



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# **VANHAN PUUTALON ENERGIA TEHOKKUUDEN PARANTAMINEN**

Tommi Niskanen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2017  
Rakennustekniikan ko.  
Talonrakennustekniikka



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Talorakennustekniikka

NISKANEN, TOMMI:

Vanhan puutalon energiatehokkuuden parantaminen

Opinnäytetyö 56 sivua, joista liitteitä 15 sivua  
Toukokuu 2017

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia rakennus- ja rakennesuunnitelmat Turussa sijaitsevan puutalon saneerausta varten. Työn tilasi talon uudet omistajat, jotka katsoivat saneerauksen olevan ajankohtainen. Rakennus on vuodelta 1927 ja sitä on laajennettu vuonna 1967. Eri korjausvaihtoehtoja otettiin huomioon, joista yhdessä tilaajan kanssa valittiin kohteelle paras toteutusratkaisu. Tavoitteena oli huomioida rakennuksen energiatehokkuus rakenteissa sekä lämmitysmuodossa tulevia vuosikymmeniä ajatellen.

Opinnäytetyö aloitettiin analysoimalla kohteen jo olemassa olevia lähtötietoja sekä tekemällä tarpeellisia lisätutkimuksia. Kohteelle laadittiin yleiset tavoitteet, kuten tilatarpeet ja tilojen sijainnit, halutut ominaisuudet sekä hankkeen tavoitebudjetti. Kellarin, ulkoseinän sekä yläpohjan eri rakennevaihtoehtoja vertailtiin kosteusteknisen käyttäytymisen ja U-arvon näkökulmasta DOF -lämpöohjelman avulla. Lisäksi työssä on pohdittu eri vaihtoehtoja rakennuksen lämmitysmuodoksi; onko järkevää pysyä öljylämmityksessä vai saneerauksen yhteydessä vaihtaa kokonaan tai osittain toiseen. Kaikissa päätöksissä huomioitiin myös rakennushankkeelle varattu budjetti. Näiden tietojen pohjalta laadittiin lupakuvat rakennuslupaa varten. Piirustukset on laadittu CADS House -suunnitteluohjelmalla.

Työssä on myös selvitetty, mitä asioita tuli huomioida haettaessa kohteelle rakennuslupaa. Rakennusluvan hakeminen vaihtelee hieman paikkakunnasta ja rakennushankkeen laadusta riippuen.

Liitteissä on esimerkin vuoksi laskettu U -arvo tolpparunkoiselle ulkoseinälle, minkä välissä on mineraalivilla.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Construction Engineering  
Building Construction

NISKANEN, TOMMI:  
Improving An Energy Efficiency Of An Old Wooden House

Bachelor's thesis 56 pages, appendices 15 pages  
May 2017

---

The purpose of this thesis was to produce architectural and structural design for renovation of a wooden house in Turku. The house was built in 1927 and it has been extended in 1967. The thesis was ordered by the house's new owners, who thought that the renovation is current. Different options were considered in which the best was chosen together with the subscribers. The aim was to take account of the energy efficiency in structures, as well as the selection of the heating mechanics for coming decades.

The thesis was started by analyzing the destination of already existing data and making necessary research. The general objectives of the project were drawn up, such as the needs and status of rooms, the desired capabilities and the objective of the project budget. Different options of the basement, exterior wall and roof were compared from the point of moisture behavior and thermal conductivity by using DOF -thermal programme. In addition, this thesis has been given to the various options for building heating method; if it's reasonable to stay in oil heating or change in whole or in part to another heating method. All decisions were taken into consideration in the construction budget for the project. Based on these information the construction drawings were drawn up to get the construction permit. The drawings have been drawn up by using CADS House -programme.

In this thesis it has been clarified, what has to be considered when applying for a building permit. Applying for a building permit varies slightly, depending on the location and the nature of the project.

In the annexes is also calculated the coefficient of thermal transmittance for the wooden exterior wall with mineral wool insulation.

---

Key words: energy efficiency, structural design, construction design, building permit

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	LÄHTÖTILANNE .....	8
2.1	Tavoite .....	8
2.2	Työn rajaus .....	8
2.3	Suunnittelijan kelpoisuus .....	8
2.4	Kohteen yleistiedot .....	8
2.5	Rakenteet .....	9
2.5.1	Vanhan puolen kantava runko.....	9
2.5.2	Uuden puolen kantava runko .....	10
2.5.3	Kellarin seinä .....	11
2.5.4	Yläpohja .....	11
3	PÄÄPIIRUSTUKSET .....	12
3.1	Asemapiirustus.....	12
3.2	Pohjapiirustus.....	14
3.3	Leikkauspiirustus .....	18
3.4	Julkisivupiirustus .....	19
3.5	Purkupiirustus .....	21
4	RAKENNUSLUPAPROSESSI.....	22
4.1	Selvitys rakennuspaikan hallinnasta .....	22
4.2	Kaksi sarjaa rakennuslupapiirustuksia.....	22
4.3	Selvitys naapurien kuulemisesta .....	22
4.4	Selvitys rakennuspaikan perustamistavasta .....	23
4.5	Energiatodistus.....	23
4.6	RH -lomake.....	23
4.7	Rakennuslupakartta, asemakaavaote tai karttaote.....	23
4.8	Haja-asutusalueella jätevesikäsittelyselvitys .....	24
4.9	Maalämpökaivo .....	24
5	RAKENNUKSEN RAKENNUSFYSIKAALINEN TOIMINTA .....	25
5.1	Rakennusfysikaalinen toiminta yleisesti.....	25
5.1.1	Ilmanvaihto .....	25
5.1.2	Lämmitys .....	26
5.1.3	Kosteus ja sen kulku rakenteissa.....	26
5.1.4	Rakennuksen vaipan lämmöneristyskyky ja ilmanpitävyys .....	27
5.2	Rakennusfysikaalinen toiminta kohteessa .....	27
5.2.1	Ilmanvaihto .....	27
5.2.2	Lämmitys .....	27

5.2.3	Kosteus ja sen kulku rakenteissa.....	28
5.2.4	Rakennuksen vaipan lämmöneristyskyky ja ilmanpitävyys .....	29
6	LÄMPÖKUVAUS .....	30
6.1	Yleistä .....	30
6.2	Lämpökuvaus kohteessa .....	30
6.2.1	Mittaaminen .....	30
6.2.2	Tulokset.....	31
6.2.3	Tulosten analysointi .....	33
7	VALITUT RAKENNERATKAISUT .....	34
7.1	KELLARI .....	34
7.1.1	Vaihtoehto 1 .....	34
7.1.2	Vaihtoehto 2 .....	35
7.1.3	Vaihtoehto 3 .....	35
7.1.4	Valittu vaihtoehto.....	35
7.2	ULKOSEINÄ.....	36
7.2.1	Vaihtoehto 1 .....	36
7.2.2	Vaihtoehto 2 .....	37
7.2.3	Valittu vaihtoehto.....	37
7.3	YLÄPOHJA.....	38
7.3.1	Vaihtoehto 1 .....	38
7.3.2	Vaihtoehto 2 .....	38
7.3.3	Vaihtoehto 3 .....	38
7.3.4	Toteutunut vaihtoehto .....	38
8	POHDINTA.....	39
	LÄHTEET .....	40
	LIITTEET .....	42
	Liite 1. Piirustusluettelo .....	42
	Liite 2. Asemapiirustus.....	43
	Liite 3. Pohjapiirustukset.....	44
	Liite 4. Julkisivut.....	45
	Liite 5. Leikkauspiirustus .....	46
	Liite 6. Purkupiirustus .....	47
	Liite 7. U-arvo laskentaesimerkki .....	48
	Liite 8. DOF-lämpö -tulosteet .....	52
	Liite 9. Kustannuslaskenta.....	55

**ERITYISSANASTO**

Emissiivisyys	Kappaleen lähettämän säteilyn määrä verrattuna täysin mustan kappaleen säteilyyn.
Kastepiste	Se lämpötila, jossa vesihöyryä sisältävän kaasun suhteellinen kosteus on 100% eli kaasuun ei voi sitoutua enempää kosteutta lämpötilan pysyessä vakiona.
Kondensoituminen	Kaasumaisen aineen kondensoituminen eli tiivistyminen nesteeksi.
RH -lomake	Rakennushankelomake
U-arvo	Lämmönläpäisykerroin. Kuvaa lämpövirran tiheyttä, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan.

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on laatia kokonaisvaltainen selvitys 1920-luvulla rakennettun ja 1960-luvulla laajennetun puutalon energiatehokkuudesta ja sen parantamisesta. Saneeraus tuli ajankohtaiseksi uusien omistajien myötä. Ostovaiheen yhteydessä tehdyssä kuntotutkimuksessa selvisi rakennuksen olevan ikä huomioiden hyvässä kunnossa. Uusien omistajien suunnitelmana on parantaa rakennuksen energiatehokkuutta ja tämän opinnäytetyön tarkoituksena on auttaa päätöksenteossa saneerauksen laajuutta sekä kannattavimpia toteutusratkaisuja koskien.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua yleisimpiin käytettyihin energiatehokkuutta parantaviin rakenneratkaisuihin ja soveltaa niitä kohteeseen. Rakennuksen eri rakenteille on mietitty useampi toteutuskelpoinen vaihtoehto, joista valittiin yhdessä kohteen omistajien kanssa toteutettavat ratkaisut. Vaihtoehtojen vertailussa on apuna käytetty opinnäytetyön aikana tehtyä kuntoarviota sekä DOF –lämpöohjelmasta saatuja tietoja. Lisäksi opinnäytetyössä käsitellään hankkeeseen liittyvää lupaprosessia ja mitä sen suhteen on syytä huomioida.

Valintoihin vaikutti paljon myös muutostöihin varattu budjetti, jonka seuraamisen helpottamiseksi on tehty opinnäytetyön liitteistä löytyvät rakennekohtaiset kustannuslaskelmat. Pää tavoitteena oli löytää hinta-laatusuhteeltaan saneerausratkaisu, joka pitkällä aikavälillä on kannattavin.

Tässä opinnäytetyössä on keskitytty pääasiassa kohteeseen, mutta korjaustapoja voidaan soveltaa saman aikakauden rakennuksissa.

## **2 LÄHTÖTILANNE**

### **2.1 Tavoite**

Työn tavoitteena oli suunnitella kohteen päärakennuksen ulkoseinä- ja yläpohjarakenteille saneerausratkaisut, jotka yhdessä muodostavat toimivan kokonaisuuden tilaajan asettama tavoitebudjetti huomioiden. Talon energiatehokkuutta haluttiin parantaa ja asumismukavuutta lisätä. Tilaajilla oli tarkasti mielessään hankkeelle toteutettavat tilaratkaisut, mutta rakenneosien rakenteet vaativat enemmän suunnittelua. Rakennuksessa on ollut aikaisemmin kaksi erillistä asuntoa, jotka yhdistetään nyt yhdeksi asunnoksi.

### **2.2 Työn rajaus**

Tässä työssä keskitytään rakennuksen ulkoseinän, kellarin seinän ja yläpohjan eri ratkaisuihin sekä lämmitysjärjestelmän valintaan. Tilaajan toiveesta ei rakenteisiin lisätä höyrynsulkua. Muihin saneerauksen yhteydessä tehtäviin toimenpiteisiin, kuten salaojitukseen ja tilaratkaisuiden muutoksiin, ei tässä opinnäytetyössä keskitytä. Kohde sijaitsee Turussa, mikä vaikuttaa hieman muun muassa rakennusluvan hakemiseen.

### **2.3 Suunnittelijan kelpoisuus**

Allekirjoittaneella ei riittänyt pätevyys kyseisen kohteen pääsuunnittelijaksi, vaan piirtämäni lupakuvat tuli hyväksyttävä siihen pätevöityneellä henkilöllä Suomen rakentamismääräyskokoelma A2:n mukaan.

### **2.4 Kohteen yleistiedot**

Kohde on 2½-kerroksinen puutalo ja sijaitsee Turun Itäharjulla perinteikkäällä omakoti-alueella. Hirsirakenteinen rakennus on rakennettu vuonna 1927 ja sitä on laajennettu vuonna 1967. Laajennusosa on seinärakenteeltaan mineraalivillaeristeinen tolpparunko. Rakennuksen kokonaisala on 360 m<sup>2</sup> ja bruttoala 240 m<sup>2</sup>. Tontin pinta-ala on 840 m<sup>2</sup> ja rakennus on sijoitettu kiinni tontin pohjoisreunaan asemapiirustuksen mukaisesti (liite 2). Rakennus on perustettu kalliolle.



Muutostöiden suunnittelun lähtötietoina on käytetty vuosilta 1966 ja 1967 peräisin olevia paperisia pääpiirustuksia. Piirustukset ovat pääosin selkeitä ja vastaavat todellisuutta. Epäselvissä kohdissa tehtiin rakenneavauksia, joilla todennettiin oikeat rakenteet. Esimerkiksi olohuoneen ja keittiön väliseen seinään tehtiin rakenneavaus kantavan palkin todentamiseksi piirustusten mukaiseksi.

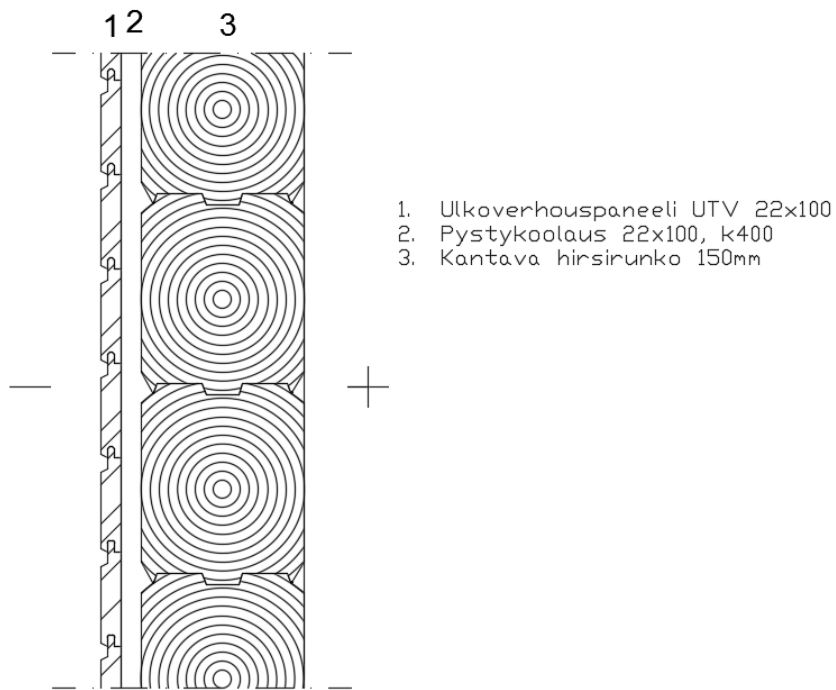


KUVA 1. Julkisivu kohteesta kadun puolelta (Kuva: Markus Lehtonen 2017)

## 2.5 Rakenteet

### 2.5.1 Vanhan puolen kantava runko

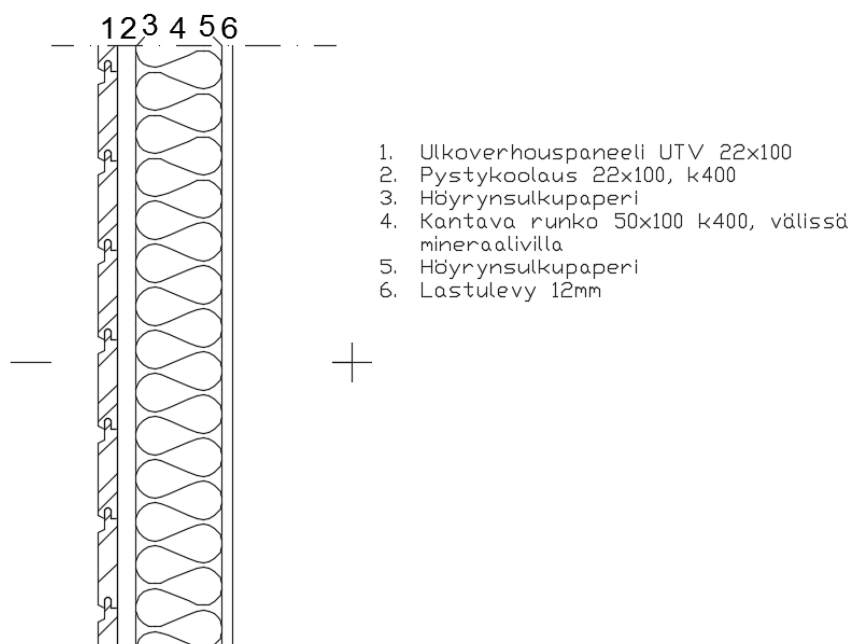
Rakennuksen alkuperäinen seinärakenne on 150 mm paksua hirttä. Ilmavuotojen vähentämiseksi on hirsien väleissä käytetty pellavaa. Runko on säilynyt hyväkuntoisena eikä vaadi suurempia korjaustoimenpiteitä.



KUVA 2. Alkuperäisen hirsiseinän rakenne

### 2.5.2 Uuden puolen kantava runko

Kantava runko on tehty 50x100 mm sahatarvarasta 600 mm jaolla, jonka eristeenä on käytetty mineraalivillaa. Rungon päällä on tervapaperi tuulensuojana. Kohteeseen tehtiin rakenneavauksia, joiden avulla todettiin vanhojen rakennekuvien pitävän paikkansa ja rakenteiden olevan hyvässä kunnossa.



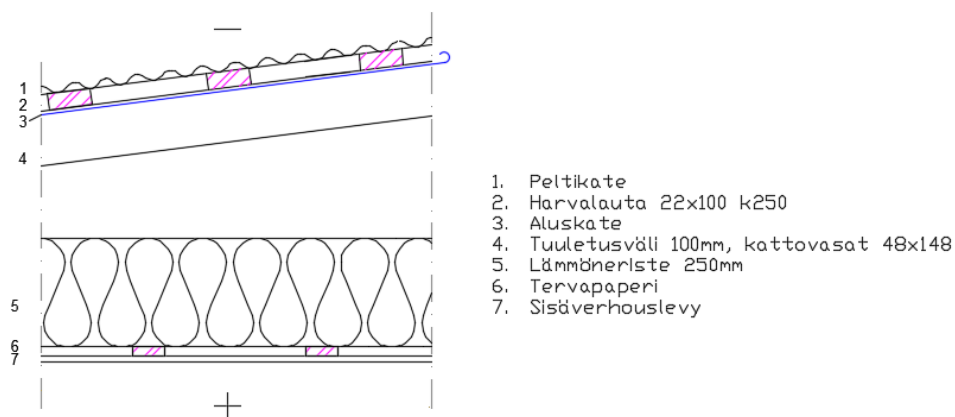
KUVA 3. Alkuperäisen puurunkoisen ulkoseinän rakenne

### 2.5.3 Kellarin seinä

Kellarin seinänä on 100 mm paksu betoni. Rakennuksen kellarin seinä on osan matkalta halkeillut pituussuunnassa, mikä tulee huomioida saneerausta mietittäessä. Rakennuksen pohjoisosassa kellarin seinä on suurimmaksi osaksi maata vasten ja eteläpuolella maan pinnan yläpuolella. Suurimmat halkeamat ilmenevät rakennuksen itäpäädyssä, jonne sadevedet ovat valuneet kadulta ja maa on päässyt routimaan routaeristyksen puuttumisen vuoksi. Maa kallistuu rakennuksesta pois päin etelä- ja länsipuolella ja pohjois- ja itäpuolella kallistus on liki tasainen.

### 2.5.4 Yläpohja

Yläpohja on puurakenteinen ja eristeenä on käytetty purua sekä mineraalivillaa 250 mm. Rakennuksessa on hyväkuntoinen peltikatto, jota on huollettu maalaamalla.



KUVA 4. Vanhan yläpohjan rakenne

### 3 PÄÄPIIRUSTUKSET

Pääpiirustuksiin kuuluu asemapiirustus, pohjapiirustus, leikkauspiirustus ja julkisivupiirustus. Lisäksi kohteen muutostöiden vuoksi pääpiirustuksiin lisätään myös purkupiirustus. Näillä kuvilla haetaan hankkeelle rakennuslupaa rakennusvirastosta.

#### 3.1 Asemapiirustus

Asemapiirustuksessa kuvataan rakennuksen paikka ennen ja jälkeen suunnitellun rakentamisen. Siinä tulee ilmetä rakennushankkeen vaikutukset rakennuspaikkaan sekä riittävästi myös vaikutus naapurien asemaan. Asemapiirustuksen tulee myös osoittaa, että suunniteltu rakentaminen on kaavan tai muun maankäyttösuunnitelman ja rakennusjärjestyksen mukaista sekä täyttää sille osoitetut vaatimuksen tontin tai rakennuspaikan osalta.

Asemapiirustus laaditaan mittakaavaan 1:500 tai 1:200 rakennuspaikan koosta riippuen. Mittakaavaan 1:200 laadittaessa riittää yleensä yksi piirros. Mittakaavaa 1:1000 voidaan käyttää erittäin suuria kohteita esiteltäessä. Asemapiirustuksesta käy ilmi muun muassa tontin ja rakennuksen sijainti, rakennuksen päämitat ja nurkkapisteiden korkeusasemat, tontille tulevan kulkuväylän sijainti, autopaikkojen sijainnit, pohjoisnuoli, kortteleiden ja katujen nimet, jäte- ja vesiviemäreiden tulosuunta sekä rakennuksen paloluokka, kerros-luku, käyttötarkoitus ja pinta-ala (RT 10784 Asemapiirustus).

Opinnäytetyön kohteen asemapiirustus esitetään mittakaavassa 1:200. Naapuritonttien rakennuksen ovat sen verran kaukana, ettei niitä ole tarpeen esittää asemapiirustuksessa. Alueella ei ole kaavamääräyksiä. Tontilla on rakennusoikeutta 240 m<sup>2</sup>, mikä muutostöiden jälkeen ylittyy. Tähän on haettu poikkeuslupaa ja asemapiirustus on rakennusviraston hyväksymä.

Asemapiirustus on esitetty kuvassa 5.



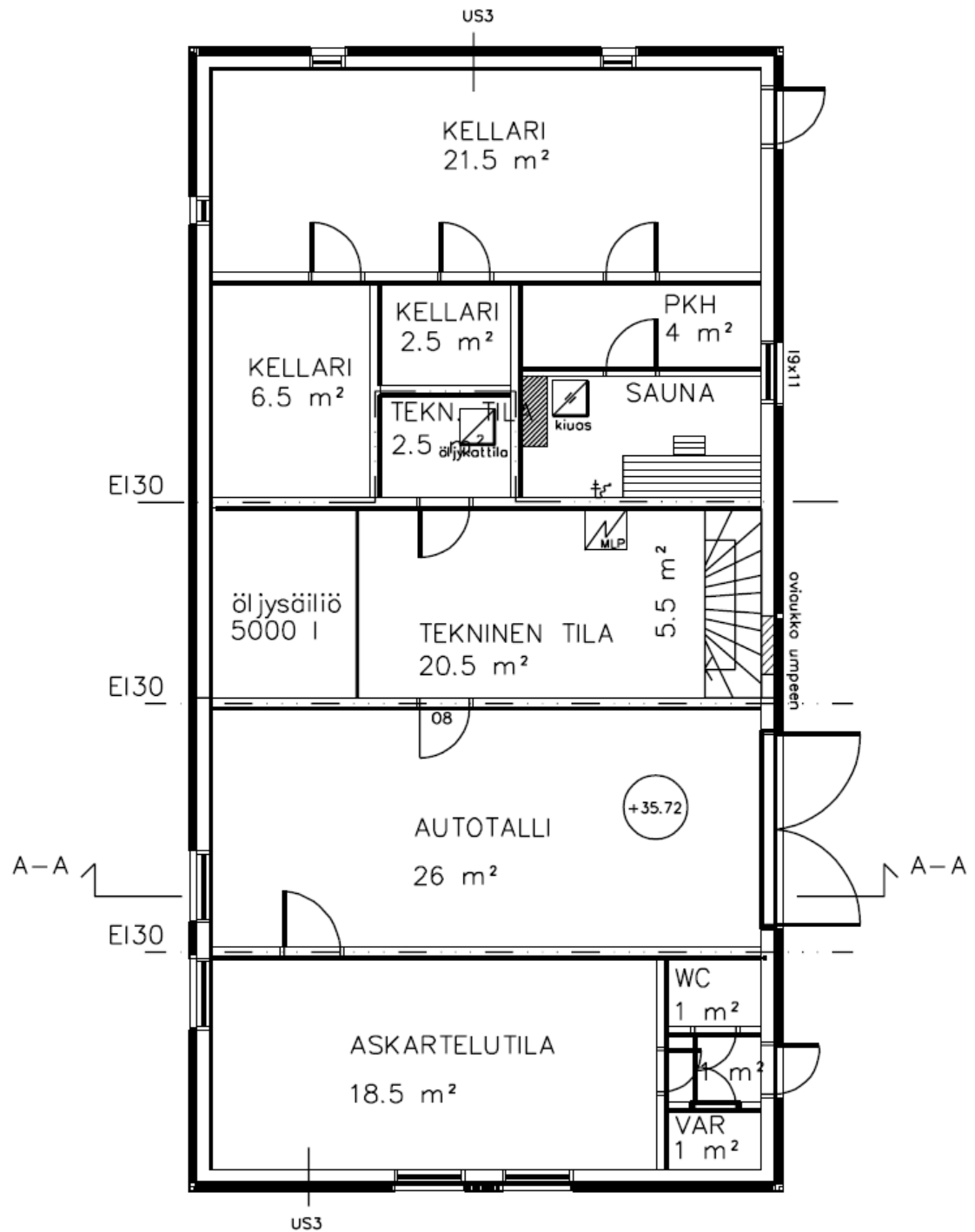
### 3.2 Pohjapiirustus

Pohjapiirustus esitetään tavallisesti mittakaavassa 1:100. Pohja-, leikkaus- ja julkisivupiirustukset laaditaan yleensä samaan mittakaavaan selkeyttämisen vuoksi. Pohjapiirustukset laaditaan kellarista, asuinkerroksista sekä tarvittaessa vesikatosta.

Pohjapiirustuksessa esitetään mm. rakennuksen päämitat, huoneiden käyttötarkoitukset pinta-aloineen, huoneiden lattiakorot, kerroksien korkeusasemat, ulko- ja väliseinien rakenteet riittävällä tarkkuudella, kiintokalusteet, rakenteissa olevat aukot, kiintokalusteet sekä ovien ja ikkunoiden koot ja aukeamissuunnat. Lisäksi pohjapiirustuksesta käy ilmi palo-osastoinnit ja leikkauspiirustuksen leikkauskohta (RakMK A2 2002,21).

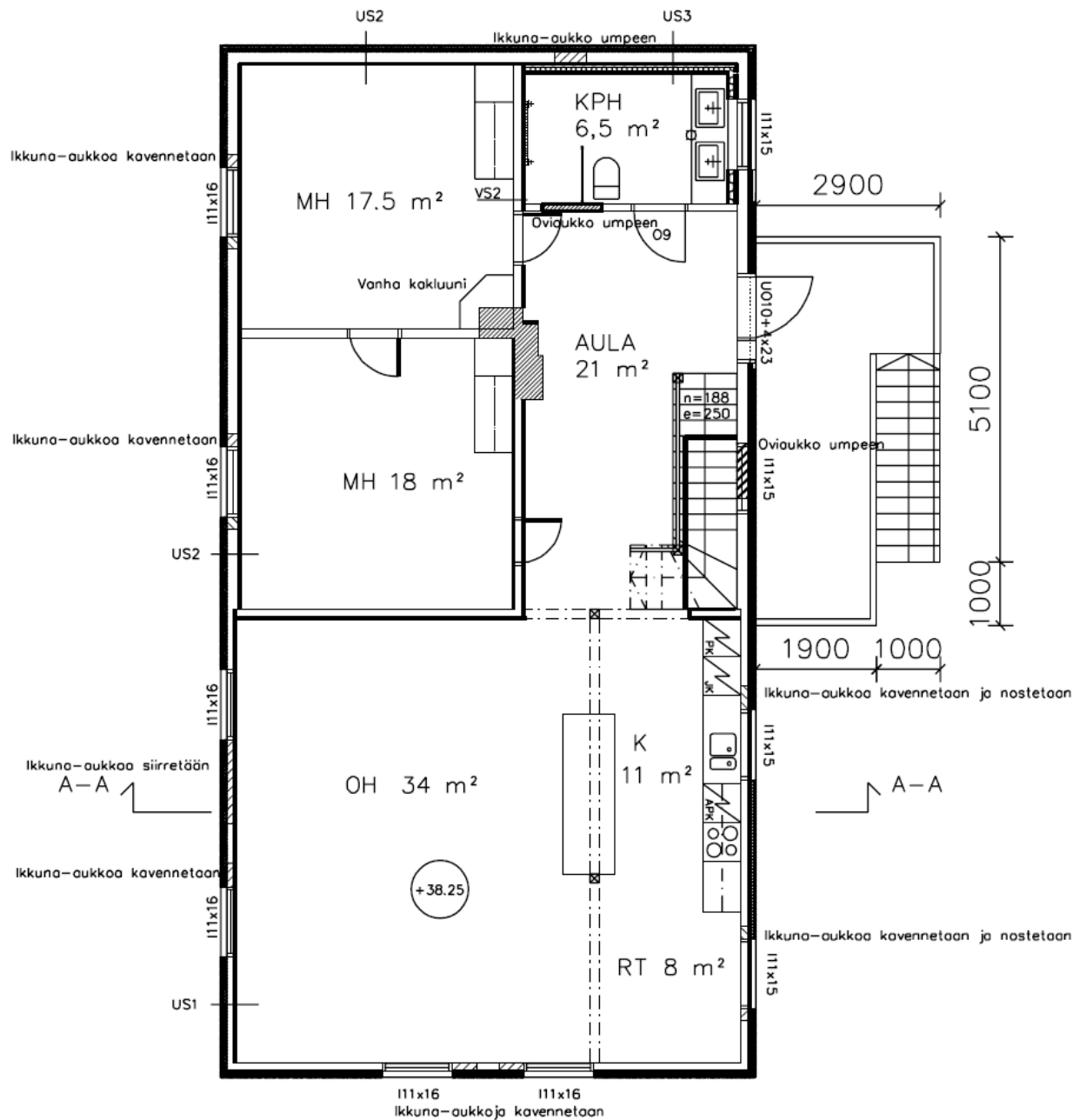
Kohteen pohjapiirustuksissa näkyy ulko- ja väliseinien rakenteet, jotka on esitetty tarkemmin leikkauspiirustuksessa. Korjaushankkeessa joidenkin ovien ja ikkunoiden sijainnit muuttuvat. Pohjapiirustuksissa näkyy uusien ovien ja ikkunoiden sijainnit sekä umpeen laitettavien aukkojen paikat. Vanhat säilytettävät rakenteet on merkitty mustattuina. Koko asuinrakennus on yhtä palo-osastoa. Sen sijaan kellaritila jakautuu palokatkoilla neljään erilliseen palokatkoon, joiden luokka on EI30.

Pohjapiirustukset on esitetty kuvissa 6-8. Pohjapiirustus kokonaisuutenaan on esitetty liitteessä 3.



Kellarikerros

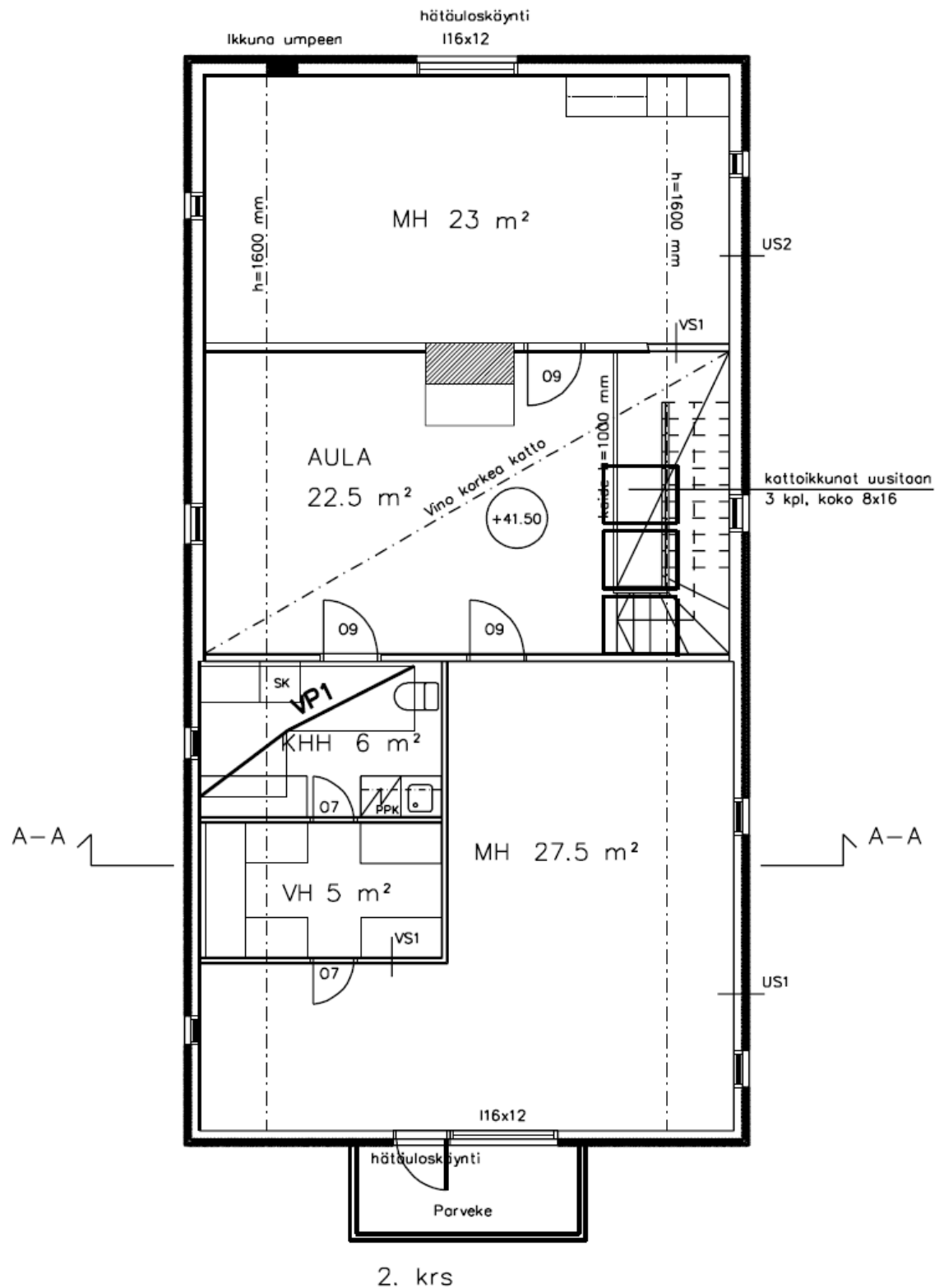
Kuva 6. Pohjapiirustus, kellari



1. krs

Kuva 7. Pohjapiirustus, 1. kerros





Kuva 8. Pohjapiirustus, 2. kerros

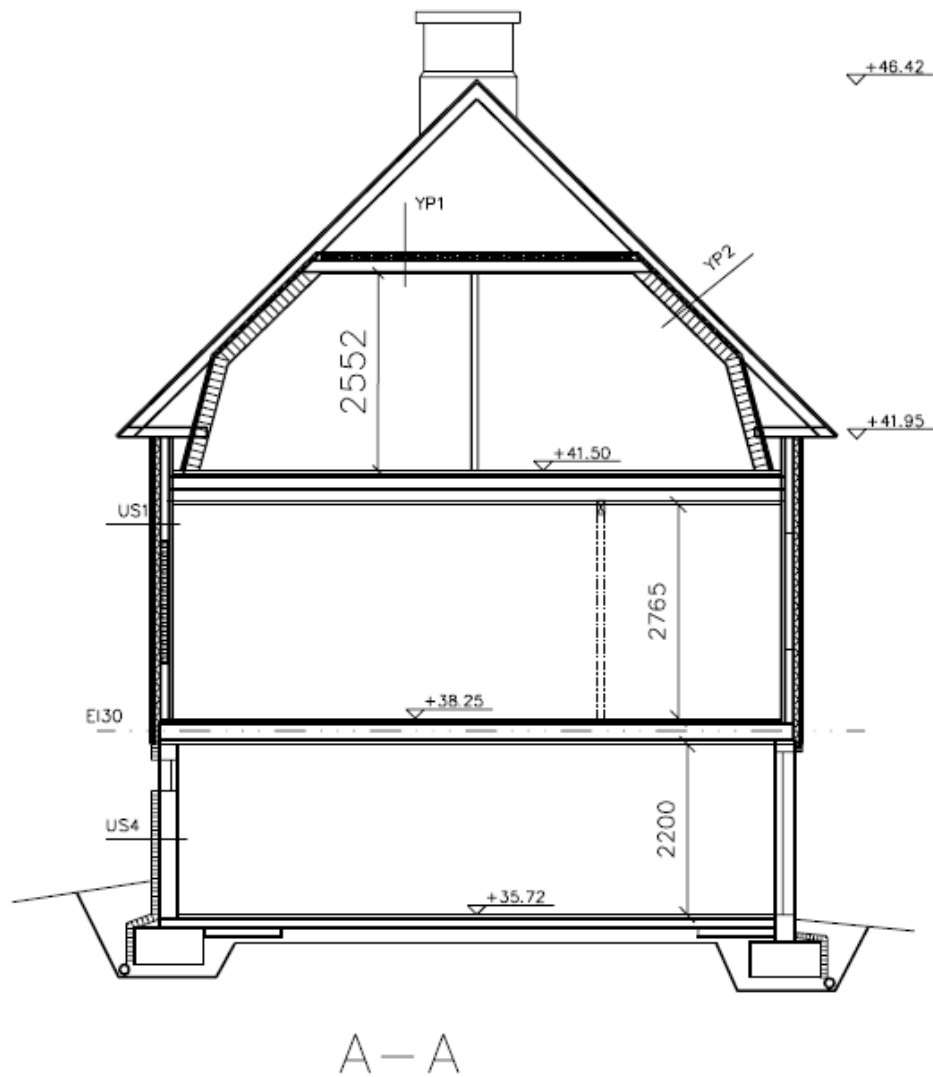
### 3.3 Leikkauspiirustus

Leikkauspiirustusten tarkoitus on selkeyttää esimerkiksi rakennuksen rakenteiden ja sisätilojen tulkitsemista. Leikkauspiirustukset tulee laatia kaikista tarpeellisista kohdista niin, että niistä näkyy rakennuksen rakenteet ja ominaisuudet tarpeeksi kattavasti ja tarkoituksenmukaisesti. Pysty- ja vaakasuuntaiset rakenteet ja rakennusosat kuvataan leikat-  
tuina.

Leikkauspiirustuksesta tulee käydä ilmi rakennuksen rakenteet tarpeellisista kohdista, eri osien korkeustasot, vesikaton kaltevuus, leikkauksen mitat, huonekorkeudet sekä ovi- ja ikkuna-aukkojen korkeudet. Lisäksi leikkauspiirustuksessa esitetään tekstimuodossa leikkauskuvaan merkityt rakenteet, rakenteiden kokonaispaksuudet, lämmönläpäisykertoimet sekä rakenneosien paloneristävyydet. Mittakaavana käytetään samaa kuin pohjapiir-  
roksessa (RakMK A2 2002,22).

Kohteesta laadittiin yksi leikkauskuva, josta näkyy eri rakenteet ja ne on selitetty tarkem-  
min tekstiosassa. Kyseinen leikkauskuva on merkitty pohjapiirustuksiin symbolina A-A, mistä ilmenee leikkauskuvan sijainti ja suunta. Rakenteet on suunniteltu niin, että paloneristysvaatimus EI 30 täyttyy. Leikkauskuvassa näkyy myös huoneiden, rakennuksen harjan sekä räystäiden korkoasemat meren pinnasta. Tekstiosassa rakenneselostusten lo-  
pussa on esitetty kyseisten sekä vanhojen rakenteiden U-arvot. Perustustyyppinä on maanvarainen betonilaatta, jonka reunoilla on noin metrin verran lämmöneristettä.

Osa leikkauspiirustuksesta on esitetty kuvassa 9. Leikkauspiirustus kokonaisuutenaan on esitetty liitteessä 5.



Kuva 9. Leikkauspiirustus A-A

### 3.4 Julkisivupiirustus

Julkisivupiirustus kuvaa rakennuksen ulkonäköä ja sen tarkoituksena on osoittaa, että suunniteltu rakentaminen täyttää sille asetetut arkkitehtuuriset vaatimukset. Rakennuksen tulee soveltua ympäröiviin rakennuksiin ja maisemaan. Liittyminen viereisiin rakennuksiin on esitettävä riittävän laajasti. Mittakaava on sama kuin pohjapiirustuksessa, yleensä 1:100.

Julkisivupiirustuksiin sisältyy piirustukset rakennuksen kaikista sivuista vesikaton näkyvine osineen kohtisuorana projektiona. Julkisivupiirustuksessa esitetään näkyvien rakennusosien ja pintojen materiaalit ja värimerkinnot, vesikaton pinta sekä kaltevuus, maanpinnan ja julkisivun leikkauskohdan, räystäään sekä vesikaton harjan tai muun ylimmän

osan korkeusasemat. Jokaiseen kuvaan tulee merkitä ilmansuunta, mistä suunnasta julkisivuprojektio on esitetty (RakMK A2 2002,22).

Kohde sijaitsee omakotialueella, missä on tärkeää, että rakennuksen sopivat sopusuhtaisesti toisiinsa. Ulkoverhouksen väri pysyy saneerauksen jälkeenkin vaalean vihreänä. Peltikatto on säilynyt hyvässä kunnossa eikä sen julkisivunäkymä muutu. Sokkelin pinta on betonin harmaa. Kaikki ovet ja ikkunat uusitaan, mikä muuttaa paljon julkisivunäkymää. Uusissa ikkuna- ja oviratkaisuissa on pyritty säilyttämään perinteikäs tyyli. Purettavat rakenneosat on esitetty julkisivukuviin pistekatkoviivalla.

Julkisivupiirustus on esitetty kuvassa 10. Julkisivupiirustus kokonaisuutenaan on esitetty liitteessä 4.

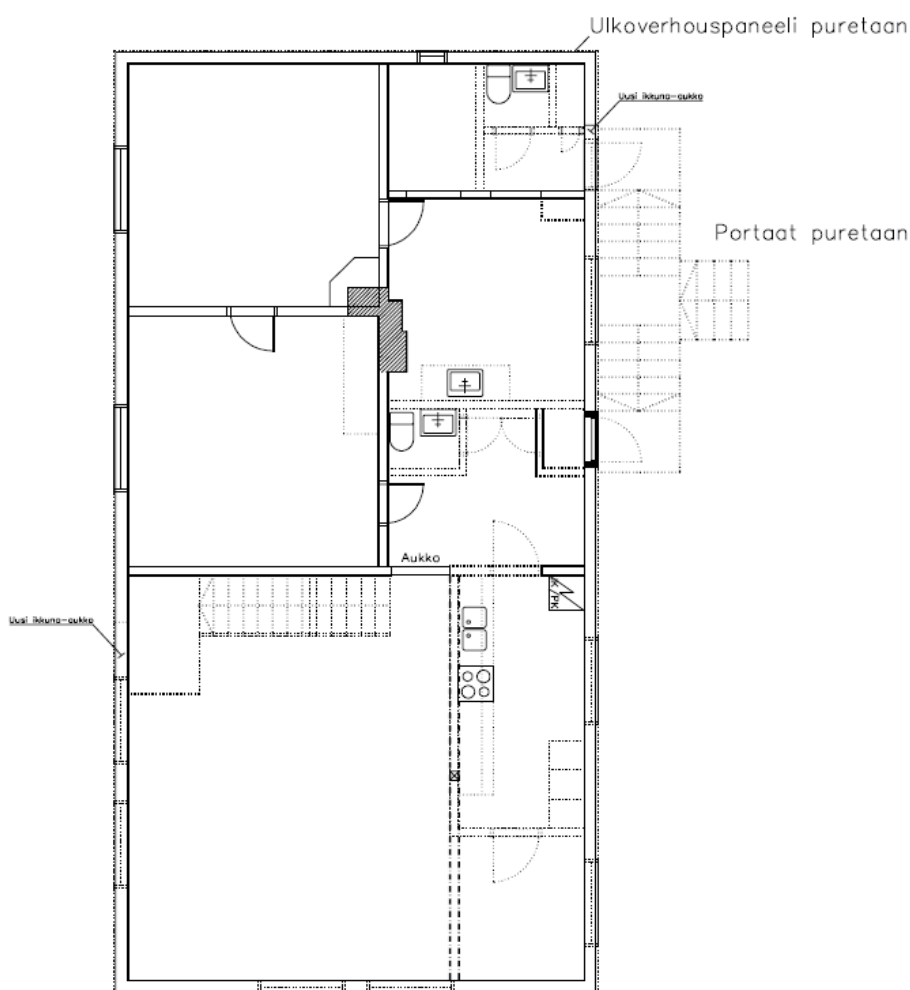


Kuva 10. Julkisivut neljästä ilmansuunnasta

### 3.5 Purkupiirustus

Tarvittaessa voidaan esittää purettavat rakenteet ja rakenneosat erillisessä purkupiirustuksessa, mikä voidaan liittää pääpiirustuksiin. Purkupiirustus laaditaan vanhaa piirustusta piirrospohjana käyttäen. Purkupiirustuksesta tulee käydä selvästi ilmi, mitkä seinät tai seinän osat puretaan ja mitkä säilyvät. Jos purkupiirustus piirretään kokonaan uutena kuvana, voidaan purettavat osat merkitä pisteviivana. Poistettavat portaot, ovet, ikkunat, kiintokalusteet ja laitteet voidaan merkitä ylrastituksella tai pisteviivalla. Purkupiirustuksesta tulee selvitä vanhojen sekä uusien ikkunoiden, ovien ja muiden aukkojen paikat (RT 15-10849 Muutos ja korjausrakentamisen piirustukset)

Ensimmäisen kerroksen purkupiirustus on esitetty kuvassa 11. Purkupiirustus kokonaisuutenaan on esitetty liitteessä 6.



1. krs

Kuva 11. Purkupiirustus, 1. kerros

## **4 RAKENNUSLUPAPROSESSI**

Turun kaupungilla ei ole käytössä maankäyttö- ja rakennuslain mukaista ilmoitusmenetelyä vaan kaikkiin toimenpiteisiin on haettava joko rakennus- tai toimenpidelupa. Rakennuslupa tarvitaan muun muassa, kun rakennuksen vaipan tai teknisten järjestelmien muutoksilla voidaan vaikuttaa merkittävästi rakennuksen energiatehokkuuteen. Kohteeseen tulevat muutostyöt tulevat varmuudella olevaan sen verran laajat, että niitä varten tuli hakea rakennuslupaa.

Rakennuslupan tuli olla hyväksytty ennen töiden aloittamista. Lisäksi mahdolliselle maa- lämpökaivolle tulee hakea erillinen toimenpidelupa. Turun kaupungilla on käytössä sähköinen lupajärjestelmä nimeltään ePermit, jota kautta lupaa haetaan.

Seuraavassa on esitelty hankkeen lupa-asioihin liittyvät lomakkeet ja piirustukset:

### **4.1 Selvitys rakennuspaikan hallinnasta**

Lainhuutotodistus, joka tehtiin asuntokaupan yhteydessä.

### **4.2 Kaksi sarjaa rakennuslupapiirustuksia**

Rakennuslupapiirustuksiin kuuluu asemapiirustus, pohja-, julkisivu- ja leikkauspiirustus sekä lisäksi tarvittavat rakennesuunnitelmat. Rakennesuunnitelmat tarvitaan kantavan rungon muutoksista sekä salaojista. Kohteeseen tehdyt rakennuslupapiirustukset löytyvät liitteistä 2-6.

### **4.3 Selvitys naapurien kuulemisesta**

Tulevasta rakennushankkeesta tulee tiedottaa kaikkia naapureita. Pelkkä selvitys ei riitä vaan naapureiden kuulemisesta tulee aina olla todisteena lomakkeet naapureiden allekir-

joituksineen. Asia tulee esitellä niin, että naapuri saa tietoonsa hänen kannaltaan olennaiset asiat hankkeesta. Naapureilla tarkoitetaan viereisen tai vastapäätä olevan kiinteistön tai muun alueen omistajia ja haltijoita (MRL 133.1 §).

#### **4.4 Selvitys rakennuspaikan perustamistavasta**

Perustamistapaa ei kohteessa ollut tarpeen todistaa, sillä siihen ei tule muutoksia.

#### **4.5 Energiatodistus**

Energiatodistuksen kuvaa rakennuksen energiatehokkuutta huomioiden rakennuksen ominaisuuksia kuten eristykset, ikkunat, ilmanvaihdon ja lämmityksen. Lisäksi energiatodistus sisältää huomioita ja toimenpide-ehdotuksia, joilla rakennuksen energiatehokkuutta voidaan parantaa. Energiatodistuksessa rakennuksen energiatehokkuutta kuvataan kirjaimilla A-G. Yleisimmin uudet pientalot sijoittuvat luokkaan C ja vanhemmat pientalot luokkiin D-E (Energiatodistus, 2016).

Tällä hetkellä energiatodistus vaaditaan pääsääntöisesti kaikilta rakennuslupaa haettaville rakennuksille sekä myytävillä ja vuokrattavilla pientaloilla, jotka on rakennettu vuoden 1980 jälkeen.

Kohteessa ei ole ennestään energiatodistusta ja sellainen teetetään korjaustöiden yhteydessä.

#### **4.6 RH -lomake**

RH1 eli rakennushankeilmoitus tuli täyttää. Tästä ilmenee hankkeen tehtävät, toimenpiteet ja rakennuksen tiedot.

#### **4.7 Rakennuslupakartta, asemakaavaote tai karttaote**

Katualueella tehtävien kaivuiden vuoksi lupaan tuli liittää myös johtokarttaote, mistä ilmenee kadulla kulkevat kaapelit.

#### **4.8 Haja-asutusalueella jätevesikäsittelyselvitys**

Kohteessa on olemassa jo entuudestaan vesi-, viemäri ja sähköliittymät, joten niille ei tarvinnut enää hakea lupaa.

#### **4.9 Maalämpökaivo**

Maalämpökaivoa varten tuli tehdä toimenpidelupahakemus, johon tuli liittää naapurien kuuleminen, selvitys pääsuunnittelijasta ja rakennuspaikan hallinnasta.



## 5 RAKENNUKSEN RAKENNUSFYSIKAALINEN TOIMINTA

Hyvään energiatalouteen pääseminen edellyttää hyvää kokonaisvaltaista asiantuntemusta rakentamisesta. Ilmanvaihdolla, lämmityksellä, kosteudella ja sen kululla rakenteissa sekä rakennuksen vaipan lämmöneristyskyvyllä ja sen ilmanpitävyydellä on suurimmat vaikutukset rakennuksen energiatehokkuuteen. Lisäksi asumistottumuksilla on energiataloudellista merkitystä. On tärkeää huomioida eri tekijät yhtenä kokonaisuutena ja ymmärtää kuinka eri tekijät vaikuttavat toisiinsa.

Tässä kappaleessa on esitelty energiatehokkuuteen vaikuttavat päätekijät ensin yleisesti, jonka jälkeen samat päätekijät on sovellettu opinnäytetyön kohteeseen.

### 5.1 Rakennusfysikaalinen toiminta yleisesti

#### 5.1.1 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdon tehtävänä on pääasiallisesti pitää ilma puhtaana ja raikkaana sekä huolehtia ylimääräisen kosteuden poistosta ennen sen päätymistä rakenteisiin. Hyvällä ilmanvaihdolla saadaankin merkittävästi vaikutettua rakennusfysikaalisten toimintojen parantamiseen. Rakennusmääräyskokoelma D2 antaa tarkempi vaatimuksia ilmanvaihtoon liittyen. Muun muassa talon sisäilman tulee vaihtua noin kahden tunnin välein.

Ilmanvaihto voidaan toteuttaa joko painovoimaisesti tai koneellisesti:

*Painovoimainen ilmanvaihto* perustuu lämpötilaeroista syntyneisiin paine-eroihin aiheuttaen ilman virtaamisen korkeammasta paineesta matalampaan. Näin ollen painovoimaisen ilmanvaihdon toiminta on oleellisesti riippuvainen säätekijöistä ollen tehokkaimmillaan talvella, mikä voi tuntua asunnossa vedon tunteena. Kesäaikana puolestaan on vaarana, että ulkona ilmanpaine on sisällä vallitsevaa ilmanpainetta korkeampi, jolloin ilmanvaihto toimisi väärinpäin. Tarvittaessa ilmavirran liikettä voidaan säätää ja tehostaa muun muassa tulo- ja poistoilman korkeuseron maksimoimisella, ilman esilämmittämisellä sekä hormien sijoittelulla ja mitoituksella.

Painovoimainen ilmanvaihto ei vaadi koneita, ylimääräistä energiaa eikä käytännössä huoltamista. Sen käyttö myös tunnetaan hyvin. Oikein toimiessaan se onkin erittäin kustannustehokas ja toimiva ratkaisu.

*Koneellisen ilmanvaihdon* toimintaperiaatteena on ilmavirtojen hallittu säätely puhaltimien avulla. Puhaltimet imevät korvausilmaa korvausilmaventtiilien, korvausilmapattereiden sekä ilmapuotojen kautta. Koneellinen ilmanvaihto ei ole juurikaan riippuvainen sääolosuhteista ja sitä voidaan halutessaan asentaa säädettäväksi huonekohtaisesti. Asennettavat putkitukset tosin vievät rakenteissa tilaa sekä vaativat säännöllistä nuohousta (Luomura. Ilmanvaihto, 2016).

### **5.1.2 Lämmitys**

Talon lämmitysjärjestelmä vaikuttaa keskeisesti aiheutuviin käyttökustannuksiin sekä asumismukavuuteen. Lämmitysjärjestelmää mietittäessä tulee huomioida muun muassa rakennuksen koko, energian tarve ja asumistottumukset sekä onko mietitty lämmitysmuoto ylipäättään mahdollista toteuttaa kohteessa.

### **5.1.3 Kosteus ja sen kulku rakenteissa**

Rakennus toimii kosteusteknisesti oikein, kun sisäilma on terveellä pohjalla ja kosteus ei pääse rakenteisiin tai vaihtoehtoisesti ylimääräinen kosteus ei ole rakenteelle haitaksi. Sisäilman kosteusprosentti voi vaihdella suurestikin vuoden aikojen mukaan ollen talvella alhaisempi ja kesällä korkeampi. Liian kuiva sisäilma vaikuttaa erityisesti hengityselimiin ja lisäksi erilaiset puurakenteet saattavat rakoilla aiheuttaen halkeamia. Liian kostea sisäilma puolestaan mahdollistaa mm. erilaisten homeitiöiden ja bakteerien kasvun lisäten näin homevaurion riskiä talon rakenteissa.

Rakenteiden suunnittelussa tulee huomioida, ettei kosteus pääse kondensoitumaan rakenteissa aiheuttaen kosteusvauriota. Kastepisteen muodostumien tulee aina varmistaa ja sen syntyessä väärään kohtaan rakenneratkaisua on muutettava.

#### **5.1.4 Rakennuksen vaipan lämmöneristyskyky ja ilmanpitävyys**

Rakenteen lämmöneristämiskykyyn vaikuttaa sen paksuus sekä rakenteessa käytettyjen materiaalien lämmönjohtokyky. Eri rakenteille on rakentamismääräyksissä annettu minimiarvot, jotka voidaan mitata rakenteen lämmönläpäisevyyskertoimella eli U-arvolla. Mitä pienempi lämmönläpäisevyyskerroin, sitä parempi lämmöneristyskyky rakenteella on. Rakennuksen ilmanpitävyys kertoo, miten hyvin hallitsemattomien ilmavuotojen kulkeutuminen rakenteiden läpi on estetty. Rakennuksen tiiviytttä kuvataan ilmanvuotoluvulla  $n_{50}$ , joka mitataan tiiviysmittauksen avulla. Ilmanvuotoluku kuvaa, montako kertaa tunnissa rakennuksen koko ilmamäärä vaihtuu vuotokohtien kautta.

### **5.2 Rakennusfysikaalinen toiminta kohteessa**

#### **5.2.1 Ilmanvaihto**

Kohteessa on ollut alusta alkaen painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä. Tämän vuoksi ei nykymääräysten mukaisten ilmanvaihtovaatimusten tule täyttyä eikä muutostyön yhteydessä ole pakko siirtyä koneelliseen ilmanvaihtoon.

Kohteessa ei ole havaittu merkittävästi tunkkaista ilmaa eikä kosteuden muodostumista sisäpinnoille, joten voidaan olettaa painovoimaisen ilmanvaihdon toimineen suunnitellusti. Saneerausvaiheessa on mahdollista tarvittaessa tehostaa painovoimaisen ilmanvaihdon toimivuutta mm. varustamalla hormi tuulihatulla ja esilämmittämällä tuloilmaa. Nämä keinot eivät kuitenkaan takaa, että muutoksilla saadaan aikaan vain positiivisia hyötyjä. Talviaikaan voi virtaus olla liiankin suurta aiheuttaen vetoa.

Kohteessa päädyttiin säilyttämään painovoimainen ilmanvaihto, koska rakenteet haluttiin säilyttää hengittävinä. Ratkaisu on toiminut hyvin tähän asti, joten ei nähty tarvetta vaihtaa ilmanvaihtoa koneelliseksi.

#### **5.2.2 Lämmitys**

Kohde on öljylämmitteinen. Öljylämmitysjärjestelmään kuuluu kapasiteetiltaan 5000 litrainen öljysäiliö, öljypannu polttimineen, polttimen säätölaite, savuhormi sekä vesikier-

toinen patteristo. Kaikki lämmitystekniikka on peräisin 1960-luvulta. Öljykattila on ns. monitoimimalli, jossa kiertovettä on mahdollisuus tarvittaessa lämmittää myös puuta tai koksia polttamalla. Lämmitysjärjestelmällä on oma tekninen tila paloturvallisuuden vuoksi.

Eri lämmitysvaihtojen kartoituksen jälkeen kohteessa katsottiin järkevimmäksi ratkaisuksi asentaa maalämpöjärjestelmä sen ollessa kyseisessä kohteessa mahdollista toteuttaa. Maalämmön toteutusmuotona oli kaksi vaihtoehtoa: maakeruupiiriin asennettava maalämpöpumppu tai vaihtoehtoisesti lämpökaivo. Maalämpöpumpun maakeruupiirin asentaminen olisi ollut kohteen tontille haastavaa lähinnä tontin pinnan epätasaisuuden ja peruskallion läheisyyden vuoksi. Näin kohteeseen valittiin maalämpökaivon poraus, josta saatava hyöty katsottiin olevan maakeruupiiriin verrattuna parempi.

Öljylämmitteisen järjestelmän vaihtaminen maalämpöön tarkoitti suurta alkuinvestointia. Lisäksi tulevaisuudessa tarvitaan maalämpöjärjestelmän tueksi sähköä verkosta mm. kompressorin vuoksi. Kuitenkin maalämmön laskettiin tulevan pitkällä aikavälillä edullisemmaksi, josta on esitetty arviolaskelmat liitteessä 9.

Maalämmön asentaminen helpottaa tulevien kulujen arvioinnin suuruutta, sillä maalämmön rinnalla ohella tarvittavan sähkönkulutuksen määrä kohteessa on marginaalinen. Öljylämmitteiselle rakennukselle liittyy suurta taloudellisen vaihtelun mahdollisuutta, sillä öljyn hinta voi vaihdella vuodenkin aikana suuresti. Maalämpö on maahan varastoitunutta energia ollen näin uusiutuvaa energiaa. Lisäksi hyötyinä on maalämmön helppokäyttöisyys, teknisen tilan vapautuminen muuhun käyttöön sekä maalämmön sopiminen hyvin kohteeseen tulevan lattialämmityksen kanssa.

### **5.2.3 Kosteus ja sen kulku rakenteissa**

Aistinvaraisten havaintojen perusteella sisäilman laatu on koko rakennuksessa hyvä. Muutaman vanhan ikkunan alareunassa on havaittavissa pieniä merkkejä kosteusvahingoista, mutta muuten ei kosteusvahingoista ole merkkejä. Lattia on lähes koko rakennuksessa parkettia ja on säilynyt hyväkuntoisena. Halkeamia tai kohoumia ei lattiassa ei näy.

Kun ulkoseinän rakenteiden lämmöneristystä lisätään, tulee huolehtia, ettei kosteus pääse tiivistymään seinän sisälle. Tämä varmistetaan tarkistelemalla rakenteita DOF-lämpöohjelmalla, jonka avulla voi varmistaa pääseekö kosteutta muodostumaan rakenteiden sisälle.

#### **5.2.4 Rakennuksen vaipan lämmöneristyskyky ja ilmanpitävyys**

Nykyisessä seinärakenteessa on eristettä 100 mm, millä päästään hirsirakenteisessa seinässä U-arvolukemaan 0,49 W/m<sup>2</sup>K ja puurunkoisessa 0,37 W/m<sup>2</sup>K. Rakennuksen sisällä tuntuu varsinkin kylmemmällä ilmalla vedon tunnetta etenkin ikkunoiden saumoista. Lämpökuvausta tehtäessä lämpövuodot näkyivät paikoittain selvästi. Lämpövuotojen ja huono lämmöneristyskyvyn vuoksi rakennuksen lämmittäminen kuluttaa paljon energiaa.

## 6 LÄMPÖKUVAUS

### 6.1 Yleistä

Lämpökameraa käytetään tavallisesti rakennusten ulkovaipan liittymien lämpöteknisen kunnon arviointiin. Lämpökamera ei mittaa ilman lämpötilaa vaan eri pintojen lämpösäteilyjen arvoja ja kertoo kuvatut pintojen lämpötilaerot. Lämpökuvausta tehtäessä tulee tietää vallitsevat ulko- ja sisäilman lämpötilat, ilmankosteus sekä kuvattavan pinnan emissioarvo, jotta tuloksia voidaan analysoida luotettavasti. Lisäksi kuvattavan rakennuksen sisätiloissa tulee olla alipaine ulkoilmaan nähden. Oikein käytettynä lämpökameralla saa määritettyä rakenteita rikkomatta mahdolliset huonot tiivistykset, rakenteiden kylmäsilat, seinässä olevien putkien sijainnit ja rakenteen ilmanvuotokohdat (Rakennustieto. Rakennusten lämpökuvaus, 2016).

### 6.2 Lämpökuvaus kohteessa

Lämpökuvauksen tavoitteena oli löytää rakennuksen ulkoseinästä mahdollisia lämpövuotoja. Lämpökuvaus toteutettiin niin, ettei kuvattavalla alalla ollut montaa emissiivisyydeltään erilaista pintaa.

#### 6.2.1 Mittaaminen

Mittauksen aikana sisäilman lämpötila alakerrassa oli 20°C, yläkerrassa 17°C ja ulkoilman lämpötila pysyi noin -7°C:ssa. Aluksi alipainemittarilla tehtiin mittauksia eri huoneista todeten sekä ala- että yläkerran olevan ulkoilmaan nähden alipaineinen; alakerrassa paine-ero 5 Pascalia ja yläkerrassa 2 Pascalia.

Lämpökuvaus suoritettiin talon sisäpuolelta käymällä koko rakennuksen vaippa ensimmäisessä ja toisessa kerroksessa läpi käyttämällä pinnan emissiivisyytenä 0,95:ttä. Erityisesti keskityttiin riskikohtiin, kuten ikkunaliitoksiin sekä vanhan ja uuden seinärakenteen alueelle.

### 6.2.2 Tulokset

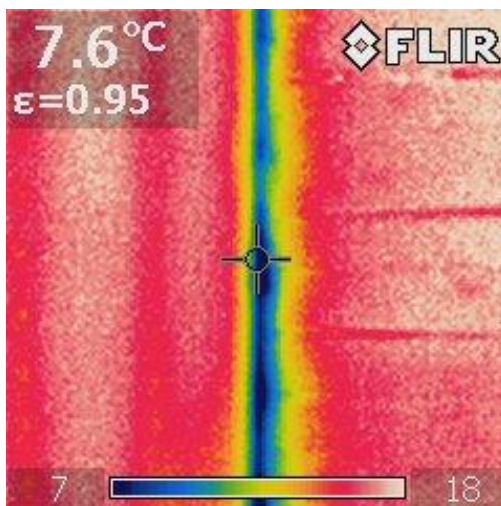
Saatujen tulosten perusteella ei voida yksistään tehdä suuria johtopäätöksiä, mutta ne antavat hyvää lisätietoa kohteen ulkoseinien ja liitosten kunnosta. Suurimmat sisä- ja ulkotilojen lämpötilaerot löytyivät kaikki rakennuksen uudelta puolelta. Vanhan puolen hirsi-seinärakenne toimi lämpökuvauksen perusteella lämpöteknisesti huomattavasti paremmin.

Rakennuksen ulkovaipparakenteen toimivuutta voidaan arvioida pintalämpötilaindeksin avulla, joka huomioi ulkoseinän sisä- ja ulkoseinäpinnan lämpötilat.

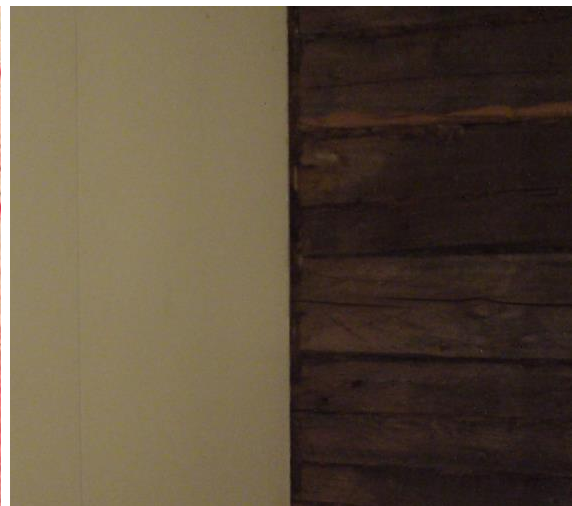
Pintalämpöindeksi

$$TI = \frac{T_{sp} - T_0}{T_i - T_0} \cdot 100\% \quad (1)$$

Kyseinen kaava on käyttökelpoinen, kun rakennuksen sisäpuolelta tehdyn lämpökuvauksen aikana ulko- ja sisäilman välinen alipaine on alle 10 Pa.. Kohteessa paine-ero alaker-  
rassa oli 5 Pa ja yläkerrassa 2 Pa, joten kaavaa voidaan käyttää. Lämpötilaindeksi ilmoitetaan prosentin tarkkuudella (Rakennustieto. Rakennusten lämpökuvauk-  
sista, 2016).



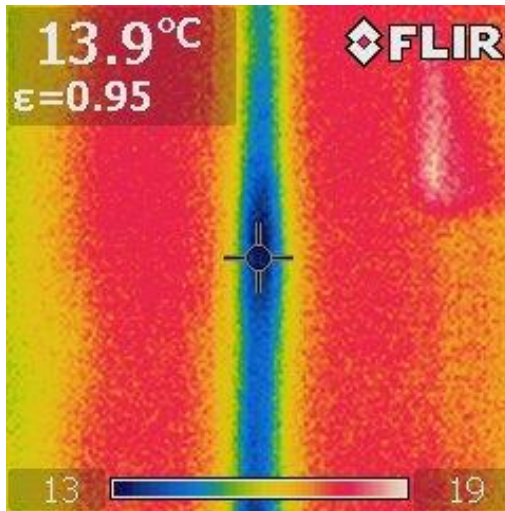
KUVA 12. Ulkoseinän ja väliseinän liitos sisältäpäin olohuoneessa, lämpökamerakuva



KUVA 13. Ulkoseinän ja väliseinän liitos sisältäpäin olohuoneessa, tavallinen kuva

$$TI_1 = (7,6^{\circ}\text{C} - (-7^{\circ}\text{C})) / (20^{\circ}\text{C} - (-7^{\circ}\text{C})) \cdot 100\%$$

$$= 54\%$$



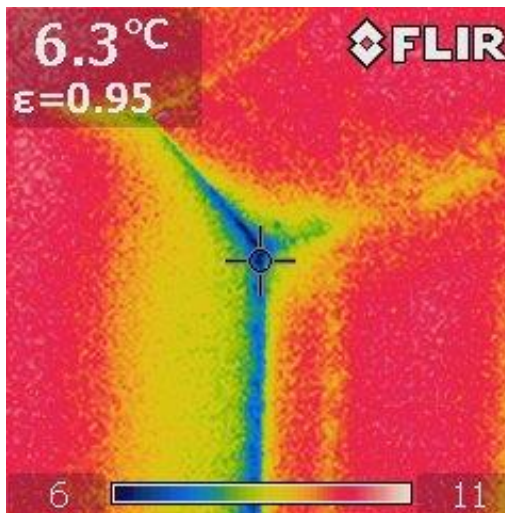
KUVA 14. Ulkoseinän nurkka keittiössä, lämpökamerakuva



KUVA 15. Ulkoseinän nurkka keittiössä, tavallinen kuva

$$TI_2 = (13,9^{\circ}\text{C} - (-7^{\circ}\text{C})) / (20^{\circ}\text{C} - (-7^{\circ}\text{C})) \cdot 100\%$$

$$= 77\%$$



KUVA 16. Ulkoseinän ja yläpohjan liitos, lämpökamerakuva



KUVA 17. Ulkoseinän ja yläpohjan liitos, tavallinen kuva

$$TI_3 = (6,3^{\circ}\text{C} - (-7^{\circ}\text{C})) / (17^{\circ}\text{C} - (-7^{\circ}\text{C})) \cdot 100\%$$

$$= 55\%$$



### 6.2.3 Tulosten analysointi

RT-kortissa 'Rakennuksen lämpökuvaus' on määritetty asuin- ja oleskeluhuoneisiin soveltuva luokitus, jota voi hyödyntää korjausluokkaa arvioitaessa. Korjausluokitusta arvioitaessa tulee lämpökuvauksesta saatuja arvoja suhteuttaa myös kuvattujen rakenteiden sijaintiin ja mahdollisten poikkeaman laajuuteen.

TAULUKKO 1: Korjausluokitukset

<b>Asuin- ja oleskelutiloihin soveltuva korjausluokitus</b>	
	<b>TI</b>
1. Korjattava	< 61%
2. Korjaustarve selvitettävä	61-65%
3. Lisätutkimuksia	> 65%
4. Hyvä	> 70%

Saatujen tulosten perusteella yläkerran yläpohjan ja ulkoseinän liitos sekä olohuoneen ulkoseinän ja väliseinän liitos menevät luokkaan 1 'korjattava' ja keittiön ulkoseinänurkka luokkaan 4 'hyvä'. Saadut tulokset tukevat aiempia havaintoja, joissa vedon tunnetta on havaittu aistinvaraisesti.

## 7 VALITUT RAKENNERATKAISUT

### 7.1 KELLARI

Kellarin maanvastaisen seinän eristämisen yhteydessä kaivetaan salaojat ja laitetaan routasuojaus, jotka ennen tätä ovat puuttuneet kokonaan. Kaivuun yhteydessä maan kallistukset muokataan paremmin rakennuksesta pois päin viettäviksi. Kallistukset on tehty pääosin oikeaoppisesti viettämään riittävällä kaltevuudella poispäin rakennuksesta, mutta paikoittain tässä on puutteita.

Kellari on tällä hetkellä kylmä tila, mutta tilaajan toiveesta otetaan vaihtoehtona kellarin muuttaminen puolilämpimäksi. Idän puoleisen päädyn pitkittäissuuntaisten halkeamien takia tulee seinä vahvistaa kantavuuden varmistamiseksi. Lisäksi maanvastaisesta seinästä on vedeneristys puuttunut kokonaan, joten myös tämä huomioidaan toteutusvaihtoehtoa mietittäessä.

Mikäli kellarista päädytään tekemään puolilämmin, Turun kaupunki vaatii U -arvon olttavan vähintään  $0,31 \text{ W/mK}^2$ .

#### 7.1.1 Vaihtoehto 1

100 mm:n lisäbetonikerros rakennuksen idän puoleiseen päätyseinään, muuten jää entiselleen.

Tässä vaihtoehdossa raudoitettu lisäbetonikerros valetaan paikan päällä ja ankkuroidaan vanhaan seinään kiinni. Toteutus on helppo toteuttaa ja vaihtoehtoista selvästi halvin. Tässä vaihtoehdossa kellari jäisi kylmäksi tilaksi, joten U -arvovaatimusten ei tule täyttyä. 100 mm:n teräsbetonikerros parantaisi kellarin päätyseinän U -arvoa  $3,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ :stä  $2,55 \text{ W/m}^2\text{K}$ :een muiden seinien jäädessä  $3,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ :een. Lisäbetonikerroksen tarkoitus on pääasiassa varmistaa kellarin seinän kantavuus jatkossakin.

### **7.1.2 Vaihtoehto 2**

100 mm:n raudoitettu lisäbetonikerros rakennuksen idän puoleiseen päätyseinään sisäpuolelle ja patolevy ulkopuolelle koko rakennuksen ympäri.

Patolevy asennetaan seinän ulkopintaan kosteuden kulun estämiseksi. Kosteuseristys on järkevää asentaa etenkin kun talon ympärys kaivetaan joka tapauksessa auki routasuojasta varten. Tässäkin vaihtoehdossa kellari jää kylmäksi tilaksi. Patolevyn lisääminen ei aiheuta suurta kustannusten nousua vaihtoehto 1:een verrattuna.

### **7.1.3 Vaihtoehto 3**

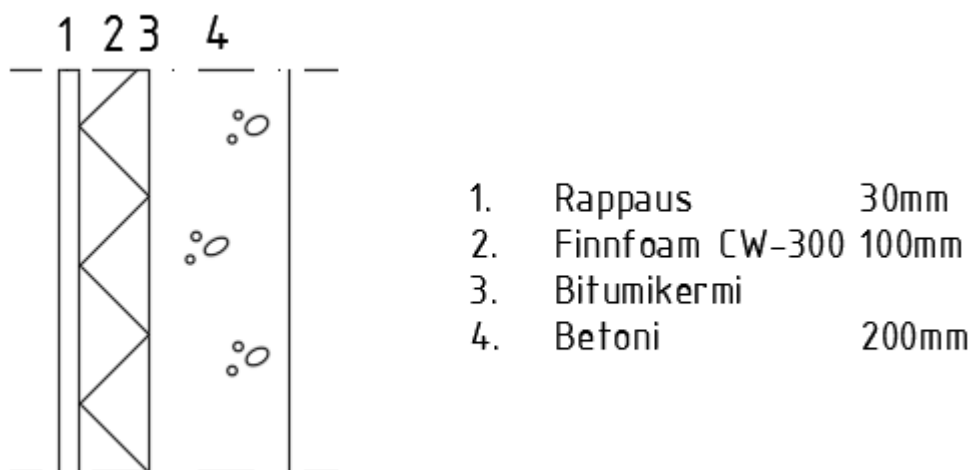
100 mm:n raudoitettu lisäbetonikerros rakennuksen idän puoleiseen päätyseinään sisäpuolelle, ulkopuolelle bitumikermi, eristelevy Finnfoam CW-300 100mm ja rappaus 30mm.

Tällä rakenneratkaisulla saadaan kellarista puolilämmin. Bitumikermiä vasten asennettava eristelevy toimii samalla sekä lämmön- että veden eristeenä. Tässä vaihtoehdossa seinä tulee yli 100 mm nykyistä ulommas, mikä tulee huomioida ulkoseinäratkaisua sekä mahdollisten uusien ovien ja ikkunoiden paikkaa mietittäessä. Seinärakenteen kustannuksen ovat huomattavasti kahta aiempaa vaihtoehtoa suuremmat.

### **7.1.4 Valittu vaihtoehto**

Kohteeseen päätettiin valita vaihtoehto 3, koska kellarin muuttaminen puolilämpimäksi katsottiin tärkeäksi ja mahtuvan tavoitebudjettiin. Kellarin seinä tulee nykyistä noin 140 mm ulommas, mikä on hyvä ulkoseinän saneerausta ja rakennuksen kokonaisuutta mietittäessä.

Valitun kellariseinän rakenteen kustannusarvio on esitetty liitteessä 9.



KUVA 18. Valitun kellariseinän rakenne

## 7.2 ULKOSEINÄ

Vanhan ja uuden ulkoseinän ulkopinta tulee suunnitella yhtenä kokonaisuutena, jotta jatkossakin ulkoseinäpinta on koko rakennuksen vaipan ympäri samassa tasossa. Kellarin seinä tulee uuden toteutustavan johdosta noin 140 mm ulospäin nykyisestä. Tämä tulee huomioida ulkoseinärakennetta mietittäessä, jotta ulkoseinän ulkopinta olisi edelleen kellarin ulkoseinäpintaa ulompana. Ulkoseinärakennetta tulee parantaa rakennuksen uudella puolella vähintään  $U$  -arvoon  $0,19 \text{ W/mK}^2$  ja hirsirunkoiselle seinälle vähintään  $U$  -arvoon  $0,24 \text{ W/mK}^2$  Turun kaupungin vaatimana. Tilaajan toiveesta ulkoseinärakenteiden energiatehokkuutta parannetaan lisäämällä paksuutta ainoastaan ulospäin, jolloin huone-tilat eivät pienene.

### 7.2.1 Vaihtoehto 1

Rakennuksen uudelle puolelle kantavan rungon ulkopuolelle höyrynsulkupaperin päälle asennetaan tuulensuojavilla 100 mm, minkä päälle pystykoolaus ja ulkoverhous. Kantavan rungon sisäpuoli jää rakenteellisesti ennalleen.

Hirsiseinän puolelle voidaan 100 mm:n paksuinen tuulensuojavilla asentaa suoraan kiinni hirsiseinän ulkopintaan. Tämän päälle tulee tolpparunkoisen puolen tapaan pystykoolaus ja ulkoverhous. Sisäpuolelle asennetaan paikoittain kipsilevyt ja paikoittain hirsiseinä jätetään näkyviin.

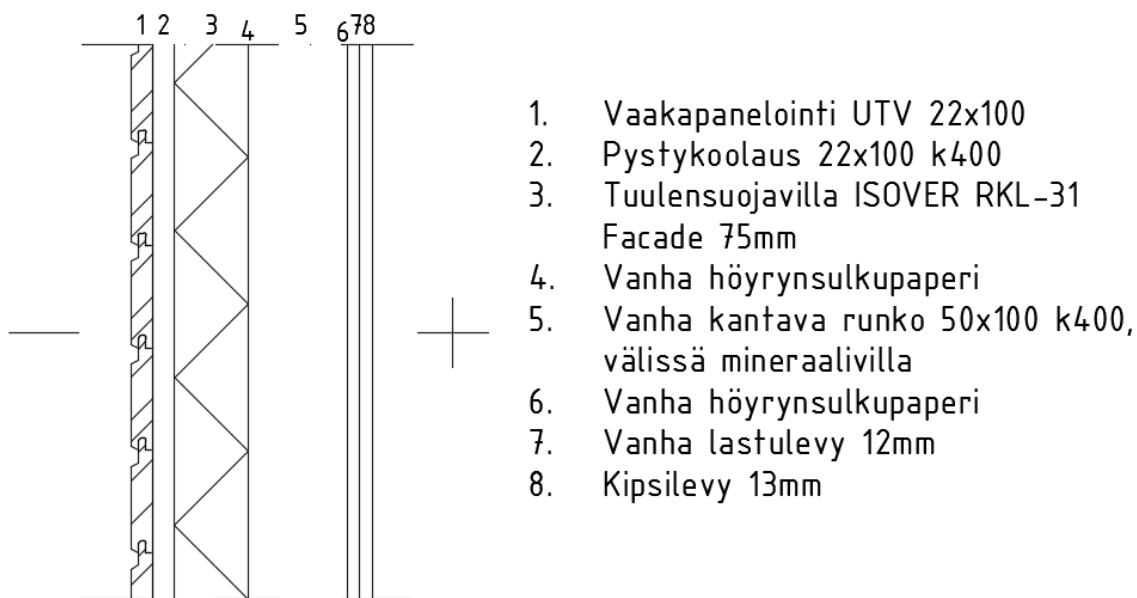
### 7.2.2 Vaihtoehto 2

Rakennuksen uudelle puolelle kantavan rungon ulkopuolelle päälle asennetaan vaakakoolaus ja väliin mineraalivilla 100 mm. Tämän päälle hengittävä höyrynsulkupaperi, pystykoolaus ja ulkoverhous. Kantavan rungon sisäpuoli jää rakenteellisesti ennalleen.

Rakenteen kosteusteknisiä ominaisuuksia tutkittaessa kävi ilmi, että ei voi laittaa liikaa eristettä, koska ei ole höyrynsulkua. Tällä seinärakenteella kastepiste muodostuu seinärakenteen sisälle aiheuttaen kosteuden muodostumista. Tämä vaihtoehto vaatisi höyrynsulun lisäämisen, mikä ei ole tilaajien toiveiden mukaista.

### 7.2.3 Valittu vaihtoehto

Ainoaksi järkeväksi ratkaisuksi nähtiin vaihtoehto yksi. Valitun tolpparunkoisen ulkoseinärakenteen U –arvo on 0,19 ja hirsirakenteisen ulkoseinän U –arvo on 0,23, mitkä täyttävät niille asetetut U -arvovaatimukset. Seinärakenteista aiheutuvat kustannukset on esitetty liitteessä 9.



KUVA 19. Valitun ulkoseinärakenteen rakenne

## 7.3 YLÄPOHJA

### 7.3.1 Vaihtoehto 1

Rakenne pysyy ennallaan, jolloin U-arvo on  $0,42 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

### 7.3.2 Vaihtoehto 2

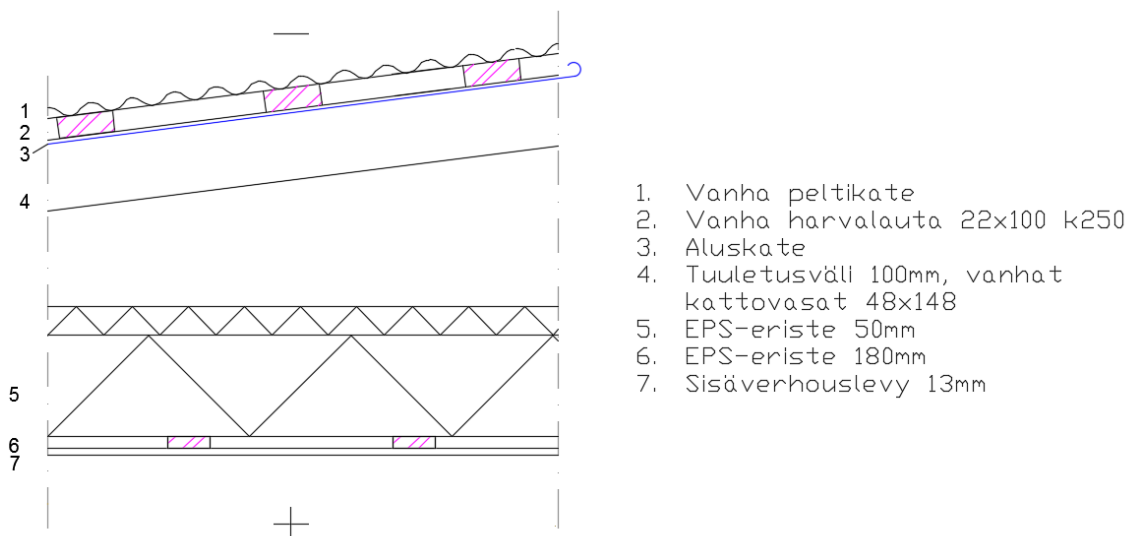
Tuuletusvälin jälkeen sisäpuolelle asennetaan eristeeksi EPS-eristettä yhteensä  $250 \text{ mm}$ , jolla päästään vaadittuun U-arvoon  $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

### 7.3.3 Vaihtoehto 3

Tuuletusvälin jälkeen sisäpuolelle laitetaan eristeeksi EPS-eristettä yhteensä  $\text{mm}$ , jolloin U-arvo on  $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Muuten rakenne on edeltävän vaihtoehdon kaltainen.

### 7.3.4 Toteutunut vaihtoehto

Myös yläpohja haluttiin lisäeristää. Toteutettavaksi ratkaisuksi valittiin vaihtoehto 2, minkä katsottiin olevan riittävä. EPS on helppo ja nopea asentaa, mikä puolsi kyseisen eristeen valintaa. Yläpohjasta aiheutuvat kustannukset on esitetty liitteessä 9.



KUVA 20. Valitun yläpohjarakenteen rakenne

## 8 POHDINTA

Opinnäytetyölle asetetut tavoitteet täyttyivät, sillä tilaaja sai kaikki rakennuslupaa tarvitsemansa asianmukaisen lupakuvat ajallaan ja lisäksi hyötyi opinnäytetyössä esitellyjä vaihtoehtoja eri rakenteille. Tilaajan asettama budjetti sekä U-arvovaatimukset asettivat omat haasteensa, mitkä huomioitiin vaihtoehtoisia rakenneratkaisuja mietittäessä. Lopulta tilaaja valitsi mielestään edullisimman ratkaisun ja olikin tyytyväinen päästyyn lopputulokseen. Yhteistyö tilaajan kanssa oli koko opinnäytetyön tekemisen ajan vaivatonta ja yhteyttä pidettiin tiheästi.

Kohteen rakennuspiirustusten teko ja niihin liittyvät tekijät olivat allekirjoittaneen tähän asti suurin itse suunnittelema kohde. Paljon tuli opinnäytetyön aikana uusia asioita, joihin tuli perehtyä ja koulussa opitut asiat sisäistyivät paremmin konkreettisen tekemisen myötä. Rakennuslupahakemusprosessi selkiytyi ja siihen vaadittavat tehtävät sujuvat ensi kerralla jo varmasti paljon nopeammin. Erityisen opettavaista oli rakennuspiirustuksia piirrettäessä muuttuvat tilanteet, joihin piti reagoida ja yrittää keksiä vaihtoehtoisia toteutustapoja.

Rakennuslupa hankkeelle on nyt saatu ja rakentaminen on voinut alkaa. Opinnäytetyön aikana opin paljon käytännön rakentamisesta ollessani työmaalla auttamassa jo tähän asti tehdyissä työvaiheissa, mitkä on voitu aloittaa ennen rakennusluvan saamista tai heti rakennusluvan tultua voimaan. Tulen jatkossakin käymään säännöllisesti työmaalla olemassa apuna hankkeen läpiviemisessä.

## LÄHTEET

Energiatodistus. Energiatodistus ja –tehokkuus. Luettu 6.3.2017.  
[www.energiatodistus.info](http://www.energiatodistus.info)

Energiavirasto. Energiatehokkuus. Luettu 6.3.2017.  
[www.energiavirasto.fi](http://www.energiavirasto.fi)

Luomura. Ilmanvaihto. Luettu 7.3.2017.  
[www.luomura.com](http://www.luomura.com)

Kuntoarviot. Käsitteet. Luettu 6.3.2017.  
[www.kuntoarviot.net/files/8047.pdf](http://www.kuntoarviot.net/files/8047.pdf)

Maalämpö. Maalämpöpumppu. Luettu 20.10.2016  
[www.maalampo.fi](http://www.maalampo.fi)

Rakennustieto. Rakennusten lämpökuvaus.  
[www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK120604.pdf](http://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK120604.pdf)

Rakennustieto. 2011. Naapureiden asemasta maankäyttö- ja rakennuslain mukaisessa lupa-asiassa. Luettu 13.1.2017.  
[www.rakennustieto.fi/lehdet/ry/index/lehti/62lgJB056.html](http://www.rakennustieto.fi/lehdet/ry/index/lehti/62lgJB056.html)

RakMK A2. 2002. Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat. Helsinki: Ympäristöministeriö.

RakMK C2. 1998. Kosteus. Helsinki: Ympäristöministeriö.

RakMK C3. 2010. Rakennuksen lämmöneristys. Helsinki: Ympäristöministeriö.

RakMK C4. 2003 Lämmöneristys. Helsinki: Ympäristöministeriö.

RakMK D3 Rakennusten energiatehokkuus. 2012. Helsinki: Ympäristöministeriö.

RT 11-10781. 2002. Luvan hakeminen rakentamiseen. Helsinki: Rakennustieto.

RT 15-10784. 2002. Asemapiirustuksen laatiminen. Helsinki: Rakennustieto.

RT 15-10824. 2004. Pääpiirustukset, erityissuunnitelmat ja selvitykset. Helsinki: Rakennustieto.

RT 15-10849. 2005. Muutos- ja korjausrakentamisen piirustukset. Helsinki: Rakennustieto.

Taloon.com. 2017. Verkkokauppa.  
[www.taloon.com](http://www.taloon.com)



Turun kaupunki. Rakentaminen. Luettu 3.3.2017.  
[www.turku.fi/asuminen-ja-ymparisto/rakentaminen](http://www.turku.fi/asuminen-ja-ymparisto/rakentaminen)

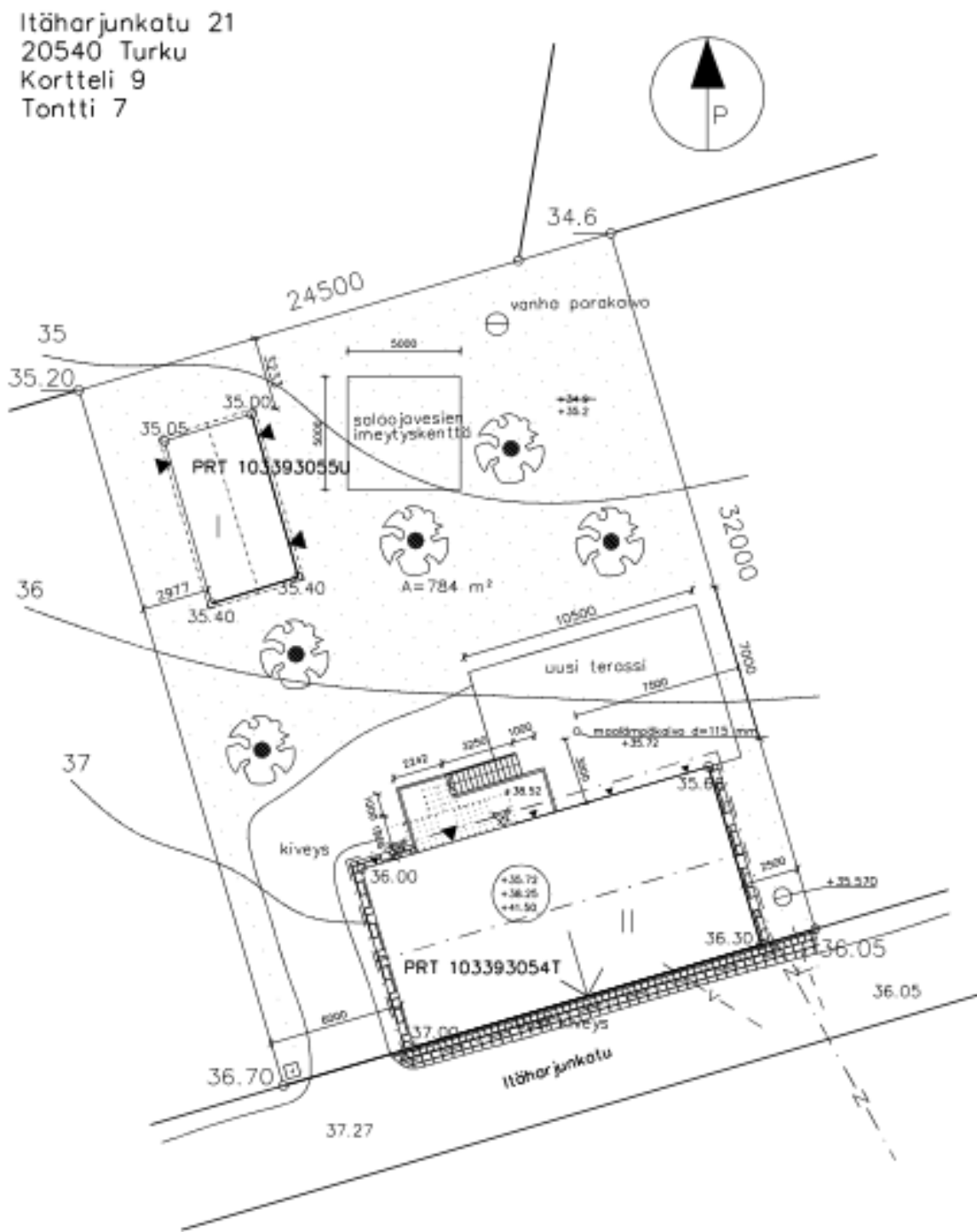
Työ- ja elinkeinoministeriö. Energiatehokkuus. Luettu 6.3.2017.  
[tem.fi/energiatehokkuus](http://tem.fi/energiatehokkuus)

## LIITTEET

### Liite 1. Piirustusluettelo

Piirustusluettelo				
<i>Numero</i>	<i>Sisältö</i>	<i>Mittakaava</i>	<i>Päivä-määrä</i>	<i>Paperi-koko</i>
	<b>Pääpiirustukset</b>			
1/4	Asemapiirustus	1:200	4.11.2016	3x1
2/4	Pohjapiirustukset	1:100	4.11.2016	4x1
3/4	Julkisivut	1:100	4.11.2016	3x2
4/4	Leikkaus A-A	1:100	4.11.2016	3x1
1/1	Purkupiirustus	1:100	4.11.2016	4x1

Liite 2. Asemapiirustus



Tontin pinta-ala 784 m<sup>2</sup>  
Rakennusoikeus 240 m<sup>2</sup>

Ennen muutosta  
Huoneistoala:  
Asuinrakennus 200 m<sup>2</sup>  
Piharakennus 26,5 m<sup>2</sup>  
Yhteensä 226,5 m<sup>2</sup>

Kerrosala:  
Asuinrakennus 262 m<sup>2</sup>  
piharakennus 30 m<sup>2</sup>

Muutoksen jälkeen  
Huoneistoala:  
Asuinrakennus 205 m<sup>2</sup>  
Piharakennus 26,5 m<sup>2</sup>  
Yhteensä 231,5 m<sup>2</sup>

Kerrosala:  
Asuinrakennus 272 m<sup>2</sup>  
Piharakennus 30 m<sup>2</sup>  
Yhteensä 302 m<sup>2</sup>

Rakentamisen jälkeen rak.oikeutta jäljellä 0 m<sup>2</sup>.

Pääkäyttötarkoitus: asuinrakennus  
Palotekninen luokka: P3  
Kerrosuku: 2

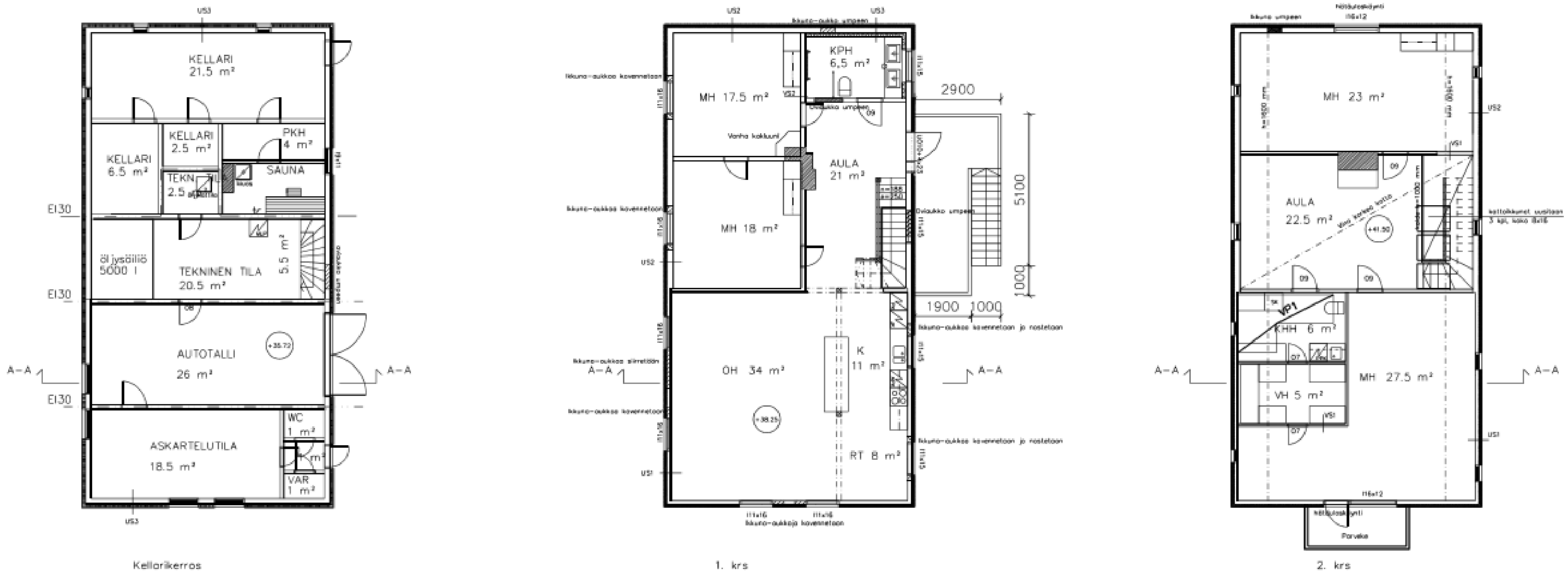
Rakennus on liitetty kaupungin vesi- ja viemäriverkkoon.  
Hulevedet ohjataan salaojilla ja maanpinnan muotoilulla tontille.  
Salaojat uusitaan.  
Kattosadevedet ohjataan kaupungin hulevesiviemäriin.  
Rakennuksessa on öljylämmitys. Lämmitysjärjestelmä vaihdetaan  
maalämpöön.  
Rakennuksessa painovoimainen ilmanvaihto.

Tontilla on kaksi autopaikkaa ja autotalli.

Jätehuolto asemapiirroksessa esitetyllä paikalla.

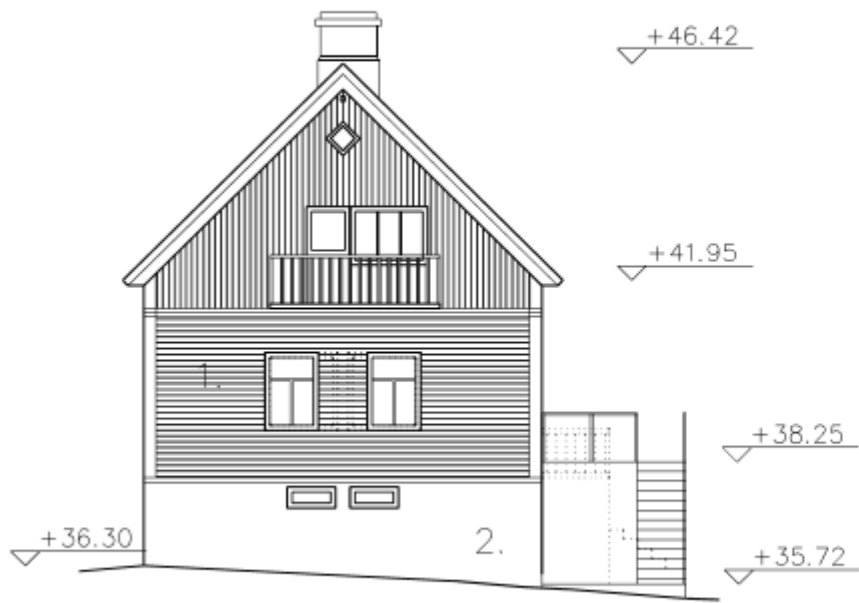
TUNN. LUKUM. MUUTOS				NPM, PVM	
Kaupunginosa/Kylä	Kortteli/Tila	Tontti/Rno	Vironalaisten merkintä		
12	9	7			
Rakennuksen numero/Rakennusten numerot/Rakennustunnus/Rakennustunnukset					
853-12-9-7					
Rakennustalouden			Piirustaja	Julkaisu no	
Muutostyö			Pääpiirustus	1/4	
Rakennuskohde			Piirustuksen sisältö	Mittakaava	
Itäharjunkatu 21			Asemapiirros	1:200	
20100 Turku					
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero			Työnumero	Piirustuksen tunnus	Muutos
Tommi Niskanen RI (AMK) opiskelija				Ark 01	
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, alkajapäivä ja päiväys			Suunnitteluala	Tiedosto	
Puh. 0503699061			Ark		
Katja Lehtonen RI(AMK) 4.11.2016					

Liite 3. Pohjapiirustukset

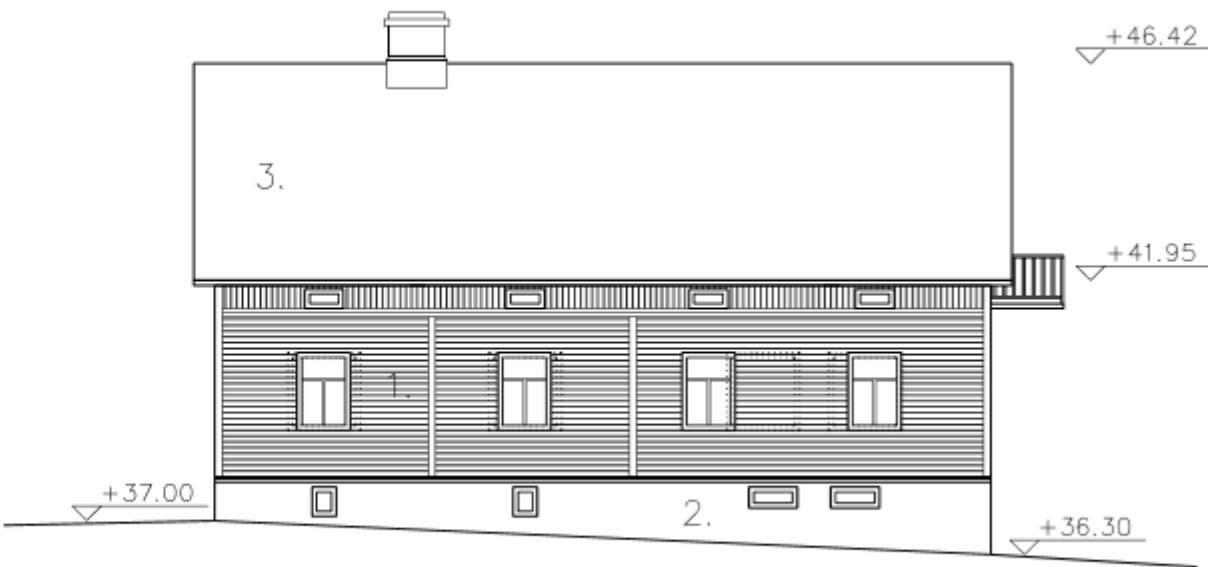


TUNN. LUKUM. MUUTOS		NPMH. Pvm	
Kaupunginosa/Kylä	Korttel/Tila	Tontti/Ro	Vierasmiehen merkintä
12	9	7	
Rakennuksen numero/Rakennuksen numerot/Rakennustunnus/Rakennustunnukset			
853-12-9-7			
Rakennustyyppi		Piirustus	Luokka no
Muutostyö		Pääpiirustus	2/4
Rakennuskohde		Piirustuksen nimi	Mittakaava
Itäharjunkatu 21		Pohjapiirustus	1:100
20100 Turku			
Suunnittelijan yhteystiedot: nimi, osoite ja puhelinnumero		Työnro	Piirustuksen tunnus
Tommi Niskonen RI (AMK) opiskelija			Ark 02
Vastuullinen suunnittelija: nimi, sukunimi, sähköposti ja pöytä		Suunnitteluko	Tiedosto
Puh. 0503699061			
Katja Lehtonen RI(AMK) 4.11.2016		Ark	

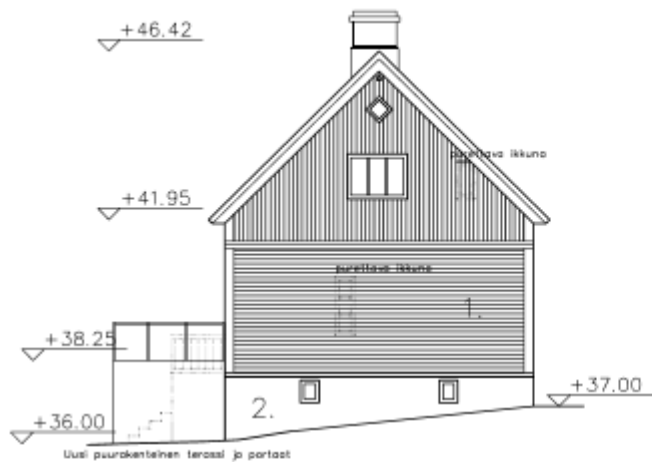
Liite 4. Julkisivut



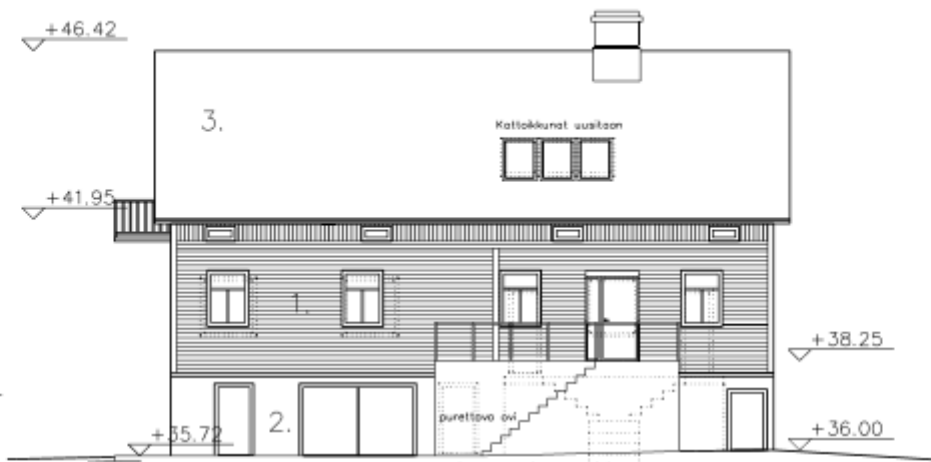
JULKISIVU ITÄÄN



JULKISIVU ETELÄÄN



JULKISIVU LÄNTEEN

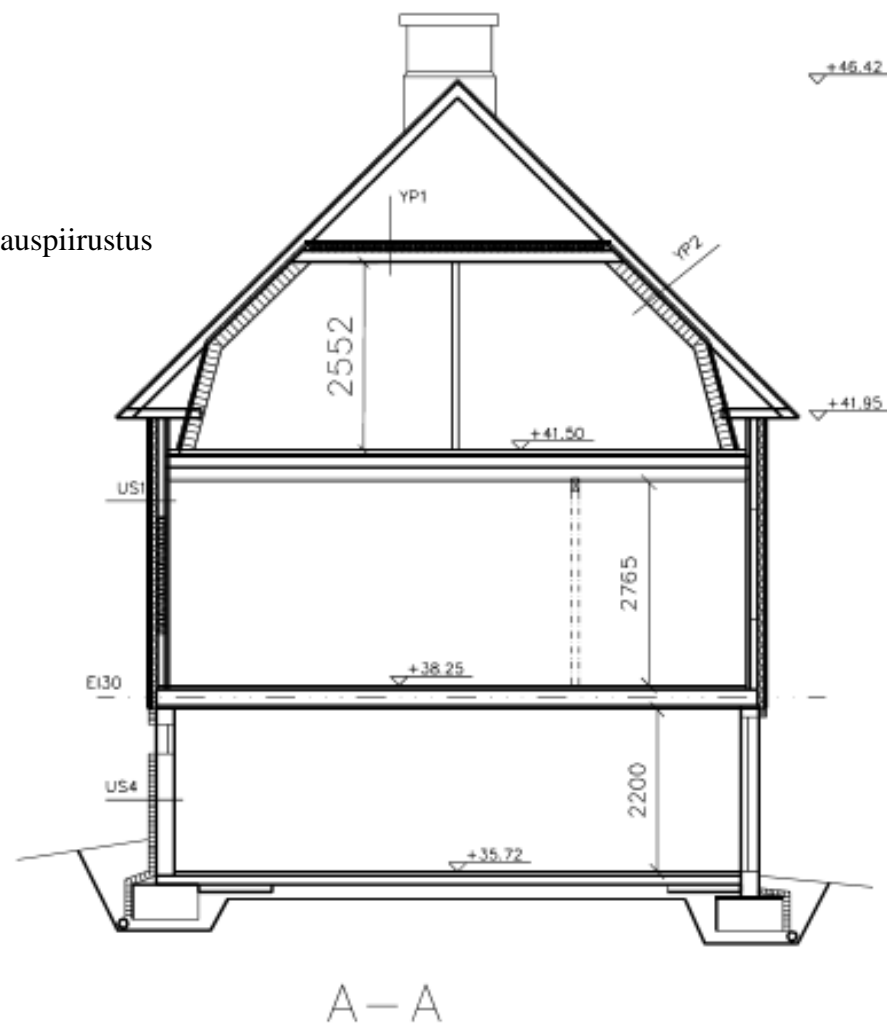


JULKISIVU POHJOISEEN

- 1. Puuverhous uusitaan, vaalea
- 2. Rapattu sokkeli, harmaa
- 3. Peltikate, vihreä

TUNN., LUKU, MUUTOS		NIMI, PVM	
Kaupunginosa/Kylä	Korttelin/Nr	Talustyk./Nro	Yhteisö
12	9	7	
Rakennuksen nimi/Rakennuksen numero/Rakennustyyppi/Rakennustunnus			
853-12-9-7			
Rakennuksen nimi		Pääpiirustus	4/4
Muutostyö		Piirustuksen nimi	Ark 04
Itäharjankatu 21		Julkisivupiirustukset	1:100
20100 Turku			
Suunnittelijan yhteystiedot: nimi, osoite ja puhelinnumero		Työnumero	Piirustuksen nimi
Tommi Niskanen RI (AMK) opiskelija			Ark 04
Näköalasta suunnittelija: nimi, osoite, sähköposti ja puhelinnumero		Suunnittelija	Tekijä
Puh. 0503699061			
Katja Lehtonen RI(AMK) 4.11.2016		Ark	

## Liite 5. Leikkauspiirustus



## Rakennetyypit

## US1 (lisälämmöneristys puurunkoiseen ulkoseinään)

- Seinäpinta huoneselosteen mukaan
- Kipsilevy 13mm
- Vanha lastulevy
- Vanha höyrynsulkupaperi
- Vanha kantava runko 50x100 k400, välissä pehmeä villa
- Vanha höyrynsulkupaperi
- Tuulensuojavilla Isover RKL-31 Facade 75 mm
- Pystykoolaus 22x100 k400
- Vaakapanelointi UTV 22x100, pintakäsittely ohjeen mukaan

U= 0,19 W/m²K (vanhan rakenteen U-arvo= 0,37 W/m²K)

## US2 (lisälämmöneristys hirsirunkoiseen ulkoseinään)

- Seinäpinta huoneselosteen mukaan
- Kipsilevy 13mm
- Vanha kantava hirsirunko 150mm
- Tuulensuojavilla Isover RKL-31 Facade 75 mm
- Pystykoolaus 22x100 k400
- Vaakapanelointi UTV 22x100, pintakäsittely ohjeen mukaan

U= 0,23 W/m²K (vanhan rakenteen U-arvo= 0,49 W/m²K)

## US3 (kylpyhuoneen hirsirunkoinen ulkoseinä)

- Seinäpinta huoneselosteen mukaan, laatoitus
- Kiinnityslaasti, vedenpitävä
- Vedeneristys, liittymän lattian vedeneristeen oltava yhtenäinen
- Rakennuslevy Gyproc GRI 13mm
- Kantava runko 44x70 k400, välissä pehmeä villa
- Tuuletusraka 50 mm, auki alakaton yläpuoliseen tilaan
- Vanha tervapaperi
- Vanha kantava hirsirunko 150mm
- Tuulensuojavilla Isover RKL-31 Facade 75 mm
- Pystykoolaus 22x100 k400
- Vaakapanelointi UTV 22x100, pintakäsittely ohjeen mukaan

U= 0,23 W/m²K (vanhan rakenteen U-arvo= 0,49 W/m²K)

## US4 (kylmän kellaritilan ulkoseinä)

- Vanha betoni 200mm
- Finnfoam CW-300 100mm
- Rappaus 30mm

U= 0,31 W/m²K (vanhan rakenteen U-arvo= 3,14 W/m²K)

## YP1 (suorat katto-osuudet)

- Vanha peltikate
- Vanha harvalauta 22x100 k250
- Aluskate
- Tuuletusväli min. 100mm, vanhat kattovasat 48x148 k1000
- Puhallusvilla 100 mm
- Vanha lämmöneriste 250 mm, vanhat kattovasat 48x148 k1000
- Vanha tervapaperi
- Sisäverhouslevy 13mm
- Pintakäsittely huoneselostuksen mukaan

U= 0,13 W/m²K (vanhan rakenteen U-arvo= 0,28 W/m²K)

## YP2 (vinot katto-osuudet)

- Vanha peltikate
- Vanha harvalauta 22x100 k250
- Aluskate
- Tuuletusväli 100mm, vanhat kattovasat 48x148 k1000
- EPS -eriste 50mm, saumat tiivistetään
- EPS -eriste 180mm, saumat tiivistetään
- Sisäverhouslevy 13mm
- Pintakäsittely huoneselostuksen mukaan

U= 0,15 W/m²K (vanhan rakenteen U-arvo= 0,42 W/m²K)

## AP1 (kylpyhuoneen alapohja)

- Laatoitus, kiinnityslaasti
- vesieristys
- kallistettu pintabetonilaatta 70 mm, lattialämmityspotket
- vaneri 15 mm
- vanhat korokepuut 50x50 mm k400, min.villa 50 mm
- vanhat lattiovasat 165x65 mm k300, min.villa 150 mm
- vanha tervapaperi
- vanha aluslaudoitus

U= 0,20 W/m²K (vanhan rakenteen U-arvo= 0,36 W/m²K)

## VP1 (vanhan porrasaukon ummistaminen)

- Lattiapintamateriaali huoneselosteen mukaan
- Rakennuslevy 13mm
- Kantavat puupalkit 48x198 k600, välissä pehmeä villa
- Tervapaperi
- Rakennuslevy 13mm
- Koolaus 22x100 k400
- Pintakäsittely huoneselosteen mukaan

## VS1

- Kipsilevy 13 mm
- Puuranka 44x70 mm, k 600 mm
- Kipsilevy 13 mm

## VS2 (märkätilat)

- Seinäpinta huoneselosteen mukaan, laatoitus
- Kiinnityslaasti, vedenpitävä
- Vedeneristys, liittymän lattian vedeneristeen oltava yhtenäinen
- Rakennuslevy Gyproc GRI 13mm
- Vanha kantava runko 50x100 k400, välissä pehmeä villa
- Kipsilevy GN 13mm
- Seinäpinta ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan

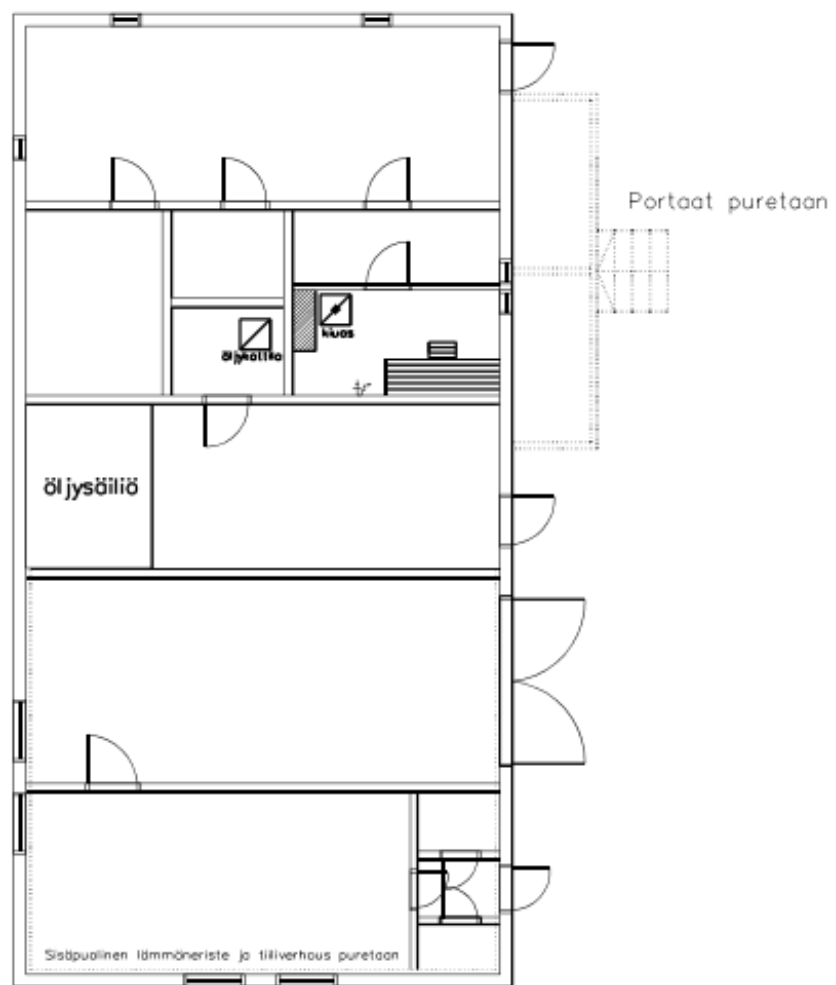
Ikkunat U=1,0 W/m²K

Ulko-ovet U=1,0 W/m²K

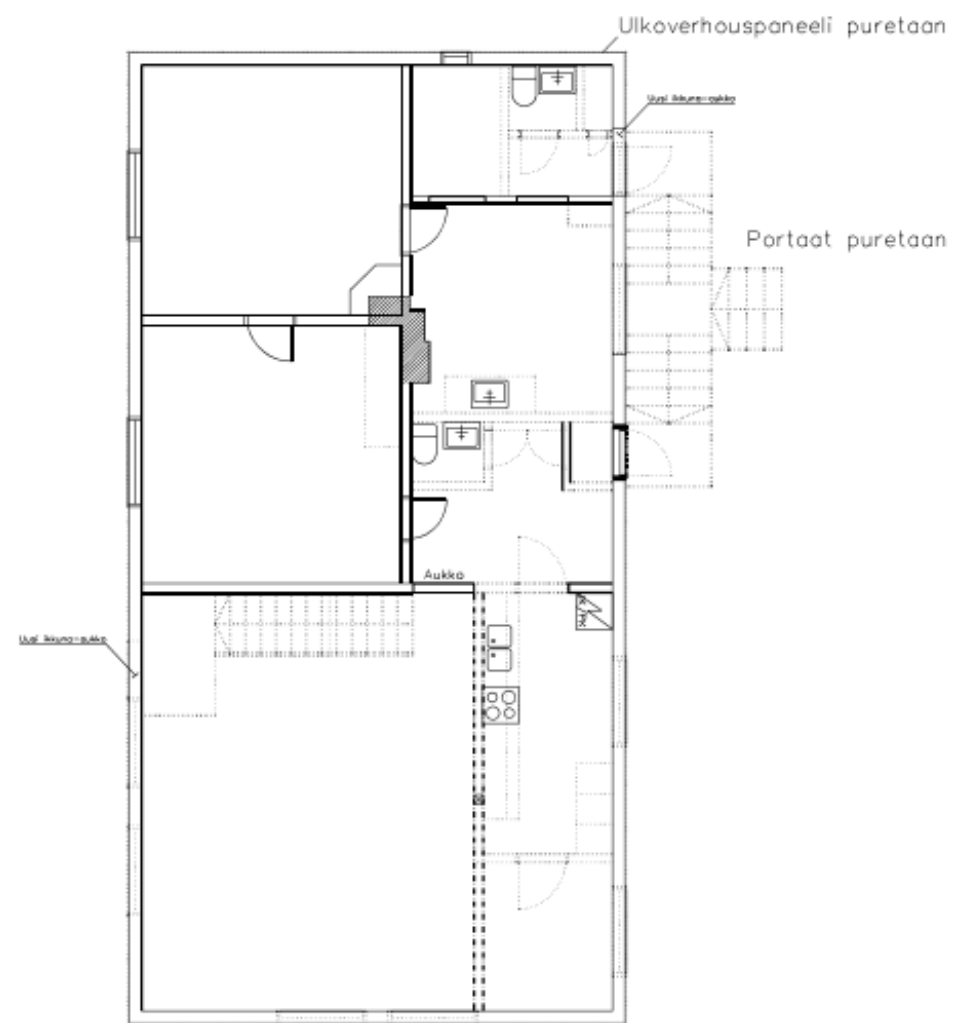
Kattoikkunat U=1,0 W/m²K

TUNN.	LUKUM.	MUUTOS	NIMM. PVM	
Kaupungissa/Kylä	Korteli/Tila	Tontti/Rno	Viranomaisen merkintä	
12	9	7		
Rakennuksen numero/Rakennusten numerot/Rakennustunnus/Rakennustunnukset				
853-12-9-7				
Rakennusohje			Piirustaja	Julkaisu no
Muutostyö			Pääpiirustus	3/4
Rakennuskohde			Piirustuksen sisältö	Mittakaava
Itäharjankatu 21			Leikkauspiirustukset	1:100
20100 Turku				
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero			Työnumero	Piirustuksen tunnus
Tommi Niskanen RI (AMK) opiskelija				Muutos
			Ark 03	
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, oleikijäus ja päiväys			Suunnittelu	Tiedosto
Puh. 0503699061				
Katja Lehtonen RI(AMK) 4.11.2016			Ark	

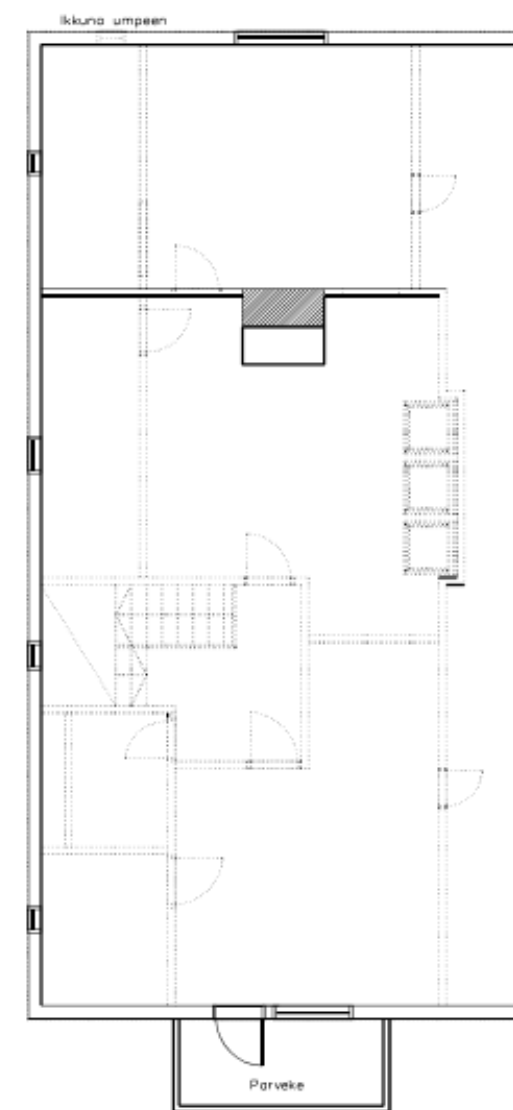
## Liite 6. Purkupiirustus



Kellarikerros



1. krs

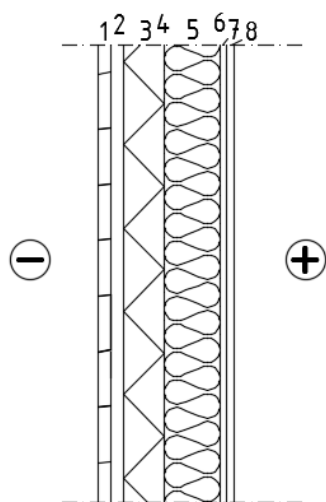


2. krs

TUNN. LUKUM. MUUTOS			NIMIM. PVM	
Kaupunginosa/Kylä	Kortteli/Tila	Tontti/Rno	Viranomaisen merkintä	
12	9	7		
Rakennuksen numero/Rakennusten numerot/Rakennustunnus/Rakennustunnukset				
853-12-9-7				
Rakennustoimenpide			Piirustus	Julkaisu n
Purkutyo			Purkupiirustus	1/1
Rakennuskohde			Piirustuksen sisältö	Mittakaava
Itäharjankatu 21			Purkupiirustus	1:100
20100 Turku				
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero			Työnumero	Piirustuksen tunnus
Tommi Niskanen RI (AMK) opiskelija				Muutos
			Ark 05	
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväys			Suunnitteluala	Tiedosto
Puh. 0503699061				
Katja Lehtonen RI(AMK) 4.11.2016			Ark	

## Liite 7. U-arvo laskentaesimerkki

Tässä esimerkissä lasketaan kohteelle valitun tolpparunkoisen ulkoseinärakenteen U-arvo likimääräismenetelmällä. Tätä menetelmää ei voida käyttää rakenteisiin, joissa metalliosa läpäisee lämmöneristekerroksen.



Ulkoseinän rakenne sisäänpäin:

1. Vaakapanelointi UTV 22x100
2. Pystykoolaus 22x100 k400  
ilmaraolla
3. Tuulensuojavilla Isover RKL-31 Facade 75mm
4. Höyrynsulkupaperi
5. Kantava runko 50x100 k400 + mineraalivilla
6. Höyrynsulkupaperi
7. Lastulevy 11mm
8. Kipsilevy Gyproc GN 13mm

Lasketaan ensin kokonaislämmönvastuksen yläkiiarvo  $R_T'$ , jossa rakenne jaetaan osa-alueisiin:

$$\frac{1}{R_T'} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \dots + \frac{f_n}{R_{Tn}}$$

Kantava runko 50x100 k 400:

$f_{\text{eriste}}$  = eristeen osuus kokonaispinta-alasta

$$= 350\text{mm} / 400\text{mm} \cdot 100\% = 78,5\%$$

$f_{\text{puu}}$  = puun osuus kokonaispinta-alasta

$$= 50\text{mm} / 400\text{mm} \cdot 100\% = 12,5\%$$



Lämmönvastukset puurungon ja mineraalivillan kohdalta erikseen:

Lämmönvastuksen ylälikiarvo $R'$			
Mineraalivillan kohdalta			
	Paksuus	Lämmönjohtavuus	Lämmönvastus
	$[m]$	$[W/mK]$	$[m^2K/W]$
Ulkopinta			0,04
Vaakapaneeli	0,022	0,12	0,183
Tuuletusrako	0,022		0,17
Tuulensuojavilla	0,075	0,031	2,419
Höyrynsulkupaperi			0,02
Mineraalivilla	0,10	0,046	2,174
Höyrynsulkupaperi			0,02
Lastulevy	0,011	0,13	0,085
Kipsilevy	0,013	0,22	0,059
Sisäpinta			0,13
		<b><math>R_{tvilla} =</math></b>	<b>5,300</b>

Puun kohdalta			
	Paksuus	Lämmönjohtavuus	Lämmönvastus
	$[m]$	$[W/mK]$	$[m^2K/W]$
Ulkopinta			0,04
Vaakapaneeli	0,022	0,12	0,183
Tuuletusrako	0,022		0,17
Tuulensuojavilla	0,075	0,031	2,419
Höyrynsulkupaperi			0,02
Puurunko	0,10	0,12	0,833
Höyrynsulkupaperi			0,02
Lastulevy	0,011	0,13	0,085
Kipsilevy	0,013	0,22	0,059
Sisäpinta			0,13
		<b><math>R_{tpuu} =</math></b>	<b>3,960</b>

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{0,7850}{5,300} + \frac{0,1250}{3,960} = 0,1797$$

$$\rightarrow R'_T = 5,566 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Kokonaislämmönvastuksen alalikiarvo  $R_T''$ :

$$R_T'' = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots R_n + \sum R + R_{se}$$

	Paksuus	Lämmönjohtavuus	Lämmönvastus
	$[m]$	$[W/mK]$	$[m^2K/W]$
Ulkopinta			0,04
Vaakapaneeli	0,022	0,12	0,183
Tuuletusrako	0,022		0,17
Tuulensuojavilla	0,075	0,031	2,419
Höyrynsulkupaperi			0,02
Mineraalivilla + runko	0,10		1,858
Höyrynsulkupaperi			0,02
Lastulevy	0,011	0,13	0,085
Kipsilevy	0,013	0,22	0,059
Sisäpinta			0,13
		<b><math>R_t'' =</math></b>	<b>4,984</b>

Kokonaislämmönvastus  $R_T$  on ylä- ja alalikiarvojen keskiarvo.

$$\begin{aligned}
 R_T &= \frac{R_T' + R_T''}{2} \\
 &= \frac{5,566 \frac{m^2W}{K} + 4,984 \frac{m^2W}{K}}{2} \\
 &= 5,275 \frac{m^2W}{K}
 \end{aligned}$$

Ulkoseinän U-arvoksi saadaan  $1 / R_T = 0,1895 \dots$

**$\approx 0,19$**

(U-arvon pyöristyksessä käytetään normaalia pyöristyssääntöä; kaksi merkitsevää numeroa)

Lasketaan kokonaislämmönvastuksen enimmäisvirhearvo:

$$\begin{aligned}
 e_m &= \frac{(R_T' - R_T'')}{(2 \cdot R_T)} \cdot 100\% \\
 &= \frac{(5,566 \frac{m^2W}{K} - 4,984 \frac{m^2W}{K})}{(2 \cdot 5,275 \frac{m^2W}{K})} \cdot 100\%
 \end{aligned}$$

$$= 5,2\% < 20\%$$

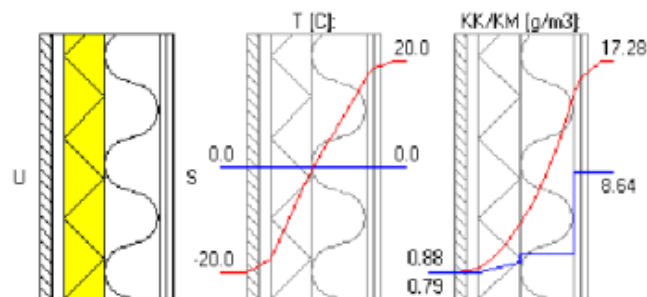
➔ Yläraja- alaraja- menetelmä soveltuu kyseisen rakenteen U-arvon laskentaan.

## Liite 8. DOF-lämpö -tulosteet

Rakennuskohde: Itäharjunkatu 21, Turku	Sisältö: Ulkoseinä, runkotolppa	
Suunnittelija: Tommi Niskanen	Päiväys: 22.4.2017	Tunnus: US1

**Rakenteen pää tiedot:**

U-arvo:	0.193 W/m <sup>2</sup> K
Paksuus:	245.090 mm
Pinta-ala:	1.00 m <sup>2</sup>
Paino:	44.59 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	407454947.412
Vesih. läpäisykerroin:	0.000000 g/m <sup>2</sup> hPa
Lämmönvastus:	5.186 m <sup>2</sup> K/W
Pintavastus, ulko:	0.040 m <sup>2</sup> K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m <sup>2</sup> K/W
Kulma (0-90):	90.000

**Rakenteen kerrostiedot:**

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:
1 Vaakapanelointi	22.00	0.1200	1.000000e-05	0.00	480.00
2 Tuulettumaton ilmara	22.00	0.1250	6.600000e-04	0.00	0.00
3 ISOVER RKL-31 Facade	75.00	0.0310	1.700000e-09	0.00	0.00
4 Ilmansulkupaperi	0.09	0.1400	3.000000e-12	0.00	900.00
5 Mineraalivilla	100.00	0.0380	3.780000e-04	0.00	30.00
6 Ilmansulkupaperi	1.00	0.1400	3.000000e-12	0.00	0.00
7 Lastulevy	12.00	0.0600	1.800000e-05	0.00	700.00
8 Kipsilevy	13.00	0.2100	1.620000e-05	0.00	1200.00
KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:	LK [W/K](kpl):
2 Puu (mänty)	0.1400	12.5	0.00	480.00	—
5 Puu (mänty)	0.1400	12.5	0.00	480.00	—

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

**Lämpötilat ja kosteudet:**

3:n päivän kylmin (0.0 h)

Piste:	T [C]:	KK [g/m3]:	KM [g/m3]:	SK [%]:	C [g/m2]:
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00
1	-19.73	0.90	0.79	87.9	0.00
2	-18.47	1.00	0.79	79.1	0.00
3	-17.27	1.11	0.79	70.9	0.00
4	-0.73	4.60	1.64	35.6	0.00
5	-0.72	4.61	2.22	48.1	0.00
6	17.27	14.73	2.22	15.1	0.00
7	17.32	14.77	8.64	58.5	0.00
8	18.69	16.01	8.64	54.0	0.00
9	19.11	16.41	8.64	52.7	0.00
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00

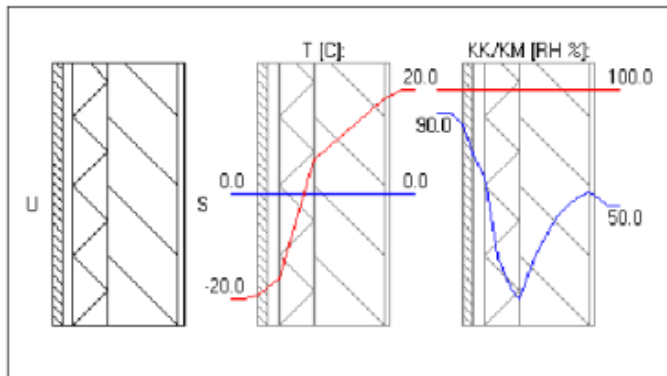
T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

**Lisätiedot:**

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Itäharjankatu 21, Turku	Hirsirunkoinen ulkoseinä	
Suunnittelija:	Päiväys:	Tunnus:
Tommi Niskanen	22.4.2017	US2

**Rakenteen pää tiedot:**

U-arvo:	0.234 W/m <sup>2</sup> K
Paksuus:	282.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m <sup>2</sup>
Paino:	103.80 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	54000003783.370
Vesih. läpäisykerroin:	0.000000 g/m <sup>2</sup> hPa
Lämmönvastus:	4.270 m <sup>2</sup> K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m <sup>2</sup> K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m <sup>2</sup> K/W
Kulma (0-90):	90.000

**Rakenteen kerrostiedot:**

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m <sup>3</sup> ]:	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]:
1 Vaakapanelointi	22.00	0.1200	1.000000e-05	0.00	480.00
2 Pystykoolaus	22.00	0.1400	6.600000e-04	0.00	0.00
3 Isover RKL-31 Facade	75.00	0.0310	1.480000e-05	0.00	40.00
4 Puu (mänty)	150.00	0.1200	2.777778e-12	0.00	480.00
5 Kipsilevy	13.00	0.2400	1.620000e-05	0.00	1200.00
KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m <sup>3</sup> ]:	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]:	LK [W/K](kpl):
2 Puu	0.1200	25.0	0.00	480.00	—

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

**Lämpötilat ja kosteudet:**

3:n päivän kylmin (0.0 h)

Piste:	T [C]:	KK [RH %]:	KM [RH %]:	SK [%]:	C [g/m <sup>2</sup> ]:
U	-20.00	100.0	90.0	90.0	0.00
1	-19.34	100.0	85.0	85.0	0.00
2	-17.62	100.0	72.5	72.5	0.00
3	-16.15	100.0	62.8	62.8	0.00
4	6.55	100.0	9.4	9.4	0.00
5	18.27	100.0	55.6	55.6	0.00
6	18.78	100.0	53.9	53.9	0.00
S	20.00	100.0	50.0	50.0	0.00

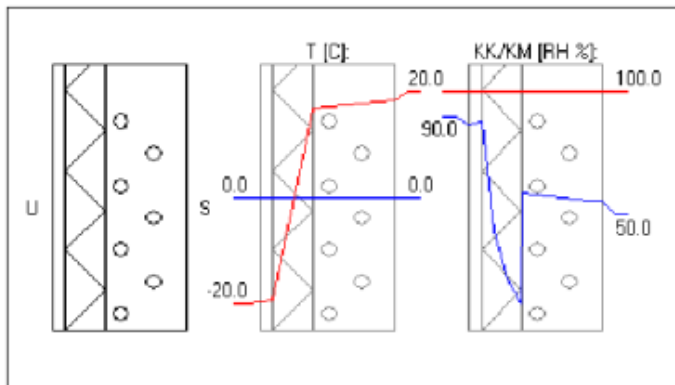
T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

**Lisätiedot:**

Rakennuskohde: Itäharjankatu 21, Turku	Sisältö: Kellarin ulkoseinä
Suunnittelija: Tommi Niskanen	<div> <div> Paiväys: 22.4.2017 </div> <div> Tunnus: US4 </div> </div>

**Rakenteen pää tiedot:**

U-arvo:	0.307 W/m <sup>2</sup> K
Paksuus:	331.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m <sup>2</sup>
Paino:	546.05 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	341057.505
Vesih. läpäisykerroin:	0.000003 g/m <sup>2</sup> hPa
Lämmönvastus:	3.259 m <sup>2</sup> K/W
Pintavastus, ulko:	0.040 m <sup>2</sup> K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m <sup>2</sup> K/W
Kulma (0-90):	90.000

**Rakenteen kerrostiedot:**

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m <sup>3</sup> ]:	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]:
1 Rappaus	30.00	1.2000	2.160000e-05	0.00	2000.00
2 Finnfoam CW-300	100.00	0.0340	1.900000e-06	0.00	50.00
3 Bitumi	1.00	0.1800	3.600000e-09	0.00	1050.00
4 Betoni	200.00	1.7000	2.160000e-05	0.00	2400.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

**Lämpötilat ja kosteudet:****3:n päivän kylmin (0.0 h)**

Piste:	T [C]:	KK [RH %]:	KM [RH %]:	SK [%]:	C [g/m <sup>2</sup> ]:
U	-20.00	100.0	90.0	90.0	0.00
1	-19.51	100.0	86.2	86.2	0.00
2	-19.20	100.0	88.0	88.0	0.00
3	16.89	100.0	13.6	13.6	0.00
4	16.96	100.0	58.9	58.9	0.00
5	18.40	100.0	55.2	55.2	0.00
S	20.00	100.0	50.0	50.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

**Lisätiedot:**

## Liite 9. Kustannuslaskenta

Puurunkoinen ulkoseinä					
Materiaali	Koko [mm]	Määrä	Yksikkö	Hinta / yksikkö [€]	Hinta
Kipsilevy	13x1200x2700	19	kpl	11,99	227,81 €
Tuulensuoja	75x1200x1800	16	pkt	149	2 384,00 €
Isover RKL-31 Facade					
Sahatavara	22x100	313,2	m	0,49	153,47 €
Ulkooverhouspaneeli	22x100	1162,5	m	0,99	1 150,88 €
				Yhteensä	3 916,16 €

Hirsirunkoinen ulkoseinä					
Materiaali	Koko [mm]	Määrä	Yksikkö	Hinta / yksikkö [€]	Hinta
Kipsilevy	13x1200x2700	22	kpl	11,99	263,78 €
Tuulensuoja	75x1200x1800	18	pkt	149,00	2 682,00 €
Isover RKL-31 Facade					
Sahatavara	22x100	348,4	m	0,49	170,72 €
Ulkooverhouspaneeli	22x100	1303,3	m	0,99	1 290,27 €
				Yhteensä	4 406,77 €

Yläpohja, vinot katto-osuudet					
Materiaali	Koko [mm]	Määrä	Yksikkö	Hinta / yksikkö [€]	Hinta
Sisäverhouslevy	13x1200x3000	30	kpl	11,99	359,70 €
EPS-eriste	100x1200x1000	12	pkt	41,00	492,00 €
EPS-eriste	50x1200x1000	6	pkt	41,30	247,80 €
Aluskate	1,5x60	2	rll	49,00	98,00 €
				Yhteensä	1 197,50 €

Yläpohja, suorat katto-osuudet					
Materiaali	Koko [mm]	Määrä	Yksikkö	Hinta / yksikkö [€]	Hinta
Sisäverhouslevy	13x1200x2600	28	kpl	10,65	298,20 €
Puhallusvilla	100	14	sk	18,50	259,00 €
Aluskate	1,5x60m <sup>2</sup>	1	rll	49,00	49,00 €
				Yhteensä	606,20 €

Seuraavassa on suuntaa antavat laskelmat siitä, missä ajassa maalämpöjärjestelmä maksaa itsensä takaisin öljylämmitykseen verrattuna.

Laskuissa olevat lämmitysöljyn ja sähkön hinnat ovat 1.3.2017 keskimääräisiä hintoja Turussa eivätkä ole minkään yksittäisen yhtiön hintoja. Öljyn kulutus pohjautuu viime vuosien todelliseen kulutukseen, kun taas sähkön kulutus on arvio siitä, mitä vuosittainen kulutus tulee kohteessa olemaan. Maalämpöjärjestelmä on opinnäytetyön aikana jo ehditty tilaamaan, joten laskuissa oleva alkuinvestointi on todellinen.

Lämmitysöljyn hinta / vuosi			
Kulutus vuodessa	4500	litraa	
Hinta / litra	0,79	€	(kesälaatu)
Hinta vuodessa	3555	€	

Sähkön hinta / vuosi			
Kulutus vuodessa	9500	kWh	
Myyntihinta	4,49	snt	/ kWh
Siirtohint	5,55	snt	/ kWh
Sähkövero	2,25	snt	/ kWh
<i>Yhteensä</i>	<i>12,29</i>	<i>snt</i>	<i>/ kWh</i>
Verollinen hinta	15,24	snt	/ kWh
Hinta vuodessa	1448	€	

Alkuinvestointi (lämpökaivon poraus + asennukset ja kytkennät):

23000 €

Maalämpöjärjestelmä maksaa itsensä takaisin noin 11 vuodessa.