 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}} = \underline{\underline{0,09 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}}}$$

### AP-RAKENTEEN U-ARVO



### AP-RAKENNE YLHÄLTÄ ALAS LUKIEN

1. PINTAKÄSITTELY
2. MAANVÄRIINEN TB-LAATTA 100MM, RAUDOITUS TERÄSVERKKO 6 #150MM KESKEISESTI
3. LE 150MM 100+50MM EPS 100-LATTIÄERISTE  $\lambda_D=0,036\text{W/mK}$
4. KAPILLAARIVÄTEOSKERROS 200MM
5. TÄYTESORA KERROSPÄKSUUS NOIN 550MM
6. PERUSMAA

RAKENTEEN PÄIKSUUS AP:IN OSALTA 250MM

$$R_{\text{TB-LAATTA}} = \frac{d_{\text{TB-LAATTA}}}{\lambda_{\text{TB-LAATTA}}} = \frac{0,1\text{m}}{2,0\text{W/mK}} = 0,043 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$R_{\text{ERISTE}} = \frac{d_{\text{ERISTE}}}{\lambda_{\text{ERISTE}}} = \frac{0,150\text{m}}{0,036\text{W/mK}} = 4,17 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$R_{\text{KAPILLAARISORA}} = \frac{d_{\text{KAPILLAARISORA}}}{\lambda_{\text{KAPILLAARISORA}}} = \frac{0,2\text{m}}{2,0\text{W/mK}} = 0,1 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$R_{\text{TÄYTESORA}} = \frac{d_{\text{TÄYTESORA}}}{\lambda_{\text{TÄYTESORA}}} = \frac{0,55 \text{ m}}{2,0 \text{ W/mK}} = 0,275 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \quad (10)$$

$$R_T = R_{\text{TB-LÄTTÄ}} + R_{\text{ERISTE}} + R_{\text{KAPILLAARISORA}} + R_{\text{TÄYTESORA}}$$

$$= 0,043 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + 4,17 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + 0,1 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + 0,275 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} = 4,59 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$U\text{-arvo} = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{4,59 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}} = \underline{\underline{0,22 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}}}$$

## LÄMMITYSTHONTARPEEN LASKENTA

LITTE 4 ①

LASKENNASSA KÄYTETÄÄN D5 2012:N MUKAISTA LASKENTAMENETELMÄÄ, ENSIN LASKETAAN OMAKOTITALON JOKAISEN HUONEEN LÄMMITYSTHONTARUE, SEN JÄLKEEN LASKETAAN KOKO RAKENNUKSEN LÄMMITYSTHONTARUE, JOSKA ON MUVANA MYÖS ILMANVAIHTOKONE JA LÄMPIMÄN KÄYTTÖVEDEN LÄMMITYS. PAIKKAKUNTA HAUKKIPUOLAS

ILMANVAIHDON TARPEKSI ARVIOIDAN 50 Q/S  
RAKENNUKSEN KERROSKORKEUS ON 3100 MM

## MH1

ilmatilavuus  $10,5 \text{ m}^2 \times 2,54 \text{ m} = 27,0 \text{ m}^3$   
 ulkoseinän pinta-ala  $2,7 \text{ m} \times 2,54 \text{ m} - 1,8 \text{ m}^2 (\text{IKKUNA}) = 5,1 \text{ m}^2$   
 alapohjan pinta-ala  $\} = 10,5 \text{ m}^2$   
 yläpohjan pinta-ala  $\}$

$$\phi_{\text{tila}} = \phi_{\text{johd.}} + \phi_{\text{suotoilma}} + \phi_{\text{tuloilma}} + \phi_{\text{korvausilma}}$$

$$\phi_{\text{johd.}} = \phi_{\text{US}} + \phi_{\text{AP}} + \phi_{\text{YP}} + \phi_{\text{ikkuna}} + \phi_{\text{KYLÄSILTIT}}$$

$$\phi = \sum U_f \cdot A_f \cdot (T_s - T_{y,\text{mit.}})$$

$$\begin{aligned} \phi &= \sum U_{\text{US}} \cdot A_{\text{US}} \cdot (21 - (-32^\circ\text{C})) + U_{\text{AP}} \cdot A_{\text{AP}} \cdot (21 - (-32^\circ\text{C})) + U_{\text{YP}} \cdot A_{\text{YP}} \cdot (21 - (-32^\circ\text{C})) \\ &\quad + U_{\text{ikkuna}} \cdot A_{\text{ikkuna}} \cdot (21 - (-32^\circ\text{C})) + U_{\text{KYLÄSILTIT}} \cdot A_{\text{KYLÄSILTIT}} \cdot (21 - (-32^\circ\text{C})) \\ &= \sum 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 5,1 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 10,5 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,08 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 10,5 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} \\ &\quad + 1,0 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 1,8 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,05 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 2,8 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} + 0,05 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 2,8 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} \\ &\quad + 0,04 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 5,4 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} = 45,95 \text{ W} + 94,6 \text{ W} + 44,52 \text{ W} + 95,4 \text{ W} \\ &\quad + 7,42 \text{ W} + 7,42 \text{ W} + 11,4 \text{ W} = 307 \text{ W} \end{aligned}$$

x=35  
 m<sup>3</sup>/s  
 rakennus

$$\phi_{\text{suotoilma}} = \frac{q_{\text{suotoilma}}}{3600 \cdot x} \cdot A = \frac{4 \text{ m}^3}{3600 \cdot 35} \cdot 26,1 \text{ m}^2 = 0,0008 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\phi_{\text{tuloilma}} = S_i \times c_p \times q_{\text{tuloilma}} (T_s - T_p)$$

$$= 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \frac{\text{Ws}}{\text{kgK}} \times 0,006 \text{ m}^3/\text{s} \cdot (21 - 18^\circ\text{C})$$

$$= 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \frac{\text{Ws}}{\text{kgK}} \times 0,006 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 3^\circ\text{C} = 21,6 \text{ W}$$

$$\begin{aligned}\phi_{\text{suotilma}} &= S_i \times c_{pi} \times q_{v, \text{suotilma}} (T_s - T_{u, \text{mit}}) \quad \textcircled{2} \\ &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot 1000 \frac{\text{Ws}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 0,0008 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 53^\circ\text{C} = 50,9 \text{ W}\end{aligned}$$

MH 1:N lämmityslähtöteho

$$\begin{aligned}\phi_{\text{tila}} &= \phi_{\text{johd.}} + \phi_{\text{suotilma}} + \phi_{\text{tuulilma}} \\ &= 357 \text{ W} + 21,6 \text{ W} + 50,9 \text{ W} = 380 \text{ W}\end{aligned}$$

MH 2

$$\text{ilmatilavuus } 11,0 \text{ m}^2 \times 2,54 \text{ m} = 28,0 \text{ m}^3$$

$$\text{ulkosivän pinta-ala } 2,7 \text{ m} \times 2,54 \text{ m} - 1,8 \text{ m}^2 (\text{ikkuna}) = 5,1 \text{ m}^2$$

$$\begin{array}{l} \text{alajohjan pinta-ala} \\ \text{yläjohtajan pinta-ala} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{alajohjan pinta-ala} \\ \text{yläjohtajan pinta-ala} \end{array}} \right\} 11,0 \text{ m}^2$$

$$\phi_{\text{tila}} = \phi_{\text{johd.}} + \phi_{\text{suotilma}} + \phi_{\text{tuulilma}} + \phi_{\text{kovanäköilma}}$$

$$\phi_{\text{johd.}} = \phi_{\text{US}} + \phi_{\text{AP}} + \phi_{\text{YP}} + \phi_{\text{ikkuna}} + \phi_{\text{kylmäsiilit}}$$

$$\phi = \sum U_i q_i \cdot A_i \cdot (T_s - T_{u, \text{mit}})$$

$$\begin{aligned}\phi &= \sum U_{\text{US}} \cdot A_{\text{US}} \cdot 53^\circ\text{C} + U_{\text{AP}} \cdot A_{\text{AP}} \cdot 53^\circ\text{C} + U_{\text{YP}} \cdot A_{\text{YP}} \cdot 53^\circ\text{C} \\ &\quad + U_{\text{ikkuna}} \cdot A_{\text{ikkuna}} \cdot 53^\circ\text{C} + U_{\text{kylmäsiilit}} \cdot A_{\text{kylmäsiilit}} \cdot 53^\circ\text{C} \\ &= \sum 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 5,1 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 11,0 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,08 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot \\ &\quad 11,0 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 1,0 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 1,8 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,05 \text{ W/mK} \cdot 2,8 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} \\ &\quad + 0,05 \text{ W/mK} \cdot 2,8 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} + 0,04 \text{ W/mK} \cdot 5,4 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} \\ &= 45,95 \text{ W} + 49,11 \text{ W} + 46,64 \text{ W} + 95,4 \text{ W} + 7,42 \text{ W} + 7,42 \text{ W} + 11,5 \text{ W} \\ &= 313 \text{ W}\end{aligned}$$

$$\phi_{\text{suotilma}} = \frac{q_{50}}{3600 \cdot 35} \cdot A = \frac{4 \text{ m}^3}{3600 \cdot 35} \cdot 27,1 \text{ m}^2 = 0,0009 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\phi_{\text{tuulilma}} = S_i \times c_{pi} \times q_{v, \text{tuulilma}} (T_s - T_p)$$

$$= 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \frac{\text{Ws}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 0,0006 \text{ m}^3/\text{s} \cdot (21 - 18^\circ\text{C}) = 21,6 \text{ W}$$

$$\begin{aligned}\phi_{\text{suotoilma}} &= \rho_i \times c_{p,i} \times q_{v, \text{suotoilma}} (T_s - T_{u, \text{mit}}) \quad (3) \\ &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \times 0,0009 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 53^\circ\text{C} = 57,2 \text{ W}\end{aligned}$$

MH2:N lämmitystekninen

$$\begin{aligned}\phi_{\text{tila}} &= \phi_{\text{pöht.}} + \phi_{\text{suotoilma}} + \phi_{\text{tulailma}} \\ &= 313 \text{ W} + 21,6 \text{ W} + 57,2 \text{ W} = 392 \text{ W}\end{aligned}$$

MH3

$$\begin{aligned}\text{tilavolumeni} & 13,3 \text{ m} \times 2,54 \text{ m} = 33,8 \text{ m}^3 \\ \text{ulkoseinän pinta-ala} & 7,3 \text{ m} \times 2,54 \text{ m} - 1,95 \text{ m}^2 - 0,9 \text{ m}^2 (\text{ikkunat}) = 15,7 \text{ m}^2 \\ \text{alapohjan pinta-ala} & 13,3 \text{ m}^2 \\ \text{yläpohjan pinta-ala} & 13,3 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\phi_{\text{tila}} = \phi_{\text{pöht.}} + \phi_{\text{suotoilma}} + \phi_{\text{tulailma}} + \phi_{\text{keraaminen}}$$

$$\phi_{\text{pöht.}} = \phi_{\text{US}} + \phi_{\text{AP}} + \phi_{\text{YP}} + \phi_{\text{IKKUNA}} + \phi_{\text{KYNYÄSIKAT}}$$

$$\phi = \sum U_i \cdot A_i \cdot (T_s - T_{u, \text{mit}})$$

$$\begin{aligned}\phi &= \sum 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 15,7 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 13,3 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,08 \text{ W/m}^2 \\ & 13,3 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 1,0 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 2,85 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,05 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 7,5 \text{ m} \cdot 53 \\ & + 0,05 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 7,5 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} + 0,04 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 2,54 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} + 0,04 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 7,3 \\ & \cdot 53^\circ\text{C} = 141,5 \text{ W} + 120 \text{ W} + 56,3 \text{ W} + 151 \text{ W} + 19,9 \text{ W} + 19,9 \text{ W} \\ & + 5,4 \text{ W} + 21 \text{ W} = 535 \text{ W}\end{aligned}$$

$$\phi_{\text{suotoilma}} = \frac{Q_{50}}{3600 \cdot 35} \cdot A = \frac{4 \text{ m}^3}{3600 \cdot 35} \cdot 42,3 \text{ m}^2 = 0,0013 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned}\phi_{\text{tulailma}} &= \rho_i \times c_{p,i} \times q_{v, \text{tulailma}} (T_s - T_p) \\ &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot 0,006 \text{ m}^3/\text{s} \cdot (21 - 18^\circ\text{C}) = 21,6 \text{ W}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi_{\text{suotoilma}} &= \rho_i \times c_{p,i} \times q_{v, \text{suotoilma}} (T_s - T_{u, \text{mit}}) \\ &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot 0,0013 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 53^\circ\text{C} = 83 \text{ W}\end{aligned}$$

MH3:N lämmitystekninen

$$\phi_{\text{tila}} = \phi_{\text{pöht.}} + \phi_{\text{suotoilma}} + \phi_{\text{tulailma}} = 535 \text{ W} + 21,6 \text{ W} + 83 \text{ W} = 640 \text{ W}$$

### Varasto

④

$$\begin{aligned} \text{ilmavolumi} & 12,0 \text{ m}^2 \times 2,54 \text{ m} = 30,5 \text{ m}^3 \\ \text{ulkoseinän pinta-ala} & 7,75 \text{ m} \times 2,54 \text{ m} - 1,95 \text{ m}^2 - 1,84 \text{ m}^2 \text{ (ikkuna + ovi)} = 15,8 \text{ m}^2 \\ \text{alapohjan pinta-ala} & 12,0 \text{ m}^2 \\ \text{yläpohjan pinta-ala} & \end{aligned}$$

$$\Phi_{\text{tila}} = \Phi_{\text{pohj.}} + \Phi_{\text{vuotoilma}} + \Phi_{\text{tuulilma}} + \Phi_{\text{kawausilma}}$$

$$\Phi_{\text{pohj.}} = \Phi_{\text{US}} + \Phi_{\text{AP}} + \Phi_{\text{YP}} + \Phi_{\text{IKKUNA}} + \Phi_{\text{ULKO-OVI}} + \Phi_{\text{KYLMÄSIIVERT}}$$

$$\Phi = \sum U_f \cdot A_f \cdot (T_s - T_{y,\text{mit}})$$

$$\begin{aligned} \Phi &= \sum 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 15,8 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 12,0 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,08 \text{ W/m}^2\text{K} \\ & 12,0 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 1,0 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 1,95 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 1,2 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 1,84 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} \\ & + 0,05 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 7,75 \text{ m} \times 53^\circ\text{C} + 0,05 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 7,95 \text{ m} \times 53^\circ\text{C} + 0,04 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot \\ & 2,54 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} + 0,04 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 11,6 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} = 142 \text{ W} + 108 \text{ W} + 51 \text{ W} + \\ & 103 \text{ W} + 120 \text{ W} + 21 \text{ W} + 21 \text{ W} + 5,4 \text{ W} + 24,5 \text{ W} = 596 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\Phi_{\text{vuotoilma}} = \frac{q_{50}}{3600 \cdot 35} \cdot A = \frac{4 \text{ m}^3}{3600 \cdot 35} \cdot 40 \text{ m}^2 = 0,0013 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} \Phi_{\text{tuulilma}} &= S_i \times c_{pi} \times q_{v, \text{tuulilma}} (T_s - T_p) \\ &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \frac{\text{Ws}}{\text{kgK}} \cdot 0,006 \text{ m}^3/\text{s} \cdot (21 - 18^\circ\text{C}) = 21,6 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi_{\text{vuotoilma}} &= S_i \times c_{pi} \times q_{v, \text{vuotoilma}} (T_s - T_{y,\text{mit}}) \\ &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \frac{\text{Ws}}{\text{kgK}} \cdot 0,0013 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 53^\circ\text{C} = 83 \text{ W} \end{aligned}$$

VARASTON lämmitysteknologia

$$\begin{aligned} \Phi_{\text{tila}} &= \Phi_{\text{pohj.}} + \Phi_{\text{vuotoilma}} + \Phi_{\text{tuulilma}} \\ &= 596 \text{ W} + 21,6 \text{ W} + 83 \text{ W} = 701 \text{ W} \end{aligned}$$



OH

5

$$\begin{aligned} \text{ilmatilavuus } & 25,0 \text{ m}^2 \times 2,54 \text{ m} = 63,5 \text{ m}^3 \\ \text{ulkuseinän pinta-ala } & 4,9 \text{ m} \times 2,54 \text{ m} - 3 \times 1,8 \text{ m}^2 - 1,89 \text{ m}^2 (\text{ikkunat+ovi}) = 5,2 \text{ m}^2 \\ \text{alajohjan pinta-ala } & 25,0 \text{ m}^2 \\ \text{yläjohtajan pinta-ala } & \end{aligned}$$

$$\phi_{\text{tila}} = \phi_{\text{johd.}} + \phi_{\text{suotoilma}} + \phi_{\text{tuloilma}} + \phi_{\text{kovausilma}}$$

$$\phi_{\text{johd.}} = \phi_{\text{US}} + \phi_{\text{AD}} + \phi_{\text{YP}} + \phi_{\text{ikkunat}} + \phi_{\text{ovi}} + \phi_{\text{KIVYÄSILLET}}$$

$$\phi = \sum \lambda_f \cdot A_f \cdot (T_s - T_{\text{ymit}})$$

$$\begin{aligned} \phi &= \sum 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 5,2 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,17 \text{ W/mK} \cdot 25,0 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} \\ &+ 0,08 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 25,0 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 1,0 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 5,4 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + \\ &1,2 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 1,89 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,05 \text{ W/mK} \cdot 5,1 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} + 0,05 \text{ W/mK} \\ &5,1 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} + 0,04 \text{ W/mK} \cdot 15,6 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} = 46,9 \text{ W} + 225,3 \text{ W} \\ &+ 106 \text{ W} + 286,2 \text{ W} + 120,2 \text{ W} + 13,5 \text{ W} + 13,5 \text{ W} + 33 \text{ W} = 845 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\phi_{\text{suotoilma}} = \frac{q_{50}}{3600 \cdot 35} \cdot A = \frac{4 \text{ m}^3}{3600 \cdot 35} \cdot 55,2 \text{ m}^2 = 0,0018 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} \phi_{\text{tuloilma}} &= S_i \cdot c_{p,i} \cdot q_{v,\text{tuloilma}} (T_s - T_p) \\ &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot 1000 \frac{\text{Ws}}{\text{kgK}} \cdot 0,012 \text{ m}^3/\text{s} \cdot (21 - 18^\circ\text{C}) = 43,2 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_{\text{suotoilma}} &= S_i \cdot c_{p,i} \cdot q_{v,\text{suotoilma}} (T_s - T_{\text{ymit}}) \\ &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot 1000 \frac{\text{Ws}}{\text{kgK}} \cdot 0,0018 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 53^\circ\text{C} = 114,5 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\phi_{\text{kovausilma}} =$$

o lohuonon lämmitysteknologia

$$\begin{aligned} \phi_{\text{tila}} &= \phi_{\text{johd.}} + \phi_{\text{suotoilma}} + \phi_{\text{tuloilma}} \\ &= 845 \text{ W} + 43,2 \text{ W} + 114,5 \text{ W} = 1003 \text{ W} \end{aligned}$$

Ruokosali

⑥

$$\begin{aligned} \text{ilmatilavuus} & 8,7 \text{ m}^2 \times 2,54 \text{ m} = 22,1 \text{ m}^3 \\ \text{ulkoseinän pinta-ala} & 2,5 \text{ m} \times 2,54 \text{ m} - 2,25 \text{ m}^2 (\text{ikkuna}) = 4,0 \text{ m}^2 \\ \text{alapohjan pinta-ala} & \left. \begin{array}{l} 8,7 \text{ m}^2 \\ \text{yläpohjan pinta-ala} \end{array} \right\} \end{aligned}$$

$$\phi_{\text{tila}} = \phi_{\text{pöht.}} + \phi_{\text{suotailma}} + \phi_{\text{tuulailma}} + \phi_{\text{korvausilma}}$$

$$\phi_{\text{pöht.}} = \phi_{\text{US}} + \phi_{\text{AP}} + \phi_{\text{YP}} + \phi_{\text{IKKUNA}} + \phi_{\text{KYLÄTÄSILMÄT}}$$

$$\phi = \sum U_f \cdot A_f \cdot (T_s - T_u, \text{mit})$$

$$\begin{aligned} \phi &= \sum 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 4,0 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 8,7 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,08 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot \\ & 8,7 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 1,0 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 2,25 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,05 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 2,6 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} \\ & + 0,05 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 2,6 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} + 0,04 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 6 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} \\ & = 36 \text{ W} + 78 \text{ W} + 37 \text{ W} + 119 \text{ W} + 7 \text{ W} + 7 \text{ W} + 13 \text{ W} = 297 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\phi_{\text{suotailma}} = \frac{q_{50}}{3600 \cdot 35} \cdot A = \frac{4 \text{ m}^3}{3600 \cdot 35} \cdot 21,4 \text{ m}^2 = 0,0007 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} \phi_{\text{suotailma}} &= \rho_i \cdot c_{p,i} \cdot q_{v, \text{suotailma}} (T_s - T_u, \text{mit}) \\ &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \frac{\text{W}\cdot\text{s}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \times 0,0007 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 53^\circ\text{C} = 44,5 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\phi_{\text{tuulailma}} = 0 \quad (\text{tuulilmaa ei ole})$$

Ruokosali tilan lämmitystehontarve

$$\begin{aligned} \phi_{\text{tila}} &= \phi_{\text{pöht.}} + \phi_{\text{suotailma}} + \phi_{\text{tuulailma}} \\ &= 297 \text{ W} + 44,5 \text{ W} + 0 = 342 \text{ W} \end{aligned}$$

KENTTÖ

$$\begin{aligned} \text{ilmatilavuus} & 10,5 \text{ m}^2 \times 2,54 \text{ m} = 26,7 \text{ m}^3 \\ \text{ulkoseinän pinta-ala} & 2,85 \text{ m} \times 2,54 \text{ m} - 0,9 \text{ m}^2 (\text{ikkuna}) = 6,3 \text{ m}^2 \\ \text{alapohjan pinta-ala} & \left. \begin{array}{l} 10,5 \text{ m}^2 \\ \text{yläpohjan pinta-ala} \end{array} \right\} \end{aligned}$$

$$\phi_{\text{tila}} = \phi_{\text{jäht.}} + \phi_{\text{uustoilma}} + \phi_{\text{tuulailma}} + \phi_{\text{kovanailma}} \quad (7)$$

$$\phi_{\text{jäht.}} = \phi_{\text{US}} + \phi_{\text{AP}} + \phi_{\text{YP}} + \phi_{\text{IKKUNA}} + \phi_{\text{KYNÄSILMÄT}}$$

$$\phi = \sum U_i \cdot A_i \cdot (T_s - T_u \text{ mit})$$

$$\begin{aligned} \phi &= \sum 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 6,3 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 10,5 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} \\ &\quad + 0,08 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 10,5 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 1,0 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 0,9 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} \\ &\quad + 0,05 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 2,6 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} + 0,05 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 2,6 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} + 0,04 \text{ W/m}^2\text{K} \\ &\quad 4,2 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} = 57 \text{ W} + 95 \text{ W} + 44,5 \text{ W} + 48 \text{ W} + 7 \text{ W} + 7 \text{ W} + 9 \\ &= 268 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\phi_{\text{uustoilma}} = \frac{q_{50}}{3600 \cdot 35} \cdot A = \frac{4 \text{ m}^3}{3600 \cdot 35} \cdot 27,3 \text{ m}^2 = 0,0009 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} \phi_{\text{uustoilma}} &= \rho_i \cdot c_{p,i} \cdot q_{v, \text{uustoilma}} \cdot (T_s - T_u \text{ mit}) \\ &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot 1000 \frac{\text{Ws}}{\text{kgK}} \cdot 0,0009 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 53^\circ\text{C} = 57,2 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\phi_{\text{tuulailma}} = 0$$

Keittian lämmitehokasuus

$$\begin{aligned} \phi_{\text{tila}} &= \phi_{\text{jäht.}} + \phi_{\text{uustoilma}} + \phi_{\text{tuulailma}} \\ &= 268 \text{ W} + 57,2 \text{ W} = 325 \text{ W} \end{aligned}$$

### ETEINEN

$$\begin{aligned} \text{ilmatilavuus} & 9,0 \text{ m}^2 \times 2,54 \text{ m} = 23 \text{ m}^3 \\ \text{ulkorunan pinta-ala} & \\ \text{alapohjan pinta-ala} & \left. \begin{array}{l} 9,0 \text{ m}^2 \\ \text{yläpohjan pinta-ala} \end{array} \right\} \end{aligned}$$

$$\phi_{\text{tila}} = \phi_{\text{jäht.}} + \phi_{\text{uustoilma}} + \phi_{\text{tuulailma}} + \phi_{\text{kovanailma}}$$

$$\begin{aligned} \phi_{\text{jäht.}} &= \phi_{\text{AP}} + \phi_{\text{YP}} = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 9,0 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,08 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 9,0 \text{ m}^2 \cdot \\ & 53^\circ\text{C} = 81 \text{ W} + 38 \text{ W} = 119 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\phi_{\text{luotoilma}} = \frac{4 \text{ m}^3}{3600 \cdot 35} \cdot 18 \text{ m}^2 = 0,0006 \text{ m}^3/\text{s} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \phi_{\text{luotoilma}} &= S_i \times c_{p,i} \times q_{v,\text{luotoilma}} \cdot (t_s - t_{i,\text{mit}}) \\ &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \frac{\text{Ws}}{\text{kgK}} \cdot 0,0006 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 53^\circ\text{C} = 38 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\phi_{\text{tuuloilma}} = 0$$

$$\phi_{\text{ETZINEN}} = 119 \text{ W} + 38 \text{ W} = 157 \text{ W}$$

TK

$$\begin{aligned} \text{ilmatilavuus} & 4,6 \text{ m}^2 \times 2,54 \text{ m} = 11,7 \text{ m}^3 \\ \text{ulkoseinän pinta-ala} & 1,9 \text{ m} \times 2,54 \text{ m} - 0,45 \text{ m}^2 (\text{ikkuna}) - 2,1 \text{ m}^2 (\text{ovi}) = 2,3 \text{ m}^2 \\ \text{alapohjan pinta-ala} & \left. \begin{array}{l} 4,6 \text{ m}^2 \\ \text{yläpohjan pinta-ala} \end{array} \right\} \end{aligned}$$

$$\phi_{\text{tila}} = \phi_{\text{johd.}} + \phi_{\text{luotoilma}} + \phi_{\text{tuuloilma}} + \phi_{\text{kovanäköilma}}$$

$$\phi_{\text{johd.}} = \phi_{\text{US}} + \phi_{\text{AP}} + \phi_{\text{YP}} + \phi_{\text{IKKUNA}} + \phi_{\text{OVI}} + \phi_{\text{KIVÄÄRSIÄKAT}}$$

$$\begin{aligned} \phi &= \sum 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 2,3 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 4,6 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} \\ &+ 0,08 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 4,6 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 1,0 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 0,45 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} \\ &+ 1,2 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 2,1 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,05 \text{ W/mK} \cdot 2,1 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} \\ &+ 0,05 \text{ W/mK} \cdot 2,1 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} + 0,04 \text{ W/mK} \cdot 8,3 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} \\ &= 21 \text{ W} + 41 \text{ W} + 20 \text{ W} + 24 \text{ W} + 134 \text{ W} + 5,6 \text{ W} + 5,6 \text{ W} + 17,6 \text{ W} \\ &= 269 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\phi_{\text{luotoilma}}^1 = \frac{4 \text{ m}^3}{3600 \cdot 35} \cdot 11,5 \text{ m}^2 = 0,0004 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} \phi_{\text{luotoilma}} &= S_i \times c_{p,i} \times q_{v,\text{luotoilma}} \cdot (t_s - t_{i,\text{mit}}) \\ &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \frac{\text{Ws}}{\text{kgK}} \cdot 0,0004 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 53^\circ\text{C} = 25 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\phi_{\text{tuuloilma}} = 0$$

$$\phi_{\text{TK}} = 269 \text{ W} + 25 \text{ W} = 294 \text{ W}$$

VH 3,6

⑨

$$\begin{aligned} \text{ilmatilavuus} & 3,6 \text{ m}^2 \times 2,54 \text{ m} = 9,1 \text{ m}^3 \\ \text{ulkoseinän pinta-ala} & 1,4 \text{ m} \times 2,54 \text{ m} = 3,6 \text{ m}^2 \\ \text{alajohjan pinta-ala} & \left. \begin{array}{l} 3,6 \text{ m}^2 \\ \text{ylajohjan pinta-ala} \end{array} \right\} \end{aligned}$$

$$\phi_{\text{tila}} = \phi_{\text{johd.}} + \phi_{\text{suota ilma}} + \phi_{\text{tuula ilma}} + \phi_{\text{koneaur ilma}}$$

$$\phi_{\text{johd.}} = \phi_{\text{US}} + \phi_{\text{AP}} + \phi_{\text{YP}} + \phi_{\text{K4MÄSILKAT}}$$

$$\begin{aligned} \phi &= \sum 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 3,6 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 3,6 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} \\ &+ 0,08 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 3,6 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,05 \text{ W/mK} \cdot 1,6 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} \\ &+ 0,05 \text{ W/mK} \cdot 1,6 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} = 32 \text{ W} + 32 \text{ W} + 15 \text{ W} + 4 \text{ W} + 4 \text{ W} \\ &= 87 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\phi_{\text{suota ilma}} = \frac{4 \text{ m/s}}{3600 \cdot 35} \cdot 10,8 \text{ m}^2 = 0,00034 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} \phi_{\text{suota ilma}} &= \rho_i \times c_{p,i} \times q_{v,\text{suota ilma}} \cdot (t_s - t_{u,\text{mit}}) \\ &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot 0,00034 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 53^\circ\text{C} = 22 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\phi_{\text{tuula ilma}} = 0$$

$$\phi_{\text{VH 3,6}} = 87 \text{ W} + 22 \text{ W} = 109 \text{ W}$$

VH 2,8

$$\begin{aligned} \text{ilmatilavuus} & 2,8 \text{ m}^2 \times 2,54 \text{ m} = 7,1 \text{ m}^3 \\ \text{ulkoseinän pinta-ala} & 3,4 \text{ m} \times 2,54 \text{ m} = 8,6 \text{ m}^2 \\ \text{alajohjan pinta-ala} & \left. \begin{array}{l} 2,8 \text{ m}^2 \\ \text{ylajohjan pinta-ala} \end{array} \right\} \end{aligned}$$

$$\phi_{\text{tila}} = \phi_{\text{johd.}} + \phi_{\text{suota ilma}} + \phi_{\text{tuula ilma}} + \phi_{\text{koneaur ilma}}$$

$$\phi_{\text{johd.}} = \phi_{\text{US}} + \phi_{\text{AP}} + \phi_{\text{YP}} + \phi_{\text{K4MÄSILKAT}}$$

$$\begin{aligned} \phi &= \sum 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 8,6 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 2,8 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} \quad (10) \\ &+ 0,08 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 2,8 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,05 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 3,6 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} \\ &+ 0,05 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 3,6 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} + 0,04 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 2,54 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} \\ &= 77,5 \text{ W} + 25 \text{ W} + 12 \text{ W} + 9,5 \text{ W} + 9,5 \text{ W} + 5 \text{ W} = 139 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\phi_{\text{suota ilma}} = \frac{4 \text{ m}^3}{3600 \cdot 35} \cdot A = \frac{4 \text{ m}^3}{3600 \cdot 35} \cdot 14,2 \text{ m}^2 = 0,00045 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} \phi_{\text{suota ilma}} &= \rho_i \times c_{p,i} \times q_{v, \text{suota ilma}} \cdot (t_s - t_{i, \text{mit}}) \\ &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \frac{\text{Ws}}{\text{kgK}} \cdot 0,00045 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 53^\circ\text{C} = 29 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\phi_{\text{tulo ilma}} = 0$$

$$\phi_{\text{UH2,4}} = 139 \text{ W} + 29 \text{ W} = 168 \text{ W}$$

#### TEKNINEN TILA

$$\begin{aligned} \text{ilmatilavuus} & 2,5 \text{ m} \times 2,54 \text{ m} = 6,4 \text{ m}^3 \\ \text{alkosivun pinta-ala} & 1,7 \text{ m} \times 2,54 \text{ m} - 1,89 \text{ m}^2 \text{ (ovi)} = 2,4 \text{ m}^2 \\ \text{alajalijan pinta-ala} & \left. \begin{array}{l} 2,5 \text{ m}^2 \\ \text{yläjalijan pinta-ala} \end{array} \right\} \end{aligned}$$

$$\phi_{\text{tila}} = \phi_{\text{ihk.}} + \phi_{\text{suota ilma}} + \phi_{\text{tulo ilma}} + \phi_{\text{kovaus ilma}}$$

$$\phi_{\text{ihk.}} = \phi_{\text{US}} + \phi_{\text{AP}} + \phi_{\text{YP}} + \phi_{\text{ovi}} + \phi_{\text{KUMÄSILÄT}}$$

$$\begin{aligned} \phi &= \sum 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 2,4 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 2,5 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,08 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot \\ & 2,5 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 1,2 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 1,89 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,05 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 1,9 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} \\ & + 0,05 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 1,9 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} + 0,04 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 6 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} \\ & = 21,6 \text{ W} + 22,5 \text{ W} + 10,6 \text{ W} + 120,2 \text{ W} + 5 \text{ W} + 5 \text{ W} + 13 \text{ W} \\ & = 198 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\phi_{\text{suota ilma}} = \frac{4 \text{ m}^3}{3600 \times 35} \times A = \frac{4 \text{ m}^3}{3600 \times 35} \times 7,4 \text{ m}^2 = 0,00023 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned}\phi_{\text{uuloilma}} &= \rho_i \times c_{pi} \times q_{v,\text{uuloilma}} \times (t_s - t_{u,\text{mit}}) \quad (11) \\ &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \frac{\text{Ws}}{\text{kgK}} \times 0,00023 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 53^\circ\text{C} \\ &= 14,6 \text{ W}\end{aligned}$$

$$\phi_{\text{tuuloilma}} = 0$$

$$\phi_{\text{TEKNINEN TILA}} = 198 \text{ W} + 14,6 \text{ W} = 213 \text{ W}$$

### WC

$$\text{ilmatilavuus } 2,0 \text{ m}^2 \times 2,54 \text{ m} = 5,1 \text{ m}^3$$

ulkosilmää ei ole

$$\left. \begin{array}{l} \text{alapohjan pinta-ala} \\ \text{yläpohjan pinta-ala} \end{array} \right\} 2,0 \text{ m}^2$$

$$\phi_{\text{tila}} = \phi_{\text{pohj.}} + \phi_{\text{uuloilma}} + \phi_{\text{tuuloilma}} + \phi_{\text{keraamien}}^1$$

$$\phi_{\text{pohj.}} = \phi_{\text{AP}} + \phi_{\text{YP}}$$

$$\begin{aligned}\phi &= \sum 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 2,0 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,01 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 2,0 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} \\ &= 18 \text{ W} + 8,5 \text{ W} = 27 \text{ W}\end{aligned}$$

$$\phi_{\text{uuloilma}} = \frac{4 \text{ m}^3}{3600 \cdot 35} \cdot 4,0 \text{ m}^2 = 0,00013 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned}\phi_{\text{uuloilma}} &= \rho_i \times c_{pi} \times q_{v,\text{uuloilma}} \times (t_s - t_{u,\text{mit}}) \\ &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \frac{\text{Ws}}{\text{kgK}} \times 0,00013 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 53^\circ\text{C} = 8 \text{ W}\end{aligned}$$

$$\phi_{\text{tuuloilma}} = 0$$

$$\phi_{\text{WC}} = 27 \text{ W} + 8 \text{ W} = 35 \text{ W}$$

### K+H

$$\text{ilmatilavuus } 9,0 \text{ m}^2 \times 2,54 \text{ m} = 22,9 \text{ m}^3$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{ulkosilmän pinta-ala } 5,7 \text{ m} \times 2,54 \text{ m} = 0,9 \text{ m}^2 \text{ (ikkuna)} - 1,89 \text{ m}^2 \text{ (ovi)} = 11,7 \text{ m}^2 \\ \text{alapohjan pinta-ala} \\ \text{yläpohjan pinta-ala} \end{array} \right\} 9,0 \text{ m}^2$$

$$\phi_{\text{tila}} = \phi_{\text{johd.}} + \phi_{\text{puotailma}} + \phi_{\text{tuulailma}} + \phi_{\text{korvausilma}} \quad (12)$$

$$\phi_{\text{johd.}} = \phi_{\text{US}} + \phi_{\text{AP}} + \phi_{\text{YP}} + \phi_{\text{IKKUNA}} + \phi_{\text{OVI}} + \phi_{\text{KYNÄRSILÄT}}$$

$$\begin{aligned} \phi &= \sum 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 11,7 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 9,0 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,08 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot \\ & 9,0 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 1,0 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 0,9 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 1,2 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 1,89 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} \\ & + 0,05 \text{ W/mK} \cdot 5,9 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} + 0,05 \text{ W/mK} \cdot 5,9 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} + 0,04 \text{ W/mK} \cdot 2,54 \text{ m} \\ & \cdot 53^\circ\text{C} + 0,04 \text{ W/mK} \cdot 8,7 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} = 105 \text{ W} + 81 \text{ W} + 38 \text{ W} + 48 \text{ W} + 120 \text{ W} \\ & + 16 \text{ W} + 16 \text{ W} + 5 \text{ W} + 18 \text{ W} = 447 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\phi_{\text{puotailma}} = \frac{4 \text{ m}^3}{3600 \times 35} \cdot 29,7 \text{ m}^3 = 0,00094 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} \phi_{\text{puotailma}} &= S_i \times c_{p,i} \times q_{v,\text{puotailma}} \times (t_s - t_{e,\text{mit}}) \\ &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \frac{\text{W}}{\text{kgK}} \times 0,00094 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 53^\circ\text{C} = 60 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_{\text{tuulailma}} &= S_i \times c_{p,i} \times q_{v,\text{tuulailma}} (T_s - T_p) \\ &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \frac{\text{W}}{\text{kgK}} \times 0,007 \text{ m}^3/\text{s} \cdot (21 - 18^\circ\text{C}) = 25,2 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\phi_{\text{KHH}} = 447 \text{ W} + 60 \text{ W} + 25 \text{ W} = 532 \text{ W}$$

### PESUHUONE

$$\text{ilmatilavuus } 4,3 \text{ m} \times 2,54 \text{ m} = 11,0 \text{ m}^3$$

$$\text{alkesimän pinta-ala } 2,4 \text{ m} - 2,54 \text{ m} = 0,54 \text{ m}^2 \text{ (IKKUNA)} = 5,6 \text{ m}^2$$

$$\text{alapohjan pinta-ala } 4,3 \text{ m}^2$$

$$\text{yläpohjan pinta-ala}$$

$$\phi_{\text{tila}} = \phi_{\text{johd.}} + \phi_{\text{puotailma}} + \phi_{\text{tuulailma}} + \phi_{\text{korvausilma}}$$

$$\phi_{\text{johd.}} = \phi_{\text{US}} + \phi_{\text{AP}} + \phi_{\text{YP}} + \phi_{\text{IKKUNA}} + \phi_{\text{KYNÄRSILÄT}}$$

$$\begin{aligned} \phi &= \sum 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 5,6 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 4,3 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,08 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot \\ & 4,3 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 1,0 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 0,54 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,05 \text{ W/mK} \cdot 2,6 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} \\ & + 0,05 \text{ W/mK} \cdot 2,6 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} + 0,04 \text{ W/mK} \cdot 3 \text{ m} \cdot 53^\circ\text{C} \\ & = 50,5 \text{ W} + 39 \text{ W} + 18 \text{ W} + 28,6 \text{ W} + 7 \text{ W} + 7 \text{ W} + 6 \text{ W} = 156 \text{ W} \end{aligned}$$



$$\phi_{\text{uotolma}} = \frac{4 \text{ m}^3}{3600 \cdot 35} \cdot 14,2 \text{ m}^2 = 0,00045 \text{ m}^3/\text{s} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \phi_{\text{uotolma}} &= \rho_i \times c_{pi} \times q_{v, \text{uotolma}} \times (t_s - t_{u, \text{mit}}) \\ &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \frac{\text{Ws}}{\text{kgK}} \times 0,00045 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 53^\circ\text{C} = 29 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\phi_{\text{tulolma}} = 0$$

$$\phi_{\text{RESUHUONE}} = 156 \text{ W} + 29 \text{ W} = 185 \text{ W}$$

### SAUNA

Pinta-ala  $3,2 \text{ m}^2$   
 ei ole ulkoseinää eikä ikkunoita  
 alapohjan pinta-ala }  $3,2 \text{ m}^2$   
 yläpohjan pinta-ala }

$$\phi_{\text{tila}} = \phi_{\text{ohj.}} + \phi_{\text{uotolma}} + \phi_{\text{tulolma}} + \phi_{\text{konvulma}}$$

$$\phi_{\text{ohj.}} = \phi_{AP} + \phi_{YP}$$

$$\begin{aligned} \phi &= \Sigma 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 3,2 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} + 0,08 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 3,2 \text{ m}^2 \cdot 53^\circ\text{C} \\ &= 29 \text{ W} + 14 \text{ W} = 43 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\phi_{\text{uotolma}} = \frac{4 \text{ m}^3}{3600 \cdot 35} \cdot 6,4 \text{ m}^2 = 0,0002 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} \phi_{\text{uotolma}} &= \rho_i \times c_{pi} \times q_{v, \text{uotolma}} \times (t_s - t_{u, \text{mit}}) \\ &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \frac{\text{Ws}}{\text{kgK}} \times 0,0002 \text{ m}^3/\text{s} \times 53^\circ\text{C} = 13 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_{\text{tulolma}} &= \rho_i \times c_{pi} \times q_{v, \text{tulolma}} \times (t_s - t_p) \\ &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \frac{\text{Ws}}{\text{kgK}} \times 0,007 \text{ m}^3/\text{s} \times (21 - 18^\circ\text{C}) \\ &= 25,2 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\phi_{\text{SAUNA}} = 43 \text{ W} + 13 \text{ W} + 25 \text{ W} = 81 \text{ W}$$

Koko rakennuksen lämmitystekninen

⑨

$$\begin{aligned}
 \phi_{\text{rakennus}} &= \phi_{\text{MH1}} + \phi_{\text{MH2}} + \phi_{\text{MH3}} + \phi_{\text{VARASTO}} + \phi_{\text{OH}} + \phi_{\text{RUOKAILU}} \\
 &\quad + \phi_{\text{KEITTIÖ}} + \phi_{\text{ETUJEN}} + \phi_{\text{TK}} + \phi_{\text{UH3,6}} + \phi_{\text{UH2,8}} + \phi_{\text{TEKN.TILA}} \\
 &\quad + \phi_{\text{WC}} + \phi_{\text{KIH}} + \phi_{\text{RESURVOINI}} + \phi_{\text{SAUNA}} \\
 &= 380\text{W} + 392\text{W} + 640\text{W} + 701\text{W} + 1003\text{W} + 342\text{W} + 325\text{W} + 157\text{W} \\
 &\quad + 294\text{W} + 109\text{W} + 168\text{W} + 213\text{W} + 35\text{W} + 532\text{W} + 185\text{W} + 81\text{W} \\
 &= \underline{\underline{5557\text{W}}}
 \end{aligned}$$

ILMANVAIHTON LÄMMITTEKINTARUE

$$\phi_{\text{IV}} = \Sigma i \times c_{\text{pi}} \times q_{\text{virtala}} (T_{\text{SP}} - T_{\text{LTO,mit}})$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \frac{\text{Ws}}{\text{kgK}} \cdot 502/5 \cdot (18 - (-3,4^\circ\text{C})) \\
 &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 10080 \frac{\text{Ws}}{\text{kgK}} \cdot 0,05 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 21,4^\circ\text{C} = \underline{\underline{1284\text{W}}}
 \end{aligned}$$

Lämmäntalteenoton poistilman lämpötilan  $\eta_{\text{pmit}}$

$$\eta_{\text{pmit}} = \frac{T_{\text{S}} - T_{\text{jäte mit}}}{T_{\text{S}} - T_{\text{u mit}}}$$

$$\eta_{\text{pmit}} = \frac{21 - (-5^\circ\text{C})}{21 - (-32^\circ\text{C})} = \frac{26}{53} = 0,49$$

$$\eta_{\text{Tmit}} = \frac{\eta_{\text{pmit}}}{R} = \frac{0,49}{0,9} = 0,54$$

Lämmäntalteenoton jälkeinen tuloilmalämpötila

$$\begin{aligned}
 T_{\text{LTO,mit}} &= T_{\text{u,mit}} + \eta_{\text{T,mit}} (T_{\text{S}} - T_{\text{u,mit}}) \\
 &= -32^\circ\text{C} + 0,54 \cdot (21 - (-32^\circ\text{C})) \\
 &= -32^\circ\text{C} + 28,6^\circ\text{C} = -3,4^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

## KÄYTTÖVEDEN LÄMMITYKSEN TARVINTA

⑮

$$\Phi_{LKV} = S_V \cdot c_{PV} \cdot q_{V, LKV} \cdot (T_{LKV} - T_{KV}) + \Phi_{LKV, \text{kiertohäiriö}}$$

$\Phi_{LKV}$  - käyttöveden lämmityksen tarve, kW

$S_V$  = veden tiheys,  $1000 \text{ kg/m}^3$

$c_{PV}$  = veden ominaislämpökapasiteetti  $4,2 \text{ kJ/kgK}$

$q_{V, LKV}$  = lämpimän käyttöveden mittausvirtaus,  $\text{m}^3/\text{s}$

$T_{LKV}$  = lämpimän käyttöveden lämpötila  $^{\circ}\text{C}$

$T_{KV}$  = kylmän käyttöveden lämpötila  $^{\circ}\text{C}$

$\Phi_{LKV, \text{kiertohäiriö}}$  = lämpimän käyttöveden kiertoajalon tarve, kW

$$(T_{LKV} - T_{KV}) = 50^{\circ}\text{C}$$

$$\Phi_{LKV, \text{kiertohäiriö}} = \Phi_{LKV, \text{kiertohäiriö}} \cdot d_{\text{min}} \cdot A$$

$\Phi_{LKV, \text{kiertohäiriö}} \cdot d_{\text{min}}$  = lämpimän käyttöveden kiertoajalon tarve ominaisteho,  $\text{kW/m}^2$

$A$  = rakennuksen lämmitetty pinta-ala,  $\text{m}^2$

lämpimän käyttöveden kiertoajalon ominaistehona voidaan käyttää arvoa  $0,004 \text{ kW/m}^2$  (asuinrakennukset, kiertoajaltoon voidaan kytkeä kiinauspatterit).

$$\Phi_{LKV, \text{kiertohäiriö}} = 0,004 \text{ kW/m}^2 \cdot 139 \text{ m}^2 = 0,556 \text{ kW}$$

$$\begin{aligned} \Phi_{LKV} &= S_V \cdot c_{PV} \cdot q_{V, LKV} (T_{LKV} - T_{KV}) + \Phi_{LKV, \text{kiertohäiriö}} \\ &= 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 4,2 \text{ kJ/kgK} \cdot 0,0004 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 50^{\circ}\text{C} + 0,556 \text{ kW} \\ &= 89,04 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} + 0,556 \text{ kW} = 89,04 \text{ kW} + 0,556 \text{ kW} \\ &= 89,6 \text{ kW} = \underline{\underline{89600 \text{ W}}} \end{aligned}$$

Rakennuksen lämmitystekoaarve :

(16)

$$\phi_{\text{lämmitys}} = \frac{\phi_{\text{huonelämmitys}}}{\eta_{\text{huonelämmitys}}} + \frac{\phi_{\text{tuloilmapatteri}}}{\eta_{\text{tuloilma}}} + \frac{\phi_{\text{LKV}}}{\eta_{\text{LKV}}}$$

$\phi_{\text{lämmitys}}$  = rakennuksen lämmitystekoaarve W  
 $\phi_{\text{huonelämmitys}}$  = huonelämmityksen tekoarve W  
 $\phi_{\text{tuloilmapatteri}}$  = ilmavaihdon tuloilman jälkilämmityspatteri tekoarve W

- $\phi_{\text{LKV}}$  = käyttöveden lämmitystekoaarve W
- $\eta_{\text{huonelämmitys}}$  = huonelämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitussuhteissa
- $\eta_{\text{tuloilma}}$  = ilmavaihdon tuloilman lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitussuhteissa
- $\eta_{\text{LKV}}$  = käyttöveden lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitussuhteissa

Mikäli järjestelmien hyötysuhdetta ei tunneta, voidaan hyötysuhteena käyttää arvoa 0,9

$$\begin{aligned} \phi_{\text{lämmitys}} &= \frac{5557 \text{ W}}{0,9} + \frac{1284 \text{ W}}{0,9} + \frac{8900 \text{ W}}{0,9} \\ &= 6174 \text{ W} + 1427 \text{ W} + 9956 \text{ W} = 10720 \text{ W} \\ &= \underline{\underline{10,72 \text{ kW}}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{IKKUNOIDEN PINTA-ALA : } & 1,8 \text{ m}^2 + 1,8 \text{ m}^2 + 1,95 \text{ m}^2 + 0,9 \text{ m}^2 + 1,95 \text{ m}^2 \\ & + 5,4 \text{ m}^2 + 2,25 \text{ m}^2 + 0,9 \text{ m}^2 + 0,45 \text{ m}^2 \\ & + 0,9 \text{ m}^2 + 0,54 \text{ m}^2 = 18,9 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ULKOOVIEN PINTA-ALA : } & 1,89 \text{ m}^2 + 1,89 \text{ m}^2 + 2,1 \text{ m}^2 + 1,89 \text{ m}^2 \\ & + 1,89 \text{ m}^2 = 9,7 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ULKOSIIVAN PINTA-ALA : } & (8,96 \times 2 + 15,46 \times 2) \times 2,54 \text{ m} = \\ & (17,92 \text{ m} + 30,92 \text{ m}) \times 2,54 \text{ m} = \\ & 48,84 \text{ m} \times 2,54 \text{ m} = 124 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\frac{\text{IKKUNAN PINTA-ALA}}{\text{ULKOSIIVAN PINTA-ALA}} \times 100 = \frac{18,9 \text{ m}^2}{124 \text{ m}^2} \times 100 = 15 \%$$

$$\frac{\text{ULKO-OVEN PINTA-ALA}}{\text{ULKOSIINAN PINTA-ALA}} \times 100\% = \frac{9,7 \text{ m}^2}{124 \text{ m}^2} \times 100\% = 7,8\% \quad (7)$$

YÄRPOHJAN PINTA-ALA  
ALAPOHJAN PINTA-ALA 139 m<sup>2</sup>

### KÄYTTÖVEDEN LÄMMITYSTARVE

$$Q_{\text{LKU, netto}} = \rho V_{\text{CPU}} (T_{\text{LKU}} - T_{\text{KV}}) / 3600$$

$$= \frac{1000 \text{ kg/m}^3 \times 42 \text{ kJ/kgK} \times 91 \text{ m}^3 \times 50^\circ\text{C}}{3600} = 5308 \text{ kWh}$$

$Q_{\text{LKU, netto}}$  - käyttöveden lämmityksen tarvittava lämpöenergia eli nettoenergiatarve, kWh

$\rho$  = veden tiheys, 1000 kg/m<sup>3</sup>

CPU = veden ominaislämpökapasiteetti 4,2 kJ/kgK

$V_{\text{LKU}}$  = lämpimän käyttöveden kulutus, m<sup>3</sup>

$T_{\text{LKU}}$  = lämpimän käyttöveden lämpötila, °C

$T_{\text{KV}}$  = kylmän veden lämpötila, °C

3600 = kerrain, jolla merkitään laatumuunnos kilowatti-tunniksi, h/h

$$(T_{\text{LKU}} - T_{\text{KV}}) = 50^\circ\text{C}$$

$$V_{\text{LKU}} = V_{\text{LKU, oim}}, \text{ henk} \cdot M \cdot \Delta t / 1000$$

$V_{\text{LKU}}$  = lämpimän käyttöveden kulutus, m<sup>3</sup>

$V_{\text{LKU, oim}}, \text{ henk}$  = lämpimän käyttöveden oimaiskulutus, dm<sup>3</sup> henkilöä kohti vuorokaudessa

$M$  = henkilöiden lukumäärä

$\Delta t$  = ajavälön pituus, verk

1000 = kerrain, jolla merkitään laatumuunnos kuutiometreiksi, dm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>

$$V_{\text{LKU}} = \frac{50 \text{ dm}^3/\text{henk} \cdot 5 \text{ henk} \cdot 365}{1000} = 91,3 \text{ m}^3 = 91,0 \text{ m}^3$$

LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN LÄMPÖHÄVIÖENERGIAT

(18)

$$Q_{\text{lämmitys, tilat, häviöt}} = Q_{\text{lämmitys, tilat, kehityshäviöt}} + Q_{\text{lämmitys, tilat, jakelehäviöt}} + Q_{\text{lämmitys, tilat, luovutusjäähäviöt}} + Q_{\text{lämmitys, tilat, kiertojäähäviöt}} + Q_{\text{lämmitys, tilat, varojälähäviöt}}$$

bruttopinta = 155 m<sup>2</sup>

$$Q_{\text{lämmitys, tilat, häviöt}} = 2000 \text{ kWh} + 5 \text{ kWh/m}^2 \times 155 \text{ km}^2 + 10 \text{ kWh/m}^2 \times 155 \text{ km}^2 + 4 \text{ kWh/m}^2 \times 155 \text{ km}^2 + 0,2 \text{ kWh/m}^2 \times 155 \text{ km}^2 = 2000 \text{ kWh} + 775 \text{ kWh} + 1550 \text{ kWh} + 620 \text{ kWh} + 31 \text{ kWh} = 4976 \text{ kWh}$$

käyttöveden lämmitysperiaattelu

$$Q_{\text{LKV, häviöt}} = Q_{\text{LKV, kehityshäviöt}} + Q_{\text{LKV, kiertojäähäviöt}} + Q_{\text{LKV, varojälähäviöt}}$$

$$Q_{\text{LKV, kiertojäähäviöt}} = Q_{\text{LKV, kiertojäähäviöt, amin. ABP}} = 30 \text{ kWh/m}^2 \times 155 \text{ km}^2 = 4650 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{LKV, varojälähäviöt}} = 0,20 \text{ kW} \times 8760 \text{ h} = 1752 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{LKV, häviöt}} = 4650 \text{ kWh} + 1752 \text{ kWh} = 6402 \text{ kWh}$$

LAITSAHKON KULUTUS

$$W_{\text{laitesähkö}} = W_{\text{valaistus}} + W_{\text{ilmanvaihto}} + W_{\text{muut laitteet}}$$

$$W_{\text{laitesähkö}} = \text{rakennuksen laitteiden sähköenergiakulutus, kWh}$$

$$W_{\text{valaistus}} = \text{valaistuksen sähköenergiakulutus, kWh}$$

$$W_{\text{ilmanvaihto}} = \text{ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiakulutus, kWh}$$

$$W_{\text{muut laitteet}} = \text{muiden laitteiden sähköenergiakulutus, kWh}$$

(19)

$$\begin{aligned} \text{Waste} &= 7 \text{ kWh/m}^2/\text{a} + 7 \text{ kWh/m}^2/\text{a} + 36 \text{ kWh/m}^2/\text{a} \\ &= 50 \text{ kWh/m}^2/\text{a} \times 155 \text{ m}^2 = 7750 \text{ kWh/a} \end{aligned}$$

LIITE 5

## Energiajunior 7.1



www.pientalonlaatu.fi



## Energiaselvityksen tulosten yhteenveto

Rakennuskohde:	Omakotitalo Korpi Jari ja Elisa	Osoite:	Jumppajussintie 17
Rakennustyyppi:	Omakotitalo		
Pääsuunnittelija:	Jouni Korpi	Pvm:	
Selvityksen tekijä:		Pvm:	
Rakennuslupa Nro:		Viranomaismerkintöjä:	

## 1. Rakennuksen ominaislämpöhäviötarkastelu / tasauslaskelma (liite 1)

Lämpöhäviö on % tasauslaskelman D3-2010 vertailutasosta	98 %		
	Kyllä <input checked="" type="checkbox"/> Ei <input type="checkbox"/>		
Suunnitteluratkaisu täyttää vaatimukset	<input checked="" type="checkbox"/>		
Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään 85 % vertailuratkaisun ominaislämpöhäviöstä		85 % Vertailuarvo	Suunnittelu-arvo
-lämpimissä tiloissa	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	111,14
-puoillämpimissä tiloissa	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	127,69
Suunnitteluratkaisu vastaa matalaenergiarakennuksen Lämpöhäviötasoa	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

## 2. Ilmanvaihtojärjestelmä ja rakennuksen tiiveys (liite 2)

Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho, SFP, kW/m <sup>3</sup> /s	2,00	(työdyttävä < 2,5, hyvä < 2,0 ja erinomainen < 1,5)
Kohteessa mitattu ilmanvuotoluku (n50), 1/h	4,0	
Ilmanvaihtojärjestelmän vuosiyhtösuhde, %	60	

## 3. Rakennuksen lämmitysteho, kW / lämmitysteholaskelma (liite 3)

Rakennuksen lämmitysteho, kW	73,71
------------------------------	-------

## 4. Rakennuksen jäähdytystarve ja mahdollinen jäähdytysteho / jäähdytysteholaskelma (liite 4)

Rakennuksen jäähdytystarve	Kyllä <input type="checkbox"/> Ei <input checked="" type="checkbox"/>
Rakennuksen jäähdytysteho, kW	0

## 5. Rakennuksen energiankulutus, kWh/vuosi / energiankulutuslaskelma (liite 5)

Rakennuksen energiankulutus, kWh/vuosi	26140	Rakennuksen energiankulutusjakauma
Rakennuksen ostoenergia, kWh/vuosi	27124	
Rakennuksen energiankulutus, kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi		
Rakennuksen lämmitysenergia	18390	
Tilojen lämmitysenergia	13067	
Käyttöveden lämmitysenergia	5323	
Rakennuksen laitesähkö	7750	
Rakennuksen jäähdytysenergia	0	

## 6. Energiatodistus, lasketaan Jyväskylän arvoilla / energiatodistus (liite 6)

Rakennuksen ET-luokka (A...G)	169	
Rakennuksen energiatehokkuusluku ET, kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi	B	

## 7. Rakennuksen lämmitysenergian säästö - % / energiankulutuslaskelma (liite 7)

Rakennuksen lämmitysenergian kulutus kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi	128
Määräysten vähimmäistason sallima rakennuksen lämmitysenergiankulutus, kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi ns. vertailutaso	131
Rakennuksen lämmitysenergian säästö - %	-0

## 8. Eritisperustelut, jos poiketaan energiaselvityksen vaatimuksista, esitetään tarvittaessa erillisellä liitteellä 8



Vertailuarvo		Suunnittelu-arvo	
<b>1. Rakennuksen ominaislämpöhäviötarkastelu</b>			
Ilman tiheys:	1,2 kg/m <sup>3</sup>	Ilmatilavuus:	361,00 m <sup>3</sup>
Ilman ominaislämpökapasiteetti:	1 000 Ws/(KgK)	Julkisivun pinta-ala:	152,54 m <sup>2</sup>
Laatumuunnoskerroin m <sup>2</sup> /h > m <sup>3</sup> /s:	3 600	Maanpäällinen kerrostasoala	155,00 m <sup>2</sup>
<b>Rakennusosat</b>			
Ulkoseinä (enimmäisarvo: 0,60 W/(m <sup>2</sup> K))	119,59 m <sup>2</sup> x 0,17 W/(m <sup>2</sup> K) = 20,33 W/K	124,00 m <sup>2</sup> x 0,17 W/(m <sup>2</sup> K) =	21,08 W/K X
Yläpohja (enimmäisarvo: 0,60 W/(m <sup>2</sup> K))	139,00 m <sup>2</sup> x 0,09 W/(m <sup>2</sup> K) = 12,51 W/K	139,00 m <sup>2</sup> x 0,08 W/(m <sup>2</sup> K) =	11,12 W/K V
Alapohja (enimmäisarvo: 0,60 W/(m <sup>2</sup> K))	139,00 m <sup>2</sup> x 0,16 W/(m <sup>2</sup> K) = 22,24 W/K	139,00 m <sup>2</sup> x 0,17 W/(m <sup>2</sup> K) =	23,63 W/K X
Uiko-ovi (enimmäisarvo: -)	9,70 m <sup>2</sup> x 1,00 W/(m <sup>2</sup> K) = 9,70 W/K	9,70 m <sup>2</sup> x 1,00 W/(m <sup>2</sup> K) =	9,70 W/K V
Ikkuna (enimmäisarvo: 1,80 W/(m <sup>2</sup> K))	1,78 m <sup>2</sup> x 1,00 W/(m <sup>2</sup> K) = 1,78 W/K	1,44 m <sup>2</sup> x 1,00 W/(m <sup>2</sup> K) =	1,44 W/K V
	9,44 m <sup>2</sup> x 1,00 W/(m <sup>2</sup> K) = 9,44 W/K	7,65 m <sup>2</sup> x 1,00 W/(m <sup>2</sup> K) =	7,65 W/K V
	12,03 m <sup>2</sup> x 1,00 W/(m <sup>2</sup> K) = 12,03 W/K	9,75 m <sup>2</sup> x 1,00 W/(m <sup>2</sup> K) =	9,75 W/K V
Yhteensä:	430,54 m <sup>2</sup> 88,03 W/K	430,54 m <sup>2</sup>	84,37 W/K V
<b>Vuotoilma</b>			
	1,2 kg/m <sup>3</sup> x 1 000 J/kgK x 2,0 / 25 x 361,00 m <sup>3</sup> / 3 600 = 9,63 W/K	1,2 kg/m <sup>3</sup> x 1 000 J/kgK x 4,0 / 25 x 361,00 m <sup>3</sup> / 3 600 =	19,25 W/K X
Vaippa yhteensä:	97,66 W/K		103,62 W/K X
Vaipan ominaislämpöhäviön suhdeluvun maksimi:	1,30		1,06 V
<b>Ilmanvaihto</b>			
	1,2 kg/m <sup>3</sup> x 1 000 J/kgK x 0,5 x 361,00 m <sup>3</sup> / 3 600 x (1 - 0,45) = 33,09 W/K	1,2 kg/m <sup>3</sup> x 1 000 J/kgK x 0,5 x 361,00 m <sup>3</sup> / 3 600 x (1 - 0,6) =	24,07 W/K V
		Ilmanvaihtokoneen LTO:n suunnittelu-arvolle > 45 % vaaditaan lisäselvitys.	
Vertailurakennuksen lämpöhäviötaso:	130,75 W/K		127,69 W/K V
Matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötaso:	111,14 W/K		127,69 W/K X
Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-ala: V			
Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala on sama molemmissa ratkaisuissa: V			
U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia: V			
Vaipan suunnittelu- ja vertailuratkaisun ominaislämpöhäviön suhde on enintään 1,30: V			
Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen: V			
Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään 85 % vertailuratkaisun ominaislämpöhäviöstä: X			
<b>Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset</b>			

ID: F.1.1554.1141 www.ecorange.com

## 2. Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho SFP

This document is created with **LAMIT TOOL**

Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho SFP: 2,00 kW/m<sup>3</sup>/s

## 3. Rakennuksen lämmitysteho

Ilman tiheys:	1,2 kg/m <sup>3</sup>	Säävyöhyke:	III
Ilman ominaislämpökapasiteetti:	1 000 Ws/(KgK)	Mitoitettava ulkolämpötila:	-32,0 °C
Laatumuunnoskerroin m <sup>3</sup> /h > m <sup>3</sup> /s:	3 600	Sisälämpötila:	21 °C
Veden tiheys:	1000 kg/m <sup>3</sup>	Kylmän ja lämpimän veden lämpötilaero:	50 °C
Veden ominaislämpökapasiteetti:	4,2 kJ/(KgK)	Huonelämmitysjärjestelmän hyötysuhde:	0,9
Rakennuksen bruttopinta-ala:	155,00 m <sup>2</sup>	IV:n tuloilman lämmitysjärj. hyötysuhde:	0,9
Läm. käyttöveden mitoitusvirtaama:	0,390 l/s	Käyttöveden lämmitysjärj. hyötysuhde:	0,9
Kiertojohdon ominaistehontarve:	0 W/brm <sup>2</sup>		

Ulkoseinä	$124,00 \text{ m}^2 \times 0,17 \text{ W/(m}^2\text{K)} \times (21 \text{ }^\circ\text{C} - (-32,0) \text{ }^\circ\text{C}) =$	1 117 W
Yläpohja	$139,00 \text{ m}^2 \times 0,08 \text{ W/(m}^2\text{K)} \times (21 \text{ }^\circ\text{C} - (-32,0) \text{ }^\circ\text{C}) =$	589 W
Alapohja	$139,00 \text{ m}^2 \times 0,17 \text{ W/(m}^2\text{K)} \times (21 \text{ }^\circ\text{C} - 4,0 \text{ }^\circ\text{C}) =$	402 W
Ulko-ovi	$9,70 \text{ m}^2 \times 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)} \times (21 \text{ }^\circ\text{C} - (-32,0) \text{ }^\circ\text{C}) =$	514 W
Ikkuna	$1,44 \text{ m}^2 \times 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)} \times (21 \text{ }^\circ\text{C} - (-32,0) \text{ }^\circ\text{C}) =$ $7,65 \text{ m}^2 \times 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)} \times (21 \text{ }^\circ\text{C} - (-32,0) \text{ }^\circ\text{C}) =$ $9,75 \text{ m}^2 \times 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)} \times (21 \text{ }^\circ\text{C} - (-32,0) \text{ }^\circ\text{C}) =$	76 W 405 W 517 W
		999 W
		3 621 W
Vuotoilma	$1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1 000 \text{ Ws/(KgK)} \times 4,0 / 25 \times 361,00 \text{ m}^3 / 3 600 \times (21 \text{ }^\circ\text{C} - (-32,0) \text{ }^\circ\text{C}) =$	1 020 W
Ilmanvaihto	LTO:n poistoilman lämpötilasuhde = $21 \text{ }^\circ\text{C} - 5 \text{ }^\circ\text{C} / 21 \text{ }^\circ\text{C} - (-32,0) \text{ }^\circ\text{C} = 0,302$ $1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1 000 \text{ Ws/(KgK)} \times 0,5 \times 361,00 \text{ m}^3 / 3 600 \times (1 - 0,302) \times (21 \text{ }^\circ\text{C} - (-32,0) \text{ }^\circ\text{C}) =$	2 226 W
Käyttövesi	Lämpimän käyttöveden kiertojohtojen tarvitsema teho = $0 \text{ W/brm}^2 \times 155,00 \text{ brm}^2 =$	0 W
	Käyttöveden lämmityksen tarvitsema teho jatkuvalla lämmitystehontarpeella = $1 000 \text{ kg/m}^3 \times 4186 \text{ kJ/(KgK)} \times 0,000390 \text{ m}^3/\text{s} \times 50 \text{ }^\circ\text{C} =$	81 627 W
		81 627 W

Huonelämmityksen tehontarve:	$3 621 \text{ W} + 1 020 \text{ W} + 2 226 - 0 \text{ W} =$	6 868 W
Ilmanvaihdon tuloilman jälkilämmityspatterin tehontarve:		0 W
Käyttöveden lämmitystehontarve:		81 627 W
Rakennuksen lämmitystehontarve:	$6 868 \text{ W} / 0,9 + 81 627 \text{ W} / 0,9 =$	98 327 W

#### 4. Rakennuksen jäähdytystarve ja mahdollinen jäähdytysteho

Rakennuksen jäähdytysteho: 0 kW

#### 5. Rakennuksen energiankulutus

##### Rakennuksen energiankulutus

Lämmin käyttövesi:	5 323 kWh
Lämmitysjärjestelmä (vesi):	0 kWh
Vaipan johtumishäviöt yht.:	12 602 kWh
Ulkovaipan ilmastuodot:	3 077 kWh
Hallittu ilmanvaihto:	3 835 kWh
Lämmitysjärjestelmä (tila):	6 495 kWh
Hyödynnetty lämpökuorma:	-12 941 kWh

Rakennuksen lämmitysenergia vertailupaikkakunnalla: 18 390 kWh

Rakennuksen lämmitysenergia, paikkakunnalla: Haukipudas: 19 373 kWh

Laitesähkö: 7 750 kWh

Tilojen jäähdytys: 0 kWh

Kohteen energiatarve, paikkakunnalla: Haukipudas: 27 123 kWh

##### Ostoenergiat

Lämmöntuottolaite:	Sähkölämmitys
Lämmöntuottolaitteen vuosihyötysuhde:	1,00
Sähköntuotto- ja muuntolaitteen vuosihyötysuhde:	1,00
Kylmäntuottolaitteen vuotuinen lämpökerroin:	1,00

##### Rakennuksen lämmitysenergian kulutus

valitulla lämmöntuottolaitteella:	19 373 kWh / 1,00 =	19 373 kWh
Laitteiden sähköenergia:	7 750 kWh / 1,00 =	7 750 kWh
Jäähdytysenergia:	0 kWh / 1,00 =	0 kWh

ID T.1.1556.2141 www.energiatodistus.fi

This document is created with: [LAME] TOOL

# ENERGIATODISTUS

## Rakennus

Rakennustyyppi: **Pienet asuinrakennukset**  
 Osoite: **Jumppajussentie 17**  
**90830 Haukipudas**

Valmistumisvuosi:  
 Rakennustunnus: **Asuinrakennus**

Asuntojen lukumäärä: **1**

Energiatodistus perustuu laskennalliseen kulutukseen ja on annettu

rakennuslupamenettelyn yhteydessä

erillisen tarkastuksen yhteydessä

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

Rakennuksen energiatehokkuusluku(ET-luku, kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi): **169**

Energiatehokkuusluvun luokitteluasteikko: **Pienet asuinrakennukset**

Energiatehokkuusluokitus perustuu rakennuksen laskennalliseen energiankulutukseen.  
 Todellinen kulutus riippuu rakennuksen sijainnista, asukkaiden lukumäärästä ja asumistottumuksista.

Todistuksen antaja: <b>Jouni Korpi</b>	Todistuksen tilaaja: <b>Jari Korpi</b>
Allekirjoitus:	
Todistuksen antamispäivä: <b>8.5.2012</b>	Todistuksen viimeinen voimassaolopäivä: <b>8.5.2022</b>

Energiatodistus perustuu lakiin rakennusten energiatodistuksesta (487/2007) ja 19.6.2007 annettuun ympäristöministeriön asetukseen energiatodistuksesta. Tämä energiatodistus on asetuksen lomakkeen 1 mukainen.

© 7.1.1554.3141 www.energiatodistus.fi This document is created with: **LAMMI** 1000L

## ENERGIATODISTUKSEN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

### Rakenuksen laajuustiedot

Bruttoala	155,00 brm <sup>2</sup>	Ilmatilavuus	361,00 m <sup>3</sup>
Rakennustilavuus	519,00 rak-m <sup>3</sup>	Henkilömäärä	5
Huoneistoala	139,00 hum <sup>2</sup>		

### Rakenteet

#### Rakennusosat

	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	U-arvo (W/m <sup>2</sup> K)		
Ulkoseinät	124,00	0,17		
Yläpohja	139,00	0,08		
Alapohja	139,00	0,17		
Ovet	9,70	1,00		
<b>Ikkunat</b>				
Etelään	1,44	1,00	g <sub>kohtisuora</sub> 0,5	F <sub>kehä</sub> 0,75
Itään	7,65	1,00	0,5	0,75
Länteen	9,75	1,00	0,5	0,75

Tehollinen lämpökapasiteetti C<sub>rak omin</sub> 70 Wh(brm<sup>2</sup>K)

### Ilmanvaihto

Rakennuksen ilmanvuotoluku n<sub>50</sub>  
Ilmanvaihdon poistoilmavirta **4,0** 1/h  
**0,050** m<sup>3</sup>/s

### Vedenkulutus

Lämpimän käyttöveden kulutus **91,25** m<sup>3</sup>/vuosi  
Huoneistokohtainen vedenmittaus ja laskutus  
kyllä  ei

### Lämmitysjärjestelmät

Lämmönkehitys **Sähkölämmitys**  
Sisältää käyttöveden lämmityksen  
Lämmönjakotapa **Vesikiertoinen lattialämmitys**  
Lämmönvaraajat  
kyllä  ei

Lämpimän käyttöveden kiertojohdo  
Kiertojohdoon on liitetty märkätilojen lämmityslaitteita  
kyllä  ei   
kyllä  ei

### Energiatodistuksen laskenta

Lämmitysenergian kulutus	18 390 kWh/vuosi
Laitesähköenergian kulutus	7 750 kWh/vuosi
Jäähdytysenergian kulutus	0 kWh/vuosi
Rakennuksen energiankulutus yhteensä	26 140 kWh/vuosi
<b>Rakennuksen energiatodistusluku</b>	<b>169 kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi</b>

ID: 7.1.1554.3141 www.energiatieto.fi

This document is created with: [LAMEE TOOL](#)

### YHTEENVETO

#### Lämpöhäviöt

	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Ulkoseinä:	496	470	370	316	168	93	94	97	198	302	328	438	3 368 kWh
Alapohja:	246	238	281	289	299	272	246	229	204	193	187	211	2 896 kWh
Yläpohja:	261	248	195	167	89	49	50	51	104	159	173	231	1 777 kWh
Ulko-ovet:	228	216	170	145	77	43	43	45	91	139	151	201	1 550 kWh
Ikkunat:	443	420	331	282	150	83	84	87	177	270	293	391	3 010 kWh
Vuotoilma:	453	430	338	288	153	85	86	89	181	276	299	400	3 077 kWh
Ilmanvaihto:	564	535	421	359	191	105	107	111	225	344	373	498	3 835 kWh

#### Käyttövesi

	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Käyttövesi:	452	408	452	438	452	438	452	452	438	452	438	452	5 323 kWh

#### Lämmitysjärjestelmät

	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Lämmitysenergia yhteensä:	2 706	2 476	1 840	1 459	1 014	653	665	668	1 081	1 571	1 853	2 405	18 390 kWh

#### Sähkölaitteet

	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Laitesähkö:	658	595	658	637	658	637	658	658	637	658	637	658	7 750 kWh

#### Lämpökuormat

	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Henkilöt:	105	95	105	102	105	102	105	105	102	105	102	105	1 240 kWh
Lämmitysjärjestelmät:	674	674	450	450	225	0	0	0	225	450	674	674	4 495 kWh
Sähkölaitteet:	421	380	421	408	421	408	421	421	408	421	408	421	4 960 kWh
Aurinko:	31	146	265	464	168	193	158	133	79	126	28	14	1 804 kWh

#### Jäähdytys

	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Jäähdytys:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh

#### Yhteensä

	tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	
Vaipan johtumishäviöt:	1 674	1 593	1 347	1 199	782	539	517	509	774	1 064	1 131	1 472	12 602 kWh
Sisäiset lämpökuormat:	1 284	1 323	1 360	1 535	1 107	948	939	914	992	1 221	1 256	1 267	14 147 kWh
Lämmitysenergia:	2 706	2 476	1 840	1 459	1 014	653	665	668	1 081	1 571	1 853	2 405	18 390 kWh
<b>Kohteen energiatarve:</b>	<b>3 364</b>	<b>3 071</b>	<b>2 498</b>	<b>2 096</b>	<b>1 672</b>	<b>1 290</b>	<b>1 324</b>	<b>1 326</b>	<b>1 718</b>	<b>2 229</b>	<b>2 490</b>	<b>3 063</b>	<b>26 140 kWh</b>