

Sara Sankala

## **SEINÄRAKENTEIDEN VERTAILU JA PARITALON SUUNNITTELU**

# **SEINÄRAKENTEIDEN VERTAILU JA PARITALON SUUNNITTELU**

Sara Sankala  
Opinnäytetyö  
Kevät 2021  
Rakennusarkkitehdin tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Rakennusarkkitehdin tutkinto-ohjelma

---

Tekijä: Sara Sankala

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Seinärakenteiden vertailu ja paritalon suunnittelu  
Opinnäytetyön nimi englanniksi: Comparison of Wall Structures and Design of a Semi-detached House

Työn ohjaaja: Anu Montin

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2021

Sivumäärä: 53 + 5 liitettä

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella paritalo kustannus- ja ekotehokkailla ratkaisulla sekä tutkia ja vertailla eri seinärakenteiden käyttöä rakentamisessa. Työn tilaajana toimi Lumijoen kunta. Aihe oli osana Lumijoen kunnan kuuden paritalon rakennushanketta, jonka tavoitteena oli tehdä tutkimuksia eri materiaaleille ja saada kunnalle uusia vuokra-asuntoja.

Opinnäytetyössä vertailtiin neljää erilaista ulkoseinämateriaalia. Pääosassa olivat kolme vähemmän tunnettua eli CLT, kevytsoraharkko ja EcoCocon, lisäksi mukana oli puurunko. Vertailussa huomioitiin materiaalikustannukset seinäneliötä kohden ja työmenekit koko paritalolle. Lisäksi paritalon eri ulkoseinäratkaisuille tehtiin energiaselvitys Laskentapalvelut-ohjelmaa käyttäen.

Paritalo suunniteltiin pientaloalueelle Lumijoelle. Paritalon pohjaratkaisu ja pihasuunnitelma suunniteltiin luonnostasolla ArchiCAD 22 -ohjelmalla. Suunnittelua ohjasivat rakennuspaikalle annetut määräykset, suunnitteluohjeet ja tilaajan toiveet. Suunnittelun tavoitteena oli kustannustehokas, käyttäjäystävällinen, ympäristöön mukautuva ja tilaajan toiveiden mukainen ratkaisu.

Työssä havaittiin, että puurungon ja kevytsoraharkkoseinän materiaalikustannukset olivat edullisimmat. Kevytsoraharkon ja EcoCoconin vaatima työmenekki todettiin muista materiaaleista suuremmaksi. Energiatodistuksessa rakennus vastasi kaikilla vertailtavilla runkomateriaaleilla energiatehokkuusluokkaa B. Työn suunnitteluosuudessa onnistuttiin toteuttamaan tilaajan toiveiden mukainen paritalo. Opinnäytetyön avulla tilaaja sai valmiin suunnitelman, jota voidaan hyödyntää hankkeessa.

---

Asiasanat: paritalo, suunnittelu, energiatehokkuus, menekkilaskenta

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree programme in Construction Architecture

---

Author: Sara Sankala

Title of thesis: Comparison of Wall Structures and Design of a Semi-detached House

Supervisor: Anu Montin

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2021

Pages: 53 + 5 appendices

---

The aim of the thesis was to design a semi-detached house with cost- and eco-efficient solutions and to study and compare the use of different wall structures in construction. The work was commissioned by the municipality of Lumijoki. The topic was part of a construction project for six semi-detached houses in the municipality of Lumijoki, the purpose was to make studies on different materials and get new rental apartments for the municipality.

The thesis compared four different exterior wall materials. The main part was three lesser-known ones, namely CLT, light gravel block and EcoCocon, in addition to a wooden frame. The comparison considered material costs per square meter of wall and work costs for the whole semi-detached house. In addition, an energy study was performed for the various exterior wall solutions of the semi-detached house using the Calculation Services program.

The semi-detached house was designed for a detached house area in Lumijoki. The floor plan and yard plan of the semi-detached house were designed at the sketch level with ArchiCAD 22 software. The design was guided by the regulations given to the construction site, the design instructions, and the wishes from the customer. The goal of the design was a cost-effective, user-friendly, environmentally friendly solution that meets the customer's wishes.

It was found that the material costs of the wooden frame and the lightweight gravel block wall were the cheapest. The work consumption by the lightweight gravel block and EcoCocon was found to be higher than other materials. In the energy certificate, the building corresponded to energy efficiency class B with all comparable frame materials. With the help of the thesis, the client got a ready-made plan that can be used in the project.

---

Keywords: semi-detached house, design, energy efficiency, consumption computation



## **ALKULAUSE**

Haluan osoittaa kiitokseni Kyösti Rajaniemelle osallistumisesta opinnäytetyön suunnitteluun. Lisäksi haluan kiittää opinnäytetyön ohjaajaa lehtori Anu Montinia.

Oulussa 30.5.2021

Sara Sankala

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
1 JOHDANTO	8
2 EKOTEHOKAS SUUNNITTELU	9
2.1 Elinkaariajattelu	9
2.2 Hiilijalanjälki	9
2.3 Eko- ja energiatehokas pientalo	10
2.4 Energiatodistus	11
3 PARITALOHANKKEEN ULKOSEINÄRAKENTEET	13
3.1 Puurunko	13
3.2 CLT	14
3.2.1 CLT rakennusmateriaalina	14
3.2.2 CLT:n mitoitus	15
3.2.3 CLT:n rakennekuva	16
3.3 Kevytsoraharkko	16
3.3.1 Kevytsoraharkko rakennusmateriaalina	17
3.3.2 Kevytsoraharkon mitoitus	18
3.3.3 Kevytsoraharkon rakennekuva	18
3.4 EcoCocon	19
3.4.1 EcoCocon rakennusmateriaalina	20
3.4.2 EcoCoconin mitoitus	20
3.4.3 EcoCoconin rakennekuva	21
4 PARITALOHANKKEEN ULKOSEINÄRAKENTEIDEN KUSTANNUKSET JA TYÖMENEKIT	22
4.1 Kustannuksien muodostuminen	22
4.2 Materiaalikustannukset	23
4.3 Työmenekit	27
4.4 Menekkilaskelmien tulokset ja vertailu	31
5 PARITALOHANKKEEN SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT	33

5.1 Rakennuksen muoto ja asuintilat	34
5.2 Ala- ja yläpohja	35
6 PARITALOSUUNNITELMAN TOTEUTUS	37
7 PARITALOHANKKEEN ENERGIASELVITYS	44
7.1 Energiaselvityksen vaiheet	44
7.2 Energiaselvityksen tulokset	47
8 POHDINTA	48
LÄHTEET	50
LIITTEET	
Liite 1 Asemapiirros	
Liite 2 Pohjakuva	
Liite 3 Leikkaus A-A	
Liite 4 Julkisivukuvat	
Liite 5 3D-kuvat	

# 1 JOHDANTO

Rakentaminen tuottaa kasvihuonekaasupäästöjä, jotka edistävät ilmastonmuutosta. Suomessa kasvihuonekaasupäästöistä yli kolmannes aiheutuu rakennusten ja rakentamisen energian kulutuksesta. Ekotehokkaalla suunnittelulla voidaan vaikuttaa rakennuksen hiilijalanjälkeen ja energiatehokkuuteen. (Rakennuksen energia- ja ekotehokkuus. 2020.)

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella paritalo kustannus- ja ekotehokkailla ratkaisulla. Työn tilaajana toimii Lumijoen kunta. Tavoitteena on suunnitella rakennus tilaajan toiveet huomioon ottaen. Opinnäytetyössä myös vertaillaan neljää eri ulkoseinätyyppiä, jotka ovat puurunko, CLT, kevytsoraharkko ja EcoCon. Vertailussa huomioidaan materiaalikustannukset ja työmenekit. Lisäksi paritaloon tehdään energiaselvitys eri seinätyypit huomioiden.

Työn alussa tutkitaan ekotehokkaan suunnittelun ominaisuuksia ja vaikutusta ympäristöön. Sen jälkeen kerrotaan vertailussa olleiden seinämateriaalien rakenteista, ominaisuuksista, mitoituksista ja kustannuksien muodostumisesta. Lisäksi lasketaan seinämateriaalien materiaalikustannukset ja työmenekit.

Opinnäytetyössä suunnitellaan rakennus pientaloalueelle Lumijoelle. Työssä kuvataan suunnitelman lähtökohdat sekä suunnitteluvaiheet ja tehdyt ratkaisut. Suunnitelmasta laaditaan pohjakuva ja asemapiirros luonnostasolla. Kuvissa esitetään lisäksi rakennuksen leikkaus, julkisivut ja 3D-kuvat. Suunnittelun työkaluna käytetään ArchiCAD 22 -ohjelmaa. Lopuksi rakennukselle tehdään energiaselvitys eri seinämateriaaleja käyttäen.

## **2 EKOTEHOKAS SUUNNITTELU**

### **2.1 Elinkaariajattelu**

Kestävä kehitys on jatkuvaa luonnonvarojen ja ihmisten tarpeiden huolehtimista. Kestävän kehityksen tavoitteena on turvata nykyisille ja tuleville sukupolville elämisen mahdollisuudet. Suunnittelu ja rakentaminen ovat osana kestävästä kehityksestä. Hyvällä suunnittelulla voidaan saavuttaa viihtyviä, toimivia ja eri elämäntilanteisiin sopeutuvia elinympäristöjä. (RT 103260. 2020, 2.)

Elinkaariajattelu kuuluu kestävästä kehityksestä toteutumiseen, joka tarkoittaa rakennuksen tarkastelua rakentamisvaiheen, käyttövaiheen ja purkamisvaiheen aikana. Tekniset ratkaisut ja tilojen muunneltavuus edistävät rakennuksen pitkäikäisyyttä ja tehokasta käyttöä. Energiankulutukseen voidaan suunnittelussa vaikuttaa rakennuksen muodolla ja sen oikealla sijoittamisella ilmansuuntaan nähden. (RT 103260. 2020, 2.)

Rakennuksen käytön aikainen energia on jaettavissa lämmitykseen, sähköön, huoltoon ja korjaustoimenpiteisiin. Lämmöneristävyyttä määritellään U-arvojen avulla. Rakenteilla on vaikutus rakennuksen lämmitysenergian kulutukseen ja esimerkiksi massiivinen rakenne varastoi lämpöä ja siten vähentää lisälämmityksen tarvetta. (Rakentamisen ekologisuus.)

Rakentamisessa käytettävien rakennusmateriaalien tulisi olla kierrätettäviä. Materiaalinen kierrätys ja luonnonvarojen käytön minimointi ovat osana resurssitehokkuutta. Käytöstä poistettuja ongelmajätteenä luokiteltuja rakennusaineita tulisi välttää. (Rakennuksen energia- ja ekotehokkuus. 2020.)

### **2.2 Hiilijalanjälki**

Ilmastonmuutos on osana maailmanlaajuisista ympäristökriiseistä, jossa ihmisten toiminnan seurauksena kasvihuonekaasut ovat lisääntyneet. Suomessa rakentaminen, rakennusten käyttäminen ja liikenne saavat aikaan ilmastoa lämmittäviä kasvihuonepäästöjä. Rakennetusta ympäristöstä aiheutuvaan ilmastonmuutokseen on mahdollista vaikuttaa ilmastoviisailta ratkaisulla. (RT 103170. 2020, 1.)

Rakennuksen hiilijalanjälki muodostuu rakennuksen elinkaaren ajan aiheutu-neista päästöistä. Suunnitteluprosessilla voidaan vaikuttaa rakennuksen elinkaa-ren aikana muodostuvaan hiilijalanjälkeen. Rakennuksen kasvihuonekaasupääs-töihin vaikuttavina tekijöinä ovat rakennusmateriaalit sekä niiden valmistaminen, kuljetus, työmaatoiminnot, kunnossapito, korjaus ja loppukäsittely. Rakentamis-vaiheen aikana tulee kertaluontoinen hiilipiikki. Rakentamisen hiilipiikkiä voidaan pienentää esimerkiksi hyödyntämällä uusiomateriaaleja. (RT 103170. 2020, 12-13.)

Rakennuksen elinkaaren aikana muodostunutta hiilijalanjälkeä ohjataan tällä het-kellä pääasiassa vapaaehtoisilla ympäristöarviointimenetelmillä. Vuoteen 2025 mennessä rakennuksien päästöjä on tavoitteena ohjata eurooppalaista standar-doitua laskentamenetelmää käyttäen. Ympäristöministeriö on valmistanut raken-nuksen hiilijalan arviointimenetelmän, jonka avulla voidaan laskea rakentamisen ilmastovaikutukset. Arviointimenetelmän luonnos on ollut käytettävissä vuodesta 2019 lähtien. Hiilijalanjäljen arviointiin tarvitaan tietoa esimerkiksi rakennuksen materiaalien määrästä, valmistuksen päästöistä ja käyttöiästä. Lisäksi arviointiin vaikuttavat rakennuksen käytön energiakulutus ja käytettävät energiamuodot. (Vähähiilisen rakentamisen tiekartta.)

### **2.3 Eko- ja energiatehokas pientalo**

Pientaloasuminen on Suomessa suosittu asumismuoto sen tuoman itsemäärää-misoikeuden, yksilöllisten asumisratkaisujen soveltamisen ja oman pihan vuoksi. Uudet pientaloalueet täydentävät nykyisiä asuinalueita niiden reunoilla ja jat-keena. Pientaloalueet omaavat erilaisia lähtökohtia eri osissa maata ja niillä on merkittävä rooli päästötavoitteiden saavuttamisessa. (Jalkanen – Kajaste – Kauppinen 2017, 128.)

Yli kolmannes Suomen kasvihuonekaasupäästöistä aiheutuu rakennusten ja ra-kentamisen energiankulutuksesta. Päästöjä on mahdollista vähentää ekotehok-kailla ratkaisuilla. Ekotehokkuuden tavoitteena on käyttää mahdollisimman vähän luonnonvaroja tuotettua talouden yksikköä kohden. Raaka-aineet, materiaalit, energia ja teknologia käytetään tehokkaasti ja tarkoituksenmukaisesti. Ekotehok-

kaaseen pientaloon kuuluvat kodinkoneiden, valaistuksen, lämmityksen, ilmanvaihdon, jätehuollon ja pihan huolelliset suunnitteluratkaisut. (Ekotehokkaan asumisen opas. 2010.)

Kodinkoneiden sijoittelussa varataan ympärille ilmankiertotilaa ja koneita ei sijoiteta lähelle lämmönlähdettä. Valaistusratkaisut ja niiden käyttö suunnitellaan tarvittavan valon määrän mukaisesti. Rakennuksen sijoittaminen tontille ilmansuuntiin nähden ja ikkunoiden suunnittelu vaikuttavat auringosta saatavaan luonnonvaloon sekä lämpöön. Lämmitystavaksi suositellaan uusiutuvia energiamuotoja ja päälämmitystavan lisäksi olisi hyvä olla täydentäviä lämmitystapoja. Lisäksi materiaalivalinnoilla on merkitystä rakennuksen lämmitysvaikutukseen, ilmanvaihtoon ja sisäilman laatuun. Koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla on mahdollista kerätä 60–80 prosenttia poistoilman lämmöstä talteen. (Ekotehokkaan asumisen opas. 2010.)

Jätteiden lajittelu ja kierrätys tulee suunnitella käyttäjille toimivaksi. Pihasuunnittelussa säilytetään tontin luonnollista elinympäristöä ja suunnitellaan viihtyisiä ulkoalueita. Pihan suunnitteluratkaisuissa huomioidaan sinne tulevat toiminnot sekä niiden käyttöastetta lisäävät tekijät, esimerkiksi katokset ja terassit. (Ekotehokkaan asumisen opas. 2010.)

Energiatehokkuuden avulla pyritään vähentämään käytettyä energiaa tai tehostetaan käytetyn energian hyötyä. Käyttäjillä on merkittävä rooli energiatehokkuuden edistämässä rakennuksen käytön aikana. Tämä tarkoittaa esimerkiksi koneiden ja laitteiden oikeanlaista käyttöä. Rakennuksen energiankulutusta vähentävät esimerkiksi lämmityksen säätely vuodenaikojen mukaan ja lämpötilan pudottaminen käyttäjien ollessa poissa rakennuksesta. Hyvällä energiatehokkuudella pienennetään käytönaikaisia kustannuksia ja usein myös parannetaan asumismukavuutta. (Energiatehokkuustoimista on taloudellista hyötyä. 2021.)

## **2.4 Energiatodistus**

Energiatehokkuutta koskeva lainsäädäntö edistää energiatehokkuuden ja uusiutuvan energian käyttöä. Tavoitteena on pienentää rakennuksien energiakulutusta

ja hiilidioksidipäästöjä. Energiatodistuksella on ollut positiivisia vaikutteita rakennuksen energiatehokkuuteen ja se on ollut Suomessa käytössä vuodesta 2008 alkaen. Energiatodistusta käytetään energiatehokkuuden ohjaamiseen ja sen avulla voidaan vertailla rakennusten energiatehokkuutta. Myynti- ja vuokraustilanteissa energiatodistus toimii rakennusten vertailun sekä parantamisen työkaluna. (RT 18-11293. 2018, 1.)

Rakennuksen energiatodistuksen laadinnan avulla lasketaan rakennuksen energiatehokkuusluokka ja energiatehokkuuden vertailuluku, jotka kuuluvat rakennuksen energiatodistukseen. Energiatehokkuuden vertailuluvun eli E-luvun laskennassa selvitetään rakennuksen energiatarpeet. Laskennassa käytettävät lähtöarvot voivat olla rakennuksen suunnitteluarvoja, laitetietoja tai tarkastuksen yhteydessä selvitettyjä arvoja. Laskelmaan määritellään esimerkiksi rakennuksen lämmitys -ja ilmanvaihtojärjestelmät. (Energiatodistusopas. 2018, 15, 26-27.)



### 3 PARITALOHANKKEEN ULKOSEINÄRAKENTEET

Ulkoseinärakenteet voidaan toteuttaa monella eri tavoilla ja materiaaleilla. Paritalohankkeessa vertailukohteena on neljä erilaista ulkoseinämateriaalia, joista kolme vähemmän tunnettua ovat pääosassa. Vertailtavat rakenteet ovat puurunko, CLT, kevytsoraharkko ja EcoCocon. Kaikissa rakenteissa U-arvo on 0,17 W/m<sup>2</sup>K. Rakennetyypit ovat Isoverin rakennepankista, lukuun ottamatta EcoCoconin rakennetta. Luvussa 3.1 kerrotaan puurungosta ja valitusta rakenteesta. Luvuissa 3.2–3.4 kuvataan CLT:n, kevytsoraharkon ja EcoCoconin ominaisuuksia, mitoitusta ja rakennetta.

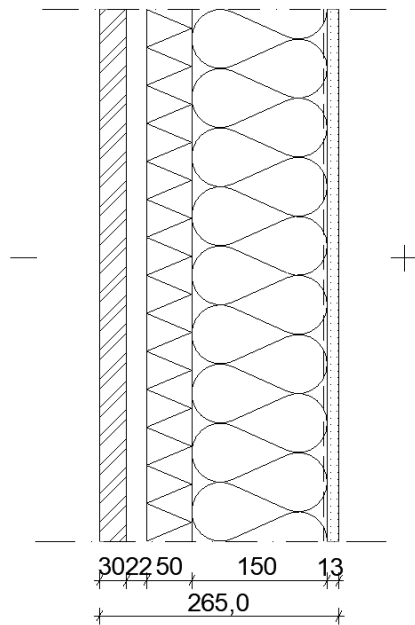
#### 3.1 Puurunko

Puutalon rakentamiseen on monia materiaali-, runkojärjestelmä- ja rakennustapavaihtoehtoja. Puutalon rakentaminen rankarakenteisena on yleistä ja varsinkin valmiselementeistä tai talopakettitoimituksena kustannuksiltaan edullista. (Yleisimmät rakennejärjestelmät. 2020.)

Paritalohankkeen paikallarakennettu puurakenne sisältää 150 mm puurungon ja lämmöneristeen. Ratkaisu on hyvin tyypillinen paikallarakennettu runkoratkaisu.

US1-ulkoseinärakenne ulkoa sisälle päin on seuraava:

- 30 mm lautaverhous, vaakasuuntainen
- 22 mm tuuletusrako ja pystykoolaus 22x100 k600
- 50 mm tuulensuoja ja lämmöneriste lasivilla Isover Facade
- 150 mm lämmöneriste lasivilla Isover Premium ja kantava runko 50x150 k600
- höyrynsulku
- 13 mm kipsilevy (kuva 1)



*KUVA 1. US1: Puurunkoinen ulkoseinä*

### **3.2 CLT**

CLT eli Cross laminated timber on teollisesti valmistettu massiivipuulevy, joka koostuu ristiin liimatuista lamellikerroksista. Lamellikerroksia on valittavissa kolme, viisi, seitsemän tai useampia. Yleisimmin CLT:n rakennusmateriaalina käytetään kuusta tai mäntyä. Levyllä on monia valmistustekniikoita, jotka vaihtelevat eri valmistajien välillä. Valmistustekniikoita ovat lautojen liimaus toisiinsa tyhjiön avulla tai puristamalla prässien avulla. Liimaustapana voidaan käyttää syrjäliimattua tai syrjäliimaamatonta vaihtoehtoa. Valmistajia Suomessa ovat Cross-Lam Kuhmo Oy, CLT Finland Oy ja CLT Plant Oy. CLT-levyn käyttö on Keski-Euroopassa suosiossa ja Suomessa kasvussa. (Monikerroslevy CLT. 2020.)

#### **3.2.1 CLT rakennusmateriaalina**

CLT-elementti on rakenteellisilta ominaisuuksiltaan kevyt, jäykkä ja kestävä. Lamellikerroksien ristikkäin liimaaminen lisää CLT:n kestävyttä ja mahdollistaa levyn käytön vaaka- ja pystyrunkorakenteissa. Elementtejä on mahdollista käyttää monipuolisesti erilaisissa projekteissa sekä rakennuksien sisäpinnoissa. (Cross-Lam. 2019.)

CLT on ympäristöystävällinen rakennusmateriaali. Rakennuksen sisäilma on puun ansiosta parempaa ja kosteus tasaisempaa. CLT:n rakenne mahdollistaa ilman tasoittumisen rakennuksen sisätiloissa. Saumaton ja yhtenäinen seinäelementtirakentaminen tekee rakenteesta ilmatiiviin. (CLT-levyn tekniset tiedot. 2019.)

CLT-levyt parantavat lämmöneristystä puun ominaisuuksien ansiosta. Lämpötilaeron aiheuttama ilmavirtaus on CLT-rakennuksessa vähäisempää, koska puu ja rakennuseristeet toimivat omina toiminnallisina kerroksina. Puu- ja liimakalvot muodostavat höyrynsulkurakenteen, jossa eristeet pysyvät kuivina ilman muovia tai teippiä. (CLT-levyn tekniset tiedot. 2019.)

CLT-elementin haasteena voi olla puun kosteuselämisestä aiheutuvat halkeamat. Syrjäliimaamattomassa rakenteessa reunat voivat vapaasti elää ja lamellien väleihin muodostuu hiushalkeamia. Rakenteelliset halkeamat, liimasauman repeytyminen ja liiman käyttö ovat syrjäliimaamattomassa rakenteessa vähäisempiä. CLT-levyssä käytettävän liiman on oltava vähäpäättöistä ja luokaltaan M1-päästöluokituksen mukaista. (Syrjäliimaamaton CLT – paras Suomen olosuhteisiin. 2020.)

Tällä hetkellä CLT-levylle ei ole yleisiä palomitoitusohjeita, vaan palomitoitus on valmistajakohtainen. Paloturvallista suunnittelua ohjaa Paloturvallinen puutalo - ohje, joka perustuu Ympäristöministeriön 1.1.2018 voimaan astuneeseen asetukseen. CLT-levyn palomitoituksessa huomioidaan hiiltymisvara -ja nopeus sekä sisäkerroksien sijainti ja koko. Hiiltymämitoituksessa pintalamellikerros tulisi suunnitella siten, että hiiltymissyvyys ei vaaditun palonkeston aikana saavuta liimasaumaa. (Paloturvallinen puutalo – Asuin- ja toimitilarakentaminen. 2021.)

### **3.2.2 CLT:n mitoitus**

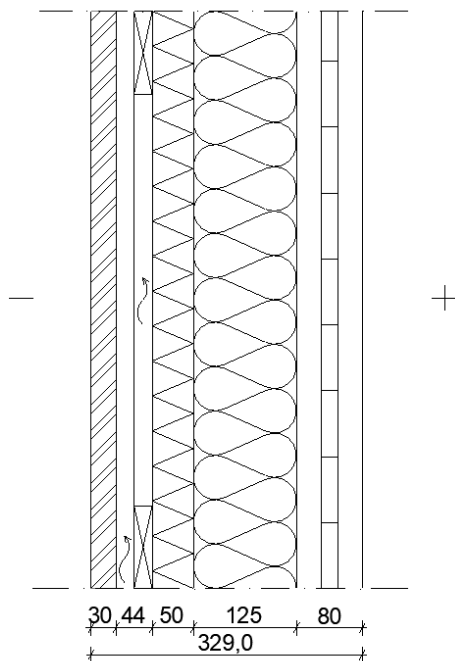
CLT-rakennuksen suunnittelussa on tärkeää huomioida levyn maksimi- ja minimimitat. Levyn valmistus ja mitat vaihtelevat eri valmistajien välillä. Esimerkiksi CrossLam Kuhmo Ltd:n valmistamien levyjen maksimimitat ovat 3,2 m x 12 m. Puristettavalla levyllä vähimmäismitat ovat 2,5 m x 4 m. Levyn leveytenä suositellaan käytettäväksi enintään 3,1 m:ä, jotta elementin reunoille jää tarpeeksi

työstövaraa. Levyn paksuus vaihtelee eri käyttötarkoitusten mukaan 60 mm:stä 300 mm:iin. (CLT-suunnittelun ohje.)

### 3.2.3 CLT:n rakennekuva

Paritalohankkeen CLT-elementtiseinä sisältää 125 mm:n paikallarakennetun puurungon, lämmöneristeen ja 80 mm:n CLT-elementin. US2-ulkoseinärakenne ulkoa sisälle päin on seuraava:

- 30 mm lautaverhous, vaakasuuntainen
- 44 mm tuuletusrako ja ristiinkoolaus 22x100 k600
- 50 mm tuulensuoja ja lämmöneriste lasivilla Isover Facade
- 125 mm lämmöneriste lasivilla Isover Premium ja koolaus 50x125 k600
- 80 mm CLT-elementti, kantava runko (kuva 2)



KUVA 2. US2: CLT-elementtiseinä

### 3.3 Kevytsoraharkko

Kevytsoraharkko sisältää kevytsoraa, sementtiä ja vettä sekä mahdollisia lisä -ja täyteaineita. Kevytsora tehdään savesta, joka poltetaan yli 1 100-asteisessa uu-

nissa. Kevytsoran käytön ansiosta harkon paino kevenee, mikä vaikuttaa kevytsoraharkkojen käsiteltävyyteen, muuraukseen ja työstöön. (Kevytsoraharkot ja betoniharkot. 2016.)

Kevytsoraharkkojen valmistus alkoi Suomessa 1950-luvulla. Ajan kuluessa niiden käyttö on kasvanut ja käyttökohteet ovat monipuolistuneet. Kevytsoraharkot jaotellaan työmenetelmien mukaan eri luokkiin. Luokkia ovat muurattavat standardiharkot, muurattavat eristeharkot, liimattavat tai ohutsauma muurattavat harkot ja elementit sekä erikoisharkot. (Kevytsoraharkot ja betoniharkot. 2016.)

### **3.3.1 Kevytsoraharkko rakennusmateriaalina**

Kevytsoraharkko on rakenteeltaan muunneltavissa ja helposti työstettävissä, minkä vuoksi niistä voidaan toteuttaa monipuolisesti erilaisia tiloja erilaisiin käyttötarkoituksiin. Harkkojen valmistus kantavaksi rakenteeksi mitoitetaan SFS\_EN 1996 Muurattujen rakenteiden suunnittelu -standardin mukaan, jossa harkoille asetetaan vaatimuksia esimerkiksi puristuslujuudelle, pakkasenkestävyydelle, sallituille mittapoikkeamille, bruttotiheydelle ja nettokuivatiheydelle. (Kevytsoraharkot ja betoniharkot. 2016.)

Kevytsorabetoni on rakenteeltaan huokoista materiaalia, minkä vuoksi harkot tiivistetään pinnoittamalla molemmilta puolilta esimerkiksi slammauksella tai rappauksella. Pinnoittamisella estetään radonkaasun ja vesihöyryn pääsyä rakenteeseen. Märkätiloihin, sokkeleihin ja kellarin seiniin tehdään tarkoitukseen soveltuvat vesieristykset. (Kevytsoraharkot ja betoniharkot. 2016.)

Kevytsoraharkkoja on mahdollista käyttää säärasituksille alttiina olevissa julkisivupinnoissa, kun harkot ja laastit täyttivät SFS 7001:n mukaiset pakkasenkestävyyksivaatimukset. Pienen kapillaarisuuden ja suljetun huokoisrakenteen ansiosta veden imeytyminen rakenteeseen on vähäistä ja kuivuminen nopeaa, mikä estää harkkoa homehtumasta sekä parantaa pakkasenkestoa. Lämmöneristyskyvyn heikkeneminen sekä pintakerroksen muutokset voivat harkkoseinässä olla mahdollisia, jos veden johtamista rakenteeseen ei rajoiteta. (RT 35-10834. 2004, 2, 3.)

Palo-ominaisuuksiltaan harkot kuuluvat A1-luokkaan eli ne eivät ole osallisina palossa ja soveltuvat siten palosuojauksiin. Harkkoja on mahdollista käyttää palo-ominaisuuksien ansiosta myös vaativissa rakennusosissa. (RT 35-10834. 2004.)

Lämmönvarastoinnin, eristämisen ja ilmanpitävyyden ansiosta harkkotalolla on pieni energiankulutus. Massiivisen rakenteen ansiosta harkkoseinä varastoi lämpöä ja vähentää lisälämmityksen tarvetta. Yläpohjan rakentaminen kivirakenteisena parantaa rakenteen ilmanpitävyyttä. (Kevytsoraharkot ja betoniharkot. 2016.)

### **3.3.2 Kevytsoraharkon mitoitus**

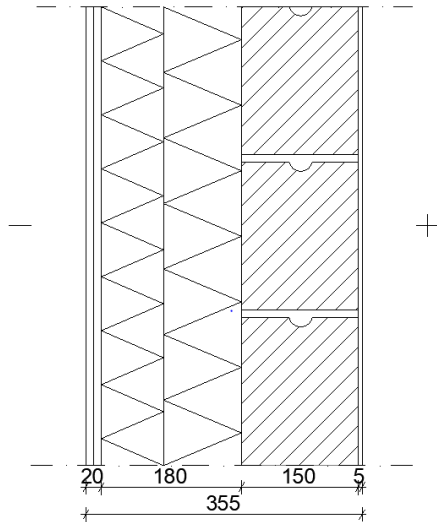
Harkon suunnittelussa voidaan käyttää moduuli- eli liittymismittoja, jolla voidaan varmistaa esivalmisteisien osien sopiminen niille varattuihin kohtiin. Moduulimitoitus voi eri harkkotyypeillä olla toisistaan poikkeavaa. Kevytsoraharkon helpon työstettävyyden ansiosta moduulimitoitusta ei välttämättä tarvitse käyttää. (Kevytsoraharkot ja betoniharkot. 2016.)

### **3.3.3 Kevytsoraharkon rakennekuva**

Paritalohankkeen kevytsoraharkkoseinä sisältää 180 mm:n lämmöneristeen. Kantavana rakenteena on 150 mm:n kevytsoraharkko.

US3-ulkoseinärakenne ulkoa sisälle päin on seuraava:

- 20 mm kolmikerrosrappaus
- 180 mm lämmöneriste lasivilla Isover FS5
- 150 mm kantava kevytsorabetoniseinä
- 5 mm pintatasoite (kuva 3)



KUVA 3. US3: Kevytsoraharkkoseinä

### 3.4 EcoCocon

EcoCocon on luonnonmukainen elementtijärjestelmä, joka sisältää 98-prosenttisesti uusiutuvia materiaaleja. Rakenne on monisuuntaisen puristustekniikan avulla valmistettu olkielementti, joka sisältää kantavan puurungon. Elementin paksuus on 400 tai 300 mm. Olkielementin ulkopuolella on puukuitukerros ja sisäpuoli on soveltuva perinteisille rappaustekniikoille sekä savirappaukselle. (Luonnon innoittama elementtijärjestelmä. EcoCocon.)

EcoCocon yritys perustettiin vuonna 2008 perustuen biopohjaiseen ja ilmastonmuutosta vastaan olevaan rakentamiseen. Suomessa elementtejä maahantuo The Natural Building Company Oy. Tuotannon tarkoituksena on vähentää metsien liikkakäyttöä ja primäärienergian kulutusta. Materiaalit sitovat hiilidioksidia ja säilyttävät sitä rakenteessa. EcoCoconilla rakennettuja seiniä on tällä hetkellä 23 000 m<sup>2</sup>. (Missiomme on mullistaa rakentamistapaamme. EcoCocon.)

EcoCoconin U-arvo 0,17 W/m<sup>2</sup> laskettiin rakenteessa olevien materiaalien ja niiden lämmönjohtavuuksien avulla. Lämmönjohtavuudet selvitettiin rakennusosien rakennusfysikaalinen toiminta -oppaan avulla. Hankkeessa käytetty rakenne sisältää 25 mm puukuitulevyn ja 300 mm olkielementin, jotta U-arvo saatiin vertailukelpoiseksi. (Rakennusosien rakennusfysikaalinen toiminta.)

### **3.4.1 EcoCocon rakennusmateriaalina**

EcoCocon-elementti on luonnonmukainen seinäjärjestelmä, joka tekee sisäilman laadusta terveellisen ja tasaisen. Järjestelmä on ilmatiivis ja vesihöyryä läpäisevä. Puukuitulevyn kuidut auttavat siirtämään kosteutta ilmatiivistä kerroksesta ulkopintaan, jossa kosteus pääsee haihtumaan rakenteesta. Puukuitulevy suojaa olkielementtiä kosteusvaurioilta. Savirappaus toimii rakenteessa kosteudensääntimenä. (Building Physics Guide. 2020.)

Elementin rakenteessa olevat puu ja olki eivät sisällä liimoja tai ole läpäisseet kemikaaleja valmistuksen aikana. Tiiviissä olkirakenteessa on noin 3–4 prosenttia ilmaa, joka lisää materiaalin lämmöneristekykyä ja ääneneristävyyttä. EcoCocon-paneelin ilmaäänieristävyys on 54 dB. (EcoCocon Brochure.)

Paneelien tulenkestävyys on testattu 25 cm:n paksuisella EcoCocon-seinällä, 30 mm:n savilaastilla ja 60 mm:n puukuitulevyllä. Testi tehtiin EU:n testausääntöjen mukaan ja saavutti paloluokan REI 120. (Reaction to Fire & Fire Resistance. 2020.)

Elementti on suojattava työmaalla huolellisesti kosteudelta. Paneelit on asetettava pystyasentoon vanerin päälle ja suoraa kosketusta maahan on vältettävä. Paneelit yhdistetään toisiinsa, jotta ne eivät pääse kaatumaan. (Transport & Storage. 2020.)

### **3.4.2 EcoCoconin mitoitus**

EcoCocon-elementtejä tehdään standardikokojen lisäksi projektikohtaisesti ja asiakasmittoihin sopiviksi. Paneelityyppeihin kuuluvat jäykistetyt paneelit, ristikot, palkit ja kaltevat päätyseinäelementit. EcoCocon-paneeliin tyyppi ja koko valitaan käyttökohteen mukaan. Suuremmissa projekteissa EcoCocon-paneelit on mahdollista esiasentaa tehtaalla kokonaisiksi seinäosiksi, jossa esimerkiksi ikkunat, kalvot ja puukuitulevyt voidaan asentaa etukäteen. (Building Elements. 2020. EcoCocon.)

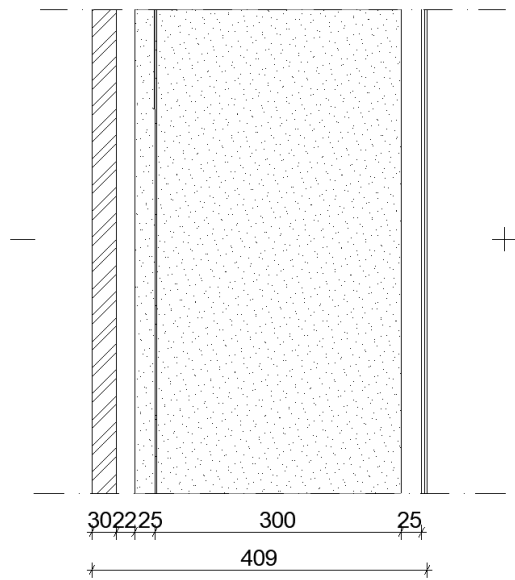


### 3.4.3 EcoCoconin rakennekuva

Paritalohankkeen EcoCocon seinärakenne sisältää 300 mm:n olkielementin ja 25 mm:n puukuitulevyn. Rakenteen sisäpintana on savilaasti.

US4-ulkoseinärakenne ulkoa sisälle päin on seuraava:

- 30 mm lautaverhous, vaakasuuntainen
- 22 mm tuuletusrako ja pystykoolaus 22x100
- 25 mm puukuitulevy
- ilmatiivis kalvo
- 300 mm olkipuuelementti
- 25 mm savilaasti
- vahvisteverkko
- 2 mm savilaasti (kuva 4)



KUVA 4. US4: EcoCocon

## **4 PARITALOHANKKEEN ULKOSEINÄRAKENTEIDEN KUSTANNUKSET JA TYÖMENEKIT**

Materiaalikustannukset laskettiin ja rakennustöiden menekit kuvailtiin hankkeen ulkoseinärakenteille, jotka olivat puurunko, CLT, kevytsoraharkkorakenne ja Eco-Cocon. Laskennassa käytetty taulukkopohja oli Antero Steniuksen opintomateriaaleista.

Rakenteiden materiaalikustannukset laskettiin yhtä seinäneliötä kohden. Elementtien hinnat selvitettiin valmistajilta ja muut rakenteisiin liittyvät tuotteet otettiin K-Raudan tai Netraudan nettisivuilta. Hinnat olivat arvolisäverottomia. Laskennassa huomioitiin 5–10 %:n materiaalihukka. Kustannukset sisälsivät detaljikuvisa (kuvat 1–4) esitetyt materiaalit sekä kiinnitystarvikkeet.

Rakennustöiden menekit kuvailtiin T3-aikojen mukaan, jotka kerrottiin TL3-kertoimella. Tulokseksi saatiin kokonaistyöaika T4. Laskennassa huomioitiin kokonaissuoritemäärä, osakohteen koko ja talviolosuhteet. Luvussa 4.1–4.3 kuvataan puurungon, CLT:n, kevytsoraharkkorakenteen ja EcoCoconin materiaalikustannukset, työmenekit sekä laskemien tulokset ja vertailu.

### **4.1 Kustannuksien muodostuminen**

Ulkoseinärakenteiden kustannukset muodostuvat materiaali- ja työkustannuksista. Materiaalikustannuksen hinta saadaan kertomalla kokonaismateriaalimenekki ja yksikköhinta. Materiaalikustannuksien laskennassa huomioidaan 5–10 %:n materiaalihukka, johon vaikuttavat esimerkiksi suunnitteluratkaisut ja materiaalien laatu. Huolimaton työmaajärjestely ja poikkeukselliset sääolosuhteet voivat muuttaa materiaaleja käyttökelvottomiksi. (Ratu KI-6033. 2018, 25, 84.)

Rakennustöiden menekit 2020 -kirjassa kuvaillaan rakentamisen työ- ja menekitiedot. Työmenekki on työntekijän tarvitsema työaika, jota voidaan kuvailla T3-ajan mukaan. T3-aika tarkoittaa tehollista työaikaa, joka ei sisällä yli tunnin kestäviä häiriöitä tai keskeytyksiä. Kokonaisaika T4 saadaan laskettua, kun työvuorajat T3 kerrotaan TL3-kertoimella. Työmenekkeihin vaikuttavat esimerkiksi

kohteen kokonaissuoritemäärä, osakohteen koko ja talviolosuhteet. (Ratu KI-6035. 2020, 8.)

#### **4.2 Materiaalikustannukset**

Materiaalikustannukset laskettiin runkorakenteiden sisältämille rakennusmateriaaleille yhtä seinäneliötä kohden. Hinnoissa ei ole huomioitu kuljetusta työmaalle.

Puurungon materiaalikustannukset laskettiin 265 mm:n paksuiselle rakenteelle. Perinteisen puurungon materiaalikustannukset muodostuivat pääasiassa ulkoverhouksesta ja eristeestä. (Taulukko 1.)

TAULUKKO 1. Puurungon materiaalikustannukset

Materiaalikustannukset puurunko neliölle (huomioitu 5–10 % hukka)									
Materiaali	materiaali-määrä	yks	hukka-kerroin	materiaali-määrä sis. hukka	yks	materiaali-hinta	e/yks	materiaali-kustannukset	euro
Ulkoverhous	6	jm	1,05	6	jm	3,3	e/jm	20,79	e
Koolausrima 22*100	2	jm	1,05	2	jm	0,62	e/jm	1,302	e
Tuulensuojalevy ISOVER FACADE 50	1	m <sup>2</sup>	1,1	1,1	m <sup>2</sup>	16,5	e/m <sup>2</sup>	18,15	e
Lasivilla ISOVER PRE-MIUM 150	1	m <sup>2</sup>	1,05	1	m <sup>2</sup>	9,15	e/m <sup>2</sup>	9,6075	e
Kiinnitystarvikkeet runko	0,1	pkt	1,05	0,1	pkt	19,3	e/pkt	1,93	e
Puurunko 50x150	2	jm	1,05	2	jm	3,1	e/jm	6,51	e
Höyrynsulku ISOVER VARIO	1	m <sup>2</sup>	1,1	1	m <sup>2</sup>	3	e/m <sup>2</sup>	3,3	e
Kipsilevy GEK 13	1	m <sup>2</sup>	1,1	1	m <sup>2</sup>	3,9	e/m <sup>2</sup>	4,29	e
Kipsilevyruuvit	0,1	pkt	1,05	0,1	pkt	3,6	e/pkt	0,36	e
							Yhteensä	66,24	e/m <sup>2</sup> ALV 0 %

CLT-elementin hinta saatiin budjettitarjouksena CrossLam Kuhmo Oy:ltä. Tarjouksen hinnassa huomioitiin CNC-lisä, joka sisältää leveys- ja pituussuuntaiset suorat sahaukset, suorat ikkuna- ja oviaukotukset, puolipontit enintään 50 mm kertaa 50 mm, lapepintaan tehtävät 40 mm leveät ja 27–30 mm syvät LVIS-urat sekä halkaisijaltaan 70 -tai 90 mm:n kokoiset rasiareiät. Suorat ikkuna- ja oviaukotukset voidaan tehdä sahaamalla, jolloin kulmat ovat pyöristetyt tai reunaylityksellä toteutetut. 80 mm:n CLT-elementin hinta oli 72,73 €/m<sup>2</sup>. (Taulukko 2.)

TAULUKKO 2. CLT:n materiaalikustannukset

Materiaalikustannukset CLT neliölle (huomioitu 5– 10 % hukka)									
Materiaali	materiaali- määrä	yks	huk- kaker- roin	materi- aali- määrä sis. hukka	yks	materi- aali- hinta	e/yks	materiaali- kustannuk- set	euro
Ulkoerohous	6	jm	1,05	6	jm	3,3	e/jm	20,79	e
Koolausrima 2 x 22*100	4	jm	1,05	4	jm	0,62	e/jm	2,6	e
Tuulensuo- jalevy ISO- VER FACADE 50	1	m <sup>2</sup>	1,1	1,1	m <sup>2</sup>	16,5	e/m <sup>2</sup>	18,15	e
Lasivilla ISO- VER PRE- MIUM 125	1	m <sup>2</sup>	1,05	1	m <sup>2</sup>	7,65	e/m <sup>2</sup>	8,0325	e
Puurunko 50x125	2	jm	1,05	2	jm	2,58	e/jm	5,418	e
Kiinnitystar- vikkeet runko	0,1	pkt	1,05	0,1	pkt	19,3	e/pkt	1,93	e
CLT-ele- mentti 80	1	m <sup>2</sup>	1	1	m <sup>2</sup>	72,73	e/m <sup>2</sup>	72,73	e
							Yh- teensä	129,7	e/m <sup>2</sup> ALV 0 %

Kevytsoraharkon materiaalikustannuksien suurimmat menekit olivat harkot ja eriste. Materiaalikustannukset laskettiin 355 mm:n paksuiselle rakenteelle, jossa harkon koko oli 150 mm ja eristepaksuus 180 mm. (Taulukko 3.)

TAULUKKO 3. Kevytsoharkon materiaalikustannukset

Materiaalikustannukset kevytsoharkko neliölle (huomioitu 5–10 % hukka)									
Materiaali	materiaali-määrä	yks	hukka-kerroin	materiaali-määrä sis. hukka	yks	materiaali-hinta	e/yks	materiaalikustannukset	euro
Rappaus	1	m <sup>2</sup>	1,05	1	m <sup>2</sup>	1,55	e/m <sup>2</sup>	1,6275	e
Lasivilla ISOVER FS5 80	1	m <sup>2</sup>	1,05	1	m <sup>2</sup>	9,1	e/m <sup>2</sup>	9,555	e
Lasivilla ISOVER FS5 100	1	m <sup>2</sup>	1,05	1	m <sup>2</sup>	11,1	e/m <sup>2</sup>	11,655	e
Kevytsoharkonbetoni-harkko 150	1	m <sup>2</sup>	1,05	1,05	m <sup>2</sup>	23,5	e/m <sup>2</sup>	24,675	e
Laasti LECA	15	kg	1,1	16,5	kg	0,26	e/kg	4,29	e
Pintataasoite	1	m <sup>2</sup>	1,05	1,05	m <sup>2</sup>	0,76	e/m <sup>2</sup>	0,798	e
							<b>Yhteensä</b>	<b>52,60</b>	<b>e/m<sup>2</sup> ALV 0 %</b>

Olkielementin hinta selvitettiin valmistajalta, joka oli 160 €/m<sup>2</sup>. Elementin paksuus oli 300 mm. Valmistajalta saatiin myös höyrynsulun, kiinnitysmateriaalien ja savi-laastin hinta. (Taulukko 4.)

#### TAULUKKO 4. EcoCoconin materiaalikustannukset

Materiaalikustannukset EcoCocon neliölle (huomioitu 5–10 % hukka)									
Materiaali	materiaali-määrä	yks	hukka-kerroin	materiaali-määrä sis. hukka	yks	materiaali-hinta	e/yks	materiaalikustannukset	euro
Ulkoverhous	6	jm	1,05	6	jm	3,3	e/jm	20,79	e
Koolausrima 22*100	2	jm	1,05	2	jm	0,62	e/jm	1,302	e
Puukuitulevy 25	1	m <sup>2</sup>	1,1	1,1	m <sup>2</sup>	6,1	e/m <sup>2</sup>	6,71	e
Höyrynsulku ja kiinnitystarvikkeet	1	m <sup>2</sup>	1,1	1	m <sup>2</sup>	11,5	e/m <sup>2</sup>	12,65	e
EcoCocon paneelit	1	m <sup>2</sup>	1	1	m <sup>2</sup>	160	e/m <sup>2</sup>	160	e
Savilaasti 25	1	m <sup>2</sup>	1,1	1	m <sup>2</sup>	12,5	e/m <sup>2</sup>	13,75	e
Vahvisteverkko	1	m <sup>2</sup>	1,05	1	m <sup>2</sup>	1,36	e/m <sup>2</sup>	1,36	e
							Yhteensä	216,56	e/m <sup>2</sup> ALV 0 %

### 4.3 Työmenekit

Työmenekien laskennassa huomioitiin eri rakennustöiden menekit, jotka määritellään Rakennustöiden menekit 2020 -kirjassa. Rakennustöiden kokonaistyömenekki sisältää myös aloittavat- ja lopettavat työt.

Puurungon kokonaistyömenekkiin laskettiin puurunkorakentamisen työvaiheet. Kokonaistyömenekkiä aiheuttivat eniten runkotyö ja sisäpuolen levytys. (Taulukko 5.)

TAULUKKO 5. Puurungon työmenekit

Rakennustöiden menekit puurunko					suorite-	kokonais-	
Työvaihe	työ-	yks.	työme-	tth/yks	määrä-	työ-	
	määrä		nekki		kerroin	menekki,	tth
			(T3)				
Tavaran vastaanotto	127	m <sup>2</sup>	0,01	tth/seinä- m <sup>2</sup>	1	1,27	tth
Mittaus	47,3	jm	0,08	tth/seinä- jm	1	3,78	tth
Siirrot	127	m <sup>2</sup>	0,05	tth/seinä- m <sup>2</sup>	1,05	6,67	tth
Ala- ja yläsidepuut	127	m <sup>2</sup>	0,02	tth/seinä- m <sup>2</sup>	1,05	2,67	tth
Runkotolpat 50*150 k600	127	m <sup>2</sup>	0,14	tth/seinä- m <sup>2</sup>	1,05	18,67	tth
Eristetyöt 150	127	m <sup>2</sup>	0,04	tth/m <sup>2</sup>	1,05	5,33	tth
Höyrynsulku	127	m <sup>2</sup>	0,02	tth/m <sup>2</sup>	1,05	2,67	tth
Tuulensuojalevytys	127	m <sup>2</sup>	0,07	tth/m <sup>2</sup>	1,05	9,3345	tth
Koolaus 22*100	127	m <sup>2</sup>	0,04	tth/seinä- m <sup>2</sup>	1,05	5,334	tth
Ulkooverhous	127	m <sup>2</sup>	0,03	tth/seinä- m <sup>2</sup>	1,05	4,00	tth
Sisäpuolenlevytys	127	m <sup>2</sup>	0,12	tth/seinä- m <sup>2</sup>	1,05	16,00	tth
Ikkuna- ja oviaukkojen teko	20	kpl	0,4	tth/kpl	1,15	9,2	tth
Ikkunoiden asennus	15	kpl	0,8	tth/kpl	1,15	13,8	tth
Ikkunoiden tilkitsemi- nen min.vil.	15	kpl	0,25	tth/kpl	1,15	4,3125	tth
Suojaus ja siivous	127	m <sup>2</sup>	0,01	tth/m <sup>2</sup>	1,05	1,3335	tth
					yht.	104,4	tth
					TL3-ker- roin	1,1	
					Talvihaitta- ja lisä%	5,0	%
					Kokonais- aika (T4)	120,6	

CLT:n kokonaistyömenekkiin laskettiin puurunkorakentamisen työvaiheet sekä elementin nostot ja asennus. Elementtien tarvittava määrä ja pituus selvitettiin Crosslam Kuhmo Ltd:n suunnitteluohjeiden ja rakennuksen mittojen mukaan. Elementin pituus vaikutti asennuksen laskennassa käytettävään T3-arvoon. Kokonaistyömenekkiin laskettiin asennus kuudelle yli 5 400 mm:n kokoiselle CLT-levylle, jossa yhdet elementit asennettiin rakennuksen päätyihin ja kahdet sivuihin. (Taulukko 6.)



TAULUKKO 6. CLT:n työmenekit

Rakennustöiden me- nekrit CLT					suorite- määrä- kerroin	kokonais- työ- menekki, tth	
Työvaihe	työ- määrä	yks.	työme- nekki (T3)	tth/yks			
Tavaran vastaanotto	127	m <sup>2</sup>	0,01	tth/seinä- m <sup>2</sup>	1	1,27	tth
Mittaus	47,3	jm	0,08	tth/seinä- jm	1	3,78	tth
Siirrot	127	m <sup>2</sup>	0,05	tth/seinä- m <sup>2</sup>	1,05	6,67	tth
Nostot	6	kpl	0,2	tth/kpl	1	1,20	tth
Ala- ja yläsidepuut	127	m <sup>2</sup>	0,02	tth/seinä- m <sup>2</sup>	1,05	2,67	tth
Runkotolpat 50*125 k600	127	m <sup>2</sup>	0,14	tth/seinä- m <sup>2</sup>	1,05	18,67	tth
Eristetyöt 125	127	m <sup>2</sup>	0,04	tth/m <sup>2</sup>	1,05	5,33	tth
CLT seinäelementin asennus >5400	6	kpl	1,15	tth/kpl	1,2	8,28	tth
Tuulensuojalevytys	127	m <sup>2</sup>	0,07	tth/m <sup>2</sup>	1,05	9,3345	tth
Ristiinkoolaus 2 x 22*100	127	m <sup>2</sup>	0,08	tth/seinä- m <sup>2</sup>	1,05	10,668	tth
Ulkooverhous	127	m <sup>2</sup>	0,03	tth/seinä- m <sup>2</sup>	1,05	4,00	tth
Sisäpuolenlevytytys	127	m <sup>2</sup>	0,12	tth/seinä- m <sup>2</sup>	1,05	16,00	tth
Ikkuna- ja oviaukko- jen teko	20	kpl	0,4	tth/kpl	1,15	9,2	tth
Ikkunoiden asennus	15	kpl	0,8	tth/kpl	1,15	13,8	tth
Ikkunoiden tilkitse- minen min.vil.	15	kpl	0,25	tth/kpl	1,15	4,3125	tth
Suojaus ja siivous	127	m <sup>2</sup>	0,01	tth/m <sup>2</sup>	1,05	1,3335	tth
					yht.	100,5	tth
					TL3-kerroin	1,1	
					Talvihaitta- ja lisä%	5,0	%
					Kokonais- aika (T4)	116,1	

Kevytsoharkkorakenteen kokonaistyömenekin laskennassa huomioitiin harkko-  
rakentamisen työvaiheet. Kokonaistyömenekki muodostui suurimmaksi osaksi  
laastin valmistuksesta, rappauksesta ja muurauksesta. (Taulukko 7.)

TAULUKKO 7. Kevytsoraharkon työmenekit

Rakennustöiden menekit kevytsoraharkko					suorite-	kokonais-	
Työvaihe	työ-	yks.	työme-	tth/yks	määrä-	työ-	
	määrä		nekki		kerroin	menekki,	tth
			(T3)				
Tavaran vastaanotto	127	m <sup>2</sup>	0,01	tth/seinä- m <sup>2</sup>	1	1,27	tth
Mittaus	127	m <sup>2</sup>	0,04	tth/m <sup>2</sup>	1	5,08	tth
Siirrot	127	m <sup>2</sup>	0,05	tth/seinä- m <sup>2</sup>	1,05	6,67	tth
Rappaus	127	m <sup>2</sup>	0,56	tth/m <sup>2</sup>	1,1	78,23	tth
Laastin valmistus kol- mikerrosrappaus	127	m <sup>2</sup>	0,26	tth/m <sup>2</sup>	1,1	36,32	tth
Eristetyöt 80+100	127	m <sup>2</sup>	0,09	tth/m <sup>2</sup>	1,05	12,00	tth
Laastin valmistus ke- vytsoraharkko	127	m <sup>2</sup>	0,47	tth/m <sup>2</sup>	1,05	62,67	tth
Muuraus kevytsora- harkko 150	127	m <sup>2</sup>	0,41	tth/m <sup>2</sup>	1,05	54,67	tth
Tasoitelaastin valmis- tus	127	m <sup>2</sup>	0,004	tth/m <sup>2</sup>	1,1	0,56	tth
Seinän pintatasoitus	127	m <sup>2</sup>	0,022	tth/m <sup>2</sup>	1,1	3,07	tth
Ikkuna- ja oviaukko- jen teko	20	kpl	0,4	tth/kpl	1,15	9,2	tth
Ikkunoiden asennus	15	kpl	0,8	tth/kpl	1,15	13,8	tth
Ikkunoiden tilkitsemi- nen min.vil.	15	kpl	0,25	tth/kpl	1,15	4,3125	tth
Suojaus ja siivous	127	m <sup>2</sup>	0,01	tth/m <sup>2</sup>	1,05	1,3335	tth
					yht.	287,9	tth
					TL3-ker- roin	1,1	
					Talvi- haitta-ja lisä%	5,0	%
					Kokonais- aika (T4)	332,5	

EcoCocon-elementtien tarvittava määrä ja pituus selvitettiin valmistajan suunniteluohjeiden ja rakennuksen mallin mukaan. Elementtien määräksi saatiin 65, joiden työmenekki laskettiin seinäelementin asennuksen mukaan. Laskennasta saatu tulos vastasi valmistajan ilmoittamaa 20–40 min/m<sup>2</sup> asennusaikaa. (Taulukko 8.)

TAULUKKO 8. EcoCoconin työmenekit

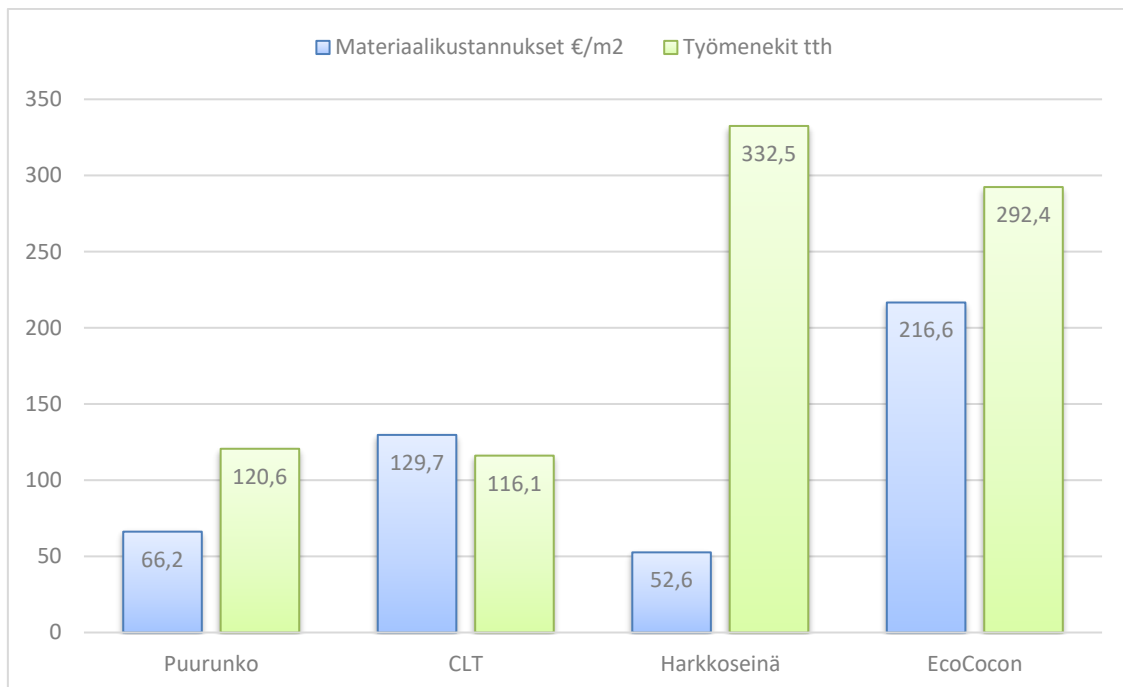
Rakennustöiden menekit EcoCocon					suorite- määrä- kerroin	kokonais- työ- menekki, tth	
Työvaihe	työ- määrä	yks.	työme- nekki (T3)	tth/yks			
Tavaran vastaanotto	127	m <sup>2</sup>	0,01	tth/seinä- m <sup>2</sup>	1	1,27	tth
Mittaus	47,3	jm	0,08	tth/seinä- jm	1	3,78	tth
Siirrot	127	m <sup>2</sup>	0,05	tth/seinä- m <sup>2</sup>	1,05	6,67	tth
Nostot	65	kpl	0,2	tth/kpl	1	13,00	tth
Ala- ja yläsidepuut	127	m <sup>2</sup>	0,02	tth/seinä- m <sup>2</sup>	1,05	2,67	tth
Vahvisteverkko	127	m <sup>2</sup>	0,02	tth/seinä- m <sup>2</sup>	1,05	2,67	tth
Savilaasti kolmikerros- rappaus	127	m <sup>2</sup>	0,56	tth/m <sup>2</sup>	1,1	78,23	tth
Laastin valmistus kol- mikerrosrappaus	127	m <sup>2</sup>	0,26	tth/m <sup>2</sup>	1,1	36,32	tth
EcoCocon seinäele- mentin asennus <3600	65	kpl	0,8	tth/kpl	1,2	62,40	tth
Tuulensuojalevytyt	127	m <sup>2</sup>	0,07	tth/m <sup>2</sup>	1,05	9,3345	tth
Ristiinkoolaus 22*100	127	m <sup>2</sup>	0,08	tth/seinä- m <sup>2</sup>	1,05	10,668	tth
Ulkoverhous	127	m <sup>2</sup>	0,03	tth/seinä- m <sup>2</sup>	1,05	4,00	tth
Höyrynsulku	127	m <sup>2</sup>	0,02	tth/m <sup>2</sup>	1,05	2,67	tth
Ikkunoiden asennus	15	kpl	0,8	tth/kpl	1,15	13,8	tth
Ikkunoiden tilkitsemi- nen min.vil.	15	kpl	0,25	tth/kpl	1,15	4,3125	tth
Suojaus ja siivous	127	m <sup>2</sup>	0,01	tth/m <sup>2</sup>	1,05	1,3335	tth
					yht.	253,1	tth
					TL3-ker- roin	1,1	
					Talvihalta- ja lisä%	5,0	%
					Kokonais- aika (T4)	292,4	

#### 4.4 Menekkilaskelmien tulokset ja vertailu

Paikallarakennetun puurungon ja kevytsoraharkkoseinän etuina olivat halvat materiaalikustannukset. Materiaalikustannukset kevytsoraharkkoseinälle olivat yh-

teensä 52,6 €/m<sup>2</sup> ja puurungolle 66,24 €/m<sup>2</sup>. Elementtirakentaminen oli materiaalikustannuksiltaan hieman kalliimpaa. Materiaalikustannukset CLT:lle olivat yhteensä 129,7 €/m<sup>2</sup> ja EcoCoconille 216,6 €/m<sup>2</sup> (kuva 5).

Työmenekiltään puurunko ja CLT olivat kahta muuta rakennetyyppiä pienemmät. Kokonaisaika T4 oli puurungolle 120,6 tth ja CLT:lle 116,1 tth. EcoCoconin suurimmat työnkestoon vaikuttavat tekijät olivat elementtien asennus ja kolmikierrosrappaus. Kokonaisaika T4 oli EcoCoconille 292,4 tth. Kevytsoraharkkoseinän tuotantotapa oli kestoaltaan pisin työkokonaisuus. Työn kestoon vaikuttivat suuresti laastin valmistus ja kevytsoraharkkojen muuraus. Kokonaisaika T4 oli kevytsoraharkkoseinälle 332,5 tth (kuva 5).



**KUVA 5. Ulkoseinärakenteiden kustannukset ja työmenekit**

## 5 PARITALOHANKKEEN SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

Lumijoen paritalohankkeessa tarkoituksena oli suunnitella ekotehokas paritalo, jossa rakennuksen pohja- ja julkisivuratkaisuissa huomioitiin tilaajan toiveet ja voimassa olevat suunnittelua ohjaavat määräykset sekä ohjeet. Hankkeen taustalla oli eri seinämateriaaleilla tehtyjen paritalojen tieteellinen tutkimus sekä uusien vuokra-asuntojen tarve. Suunnittelua ohjasivat ekologiset ja kustannustehokkaat ratkaisut.

Rakennus suunniteltiin osoitteeseen Petäjätie 14, 91980 Lumijoki. Ennen suunnittelun aloittamista alueen nykytilanne kartoitettiin. Alue oli suunnitteluvaiheessa asumaton (kuva 6).



*KUVA 6. Tontin ilmakuva (Lumijoen karttapalvelu. 2018.)*

Asemakaavassa rakennuksien korttelialue oli merkitty rivitaloille tai muille kytke-tyille asuinrakennuksille. Rakennukset tuli asemakaavan mukaan suunnitella yksikerroksisina. Rakennuksien tuli sijaita vähintään neljän metrin etäisyydellä naapuritontin rajasta (kuva 7).



KUVA 7. Korttelialueen asemakaavamerkinntät (Lumijoen karttapalvelu. 2018.)

### 5.1 Rakennuksen muoto ja asuintilat

Tilaaajan toiveena oli suorakaiteen muotoinen paritalo, jonka kokonaisalan tuli olla 120 m<sup>2</sup>. Kokonaisala määräytyi asuntojen tarpeen ja tutkimuksien mahdollistamisen mukaan. Kokonaisalaan tuli sisältyä tekninen tila. Paritaloja tuli yhteensä kuusi kappaletta, jotka tuli sijoittaa alueelle samansuuntaisesti Petäjätiehen nähden kolmen erillisen kulkuväylän yhteyteen. Samansuuntaisen sijoittelun ansiosta rakennukset olivat keskenään vertailukelpoisia. Kattotyypiksi määritettiin harjakatto.

Asuintilojen suunnittelussa tilaajalla oli toiveita makuuhuoneiden, märkätilojen ja sisäänkäyntien sijoitteluun. Makuuhuoneet tuli suunnitella rakennuksen pohjoispuolelle. Märkätilat tuli sijoittaa rakennuksen keskiosaan, jotta saavutettiin kustannustehokkain ratkaisu. Rakennuksen pääsisäänkäynnit ehdotettiin sijoitettavaksi rakennuksen sivuille.

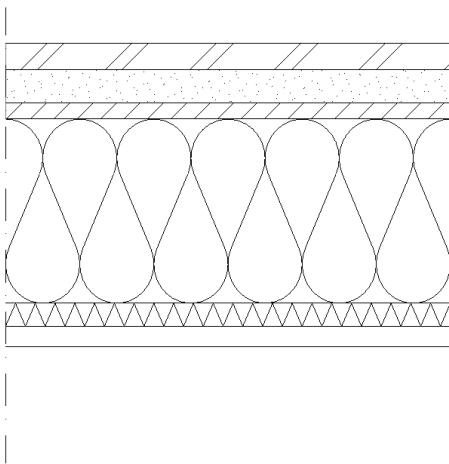
Paritalon arkkitehtisuunnittelussa huomioitiin tiloille asetetut vaatimukset. Suunnitteluun vaikuttivat valtioneuvoston asetukset esimerkiksi rakennuksen esteettömyydestä, paloturvallisuudesta ja käyttöturvallisuudesta. Asuntosuunnittelua ohjasivat RT-ohjekortit asuntojen suunnittelusta, mitoituksesta, rakentamisesta ja käytöstä.

## 5.2 Ala- ja yläpohja

Tilaaaja määritteli alapohjan rakenteeksi rossipohjan eli tuuletetun alapohjan. Alapohjan U-arvo oli 0,16 W/m<sup>2</sup>K. Yläpohjan rakenne suunniteltiin puurunkoisena, jonka U-arvo oli 0,09 W/m<sup>2</sup>K.

AP1-alapohjarakenne sisältä ulos päin oli seuraava:

- 28 mm parketti
- 36 mm Hunton Silencio Thermo lattialevy
- 18 mm puupohjainen rakennuslevy pontattu
- höyrynsulku
- 200 mm lämmöneriste ja kantava runko 50x200
- 25 mm tuulensuoja ja lämmöneriste
- 22 mm harvalaudoitus 22x100
- 800 mm tuuletettu ryömintätila (kuva 8)

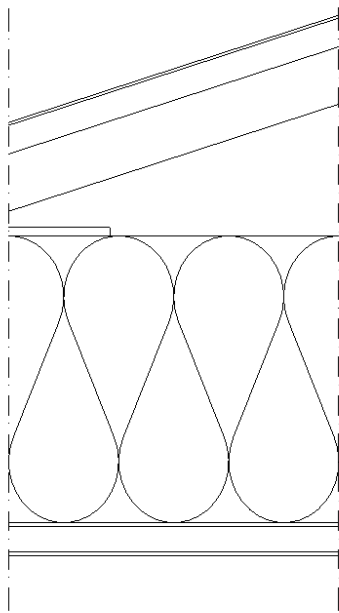


KUVA 8. AP1: Puurunkoinen alapohja

YP1-yläpohjarakenne ulkoa sisälle päin oli seuraava:

- peltikate
- 5 mm vaimennuskaista
- 50 mm tuuletusväli, korokerimat 50x50 ja aluskate
- 100 mm tuuletusväli, kattokannattajat

- 500 mm lämmöneriste
- höyrynsulku
- 6 mm rakennuslevy
- 44 mm puukoolaus
- 8 mm MDF-paneeli (kuva 9)



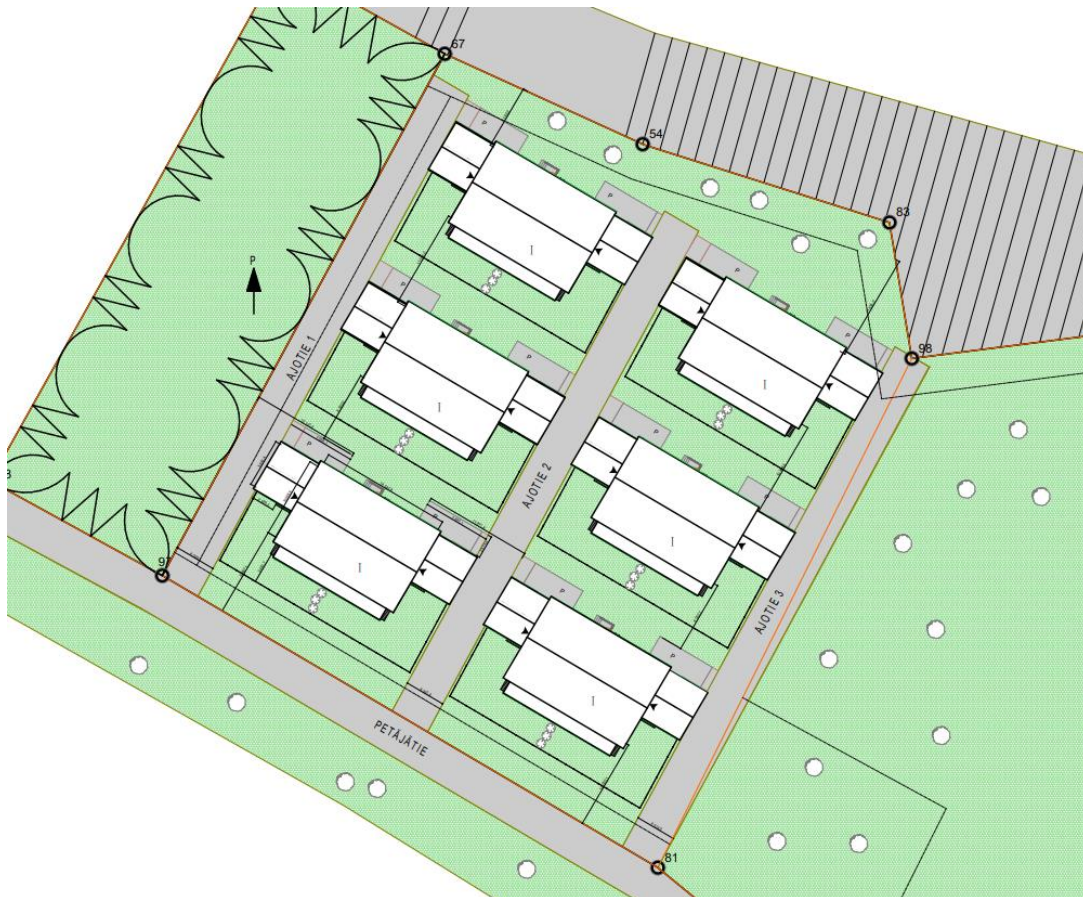
*KUVA 9. YP1: Puurunkoinen yläpohja*



## 6 PARITALOSUUNNITELMAN TOTEUTUS

Suunnitteluosuudessa keskityttiin paritalon suunnitteluun. Rakennussuunnitelman lisäksi tehtiin luonnostasoinen asemapiirros. Suunnittelun työkaluna oli ArchiCAD 22. Ensimmäiseksi paritalosta tehtiin luonnoksia, joista yksi vaihtoehto jäi tarkennettavaksi versioksi. Rakennuksen lopullisen pohjakuvan valintaan vaikuttivat tilaajan toiveet asuintilojen sijoittelusta. Asemapiirroksen ensimmäinen luonnos suunniteltiin pohjakuvan hahmottuessa.

Asemapiirroksen luonnossuunnitelmaan kuului kuuden paritalon sijoittelu. Paritalot sijoitettiin samansuuntaisesti Petäjätiehen nähden. Pihojen tieyhteydet suunniteltiin kolmen tien kautta, jotka yhdistyvät on Petäjätien kanssa. Rakennuksien väliin jätettiin palomitoituksen mukaan vähintään 8 m tilaa ja ne sijoitettiin vähintään 4 m:n etäisyydelle naapuritontin rajasta. Luonnossuunnitelmassa lopullinen rakennuksien väliin jäävä tila oli noin 11 m (kuva 10).



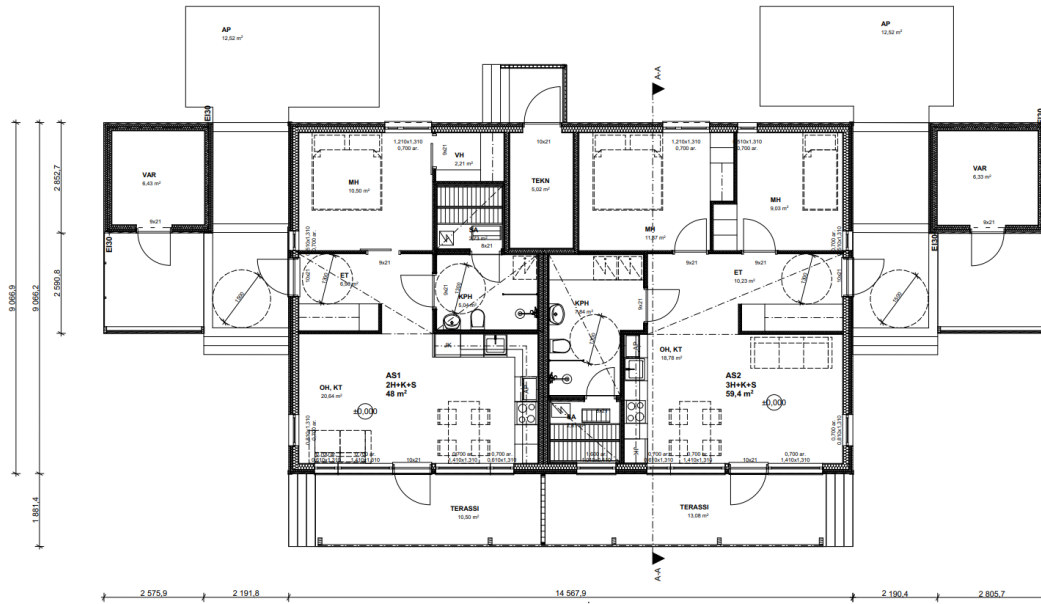
KUVA 10. Paritalojen ja piha-alueiden sijoittelu tontille

Paritalojen pihoille suunniteltiin erilliset autopaikat. Autopaikkoja varattiin yksi jokaiselle asunnolle. Autopaikan ja naapuritalon väliin varattiin 8 m tilaa, jotta auto-  
paikoille voitiin tarvittaessa rakentaa katokset jäkikäteen. Autoille varattiin 7 m  
peruutustilaa autopaikalta. Lisäksi pihoille suunniteltiin ulkovarastot ja terassit.  
Ulkovarastot tuli paloturvallisuuden vuoksi osastoida (kuva 11).



*KUVA 11. Paritalojen piha-alueet yläkulmasta katsottuna*

Yksikerroksisen paritalon kokonaisala oli yhteensä 120 m<sup>2</sup>, joka sisälsi kaksion ja kolmion sekä yhteisen teknisen tilan. Kaksion huoneistoala oli 48 m<sup>2</sup> ja kolmion 59,4 m<sup>2</sup>. Teknisen tilan pinta-ala oli 5 m<sup>2</sup> ja sen sisäänkäynti sijaitsi rakennuksen pohjoispuoleisella. Kulku asuntoihin suunniteltiin rakennuksien sivuilta (kuva 12).



*KUVA 12. Paritalon lopullinen asuntosuunnitelma*

Eteistiloihin suunniteltiin kiinteät kaapit. Asuntojen makuuhuoneet suunniteltiin rakennuksen pohjoispuoleiselle sivulle. Makuuhuoneet mitoitettiin tilaviksi ja helposti kalustettaviksi. Kaksion makuuhuoneen yhteydessä on erillinen vaatehuone. Kolmion makuuhuoneisiin varattiin kiinteät kaapit.

Märkätilat sijoitettiin rakennuksen keskiosaan ja asuntoihin suunniteltiin omat saunat. Keittiön kaapit sijoitettiin märkätilojen lähietäisyydelle, mikä edisti kustannustehokasta rakentamista. Asuntojen keittiö ja olohuone suunniteltiin yhteiseksi valoisaksi tilaksi rakennuksen eteläpuoleiselle sivulle. Avoimen tilan kautta kuljettiin katetulle terassille (kuva 13).



*KUVA 13. Kolmion avokeittiö ja olohuone samassa tilassa*

Ikkunat mitoitettiin 700 mm:n korkeuteen lattiapinnan alarajasta, jotta turvalasia ei tarvittu. Lisäksi kalustettavuuden mahdollisuudet laajenivat ikkunoiden ollessa korkeammalla (kuva 14).



*KUVA 14. Kaksion avoin tila kalustettuna*

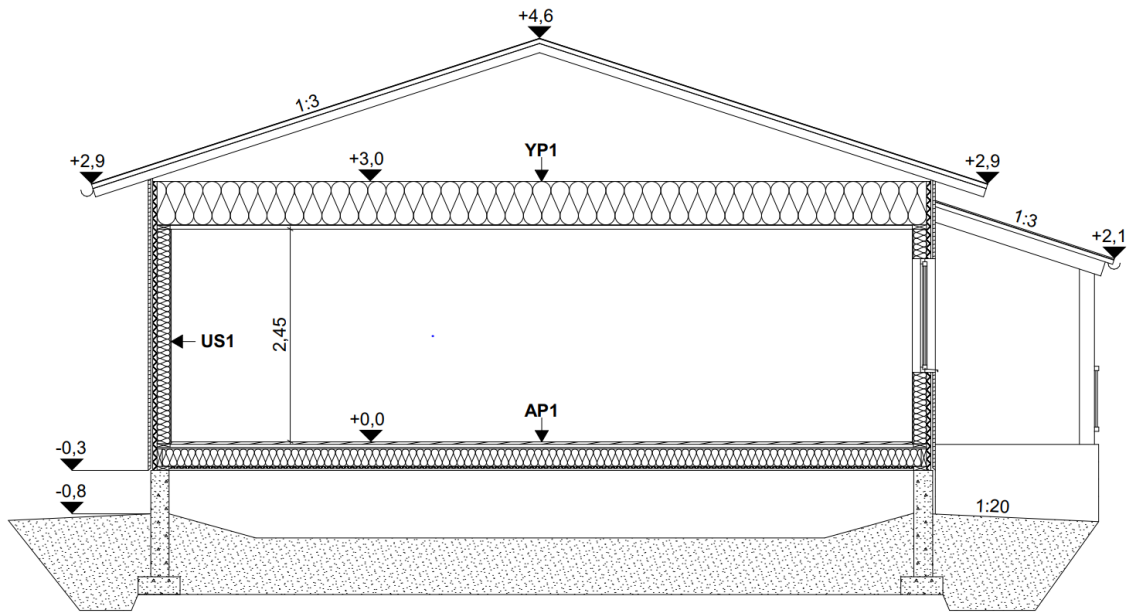


Kolmion pieneen keittiötilaan sopivaksi ratkaisuksi valikoitui i-mallinen keittiö. Kaksiossa keittiö suunniteltiin l-mallisena. L-mallisessa keittiössä voitiin nurkkaneliöt hyödyntää tehokkaasti (kuva 15).



*KUVA 15. Kaksion l-mallinen keittiö*

Rakennuksen huonekorkeus suunniteltiin pientalon vähimmäiskorkeuden mukaan. Huonekorkeus oli lopullisessa suunnitelmassa 2,45 m. Matalalla huonekorkeudella haluttiin pienentää tilojen lämmitysenergian tarvetta. Rakennuksen katomuotona oli harjakatto. Tilaaja ei määritellyt katemateriaalia tai katon kaltevuutta. Katto suunniteltiin 18°:n kulmaan, jotta se soveltui usean eri vesikatemateriaaliin käyttöön. Paritalon katemateriaalina käytettiin konesaumattua peltikattetta ja harjan korkeus oli 4,6 m (kuva 16).



*KUVA 16. Pysty- ja vaakasuuntaiset rakenteet ja rakennusosat leikattuina*

Tilaja ei määritellyt julkisivuissa käytettäviä materiaaleja. Rakennuksen julkisivumateriaaleiksi valittiin puurunkoisille runkomateriaaleille ajaton valkoinen puu-ulkoverhous ja kevytsoraharkkoseinälle valkoinen rappaus. Ulkovaraston julkisivu suunniteltiin paritalon kanssa samoilla materiaaleilla ja väriltään tummanharmaana. Tummanharmaa väritys erotti ulkovaraston päärakennuksesta. Teknisen tilan oven pinnassa käytettiin julkisivun kanssa samaa materiaalia, jotta se ei erottunut liikaa julkisivusta. Katetut terassit tehtiin tummanharmaina, joiden yhteydessä käytettiin valkoista rimoitusta (kuva 17).



*Kuva 17. Rakennuksen julkisivu eteläpuoleiselta sivulta*

## 7 PARITALOHANKKEEN ENERGIASELVITYS

### 7.1 Energiaselvityksen vaiheet

Paritalon energialaskelma tehtiin eri runkomateriaaleja käyttäen [www.laskenta-palvelut.fi](http://www.laskenta-palvelut.fi)-sivustolla 1.1.2018 voimaan tulleiden säädösten mukaan. Runkomateriaaleja olivat paikallarakennettu puurunko, CLT, kevytsoraharkkoseinä ja EcoCocon. Ala- ja yläpohjan rakenteet olivat eri runkomateriaalin kohdalla samanlaiset. Alapohjana käytettiin puurunkoista ja ryömintätillistä rakennetta, jonka U-arvo oli 0,16 W/m<sup>2</sup>K. Yläpohja oli puurakenteinen ja U-arvolta 0,09 W/m<sup>2</sup>K.

Ohjelmaan täytettiin rakennuksen perustietoja, kuten osoite, rakennuksen valmistumisvuosi ja käyttötarkoitus. Perustietoihin täytettiin myös rakennuksen rakennus- ja ilmatilavuus, maanpäällinen kerrostasoala ja lämmitetty nettoala. Rakennustilavuus ja kerrosala poikkesivat eri runkorakenteiden kohdalla rakennepaksuuksien muuttuessa. Ilmatilavuus ja nettoala pysyivät samoina. (Taulukko 9.)

TAULUKKO 9. Rakennuksen perustiedot runkomateriaalien mukaan

	Rakennustilavuus m <sup>3</sup>	Kerrosala m <sup>2</sup>	Ilmatilavuus m <sup>3</sup>	Nettoala m <sup>2</sup>
<b>Puurunko</b>	439,9	132,1	292	120
<b>CLT</b>	451,8	135,8	292	120
<b>Kevytsoraharkko</b>	453,4	136,1	292	120
<b>EcoCocon</b>	462,5	139	292	120

Lämpökapasiteetti valittiin ympäristöministeriön ohjeiden mukaisesti pientalon esimerkkirakenteiden mukaan. Ulkoseinän sekä ala- ja yläpohjan ollessa kevyitä rankarakenteita valittiin lämpökapasiteetiksi 40 Wh/m<sup>2</sup>K, jota käytettiin puurunkoisten rakenteiden kohdalla. Kevytsoraharkkoseinälle sekä puurunkoiselle ala- ja yläpohjalle valittiin arvoksi 110 Wh/m<sup>2</sup>K.



Rakenneosiin täytettiin ulkoseinien, yläpohjan, alapohjan, ikkunoiden ja ulko-ovien pinta-alat. Arvot olivat jokaisessa materiaalin kohdalla samat, koska rakennuksen sisämitat eivät muuttuneet. Lisäksi täytettiin rakenneosien U-arvot ja ikkunoiden g-arvot, jotka olivat samat jokaisen laskelman kohdalla. Ikkunoiden tyyppi ei ollut tiedossa, joten g- arvoksi valittiin taulukkoarvo 0,6x0,9=0,54. (Taulukko 10.)

*TAULUKKO 10. Rakennusosien pinta-alat, U-arvot ja ikkunoiden G-arvot*

Rakenneosa	Pinta-ala m <sup>2</sup>	U-arvo W/m <sup>2</sup> K	g-arvo
Ulkoseinä	109,9	0,17	
Yläpohja puurakenteinen	119,8	0,09	
Alapohja puurakenteinen (ryömintätilaan rajoittuva)	119,8	0,16	
Ikkunat pohjoiseen	3,8	1,0	0,54
Ikkunat itään	1,7	1,0	0,54
Ikkunat etelään	10,2	1,0	0,54
Ikkunat länteen	1,7	1,0	0,54
Ulko-ovet	10,7	1,0	

Kylmäsilto-osiossa huomioitiin ulkonurkat ja ulkoseinien, yläpohjien, alapohjien, ikkunoiden ja ovien liitokset. Kylmäsiltoja selvitettiin noudattaen Rakenteellinen energiatehokkuus -opasta. Kylmäsiltojen pituudet eivät eri rakenteiden kohdalla muuttuneet sisämittojen pysyessä samoina. Viivamaisen kylmäsiltojen aiheuttama lisäkonduktanssin arvo muuttui puu- ja kivirakenteisten liitoksien välillä. (Taulukko 11.)

TAULUKKO 11. Kylmäsiltojen arvot puu- ja kivirakenteisille seinille

Kylmäsilta	Pituus m	Puurakenne (W/mK)	Kivirakenne (W/mK)
US-US (ulkonurkka)	9,7	0,04	0,05
US-YP	45,2	0,05	0,04
US-AP	45,2	0,06	0,5
US-ikkunat	65,6	0,04	0,04
US-ovet	31,2	0,04	0,04

Ilmanvaihdosta ei vielä tiedetty tarkasti, joten ilmanvuotolukuna  $q_{50}$  käytettiin vertailuarvoa  $2,0 \text{ m}^3/(\text{hm}^2)$ . LTO-koneeseen ei ollut tiedossa tarkempaa mallia, joten ilmanvaihtojärjestelmä valittiin kokonaisvuosihyötysuhteen mukaisesti. LTO-koneeksi valittiin Flexit Spirit UNI-2, jossa kokonaisvuosihyötysuhde on 73,5 %.

Lämmitysmuotona oli tässä kohteessa maalämpö ja lämmönjakona vesikiertoinen lattialämmitys. Maalämpöpumpulle ei ollut tiedossa tarkempaa mallia. Lämmitysjärjestelmäksi haluttiin energiatehokas ratkaisu, kun kaukolämpöä ei ollut saatavilla. Maalämpöpumpuksi valittiin NIBE F1155-6. Lämmöntuotantoon merkittiin lisäksi aurinkokeräin, jonka pinta-ala oli  $20 \text{ m}^2$ . Tilojen varalämmitykseksi valittiin huonekohtainen sähkölämmitys ja käyttöveden varalämmitykseksi sähkövastukset varaajassa.

Kyseisen rakennuksen energiatehokkuusluokka E-luku perustui laskennallisiin kulutuksiin ja kertoimiin. Kulutukset laskettiin vakioidulla käytöllä nettoalaa kohden, jossa E-luvut olivat vertailukelpoisia. Rakennuksen ulkopuolella kulutusta aiheuttavat tekijät, kuten autolämmityspistokkeet ja ulkovalot, eivät sisällyneet E-lukuun.

## 7.2 Energiaselvityksen tulokset

Runkomateriaalien energialaskennat täyttivät 1.1.2018 voimaan tulleet vaatimukset. Energiatodistuksessa rakennus vastasi kaikilla vertailtavilla runkomateriaaleilla energiatehokkuusluokkaa B. Tasauslaskennassa varmistui, että rakennuksen ikkunapinta-ala oli määräysten mukainen maanpäällisestä kerrostasoalasta ja julkisivujen pinta-alasta. Suunnitteluratkaisu täytti lämpöhäviövaatimukset. Julkisivujen pinta-ala oli 138 m<sup>2</sup> ja ikkunoiden pinta-ala oli 13 % maanpäällisestä kerrostasoalasta sekä julkisivujen pinta-alasta.

Jokaisen runkomateriaalin energiatehokkuuden vertailuluokka E-luku oli vaatimuksen mukainen eli pienempi, kuin 128 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. Eri runkomateriaalien laskelmissa ei ollut isoja muutoksia rakennuksen sisämittojen ja U-arvojen pysyessä samoina. Rakennustilavuudella, kylmäsilloilla, kerrosalalla ja ominaislämpökapasiteetilla oli pieniä vaikutuksia rakennuksen kokonaisenergian kuluutukseen. Puurunkoisen materiaalin E-luvuksi muodostui 101 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. CLT:llä E-luku oli 101, kevytsoraharkkorungolla 106 ja EcoCoconilla 101 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. Aurinkokeräimien osuus E-luvun erittelyssä oli 4 680 kWh vuodessa.

E-luvun 101 tuloksissa selvisi vakioidulla käytöllä lasketuksi ostoenergiaksi 10 080 kWh vuodessa. Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus sähkölle vuodessa oli 34,5 kWh/m<sup>2</sup> ja lämmölle 203,5 kWh/m<sup>2</sup>. Maalämmön osuus E-luvun laskennassa oli 13 805 kWh vuodessa.

E-luvun 106 tuloksissa selvisi vakioidulla käytöllä lasketuksi ostoenergiaksi 10 584 kWh vuodessa. Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus sähkölle vuodessa oli 34,5 kWh/m<sup>2</sup> ja lämmölle 220,7 kWh/m<sup>2</sup>. Maalämmön osuus oli 15 369 kWh vuodessa.

## 8 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella paritalo Lumijoen kunnalle. Suunnittelun lähtökohtia olivat kustannustehokkaat, käyttäjäystävälliset, ympäristöön mukautuvat ja tilaajan toiveiden mukaiset ratkaisut. Lisäksi tutkittiin ja vertailtiin neljää eri seinärakennerratkaisua, jotka olivat puurunko, CLT, kevytsoraharkko ja EcoCocon. Vertailua varten laskettiin materiaalikustannukset ja työmenekit sekä tehtiin energiaselvitykset rakennuksen energiankäytöstä eri seinämateriaaleja käyttäen.

Työssä havaittiin, että puurungon ja kevytsoraharkkoseinän materiaalikustannukset olivat neljästä seinämateriaalista edullisimmat. Elementtirakentaminen oli materiaalikustannuksiltaan kalliimpaa. Tuloksista havaittiin, että kevytsoraharkko ja EcoCocon rakentaminen kesti selvästi pisimpään. Kevytsoraharkkorakentamisessa suurin työmenekki kului laastin valmistukseen sekä muuraukseen. Olkielementtien asennus sekä elementin pintaan tullut kolmikerrosrappaus kerryttivät suurimman osan EcoCoconin työmenekistä. Puurunko ja CLT olivat työmenekiltään huomattavasti kahta muuta vaihtoehtoa pienemmät. Tuloksista voidaan päätellä, että perinteinen puurunkoseinä on työ- ja materiaalikustannukset huomioon ottaen edullisin vaihtoehto. Kevytsoraharkkorakentamisen vahvuudet tulivat matalista materiaalikustannuksista. CLT:n puolesta puhui taas vaihtoehtoista lyhyin rakennusaika.

Energiatodistuksessa rakennus vastasi kaikilla vertailtavilla runkomateriaaleilla energiatehokkuusluokkaa B. Puurungon, CLT:n ja EcoCoconin E-luku oli 101 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa ja kevytsoraharkkorakenteen E-luku oli 106 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. Kaikilla seinärakennerratkaisuilla rakennuksen energiatehokkuuden vertailuluokka oli vaadittua arvoa alempi. Tuloksista voitiin havaita, että lämmöntuotantona maalämpö oli energiatehokas vaihtoehto ja aurinkopaneelit lisäsivät hyvin omavaraisen energian tuotantoa. Kevytsoraharkkorakenteen haasteena oli liitos puurakenteisen alapohjan kanssa. Liitos vaikutti hieman isompaan E-lukuun.

Opinnäytetyössä toteutettiin luonnostasoinen paritalon pohjasuunnitelma pientaloalueelle Lumijoelle. Ennen suunnittelun aloitusta rakennuspaikka kartoitettiin ja selvitettiin tilaajan toiveet sekä rakennuspaikkaa koskevat määräykset. Yhteistyö tilaajan kanssa toimi sujuvasti.

Tilaajan toiveen mukaan paritalon kokonaisala tuli olla 120 m<sup>2</sup>. Tiivis neliömetri-määrä aiheutti jonkun verran haasteita asuintilojen suunnittelussa. Tilasuunnitel- lussa tilaajan toiveena oli rakennukseen kulku sivuista, makuuhuoneiden sijoit- telu pohjoispuolelle ja märkätilojen sijoittaminen keskelle.

Lopullisessa pohjaratkaisussa tilat sijoitettiin toiveiden ja tavoitteiden mukaisesti. Paritaloon suunniteltiin kaksio, kolmio ja yhteinen tekninen tila. Rakennuksen ete- läpuolelle muodostui yhtenäinen keittiö ja olohuone, josta kuljettiin katetulle te- rassille. Suunnittelussa huomioitiin kustannus- ja energiatehokkaat ratkaisut. Keittiötasojen sijoittaminen märkätilojen läheisyyteen edisti kustannustehokasta rakentamista ja rakennuksen huonekorkeus vähensi lämmitysenergian tarvetta. Tilaajan toiveen mukaan kattomuoto toteutettiin harjakattona ja alapohjarakenne tuulettavana puurakenteena.

Asemapiirroksen haasteina olivat kuuden paritalon, autopaikkojen ja kulkureittien sijoittaminen tontille. Jokaisella asunnolla oli oma autopaikkansa, mikä lisäsi ra- kennuksien väliin mitoitettavan tilan laajuutta. Tilaajan toiveena oli kolme erillistä Petäjätieltä risteytyvää tietä tontille, jotta rakennuksien väleihin jäisi reilusti nur- mialuetta. Asemapiirroksen ongelmat saatiin ratkaistua lopulliseen luonnossuun- nitelmaan.

Työn lopputuloksena tilaaja saa hyvän käsityksen hankkeen ulkoseinien materi- aali- ja työkustannuksista sekä energiaselvityksistä, jotka auttavat hankkeen sei- nätyypin valinnassa. Työn tuloksena voidaan todeta ekotehokkaiden seinäraken- neratkaisujen olevan kalliimpia, mutta niiden vaikutukset käyttökustannuksiin ja kasvihuonekaasupäästöihin ovat positiivisia. Lopullisen suunnitelman pohjalta pystyn toteamaan, että onnistuin toteuttamaan tilaajan toiveiden mukaisen pari- talon. Opinnäytetyön avulla tilaaja saa valmiin suunnitelman, jota voidaan hyö- dyntää tulevassa hankkeessa.

## LÄHTEET

Building Elements. 2020. EcoCocon. Saatavissa: [https://ecococon.eu/assets/downloads/c1\\_building\\_elements.pdf](https://ecococon.eu/assets/downloads/c1_building_elements.pdf). Hakupäivä 12.4.2021.

Building Physics Guide. 2020. EcoCocon. Saatavissa: [https://ecococon.eu/assets/downloads/c3a\\_building\\_physics\\_guide.pdf](https://ecococon.eu/assets/downloads/c3a_building_physics_guide.pdf). Hakupäivä 10.3.2021.

CLT-levyn tekniset tiedot. 2019. CrossLam Kuhmo Oy. Saatavissa: <https://www.crosslam.fi/tuotteet/tekniset-tiedot.html>. Hakupäivä 2.2.2021.

CLT-suunnittelun ohje. CrossLam Kuhmo Oy. Saatavissa: <https://www.crosslam.fi/media/ladattavat-pdf/clt-suunnittelun-ohje.pdf>. Hakupäivä 12.4.2021.

CrossLam. 2019. CrossLam Kuhmo Oy. Saatavissa: <https://www.crosslam.fi>. Hakupäivä 22.2.2021.

EcoCocon Brochure. EcoCocon. Saatavissa: [https://ecococon.eu/assets/downloads/ecococon\\_brochure.pdf](https://ecococon.eu/assets/downloads/ecococon_brochure.pdf). Hakupäivä 22.2.2021.

Ekotehokkaan asumisen opas. 2010. TTS tutkimus. Saatavissa: <https://www.tts.fi/files/1136/koti650.pdf>. Hakupäivä 14.5.2021.

Energiatodistusopas. 2018. Ympäristöministeriö. Saatavissa: [https://www.ymparisto.fi/fi-fi/rakentaminen/rakennuksen\\_energia\\_ja\\_ekotehokkuus/rakennuksen\\_energiatodistus/energiatodistuslomakkeet](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/rakentaminen/rakennuksen_energia_ja_ekotehokkuus/rakennuksen_energiatodistus/energiatodistuslomakkeet). Hakupäivä 10.3.2021.

Energiatehokkuustoimista on taloudellista hyötyä. 2021. SYKE. Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/75ef09a7-01a2-489a-862e-0dce463a8e1c/energiatehokkuustoimista-on-taloudellista-hyotya.html>. Hakupäivä 14.5.2021.

Jalkanen, Riitta – Kajaste, Tapani – Kauppinen, Timo 2017. Kaupunkisuunnittelu ja asuminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Kevytsoraharkot ja betoniharkot. 2016. Betoniteollisuus ry. Saatavissa: [https://harkkokivitalo.fi/wp-content/uploads/1453707826wpdm\\_harkkokasikirja\\_2016-sisallysluettelolla.pdf](https://harkkokivitalo.fi/wp-content/uploads/1453707826wpdm_harkkokasikirja_2016-sisallysluettelolla.pdf). Hakupäivä 10.3.2021.

Luonnon innoittama elementtijärjestelmä. EcoCocon. Saatavissa: <https://ecococon.eu/fi/elementti>. Hakupäivä 22.2.2021.

Lumijoen karttapalvelu. 2018. Sweco. Saatavissa: <https://paikkatieto.sweco.fi/maps/lumijoki/kartta?startEx-tent=26459686.846038%2C7191853.5723194%2C26463914.177484%2C7194272.0774812&visibleBackgroundLayer=&visibleLayers=Asemakaavojen%20m%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ykset%2CAsemakaavayhdistelm%C3%A4%2021.12.2007>. Hakupäivä 15.12.2020.

Missiomme on mullistaa rakentamistapaamme. EcoCocon. Saatavissa: <https://ecococon.eu/fi/meist%C3%A4>. Hakupäivä 22.2.2021.

Monikerroslevy CLT. 2020. Puuinfo Oy. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/puutieto/in-sinoorituotteet/monikerroslevy-clt/>. Hakupäivä 22.2.2021.

Paloturvallinen puutalo – Asuin- ja toimitilarakentaminen. 2021. Puuinfo Oy. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/suunnittelu/ohjeet/paloturvallinen-puutalo-asuin-ja-toimitilarakentaminen/>. Hakupäivä 12.4.2021.

Rakennuksen energia- ja ekotehokkuus. 2020. Ympäristöministeriö. Saatavissa: [https://www.ymparisto.fi/fi-fi/rakentaminen/rakennuksen\\_energia\\_ja\\_ekotehokkuus](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/rakentaminen/rakennuksen_energia_ja_ekotehokkuus). Hakupäivä 15.2.2021.

Rakennusosien rakennusfysikaalinen toiminta. Tampereen teknillinen yliopisto. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK040302.pdf>. Hakupäivä 15.2.2021.

Rakentamisen ekologisuus. Parma Betonila Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK030305.pdf>. Hakupäivä 15.2.2021.

Ratu KI-6035. 2020. Rakennustöiden menekit 2020. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/resource/juha/content/25380#page=1> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 12.4.2021.

Ratu KI-6033. 2018. Rakennushankkeen kustannushallinta. Saatavissa: <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/resource/juha/content/25139#page=1> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 12.4.2021.

Reaction to Fire & Fire Resistance. 2020. EcoCocon. Saatavissa: [https://ecococon.eu/assets/downloads/c4\\_reaction\\_to\\_fire-fire\\_resistance.pdf](https://ecococon.eu/assets/downloads/c4_reaction_to_fire-fire_resistance.pdf). Hakupäivä 10.3.2021.

RT 103170. 2020. Ilmastonmuutos. Rakennustieto Oy. Saatavissa: [https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%20103170?external\\_system=Juha&page=1](https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%20103170?external_system=Juha&page=1) (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 15.2.2021.

RT 103260. 2020. Asuntosuunnittelu. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/resource/juha/content/24753#page=1> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 15.2.2021.

RT 18-11293. 2018. Energiatodistus. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/resource/juha/content/24757#page=1> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 14.5.2021.

RT 35-10834. 2004. Kevytsoraharkot. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/resource/juha/content/3352#page=1> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 10.3.2021.

Syrjäliimaamaton CLT – paras Suomen olosuhteisiin. 2020. CrossLam Kuhmo Oy. Saatavissa: <https://www.crosslam.fi/uutiset/uutiset/syrjaliimaamaton-clt-paras-suomen-olosuhteisiin.html>. Hakupäivä 22.2.2021.

Transport & Storage. 2020. EcoCocon. Saatavissa: [https://ecococon.eu/assets/downloads/c6b\\_transport-storage.pdf](https://ecococon.eu/assets/downloads/c6b_transport-storage.pdf). Hakupäivä 12.4.2021.

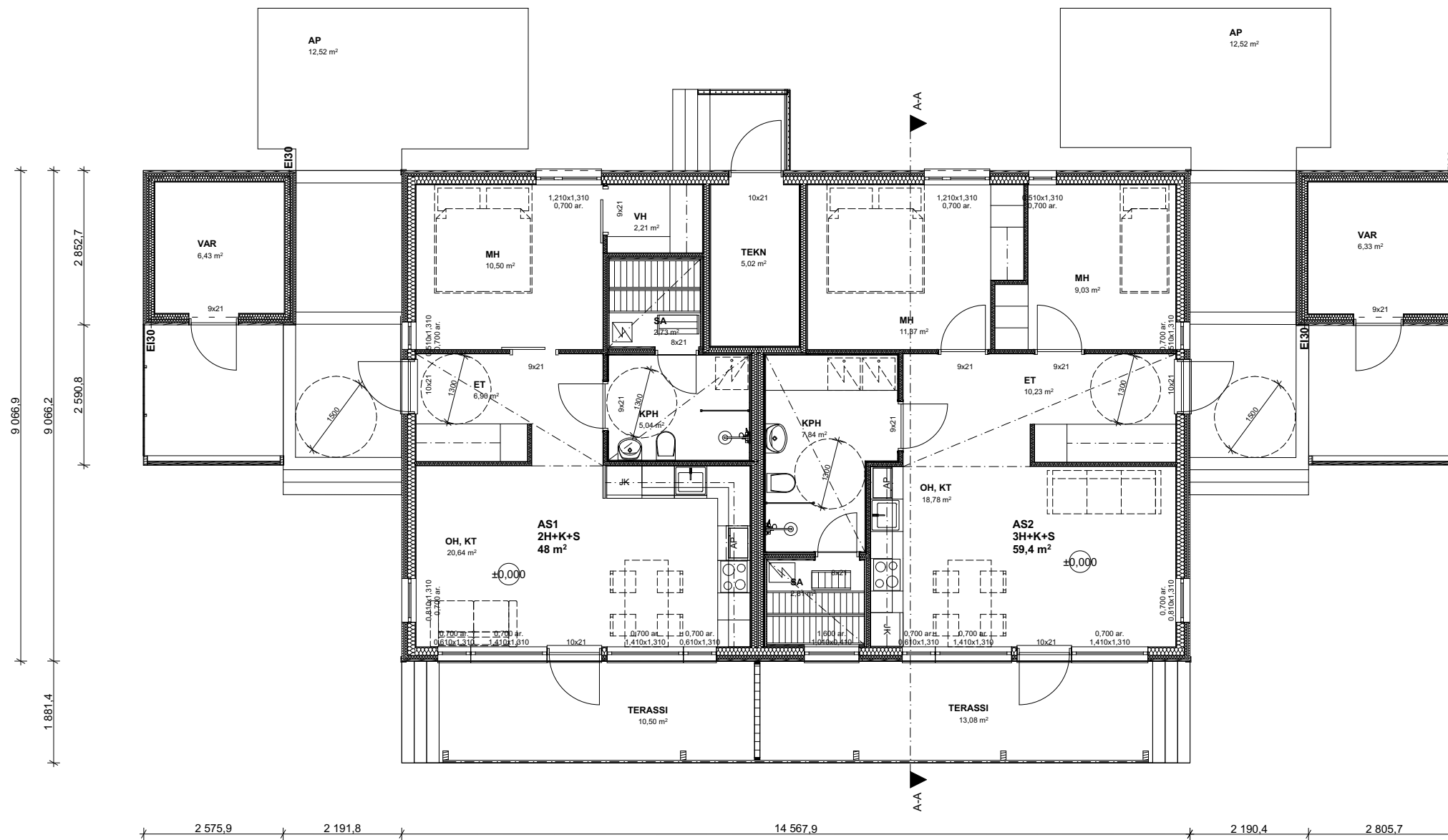
Vähähiillisen rakentamisen tiekartta. Ympäristöministeriö. Saatavissa: <https://ym.fi/vahahiillisen-rakentamisen-tiekartta>. Hakupäivä 11.5.2021.



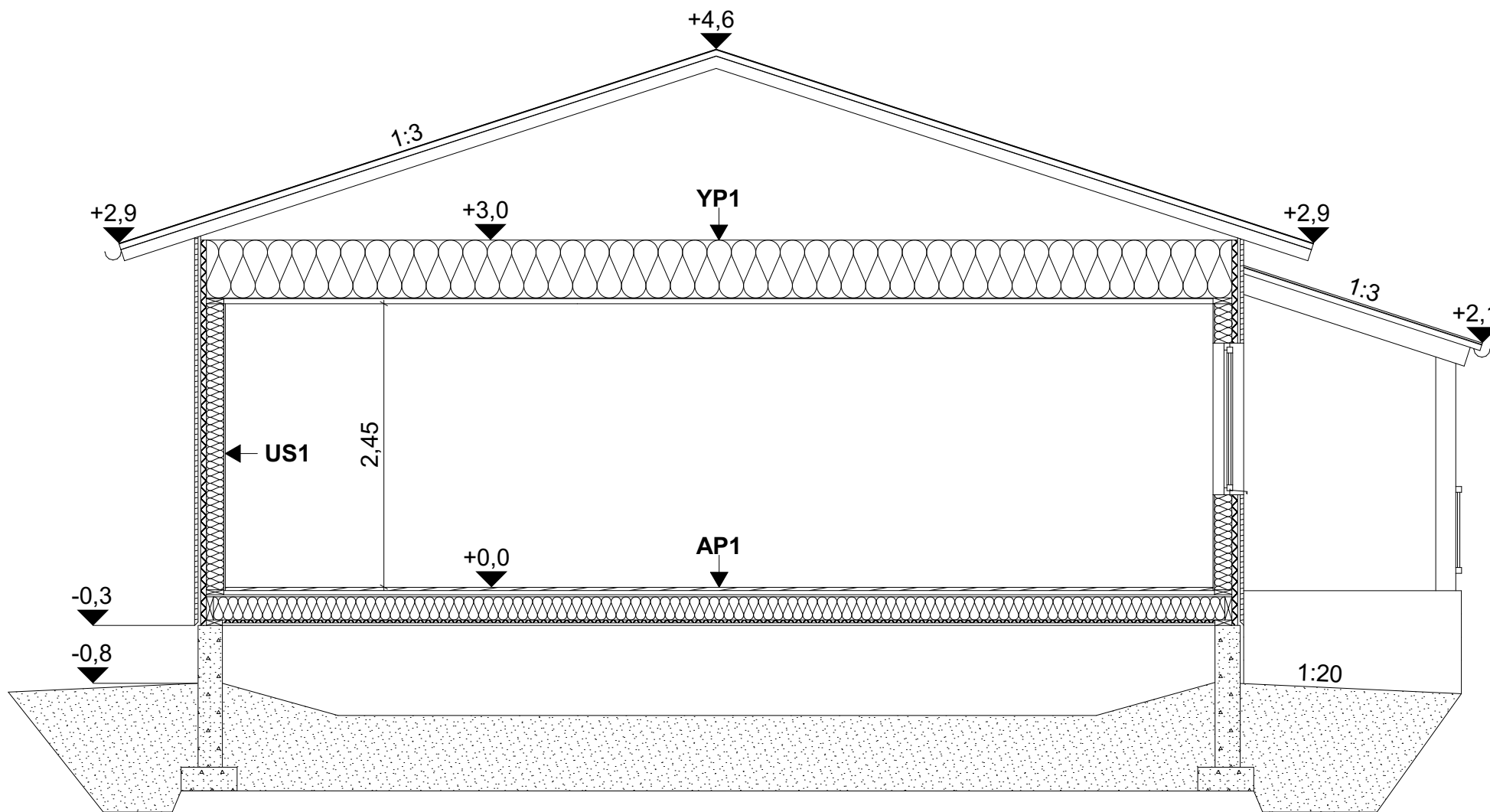
Yleisimmät rakennejärjestelmät. 2020. Puuinfo Oy. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/puutieto/kayttokohteet/yleisimmat-rakennejarjestelmat/>. Hakupäivä 15.2.2021.



LIITE 2



## LIITE 3



## Rakenteet

## YP 1

Peltikate	
Vaimennuskaista	5
Tuuletusväli, korokerimat 50x50 ja aluskate	50
Tuuletusväli, kattokannattajat	100
Lämmöneriste	500
Höyrynsulku	
Rakennuslevy	6
Puukoolaus	44
MDF-paneeli	8

## US 1

Lautaverhous, vaakasuuntainen	30
Tuuletusrako ja pystykoolaus 22x100	22
Tuulensuoja ja lämmöneriste	50
Lämmöneriste ja kantava runko 50x150 k600	150
Höyrynsulku	
Kipsilevy	13

## AP 1

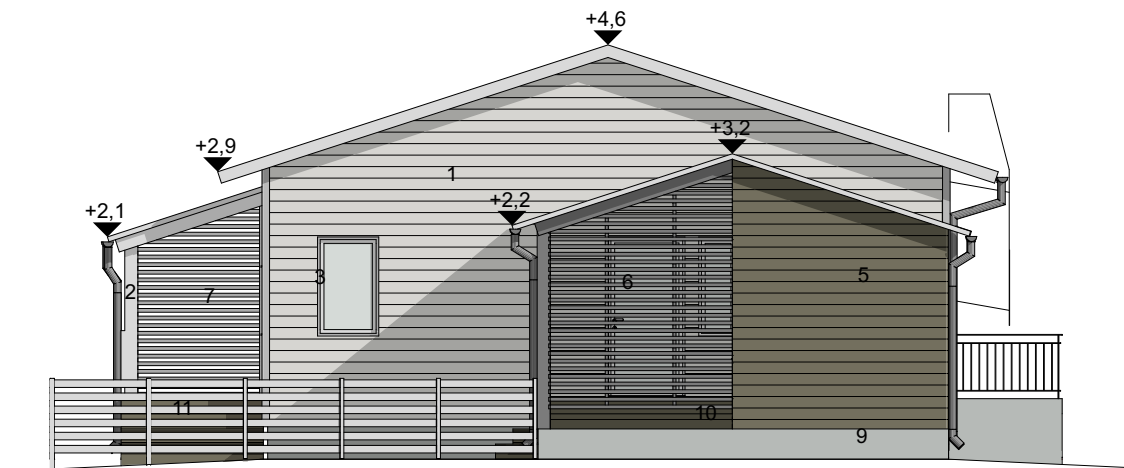
Parketti	28
Hunton lattialevy	36
Puupohjainen rakennuslevy pontattu	18
Höyrynsulku	
Lämmöneriste ja kantava runko 50x200	200
Tuulensuoja ja lämmöneriste	25
Harvalaudoitus 22x100	22
Tuuletettu ryömintätila	>800

Paritalon suunnitelma  
Luonnospiirustus  
Leikkaus A-A 1:50

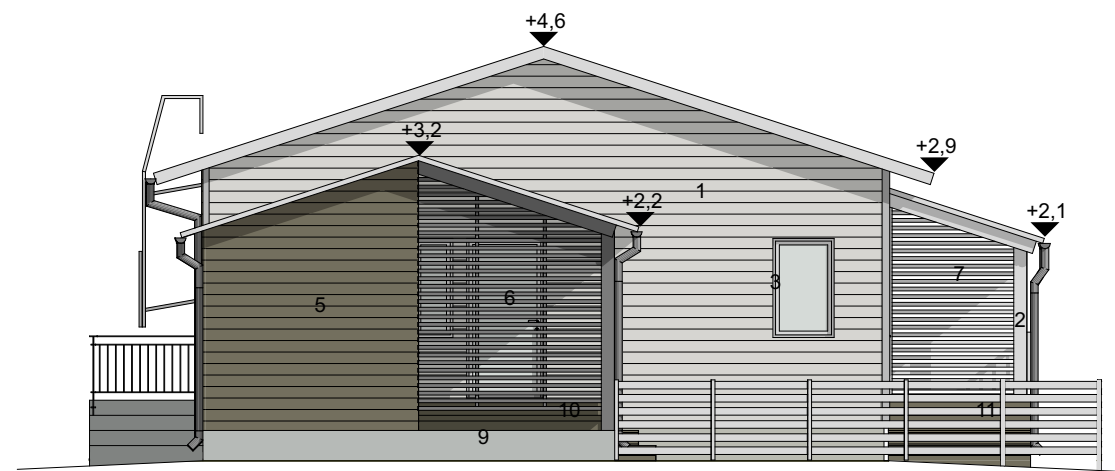
Sara Sankala  
1.6.2021



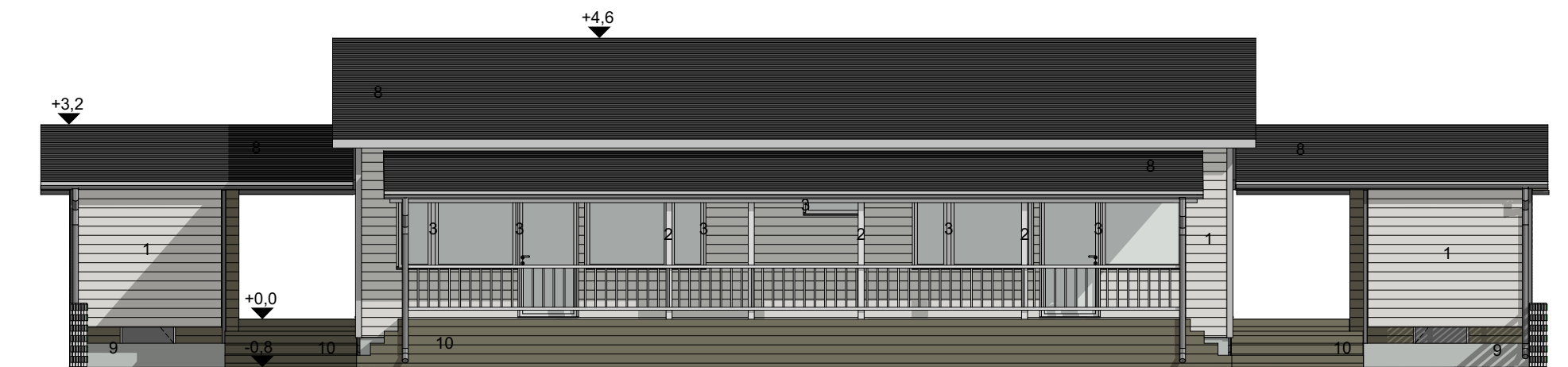
Julkisivu koilliseen



Julkisivu kaakkoon



Julkisivu luoteeseen



Julkisivu lounaaseen

## Julkisivumateriaalit

1. Vaakaverhous puu, luonnonvalkoinen
2. Puupilari, valkoinen
3. Ikkunat ja ovet, valkoinen
4. Teknisen tilan ovi, vaakaverhous puu, luonnonvalkoinen
5. Vaakaverhous puu, tummanharmaa
6. Vaakarimoitus, tummanharmaa
7. Vaakarimoitus, valkoinen
8. Peltikate, tummanharmaa
9. Sokkeli, harmaa
10. Terassilaudoitus, tummanharmaa
11. Piha-aita, valkoinen



LIITE 5



Paritalon suunnitelma  
3D-kuvat  
Sara Sankala  
1.6.2021