

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Talonrakennustekniikka

2017

Esa Aro-Heinilä

# PUURAKENTEISEN PIENTALON SUUNNITTELU

– case: Matokallio

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka I Talonrakennustekniikka

Kesäkuu 2017 | 47 + 15

Tapio Keiramo

Jouko Lehtonen

Esa Aro-Heinilä

# PUURAKENTEISEN PIENTALON SUUNNITTELU

- case: Matokallio

Työtehtävänä oli suunnitella edullinen, hartiapankkirakentajan tarpeista lähtevä, toimiva ja terve pientalo. Tästä suunnittelukokonaisuudesta opinnäytetyössä on esitetty kolme osaa: arkkitehtisuunnitteluun kuuluvat pääpiirustukset, rakennukseen kohdistuvien kuormien määrittely ja puurakenteiden mitoitus.

Arkkitehtonisesti rakennuksessa haettiin rintamamiestalon ilmettä. Sisätilat rakentuvat tulisijan ja savupiipun ympärille. Poikkeavaa rakennuksessa on, että rakennuksen runko toteutetaan levyjäykistetyin rungon sijaan diagonaalein jäykistettynä harvarunkorakenteena, joka jää sisäpuolelta näkyviin. Runkopilareiden välit täytetään kevytsavella, jonka tarkoituksena on tasapainottaa sisäilman kosteutta. Eristeenä toimii puhallettu selluvilla.

Rakennukseen kohdistuvissa kuormista tuulikuorma muodostui normaalia pientalorakentamista hieman suuremmaksi. Tämä johtuu talon sijainnista mäen laella. Kokonaisuutena puurakenteiden käyttöaste jäi varsin alhaiseksi. Mitoittavaksi tekijäksi muodostui, kuten nykypientalorakentamisessa yleensä, rakennukseen kohdistuvien kuormien sijaan eristevahvuus. Ylimitoitusta pyrittiin vähentämään kaksinkertaisella runkorakenteella, niin että ulkorunko kantaa pääsääntöisesti vaipan ulkopintaan kohdistuvat kuormat ja sisärunko sisäpuoliset kuormat.

ASIASANAT:

puurakenne, rakennesuunnittelu, mitoitus, pientalo, pääpiirustukset, lupakuvat

BACHELOR'S / MASTER'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil engineering I structural engineering

June 2017 | 47 + 15 pages

Tapio Keiramo

Jouko Lehtonen

Esa Aro-Heinilä

# DESIGN OF A WOOD STRUCTURED DETACHED HOUSE

- Case: Matokallio

The assignment was to design a low-cost, functional and healthy detached house for the needs of a self-builder. In this bachelor's thesis three parts of the assignment are presented: architectural design including main drawings, loads on the building and dimensioning of wooden structures.

Architecturally the aim was to design a traditional looking small Finnish farmhouse. The interior is built around a fireplace and a chimney. Compared to a typical house the frame of the building is designed as a diagonal braced post structure instead of a plate-stiffened frame. This post structure remains visible from inside. Spaces between the posts are filled with light-clay designed to balance indoor air humidity. As insulation, there is used blown cellulose fiber.

Compared to a typical detached house the wind load was somewhat higher, which is due to the location of the house on a hill. Utilization rate of wood structures remained quite low. The dimensioning factor, as in most new detached houses, was insulation values instead of the loads on the building. Over dimensioning was reduced by designing a double frame structure, so that the outer structure generally carries the loads on the outer surface and the internal structure carries the internal loads.

KEYWORDS:

wood structure, structural planning, dimensioning, detached house, main drawings

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 ARKKITEHTISUUNNITTELU</b>	<b>8</b>
2.1 Taustaa	8
2.2 Pääpiirustukset	9
2.3 Pinta-ali tiedot	10
2.4 Palomääräykset	12
2.4.1 Paloluokka	12
2.4.2 Rakennusosien vaatimukset	12
<b>3 LUMIKUORMA</b>	<b>14</b>
<b>4 TUULIKUORMA</b>	<b>15</b>
4.1 Tuulikuorman laskenta	15
4.2 Tuulen nopeuspaine	15
4.3 Kokonaistuulivoima	17
4.4 Tuulikuorman painekertoimet	19
4.4.1 Sisäpuolisen paineen kerroin	19
4.4.2 Ulkopuolisen paineen kerroin	20
<b>5 MUUT KUORMAT</b>	<b>24</b>
5.1 Rakenteiden paino	24
5.2 Hyötykuormat	24
<b>6 RAKENTEIDEN MITOITUSMENETELMÄT</b>	<b>25</b>
6.1 Kuormitusyhdistelyt	25
6.2 Mitoitusmenetelmät	26
6.2.1 Yleistä	26
6.2.2 Palkkien mitoitus	26
6.2.3 Pilareiden mitoitus	30
6.2.4 Jäykistemitoitus	32
<b>7 SUUNNITTELUKOHTTEEN MITOITUS</b>	<b>33</b>
7.1 Yläpohja	33
7.1.1 Raakaponttilaudoitus	33

7.1.2 Ylä- ja alapaarre	33
7.1.3 Kattotuolin vertikaali- ja horisontaalikannatin	36
7.1.4 Kurkihirsi	36
7.1.5 Kurkihirren kannatin	37
7.2 Väli- ja alapohja	37
7.2.1 Välipohjan primääripalkki	37
7.2.2 Välipohjan sekundääripalkki	38
7.2.3 Ikkunan ylityspalkki seinällä	38
7.2.4 Alapohjan sekundääripalkki	39
7.3 Parveke	39
7.4 Runkopilarit	41
7.4.1 Sisärunko	41
7.4.2 Ulkorunko	42
7.4.3 Kurkihirttä kantavat pilarit	42
7.5 Sisärungon jäykistys	43

## **8 JOHTOPÄÄTÖKSET**

45

## **LÄHTEET**

47

## **LIITTEET**

- Liite 1. Rakennuksen julkisivu
- Liite 2. Leikkauksia 3D-tilassa
- Liite 3. Asemapiirros
- Liite 4. Pohjapiirrokset
- Liite 5. Leikkauspiirrokset
- Liite 6. Julkisivupiirrokset
- Liite 7. Harvarunkorakenne talon sisältä
- Liite 8. Rakennekerrosten paino

## **KAAVAT**

Kaava 1. Kinostumattoman lumikuorman muotokerroin (RIL 2011, 95).	14
Kaava 2. Katon ominaislumikuorma (RIL 2011, 94).	14
Kaava 3. Tuulen nopeuspainen maastoluokassa II (RIL 2011,184).	16
Kaava 4. Maastonkohouman aiheuttama suurennuskerroin (RIL 2011, 130).	16
Kaava 5. Tuulen nopeuspaine pinnan muodon mukaan (RIL 2011, 130).	16

Kaava 6. Kokonaistuulivoima (RIL 2011, 136).	17
Kaava 7. Rakennuksen tehollinen hoikkuus (RIL 2011, 136).	17
Kaava 8. Rakennuksen aukkosuhde (RIL 2011, 172).	19
Kaava 9. Ulkoisen paineen kerroin (RIL 2011, 144).	20
Kaava 10. Taivutusmomentin maksimi tasaiselle kuormalle (Karhunen ym. 1993, 86).	26
Kaava 11. Momentin maksimi keskeiselle pistekuormalle (Järvenpää 2014, 397).	27
Kaava 12. Taivutusjännitys (Karhunen 1993, 94).	27
Kaava 13. Suorakaideprofiilin taivutusvastus (Tekniikan kaavasto 2005, 144).	27
Kaava 14. Leikkausvoima tasaisesti- ja pistekuormitetulle palkille (Järvenpää 2014, 397).	28
Kaava 15. Leikkausjännityksen suurin arvo (Karhunen ym. 1993, 101).	28
Kaava 16. Hetkellinen taipuma tasaisesti kuormitetulle palkille (Järvenpää 2014, 396).	29
Kaava 17. Suorakaidepalkin jäyhyysmomentti (Järvenpää 2014, 390).	29
Kaava 18. Kokonaistaipuma (RIL 2009, 191).	29
Kaava 19. Sauvan hoikkuusluku (RIL 2009, 73).	30
Kaava 20. Suorakaidepoikkileikkauksen jäyhyysräde (RIL 2009, 73).	30
Kaava 21. Puristetun sauvan muunnettu hoikkuus (RIL 2009, 74).	30
Kaava 22. Nurjahduskerroin (RIL 2009, 76).	31

## KUVAT

Kuva 1. Pystyseiniä vyöhykekaavio (RIL 2011, 146).	21
Kuva 2. Harjakaton vyöhykekaavio (RIL 2011, 151).	22
Kuva 3. Jäykisteet ja laskentakaavat (VTT 2006,35).	32
Kuva 4. Kattotuolirakenne ja kurkihinnan sekä runkotolpan kuormitusalue.	34
Kuva 5. Yläpaarteeseen kohdistuvat kuormat.	35
Kuva 6. Parvekkeen tuennan vapaakappalekuva.	40
Kuva 7. Jäykisteseiniä sijoittelu.	43

## TAULUKOT

Taulukko 1. Koonti palomääräysten vaatimuksista.	13
Taulukko 2. Voimakerroin $c_f$ (RIL 2011, 137).	18
Taulukko 3. Kokonaistuulivoima $F_w$ rakennuskohteessa.	18
Taulukko 4. Sisäisen paineen kertoimet $c_{pi}$ rakennuskohteessa.	20
Taulukko 5. Tuulen nopeuspaine ja kokonaisvoima seinäosille vyöhykkeittäin.	21
Taulukko 6. Tuulen nopeuspaine ja kokonaisvoima katolle vyöhykkeittäin.	23
Taulukko 7. Kurkihinnan kannatinpalkin kuormat.	37
Taulukko 8. Ikkunan ylityspalkille kohdentuvat kuormat.	38
Taulukko 9. Parvekkeen diagonaalille kohdentuvat kuormat.	39
Taulukko 10. Sisärunkopilarille kohdentuvat ominaiskuormat.	41
Taulukko 11. Kurkihirttä kantavan pilarin kuormitusalue ja pystykuormat.	42
Taulukko 12. Jäykisteseinille kohdistuvat voimat.	44

# 1 JOHDANTO

Rakennushankkeen historia ulottuu yli 10 vuoden taakse. Rakentaja kaatoi metsää, lankkua sahattiin, lautaa taapeloitiin ja neljä itse rakennetusta talosta alkoi konkretisoitua. Rakennuslupa hankkeelle haettiin vuonna 2008. Rakennus nousi palkkatöiden ohella omaa tahtiaan, kunnes kesällä 2012 se syttyi kulmahiomakoneen kipinästä palamaan eristeiden asennusvaiheessa. Palo levisi nopeasti ja tuhosi koko rakennuksen. Ainoastaan uudisraivaajahengellä ampukivistä veistetty, ladottu ja muurattu kivijalka säästy. Tämän varaan lähdettiin suunnittelemaan seuraavaa, päivitettyä versiota rakennuksesta. Tarpeena oli tehdä asioita myös toisin ja välttää ensimmäisen yrityksen virheitä.

Pientalon suunnittelu on monitahoinen kokonaisuus, josta tässä opinnäytetyössä on esitetty vain pieni osa. Opinnäytetyön rajaus perustuu asioihin, joiden ratkaiseminen oli työkohteen suunnittelun ja toteutuksen alkuvaiheessa olennaista. Opinnäytetyö jakautuu temaattisesti kolmeen osaan: arkkitehtisuunnitteluun kuuluvaan pääpiirustusten luomiseen, rakennukseen kohdistuvien kuormien määrittelyyn ja puurakenteiden mitoittamiseen.

Olellaisilta osiltaan työ käsittelee rakennukseen kohdistuvia kuormia ja runkorakenteen pilareiden, palkkien, diagonaalien ja kattorakenteiden mitoittamista. Puuosien liitoksia, välipohjan värähtelymitoitusta ja autosuojasta johtuvaa palomitoitusta ei ole mahdollista esittää tämän työn laajuudessa. Samoin betoni- ja teräsrakenteet on rajattu tämän tarkastelun ulkopuolelle.

## 2 ARKKITEHTISUUNNITTELU

### 2.1 Taustaa

Arkkitehtisuunnittelu määrittelee, miten rakennus sopii ympäristöönsä, miten rakennus teknisenä kokonaisuutena toimii ja miten tilat palvelevat nykyisten ja tulevien käyttäjäpolvien muuttuvia tarpeita. Arkkitehtisuunnittelun tehtävät kulkevat tarveselvityksen, hankesuunnittelun ja luonnossuunnittelun kautta varsinaiseen toteutussuunnitelmaan. Siinä suunnitellaan tilat, julkisivut, pintarakenteet, perustukset sekä runko- ja vesikattorakenteet. Suunnittelun tuloksena syntyvät pääpiirustukset, joita tarvitaan rakennuslupahakemukseen.

Suunnittelutehtävä lähti liikkeelle rakentajan arvonäkökulmista, ulkonäköön liittyvistä mieltymyksistä ja tarpeesta tehdä mahdollisimman suuri osa työstä kokeilevalla otteella itse lähiympäristön materiaaleista. Tarpeena oli tehdä talo, joka toimii myös poikkeusolosuhteissa, kuten viikkoja tai kuukausia kestävässä sähkökatkon aikana. Suunniteltu kokonaisuus on kompromissi, jossa piti sovittaa rakentajan osittain ristiriitaisia tarpeita käytävissä oleviin resursseihin ja viranomaisvaatimuksiin.

Kohteen arkkitehtuurissa haettiin perinteistä rintamamiestalon ulkonäköä (ks. liite 1). Sisätilat rakentuvat tulisijan ja savupiipun ympärille. Joskin kulkua huoneesta toiseen vällettiin. Vesikate päätettiin toteuttaa perinteisellä kolmiorimahuopakatteella.

Eristävyysvaatimusten takia rakennukseen suunniteltiin kaksinkertainen runko. Ulkorunko ottaa vastaan ulkoisia kuormia ja siirtää ne sisärungolle. Sisärunko on kantava. Poikkeavaa hankkeessa on rakentajan tarve tapaila sisätilojen osalta perinteisen Keski-Eurooppalaisen maalaistalon ilmettä. Sisärunko suunniteltiin harvarunkorakenteiseksi, joka toteutetaan 125x125 piirusta. Sisärunko jäykisteineen jää piiluttuna puupintana näkyviin. Sisärunkopilareiden väli täytetään kevytsavella ja rapataan valkoiseksi tai halutulla savivärillä (liite 7).

Kevytsavea käytetään sen hygroskooppisten ominaisuuksin ja alhaisen tasapainokosteuden takia. Hygroskooppisena materiaalina savi poistaa ja luovuttaa ilmasta kosteutta pintojen ulkopuolella vaikuttavan suhteellisen kosteuden mukaan. Savi tasaa sisäilman kosteutta ja tarjoaa näin matalan teknologian ratkaisun ylläpitää rakennuksen sisäilman



laatua. Alhainen tasapainokosteus 2–3% ehkäisee orgaanisten materiaalien lahomaista. (Mm. Volhard 1994; Kaila 1997; Ranki 2007.)

Kevytsavirakenne vaipan sisäpinnoissa toimii kaasuja läpäisevänä ilmansulkuna. Kaasumaisessa olomuodossa olevat aineet kulkeutuvat ilmansulun läpi korkeammasta osapaineesta matalampaan osapaineeseen. Käytännössä tämä tarkoittaa lähinnä sitä, että sisäilman kosteutta siirtyy savirakenteen välityksellä seinän eristekerrokseen. Eristeet kostuvat talvella ja kuivuvat keväällä. Tämän takia eristeinä käytetään selluvillaa, joka boorilla ja booraksilla käsiteltynä materiaalina sietää kostumista. Joskin, hieman arveluttavaa on, kuinka kauan kestää, että ympäristössä alkaa kehittyä boori- ja booraksiresistenttejä homekantoja.

Vaihtoehtoja selluvillalle pohdittiin pitkään. Lampaanvillaeristeet tekevät tuloaan Keski-Euroopassa ja Australiassa. Toistaiseksi hinta on vielä 3–4 kertainen selluvillaan nähden. Vaihtoehtoina oli myös ruoko-, olki- ja hiilisavikomposiittimateriaalit sekä hamppu- betoni. Näiden käytettävyyttä heikentää, että tuotantotoiminta on vasta kokeiluasteella, eikä kaupallisia tuotteita toistaiseksi ole tarjolla.

Rakennuksen Ilmanvaihto toimii sekä painovoimaisesti että koneavusteisena. Lämmön talteenottoa voi tehostaa käyttämällä läpi talon kulkevaa sähköä vähänkäyttävää putkilämmönvaihdinta. Lämpö ja lämmin vesi tuotetaan raketti-uunin suunnitteluperiaatteita noudattaen toteutettavalla tulisijalla. Savukaasut jäädytetään ja puhdistetaan vesivai- pallisella piippulämmönvaihtimella.

## 2.2 Pääpiirustukset

Pääpiirustuksiin kuuluvat asema-, pohja-, leikkaus- ja julkisivupiirustukset. Asiat, jotka piirustuksiin tulee sisällyttää, on lueteltu Suomen rakentamismääräyskokoelma osassa A2 (Ympäristöministeriö 2002, 18–23).

Piirustusten luomista varten rakennus mallinnettiin ArchiCad-ohjelmalla. Ohjelman perusajatuksena on tuottaa kohteesta ensin kolmiulotteinen malli, jonka avulla voidaan tarkistaa tilojen toimivuus, käytettävyys ja rakennuksen estetiikka etukäteen. Käytettävyyden ja tilojen toimivuuden suunnittelua varten olennaista on mahdollisuus asettaa huonekaluja ja muita symboleja tiloihin. Kokonaisuutta voi tarkastella esimerkiksi 3D-leikkausten avulla (ks. liite 2). Kun malli näyttää halutulta ja kaikki törmäytystarkastelut on tehty, mallista voidaan tulostaa pääpiirustukset.

Pääpiirustukset on esitetty liitteissä seuraavasti:

- asemapiirros (liite 3)
- pohjapiirrokset (liite 4)
- leikkauspiirrokset (liite 5)
- julkisivupiirrokset (liite 6).

### 2.3 Pinta-alatiedot

Rakennuslapahakemuksessa tarvitaan erilaisia pinta-alatietoja. Näistä keskeinen on rakennuspaikan rakennusoikeus. Rakennuspaikkana on Alitalon kiinteistöltä (529-581-001-0053) vuokrattu määräala, joka sijaitsee Naantalissa Livonsaarella. Alueen osayleiskaavamääräysten mukaan rakentamistehokkuus  $e$  on 0,15 (Askaisten kunta 2006, 10). Määräalan pinta-ala on 5 000 m<sup>2</sup>, jolloin rakennusoikeutta ulkorakennukset mukaan lukien on 750 m<sup>2</sup>.

Rakennuspaikan rakennusoikeus ilmoitetaan kerrosalana. Siihen lasketaan kaikkien rakennuspaikalle rakennettavien rakennusten yhteenlaskettu kerrosala. Yksittäisen rakennuksen kerrosala lasketaan kaikkien kerrosten alojen summana. Kerrosala mitataan rakennuksen ulkoseinien pinnan mukaan. Jos ulkoseinien paksuus ylittää 250 mm, pinta-alaan lasketaan mukaan 250 mm ulkoseinien sisäpinnasta lukien. Asuinrakennuksen kerrosalaan ei lasketa kellarissa olevaa varastoa, autotallia tai teknistä tilaa, jos samassa kerroksessa ei ole asuinhuoneita. Pientalon porraskäytävän pinta-ala vähennetään ylimmästä kerroksesta. (Maankäyttö ja rakennuslaki 1999.)

Kohderakennus on kaksikerroksinen pientalo, jossa on maanalainen kellarikerros. Maanalaisessa kellarikerroksessa ei ole asumiseen liittyviä tiloja, kuten asuinhuoneita, saunaa tai pesuhuonetta, joten sitä ei lasketa mukaan kerrosalaan. Rakennuksen kerrosala on 170,2 m<sup>2</sup>, josta alakerta muodostaa 86,4 ja yläkerta 83,8 m<sup>2</sup>.

Naantalin rakentamisjärjestyksen (Naantalin kaupunki 2012, 3) mukaan asemakaava-alueen ulkopuolella olevat kevytrakenteiset rakennelmat<sup>1</sup>, jotka ovat kokonaisalaltaan enintään 20 m<sup>2</sup>, eivät vaadi lupamenettelyä. Niitä ei myöskään lasketa mukaan rakennusoikeudelliseen kerrosalaan.

---

<sup>1</sup> Esim. katos, vaja, kasvihuone, maakellari, huvimaja, leikkimökki, patio tai kuivakäymälä.

Piharakennuksista kerrosalaan lasketaan 36,0 m<sup>2</sup>:n saunarakennus. Kaksi 9 m<sup>2</sup>:n puuvajaa ja alle 20 m<sup>2</sup>:n huvimaja jätetään kevytrakenteisina rakennuksina pois rakennuspaikan rakennusoikeutta käyttävästä kerrosalasta.

Rakennuslupaa varten tarvitsee laskea myös pohjapinta-ala, kokonaisala ja tilavuus. Rakennuksen pohjapinta-alaan luetaan rakennuksen ala ulkoseinien ulkopintojen mukaan laskettuna, sisältäen myös terassien ja muiden ulkonemien alan. Pohjapinta-ala on siis rakennuksen projektion ala pois lukien kattoräystäät. Kohderakennuksen pohjapinta-ala on 99,0 m<sup>2</sup>.

Kokonaisalaan lasketaan kaikkien kerrosten, kellareiden ja lämpöeristettyjen ullakoiden pinta-ala ulkoseinien ulkopinnasta. Mukaan ei pääsääntöisesti lasketa parvekkeita, katoksia eikä 160 cm matalampia tiloja. Kohderakennuksen kokonaisala on 267,4 m<sup>2</sup>, josta kellarikerros muodostaa 91,0 m<sup>2</sup>, alakerta 99,0 m<sup>2</sup> ja yläkerta 77,4 m<sup>2</sup>.

Rakennuksen tilavuus on tila, jota rajoittaa rakennuksen vaipan ulkopinta: alapohjan alapinta, ulkoseinien ulkopinta ja yläpohjan yläpinta. Kohderakennuksen tilavuus on vaipan ulkopintojen mukaan laskettuna 954,7 m<sup>3</sup>.

## 2.4 Palomääräykset

### 2.4.1 Paloluokka

Suomen rakentamismääräyskokoelman E1-osan mukaan (Ympäristöministeriö 2002, 9–10) rakennuksen paloluokitus määräytyy käyttötarkoituksen, kerrosluvun, korkeuden, kerrosalan ja henkilömäärän perusteella.

Kohteen pääasiallinen käyttötarkoitus on asuinrakennus, koska suurinta osaa rakennuksen kerrosalasta käytetään asumiseen. Tästä seuraa, että suurimmalle sallitulle henkilömäärälle ei ole rajoituksia.

Rakennuksen kerroslukuun lasketaan kaikki ne pääasiallisesti maanpinnan yläpuolella olevat kerrokset, joissa on asuin- tai työhuoneita tai rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisia tiloja. Paloteknisessä mielessä rakennuksen kerrosluvuksi tulee tällöin kaksi, koska kellarikerrokseen ei ole tulossa asuin- tai työhuoneita. Rakennus on alle 9 m korkea ja kerrosala alle 2 400 m<sup>2</sup>.

Näiden tekijöiden perusteella kohteena olevan rakennuksen paloluokaksi muodostuu P3.

### 2.4.2 Rakennusosien vaatimukset

Rakentajan toiveesta autosuoja sijoitetaan rakennuksen kellarikerrokseen. Tästä seuraa tiettyjä paloteknisiä lisävaatimuksia. Rakentamismääräyskokoelman E4-osan Autosuojien paloturvallisuus mukaan (2005, 3) muun rakennuksen yhteydessä oleva autosuoja tulee rakentaa erilliseksi palo-osastoksi. Autosuojien osastoivat rakennusosat ovat yleensä EI60-luokkaa. Kuitenkin ”jos P3-luokan rakennuksen kokonaiskerrosala on enintään 2 400 m<sup>2</sup> ja osaston koko enintään 400 m<sup>2</sup>, voivat maanpäälliset osastoivat rakennusosat olla EI30-luokkaa”. Kohderakennuksessa nämä kriteerit täyttyvät, joten maanpäälliset rakennusosat mitoitetaan EI30-luokan mukaan. Käytettävien pintamateriaalien osalta seinien ja katon pinnat tulee tehdä vähintään luokan B-s1, d0 tarvikkeista ja lattian pintana käytetään vähintään A2<sub>FL</sub>-s1-luokan rakennustarviketta (Ympäristöministeriö 2005, 3–4).

Autosuojan suojaustasolla määritellään, minkälaiset välineet vaaditaan pelastus- ja sammutustöihin. Autosuojan, joka on osa P3-luokan rakennusta ja pinta-alaltaan<sup>2</sup> enintään 400 m<sup>2</sup>, suojaustasoksi tulee 1. Tämä tarkoittaa, että pelastus- ja sammutustöihin riittää tavallinen alkusammutuskalusto. (Ympäristöministeriö 2005, 3.)

Taulukko 1. Koonti palomääräysten vaatimuksista.

---

Rakennuksen paloluokka	P3
Autosuojan välipohja ja ikkunat	EI30 pintamateriaalit minB-s1, d0
Ovet ja väliseinä muihin kellaritiloihin	EI60 pintamateriaalit min A2 <sub>FL</sub> -s1

---

Jos autosuojasta on yhteys muihin tiloihin, vaatimuksena on, että myrkyllisten tai palavien kaasujen leviäminen on tehokkaasti estetty. Tällaisena järjestelynä pidetään esimerkiksi ovin rajoitettua sulkutilaa, jonka läpi kuljettaessa molempia ovia ei jouduta samanaikaisesti avaamaan. Savunpoistoksi suojaustason 1 yhteydessä voidaan käyttää tilan yläosassa sijaitsevia helposti avattavia tai helposti rikottavia ikkunoita ja luukkuja sekä korkeita oviaukkoja. (Ympäristöministeriö 2005, 3–4.) Taulukkoon 1 on koottu palomääräysten vaatimukset rakennuskohteessa.

---

<sup>2</sup> Pinta-alat lasketaan samalla tavoin kuin huoneistoala.

### 3 LUMIKUORMA

Maassa olevan lumikuorman ominaisarvona  $s_k$  käytetään 2,2 kN/m<sup>2</sup>. Tämä on maassa olevan lumikuorman ominaisarvo Livonsaarta lähinnä olevilla alueilla, Merimaskussa ja Velkuassa. (RIL 2009, 254-255.) Katon muoto ei aiheuta lumen kinostumista, minkä takia kinostuminen voidaan jättää pois tarkastelusta. Harjakattoiselle rakennukselle kinostumattoman lumikuorman muotokerroin saadaan kaavasta

$$\mu_1 = \frac{0,8(60-\alpha)}{30},$$

missä

$\mu_1$  kinostumattoman lumikuorman muotokerroin  
 $\alpha$  katon kaltevuuskulma [°].

Kaava 1. Kinostumattoman lumikuorman muotokerroin (RIL 2011, 95).

Rakennuskohteen katon kaltevuuskulma on 35°, jolloin kinostumattoman lumikuorman muotokertoimeksi  $\mu_1$  tulee 0,67.

Tuulensuojaisuuskertoimen  $C_e$  arvona käytetään 0,8, kun maasto on tuulinen. Muutoin voidaan käyttää arvoa 1,0. (RIL 2011, 94.) Livonsaari kuuluu Naantalin sisäsaaristoon, missä tuulisuus on kohtuullista. Rakennuspaikka sijaitsee pienen mäen harjalla, mikä lisää tuulisuutta. Ympäröivä puusto ja maaston muodot tekevät rakennuspaikasta kuitenkin suojaisen. Suojaisuus lisää lumikuormaa ja tuulisuus vähentää sitä. Jottei asiasta tulisi turhan mutkikasta, tuulensuojaisuuskertoimena käytetään ”varmalla puolella” olevaa arvoa 1,0.

Katon ominaislumikuorma saadaan edellä esitettyjen tekijöiden tulona

$$q_{k,lumi} = \mu_i C_e s_k,$$

missä

$q_{k,lumi}$  katon ominaislumikuorma [kN/m<sup>2</sup>]  
 $\mu_i$  lumikuorman muotokerroin  
 $C_e$  tuulensuojaisuuskerroin  
 $s_k$  lumikuorman ominaisuusarvo maassa [kN/m<sup>2</sup>].

Kaava 2. Katon ominaislumikuorma (RIL 2011, 94).

Kun arvot sijoitetaan kaavaan 2, katon ominaislumikuorma  $q_{k,lumi} = 1,47$  kN/m<sup>2</sup>.

## 4 TUULIKUORMA

### 4.1 Tuulikuorman laskenta

Eurokoodit tarjoavat mahdollisuuden laskea rakennuksen tuulikuormia kahdella menetelmällä, voimakertoimilla ja painekertoimilla. Voimakertoimilla voidaan laskea rakennukseen kohdistuva kokonaistuulivoima, jota tarvitaan esimerkiksi rakennuksen jäykisteitä suunniteltaessa. Painekertoimilla taas lasketaan yksittäiseen rakenneosaan kohdistuva tuulikuorma. Niitä käytetään kiinnitysten mitoituksessa ja rakenneosien ja verhouslevyjen taivutustarkastelussa. Painekertoimia voidaan käyttää myös kokonaistuulivoiman arviointiin, jolloin saadaan kokonaistuulikuorman lisäksi eriteltympi tulos esimerkiksi seinän tai katon eri osiin kohdistuvista tuulien aiheuttamista voimista. (RIL 2009, 38–40.)

Seinään tai elementtiin vaikuttava tuulen nettopaine on ulko- ja sisäpinnan painekertoimien ero etumerkit huomioon ottaen. Paineella, joka suuntautuu pintaa kohti, etumerkki on positiivinen, ja vastaavasi paineella, joka suuntautuu pinnasta poispäin (imu), etumerkki on negatiivinen. Nettopainetta laskiessa täytyy siis ymmärtää paineen etumerkistä riippumatta, mihin suuntaan voima vaikuttaa. Nettopaine muodostuu painekuormien resultanttina. (RIL 2011, 135.)

Molemmissa menetelmissä pitää ensin laskea rakennuspaikan sijainnista riippuva tuulen nopeuspaine.

### 4.2 Tuulen nopeuspaine

Tuulen voimakkuus riippuu rakennusta ympäröivän maaston pinnan muodoista ja ympäristössä olevista esteistä, kuten puustosta ja rakennuksista. Eurokoodeissa maasto-olosuhteet luokitellaan pinnan muotojen ja esteiden perusteella viiteen eri luokkaan 0–IV. Maastoluokka 0 vastaa merta tai sen äärellä olevaa rannikkoaluetta, kun taas suojausmassa luokassa IV ollaan kaupunkialueella. (RIL 2011, 126.)

Rakennuskohteessa tuulisuus on kohtuullista. Välitöntä yhteyttä aavalle merelle ei ole. Ympäröivä puusto ja ympäröivän maaston muodot tekevät rakennuspaikasta suojaisen, vaikka rakennuspaikka on noin 10 metriä korkean mäen harjalla. Suojaisuuden perusteella rakennuspaikka kuuluu maastoluokkaan II. (RIL 2011, 127.)

Tuulen nopeuspaineen ominaisarvo eli puuskanopeuspaine määritellään maastoluokan ja rakennuksen korkeuden perusteella (RIL 2011, 129–133). Tuulen nopeuspaine  $q_{p0}(z)$  saadaan maastoluokassa II rakennuksen korkeuden  $z$  funktiona

$$q_{p0}(z) = 0,00995 \cdot \left[ \ln\left(\frac{z}{0,05}\right) \right]^2 + 0,00697 \cdot \ln\left(\frac{z}{0,05}\right) \quad z > 2.$$

Kaava 3. Tuulen nopeuspaine maastoluokassa II (RIL 2011, 184).

Rakennuksen harja on noin 8,5 metrin korkeudella maanpinnasta. Tällöin maastoluokaa II vastaava nopeuspaineen ominaisarvo  $q_{p0}(z) = 0,62 \text{ kN/m}^2$ .

Tämän jälkeen otetaan huomioon maaston pinnan muodon vaikutus nopeuspaineeseen. Pinnanmuotomodifioidun nopeuspaineen  $q_p(z)$  määrittämistä varten täytyy laskea maastonkohouman aiheuttama suurennuskerroin  $\gamma_d$  kaksipuoleisen maastonkohouman<sup>3</sup> alueella. Rakennuspaikka sijaitsee noin 10 metriä mäen harjalta suojan puolella, jolloin määräävä suurennuskerroin saadaan kaavalla

$$\gamma_D = 1 + 2,8 \cdot \Phi \cdot \left(1 - 0,47 \frac{x}{L_d}\right) \quad \text{kun } x \geq 0,$$

missä

$\Phi$	rinteen kaltevuus $10/50 = 0,20$
$x$	rakennuksen sijainti mäen harjalta = 10 m
$L_d$	suojan puolen rinteiden pituus tuulen suunnassa = 50 m.

Kaava 4. Maastonkohouman aiheuttama suurennuskerroin (RIL 2011, 130).

Annetuilla arvoilla suurennuskerroin  $\gamma_d = 1,51$ , mikä tarkoittaa, että tuulen nopeuspaine kasvaa pinnanmuodon vaikutuksesta 51 prosenttia.

Pinnanmuodon vaikutuksesta modifioitu tuulen nopeuspaine saadaan

$$q_p(z) = \gamma_D q_{p0}(z),$$

missä

$\gamma_d$	suurennuskerroin = 1,51
$q_{p0}(z)$	nopeuspaineen ominaisarvo = 0,62 kN/m <sup>2</sup> .

Kaava 5. Tuulen nopeuspaine pinnan muodon mukaan (RIL 2011, 130).

<sup>3</sup> Kaksipuolinen maastonkohouma tarkoittaa kukkulaa.



Kun yllä esitetyt arvot sijoitetaan kaavaan 5, rakennuskohteen modifioiduksi tuulen nopeuspaineeksi  $q_p(z)$  muodostuu  $0,94 \text{ kN/m}^2$ .

#### 4.3 Kokonaistuulivoima

Kun rakennuksen leveys on suurempi kuin sen korkeus ( $b > h$ ) oletetaan, että tuulen paine seinällä on korkeusasemasta riippumatta sama kuin rakennuksen harjalla. Rakennukseen kohdistuva kokonaistuulivoima saadaan kaavalla

$$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z) \cdot A_{ref},$$

missä

$F_w$	kokonaistuulivoima [kN]
$c_s c_d$	rakennekerroin
$c_f$	voimakerroin
$q_p(z)$	modifioitu tuulen nopeuspaine [ $\text{kN/m}^2$ ]
$A_{ref}$	tuulikuorman vaikutusala ”tuulen näkemänä” [ $\text{m}^2$ ].

Kaava 6. Kokonaistuulivoima (RIL 2011, 136).

Matalien rakennusten suunnittelussa voidaan käyttää rakennekertoimen  $c_s c_d = 1.0$ . Voimakertoimen  $c_f$  määrittämistä varten täytyy laskea rakennuksen tehollinen hoikkuus  $\lambda$ , joka saadaan kaavalla 7 silloin kun rakennuksen korkeus on alle 15 m.

$$\lambda = 2 \frac{h}{b},$$

missä

$h$	korkeus < 15 m.
$b$	leveys.

Kaava 7. Rakennuksen tehollinen hoikkuus (RIL 2011, 136).

Tämän jälkeen määritetään rakennuksen syvyyden ja leveyden suhde, eli sivusuhte ( $d/b$ ). Sivusuhteen  $d/b$  ja hoikkuusluvun  $\lambda$  perusteella saadaan voimakertoimen  $c_f$  arvo taulukon 2 lukuarvoja interpoloiden.

Taulukko 2. Voimakerroin  $c_f$  (RIL 2011, 137).

$\lambda$	Sivusuhte d/b								
	0,1	0,2	0,5	0,7	1	2	5	10	50
$\leq 1$	1,20	1,20	1,37	1,44	1,28	0,99	0,60	0,54	0,54
<b>3</b>	1,29	1,29	1,48	1,55	1,38	1,07	0,65	0,58	0,58
<b>10</b>	1,40	1,40	1,60	1,68	1,49	1,15	0,70	0,63	0,63

Kun tuuli on pitkälle sivulle, tuulen paineeksi muodostuu  $1,4 \text{ kN/m}^2$ , päätyyn vastaavasti  $1,0 \text{ kN/m}^2$ . Laskentatulokset on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Kokonaistuulivoima  $F_w$  rakennuskohteessa.

		tuuli pitkälle sivulle	tuuli päädyistä
Hoikkusluku	$\lambda$	1,3	1,9
Sivusuhte	d/b	0,7	1,4
Voimakerroin	$c_f$	1,46	1,06
Tuulen nopeuspaine	$q_p(z)$	$0,94 \text{ kN/m}^2$	$0,94 \text{ kN/m}^2$
Seinät			
Pinta-ala	$A_{ref}$	$65 \text{ m}^2$	$54 \text{ m}^2$
Kokonaistuulivoima	$F_w$	<b>89 kN</b>	<b>53 kN</b>
Katto			
Pinta-ala	$A_{ref}$	$38 \text{ m}^2$	$6 \text{ m}^2$
Kokonaistuulivoima	$F_w$	<b>52 kN</b>	<b>6 kN</b>
Yhteensä			
Pinta-ala	$A_{ref}$	$103 \text{ m}^2$	$60 \text{ m}^2$
Kokonaistuulivoima	$F_w$	<b>141 kN</b>	<b>59 kN</b>
Tuulen paine	w	<b><math>1,4 \text{ kN/m}^2</math></b>	<b><math>1,0 \text{ kN/m}^2</math></b>

## 4.4 Tuulikuorman painekertoimet

### 4.4.1 Sisäpuolisen paineen kerroin

Painekertoimet kuvaavat rakenteiden aerodynaamisia ominaisuuksia, jotka määritellään kullekin rakennuksen taso-osalle erikseen. Sisäpuolisen paineen kerroin  $c_{pi}$  riippuu rakennuksen aukkojen koosta ja niiden sijoittumisesta. Ajatuksena on, että aukot muodostava ilmapuotoja, joiden takia rakennukseen syntyy sisäpuolinen imu tai paine. Rakennuksille, joilla ei ole ns. määräävää sivua<sup>4</sup> ja seinät ovat likimain yhtä tiiviit, lasketaan aukkosuhde ja määritellään sisäisen paineen kertoimet (RILL 2011, 158) kuvan 7.13S perusteella rakennuksen korkeuden ja syvyyden ( $h/d$ ) väliä interpoloiden. Jos rakennuksen sivuilla on sama ilmanläpäisevyys, voidaan aukkosuhde laskea rakennuksen sivusuhteiden perusteella, jolloin aukkosuhde

$$\mu = \frac{2d+b}{2d+2b},$$

missä

$\mu$	aukkosuhde
$d$	rakennuksen syvyys [m]
$b$	rakennuksen leveys [m].

Kaava 8. Rakennuksen aukkosuhde (RILL (2011, 172)).

Rakennuskohteessa mikään seinä ei ole määräävä, ja aukkojen pinta-ala on likimain yhtä suuri kullakin seinällä. Edellä esitetyn perusteella lasketut sisäisen paineen kertoimet on esitetty taulukossa 4.

---

<sup>4</sup> Rakennuksen seinää pidetään määräävänä, jos kyseisellä sivulla olevien aukkojen pinta-ala on vähintään kaksinkertainen muilla sivuilla olevien aukkojen pinta-alaan nähden (RIL 2011, 158).

Taulukko 4. Sisäisen paineen kertoimet  $c_{pi}$  rakennuskohteessa.

	Aukko- suhde	Korkeus/ syvyys	Paineen kerroin
	$\mu$	$h/d$	$c_{pi}$
Tuuli pitkälle sivulle	0,70	0,94	-0,12
Tuuli päätyyn	0,80	0,65	-0,14

#### 4.4.2 Ulkopuolisen paineen kerroin

##### Seinät

Ulkoisen paineen kertoimet riippuvat kuormitusalan koosta välillä 1...10 m<sup>2</sup>. Ulkoisen paineen kerroin  $c_{pe}$  saadaan logaritmisella interpolaatiolla

$$c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \log_{10} A$$

jossa

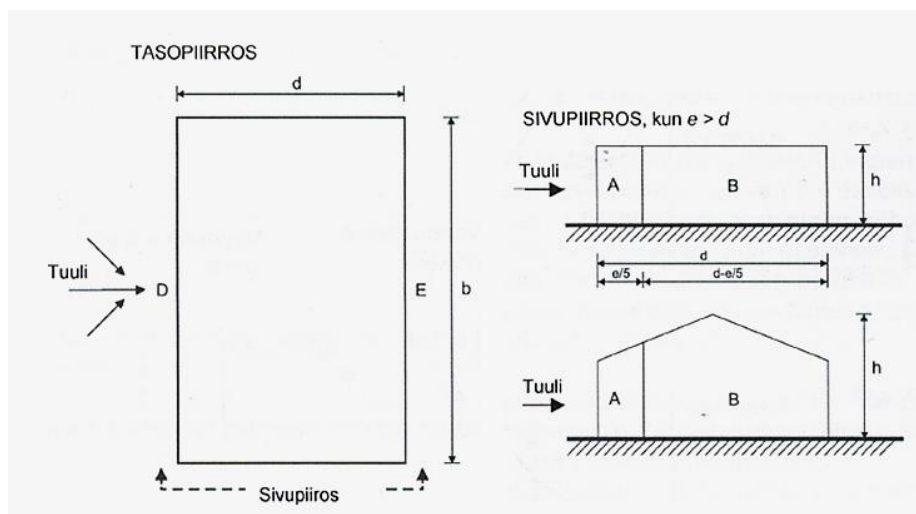
$c_{pe}$	ulkoisen paineen kerroin
$c_{pe,1}$	1 m <sup>2</sup> pinta-ala vastaava kerroin
$c_{pe,10}$	10 m <sup>2</sup> pinta-alaa vastaava kerroin
$A$	tarkasteltavan taso-osan pinta-ala.

Kaava 9. Ulkoisen paineen kerroin (RIL 2011, 144).

Jos tarkasteltavan taso-osan pinta-ala on  $A < 1$  m<sup>2</sup>, valitaan  $c_{p1}$ -kerroin, ja vastaavasti jos  $A > 10$  m<sup>2</sup>, valitaan  $c_{p10}$ -kerroin (RIL 2011, 142–144). Alle 1 m<sup>2</sup>:n kerrointa käytetään esimerkiksi katteiden kiinnitysten mitoituksessa ja yli 10 m<sup>2</sup> arvoa kattokannatteen ja sen kiinnityksen mitoituksessa tuulen imulle (RIL 2009, 41). Ulkopuolisen paineen kertoimet vyöhykkeittäin suorakulmaisen rakennuksen pystysuorille seinille saadaan teoksen (RIL 2011, 146) taulukosta 7.1.

Kun tuuli on kohtisuoraan pitkää sivua, tuuli aiheuttaa 0,86 kN/m<sup>2</sup> työntävän voiman ja vastaavasti suojan puolelle 0,55 kN/m<sup>2</sup> alipaineesta johtuvan samansuuntaisen voiman. Yksittäistä taso-osaa ajatellen nämä ovat maksimikuormia, mutta rakennuksen stabiili-  
teetin osalta näiden kuormien itseisarvo tulee laskea yhteen. Kun tuuli on kohtisuoraan pitkälle sivulle, vaikutus päädyissä on negatiivinen, eli niissä esiintyy imua, joka ei kuitenkaan ole mitoittava, koska se on pienempi kuin vaikutus pitkälle sivulle.

Kuvassa 1 on esitetty vyöhykekaavio seinävyöhykkeistä, joille tuulen nopeuspaine kohderakennuksessa lasketaan.



Kuva 1. Pystyseiniä vyöhykekaavio (RIL 2011, 146).

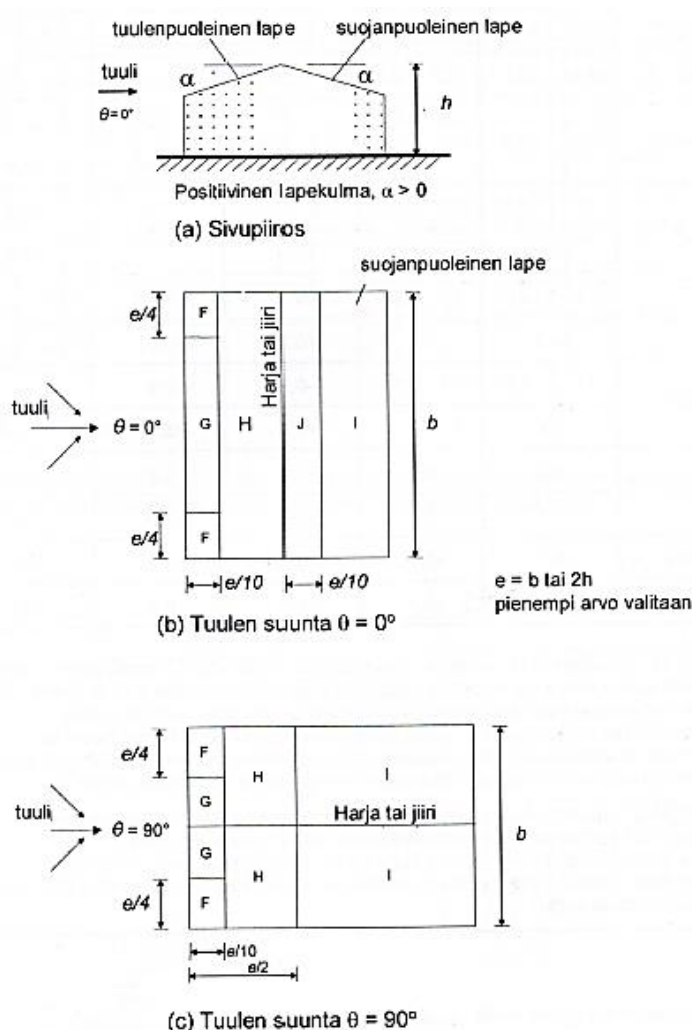
Taulukossa 5 on esitetty eritellysti kohderakennuksen seinäosien ulkoisen ja sisäisen paineen kertoimet ja nopeuspaine vyöhykkeittäin (ks. kuva 1) ja näistä johdettu tuulen kokonaisvoima seinämille.

Taulukko 5. Tuulen nopeuspaine ja kokonaisvoima seinäosille vyöhykkeittäin.

Tuulen nopeuspaine		$q_p(z)$	0,94 kN/m <sup>2</sup>				
Seinät	Vyöhyke	Pinta-ala m <sup>2</sup>	Painekertoimet			Nopeus- paine kN/m <sup>2</sup>	Kokonais- voima kN
			ulkoinen $C_{pe}$	sisäinen $C_{pi}$	resultantti $C_p$		
<u>Tuuli pitkälle sivulle</u>							
Vaikutus pitkälle sivulle	D	65	0,79	-0,12	0,91	0,86	
	E	65	-0,47	0,12	-0,59	-0,55	
					1,50	<b>1,41</b>	<b>92</b>
Vaikutus päättyyn	A	9	-1,20	0,12	-1,32	<b>-1,24</b>	-11
	B	45	-0,80	0,12	-0,92	-0,86	-39
							<b>-50</b>
<u>Tuuli päättyyn</u>							
Vaikutus päättyyn	D	54	0,75	-0,14	0,89	0,84	
	E	54	-0,41	0,14	-0,55	-0,52	
					1,44	<b>1,35</b>	<b>73</b>
Vaikutus pitkälle sivulle	A	9	-1,20	0,14	-1,34	<b>-1,26</b>	-11
	B	36	-0,8	0,14	-0,94	-0,88	-32
	C	20	-0,50	0,14	-0,64	-0,60	-12
							<b>-55</b>

## Katto

Harjakattoon vaikuttavat painekertoimet saadaan jakamalla katto vyöhykkeisiin F...J kuvan 2 osoittamalla tavalla. Harjan korkeus  $h$  maanpinnan tasosta määrittää nopeuspaine kertoimen  $z_0$ . Ulkoisen paineen pystyprofiili voidaan olettaa vakioksi, koska rakennuksen harjakorkeus  $h$  on pienempi kuin sen leveys  $b$  (RIL 2011, 145). Suositusarvot harjakattoisen rakennuksen ulkoisen paineen kertoimille saadaan teoksen RIL (2011, 152–153) taulukosta 7.4a ja 7.4b.



Kuva 2. Harjakaton vyöhykekaavio (RIL 2011, 151).

Merkittävin kuorma ( $1,45 \text{ kN/m}^2$  nostetta) syntyy päädyn harjavyöhykkeelle G, kun tuuli osuu kohtisuoraan päätyä vasten. Vastaavasti tuulen puoleisen lappeen alaosaan F ja

G muodostuu merkittävin kuorma ( $0,77 \text{ kN/m}^2$ ) tuulen ollessa kohtisuoraan pitkää sivua vasten. Räystäissä ja räystään kulmissa räystään alapintaan vaikuttava paine on yhtä suuri kuin räystäääseen välittömästi liittyvän pystyseinän vaikuttava paine. Räystään alapintaan vaikuttava paine on yhtä suuri kuin vesikattoa varten määriteltyn vyyöhykkeeseen vaikuttava paine. (RIL 2011, 143.) Eritellyt tulokset kohderakennuksen katto-vyyöhykkeiden painekuormista on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Tuulen nopeuspaine ja kokonaisvoima katolle vyyöhykkeittäin.

Tuulen nopeuspaine	$q_p(z)$	0,94 $\text{kN/m}^2$						
		Vyyöhyke	Pinta-ala	Painekertoimet			Nopeus-	Kokonais-
		$\text{m}^2$	$C_{pe}$	$C_{pi}$	resultantti	$C_p$	paine	voima
							$\text{kN/m}^2$	$\text{kN}$
<b>Katto, lapekulma <math>\alpha = 35^\circ</math></b>								
<u>Tuuli pitkälle sivulle</u>								
	<b>F</b>	4	0,70	-0,12	0,82		<b>0,77</b>	3
	<b>G</b>	10	0,70	-0,12	0,82		<b>0,77</b>	8
	<b>H</b>	42	0,47	-0,12	0,59		0,55	23
	<b>I</b>	42	0,00	-0,12	0,12		0,11	5
	<b>J</b>	19	0,00	-0,12	0,12		0,11	2
								<b>41</b>
<u>Tuuli päättyyn</u>	<b>F</b>	2	-1,10	0,14	-1,24		-1,17	-2
	<b>G</b>	2	-1,40	0,14	-1,54		<b>-1,45</b>	-3
	<b>H</b>	15	-0,83	0,14	-0,97		-0,91	-14
	<b>I</b>	42	-0,50	0,14	-0,64		-0,60	-25
<b>Räystäät</b>								<b>-44</b>
<u>Tuuli pitkälle sivulle</u>	alaspäin	9			0,91		0,86	<b>8</b>
	ylöspäin	9			-0,82		-0,77	<b>-7</b>
<u>Tuuli päättyyn</u>	alaspäin	6			0,89		0,84	<b>5</b>
	ylöspäin	6			-1,54		-1,45	<b>-9</b>

Painekertoimilla saatuja tuloksia voidaan verrata kokonaistuulivoimalaskennan tuloksiin. Tulokset eivät yleensä täysin täsmää, koska menetelmät on kehitetty eri käyttötarkoituksista varten. Suuruusluokan oikeellisuuden tarkastamisessa vertailua voidaan kuitenkin käyttää. Kun tuuli on pitkälle sivulle, kokonaistuulivoimaksi tulee 141 kN, mikä on vastaava kuin painekertoimilla laskettu tulos<sup>5</sup>. Kun tuuli on kohtisuoraan rakennuksen päätä vasten, kokonaistuulivoima antaa tuloksen 59 kN ja painekertoimet 73 kN<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> Kattopinta-alat on laskettu ns. "tuulen näkemänä", jolloin tulokset voi laskea suoraan yhteen: seinät 92 kN + katto 41 kN + räystäät 8 kN = 141 kN.

<sup>6</sup> Kun tuuli on rakennuksen päädystä, "tuulen näkemää" kattopinta-alaa ei ole, joten vektorisummassa sen vaikutus tulkitaan nolllaksi.

## 5 MUUT KUORMAT

### 5.1 Rakenteiden paino

Ylä-, väli- ja alapohjarakennekerroksista muodostuva paino esitetään liitteessä 8. Vesikate on muodoltaan ristimallinen harjakatto, jonka kantavina rakenteina ovat kurkihirret. Yläpohjan rakennekerrosten paino on  $0,63 \text{ kN/m}^2$ .

Välipohjarakenteen suunnitteluhaasteena on saada aikaan mahdollisimman toimivat askel- ja ilmaäänieristys. Äänieristävyydeltään rakenne toimii massalain mukaisesti aina paremmin, mitä painavampi pintalaatta askeläänieristeen päälle voidaan laittaa. Samaan aikaan täytyy kuitenkin ottaa huomioon, ettei kantavan rakenteen resonanssi-ilmiö muodostu häiritseväksi.

Parhaiten resonanssi-ilmiöön voidaan vaikuttaa lisäämällä kantavan palkiston korkeutta; jäyhyys kasvaa kolmanteen potenssiin korkeuden kasvaessa. Suunnittelukohteessa kantavan rakenteen korkeutta ei kuitenkaan haluta kasvattaa yli 200 mm, joten vaihtoehdoksi jää haarukoida välipohjan pintalaatalle kantavaan rakenteeseen nähden sopiva paino. Tällaiseksi muodostui  $1,20 \text{ kN/m}^2$ .

Alapohjan paino on välipohjaa hieman suurempi,  $1,26 \text{ kN/m}^2$ , mikä johtuu lattialämmitystä varten valettavasta pintalaatasta ja alapuolisen autosuojan palomääräysten vaatimuksista.

### 5.2 Hyötykuormat

Suomessa käytettäviä asuinrakennuksen kuormia ovat

- välipohjat ja portaat  $2,0 \text{ kN/m}^2$
- parvekkeet  $2,5 \text{ kN/m}^2$
- pistekuorma  $2,0 \text{ kN}$ .

Kaiteiden ja väliseinien vaakakuormana käytetään  $0,5 \text{ kN/m}$ . Kaiteiden vaakakuorman oletetaan vaikuttavan käsijohteen korkeudella. Autosuojan hyötykuormina käytetään

- välipohja  $2,5 \text{ kN/m}^2$
- portaat  $3,0 \text{ kN/m}^2$
- pistekuorma  $20 \text{ kN}$ ,

kun ajoneuvon kokonaispaino  $< 30 \text{ kN}$ . (RIL 2011, 67–68, 81–84.)



## 6 RAKENTEIDEN MITOITUSMENETELMÄT

### 6.1 Kuormitusyhdistelyt

Puurakenteiden suunnitteluohjeen (RIL 2009, 189–191) mukaan rakenteen kestävyyttä tarkasteltaessa mitoituskuorma lasketaan murtorajatilassa aikaluokittain seuraavasti:

pysyvä aikaluokka  $1,35G_{kj}$

keskipitkä aikaluokka  $1,15G_{kj} + 1,5Q_{k,1} + 1,05Q_{k,2}$

hetkellinen aikaluokka  $\max \left\{ \begin{array}{l} 1,15G_{kj} + 1,5Q_{k,t} + 1,5Q_{k,1} + 1,05Q_{k,2} \\ 1,15G_{kj} + 0,9Q_{k,t} + 1,5Q_{k,1} + 1,05Q_{k,2} \end{array} \right\}$

missä

$G_{kj}$  pysyvien kuormien ominaisarvo  
 $Q_{k,t}$  tuulikuorman ominaisarvo  
 $Q_{k,1}$  lumi- ja hyötykuorman ominaisarvoista suurempi  
 $Q_{k,2}$  lumi- ja hyötykuorman ominaisarvoista suurempi.

Jos pysyvien kuormien yhteisvaikutus lisää rakenteen kestävyyttä, pysyvien kuormien ominaisarvo  $G_{kj}$  kerrotaan luvun 1,5 sijaan kertoimella 0,9. Palomitoituksen osalta käytetään onnettomuustilanteen kuormitusyhdistelyä

$$\max \left\{ \begin{array}{l} G_{kj} + 0,5Q_{k,l} + 0,3Q_{k,h} \\ G_{kj} + 0,2Q_{k,l} + 0,3Q_{k,h} + 0,2Q_{k,t} \end{array} \right\}$$

missä

$Q_{k,l}$  lumikuorman ominaisarvo  
 $Q_{k,h}$  hyötykuorman ominaisarvo.

Jäykistemitoituksessa käytetään rakenteen staattisen tasapainon osoittamiseen (RIL 2009, 25) mukaan kuormitusyhdistelmäusekettä

$$1,1G_{kj,sup} + 0,9G_{kj,inf} + 1,5Q_{k,1} + 1,5 \sum_{i>1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

missä

$G_{kj,sup}$  epäedullinen osuus kuorman ominaisarvosta  
 $G_{kj,inf}$  edullinen osuus kuorman ominaisarvosta  
 $Q_{k,1}$  määräävän muuttujan kuorman ominaisarvo  
 $\psi_{0,1}$  kuorman yhdistelykerroin.

## 6.2 Mitoitusmenetelmät

### 6.2.1 Yleistä

Puurakenteiden mitoitus on tehty Eurokoodin 5:n (EN 1995-1-1), sen täydennysosan (EN 1995-1-1/ A1:2008), näiden kansallisten liitteiden sekä RIL 205-1-2009 -suunnitteluohjeen mukaisesti. Laskenta on rakennettu sekä Mathcadille että taulukkolaskentapohjalle.

Staatistien mallien piirtoon, moniaukkoisten palkkien laskentaan ja laskelmien tarkistukseen soveltuvilta osin on käytetty Finnwood 2.3 SR1-ohjelmistoa (Metsä Wood 2017).

Kaikki mitoituksessa käytetty sahatavara on ominaislujuusluokaltaan C24. Poikkeuksen tekee välipohjan primääripalkki ja kurkihirsi, jotka mitoitetaan liimapuun GL28c lujuusparametrien perusteella. Ominaislujuudet, jäykkyysominaisuudet ja tiheydet löytyvät esimerkiksi puurakenteiden suunnitteluohjeesta (RIL 2009, 47–48).

### 6.2.2 Palkkien mitoitus

Murtorajatilassa (MRT) palkin taivutusjäännitys on yleensä mitoittava. Ensin ratkaistaan palkin pituuden ja voimien perusteella suurin taivutusmomentti. Päistään tuetulla tasaisesti kuormitetulla palkilla taivutusmomentin maksimi saadaan kaavalla

$$M_{max} = \frac{P_d L^2}{8},$$

missä

$M_{max}$	taivutusmomentin maksimi [kNm]
$P_d$	kuormitusyhdistelyn suunnitteluarvo [kN/m]
$L$	palkin pituus [m].

Kaava 10. Taivutusmomentin maksimi tasaiselle kuormalle (Karhunen ym. 1993, 86).

Myös kaksiaukkoisen palkin momentin maksimin voi laskea samalla lausekkeella. Momentin maksimi tulee keskipilarin kohdalle pistemomenttina, minkä arvo on sama kuin yksiaukkoisen palkin momentin maksimi kentässä. Keskeiselle pistekuormalle momentin maksimi saadaan kaavalla

$$M_{max} = \frac{FL}{4},$$

missä

$F$  voima [kN]  
 $L$  palkin pituus [m].

Kaava 11. Momentin maksimi keskeiselle pistekuormalle (Järvenpää 2014, 397).

Taivutusmomentin ratkaisun jälkeen käytetään hyväksi taivutusjännityksen ja taivutusvastuksen välistä yhteyttä. Taivutusjännitys saadaan kaavalla

$$\delta = \frac{M_d}{W},$$

missä

$\delta$  taivutusjännitys  
 $M_d$  taivutusmomentin suunnitteluarvo  
 $W$  taivutusvastus.

Kaava 12. Taivutusjännitys (Karhunen 1993, 94).

Suorakaiteen muotoisen profiilin taivutusvastus saadaan kaavalla

$$W = \frac{bh^2}{6},$$

missä

$b$  profiilin leveys [mm]  
 $h$  profiilin korkeus [mm].

Kaava 13. Suorakaideprofiilin taivutusvastus (Tekniikan kaavasto 2005, 144).

Taivutusvastuksen osatekijät sijoitetaan taivutusjännityksen lausekkeeseen ja merkitään se yhtä suureksi kuin suurin sallittu taivutuslujuuden suunnitteluarvo  $f_{m,d}$  seuraavasti:

$$\delta = \frac{M_d}{W} = \frac{M_d}{\frac{bh^2}{6}} = f_{m,d}.$$

Tämän jälkeen yhtälöstä voidaan ratkaista profiilin korkeus

$$h_{min} = \sqrt[2]{\frac{M_d 6}{f_{m,d} b}}.$$

Kun profiilin dimensiot on taivutusmomentin osalta saatu ratkaistua, tarkastetaan, ettei leikkausjännityksen mitoitusarvo  $\tau_d$  ylitä sallittua puun leikkauslujuuden suunnitteluarvoa  $f_{v,d}$ ,

$$\tau_d \leq f_{v,d}.$$

Ennen kuin leikkausjännitys on ratkaistavissa, täytyy tuntea kappaleeseen kohdistuva leikkausvoima. Leikkausvoiman  $V_d$  suunnitteluarvo 2-niveltukiselle tasaisesti kuormitetulle palkille saadaan kaavalla

$$V_d = \frac{P_d L}{2},$$

ja keskeisesti pistekuormitetulle palkille

$$V_d = \frac{P_d}{2}.$$

Kaava 14. Leikkausvoima tasaisesti- ja pistekuormitetulle palkille (Järvenpää 2014, 397).

Leikkausjännityksen suurin arvo suorakaidepoikkileikkaukselle saadaan kaavalla

$$\tau_{max} = \frac{3V_d}{2bh}.$$

Kaava 15. Leikkausjännityksen suurin arvo (Karhunen ym. 1993, 101).

Huomattavaa on, että käyttöluokkaan 1 kuuluvien sahatavara- ja liimapuupalkkien leikkausmitoituksessa käytetään profiilin leveytenä kertoimella 0,67 pienennettyä leveyttä  $b_{ef} = 0,67b$  (RIL 2009, 210).

Profiilin käyttöaste saadaan vertaamalla muodostuneen jännitysten arvoa puun lujuuden suunnitteluarvoihin. Leikkausjännityksen osalta käyttöaste

$$u_V = \frac{\tau_{max}}{f_{v,d}} \times 100.$$

Käytännössä mitoittavana tekijänä useimmiten on kuitenkin suurin sallittu taipuma. Taipumatarkastelu tapahtuu käyttörajatilassa (KRT), jolloin käytetään kuormien ominaisarvoa mitoitusarvon sijaan.

Tasaisesti kuormitetulle palkille hetkellinen taipuma  $w_{inst}$  saadaan kaavalla

$$w_{inst} = \frac{5}{384} \frac{qL^4}{EI}$$

missä

q	kuormien ominaisarvo [kN/m]
L	palkin pituus [mm]
E	kimmokerroin [N/mm <sup>2</sup> ]
I	jäyhyysmomentti [mm <sup>4</sup> ].

Kaava 16. Hetkellinen taipuma tasaisesti kuormitetulle palkille (Järvenpää 2014, 396).

Suorakaiteen muotoisen palkin jäyhyysmomentti saadaan kaavalla

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

Kaava 17. Suorakaidepalkin jäyhyysmomentti (Järvenpää 2014, 390).

Hetkellisen taipuman lisäksi täytyy laskea viruman ja mahdollisen esikorotuksen vaikutus taipumaan. Kokonaistaipuma saadaan kaavalla

$$w_{fin} = \max \left\{ \begin{array}{l} (1 + k_{def})w_{inst,G} + (1 + 0,2k_{def})w_{inst,lumi} + (0,7 + 0,3k_{def})w_{inst,hyöty} \\ (1 + k_{def})w_{inst,G} + (1 + 0,2k_{def})w_{inst,hyöty} + (0,7 + 0,3k_{def})w_{inst,lumi} \end{array} \right.$$

missä

$k_{def}$	virumaluku
$w_{inst,G}$	pysyvän kuorman aiheuttama hetkellinen taipuma [mm]
$w_{inst,lumi}$	lumikuorman hetkellinen taipuma [mm]
$w_{inst,hyöty}$	hyötykuorman hetkellinen taipuma [mm]

Kaava 18. Kokonaistaipuma (RIL 2009, 191).

Virumaluku  $k_{def}$  on sahatavaralle ja pyöreälle puulle 0,6 käyttöluokassa 1 ja 0,8 käyttöluokassa 2 (RIL 2009, 191).

### 6.2.3 Pilareiden mitoitus

Pilarit ovat puristettuja sauvoja, joiden mitoituksessa tarkastellaan niiden nurjahdus-alttiutta. Tähän on koottu suunnittelutapauksen kannalta olennainen tarkastelu Puurakenteiden suunnitteluohjeen (RIL 2009, 73–76) mukaan. Suunnittelukohteessa puristussauvojen nurjahduspituus  $L_c$  saadaan kaavalla

$$L_c = 1,0 \times a,$$

missä sauva on poikittaistuettu nurjahduksen suunnassa välein  $a$ . Sauvan hoikkuusluku suuntaan  $z$  saadaan kaavalla

$$\lambda_y = \frac{L_{c,z}}{i_y},$$

missä

$L_{c,z}$  nurjahduspituus  $z$ -akselin suuntaisessa nurjahduksessa  
 $i_y$  poikkileikkauksen jäyhyyssäde  $y$ -akselin suhteen.

Kaava 19. Sauvan hoikkuusluku (RIL 2009, 73).

Suorakaidepoikkileikkauksella poikkileikkauksen jäyhyysräde  $y$ -akselin suhteen saadaan kaavalla

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{bh^3}{bh12}} = \frac{h}{\sqrt{12}}.$$

Kaava 20. Suorakaidepoikkileikkauksen jäyhyysräde (RIL 2009, 73).

Tämän jälkeen määritetään sauvan muunnettu hoikkuus  $\lambda_{rel,y}$   $y$ -akselin suhteen (suuntaan  $z$ ) kaavalla

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}.$$

Kaava 21. Puristetun sauvan muunnettu hoikkuus (RIL 2009, 74).

Nurjahduskerroin  $k_{c,y}$  saadaan

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} \leq 1,$$

missä

$$k_y = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2)$$

ja  $\beta_c$  on sauvan alkukäyrydestä riippuva kerroin.

Kaava 22. Nurjahduskerroin (RIL 2009, 76).

Sauvan alkukäyryden arvona käytetään sahatavaralle 0,2 ja liimapuulle 0,1.

Vastaavasti määritellään y-suuntainen nurjahduksen hoikkuusluku  $\lambda_z$ , muunnettu hoikkuus  $\lambda_{rel,z}$  ja nurjahduskerroin  $k_{c,z}$ .

Seuraavana tehtävänä on tarkastaa, että puristussauva täyttää seuraavat ehdot:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y}f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

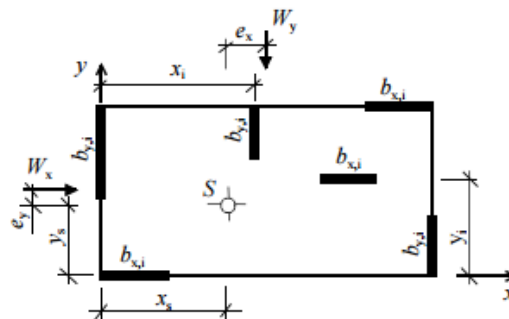
$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z}f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1.$$

Suorakaidepoikkileikkaukselle  $k_m$ -kertoimen arvona käytetään 0,7. Jos sekä  $\lambda_{rel,z} \leq 0,3$  että  $\lambda_{rel,z} \leq 0$ , ehtoina käytetään RIL 2009 -teoksen kaavoja 6.19 ja 6.20.

### 6.2.4 Jäykistemitointus

Rakennuksen jäykistyksellä huolehditaan siitä, että rakennuksen vaakasuuntaiset voimat viedään hallitusti perustuksille. Yksittäisten rakenteiden jäykistyksessä huolehditaan, että ne eivät nurjahda tai menetä stabiiliuttaan.

Jäykistysmitoitus aloitetaan tarkastelemalla, mitkä ikkuna-aukottomat ehjät seinämät voivat ottaa horisontaalisia kuormia vastaan ja siirtää nämä perustuksille. Jäykisteseinämän jäyhyys kasvaa kolmanteen potenssiin seinämän pituuden kasvaessa, jolloin sen kyky vastaanottaa ja siirtää kuormia kasvaa vastaavasti. Etuna siis on, että seinämät ovat mahdollisimman pitkiä. Seinämien tulisi sijaita symmetrisesti, jottei syntyisi epäsymmetriasta johtuvaa vääntöä. Käytännössä arkkitehtoniset ratkaisut rajoittavat jäykisteiden sijoittelua, ja epäsymmetriasta muodostuva vääntö otetaan vastaan välipohjan levytyksellä, jonka välityksellä se siirtyy jäykisteseinämiltä perustuksille. Jäykisteseinämien laskenta on esitetty kuvassa 3.



$x_s = \frac{\sum b_{yi} x_i}{\sum b_{yi}}$	$y_s = \frac{\sum b_{xi} x_i}{\sum b_{xi}}$
$s_{xi} = (x_i - x_s)$	$s_{yi} = (y_i - y_s)$
Tuulen suunta $W_x$ :	Tuulen suunta $W_y$ :
$H_{xi} = \frac{b_{xi}}{\sum_j b_{xj}} W_x + \frac{W_x e_y s_{yi} b_{xi}}{\sum_j b_{xj} s_{yj}^2 + \sum_j b_{yj} s_{xj}^2}$	$H_{xi} = \frac{W_y e_x s_{yi} b_{xi}}{\sum_j b_{xj} s_{yj}^2 + \sum_j b_{yj} s_{xj}^2}$
$H_{yi} = \frac{W_x e_y s_{xi} b_{yi}}{\sum_j b_{xj} s_{yj}^2 + \sum_j b_{yj} s_{xj}^2}$	$H_{yi} = \frac{b_{yi}}{\sum_j b_{yj}} W_y + \frac{W_y e_x s_{xi} b_{yi}}{\sum_j b_{xj} s_{yj}^2 + \sum_j b_{yj} s_{xj}^2}$

Kuva 3. Jäykisteet ja laskentakaavat (VTT 2006,35).



## 7 SUUNNITTELUKOHTEN MITOITUS

### 7.1 Yläpohja

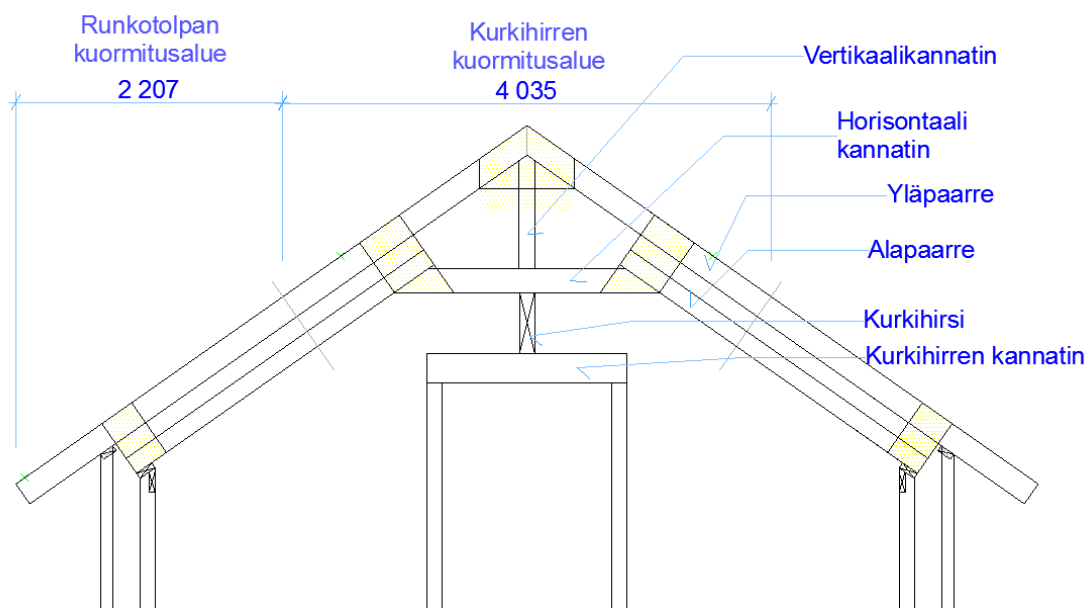
#### 7.1.1 Raakaponttilaudoitus

Raakaponttilautana käytetään vakiomittaista 23 \* 95 mm lautaa. Laudan vahvuus määrittää suositellun tukivälin. Kattotuolijakona käytetään k 900. Katetyyppinä on perinteinen kolmiorimakate. Kattokaltevuus on 35 astetta (>1:3), jolloin bitumikate voidaan asentaa ilman aluskermiä. (RTS 06:39.)

#### 7.1.2 Ylä- ja alapaarre

Yläpohja on muodoltaan ristimallinen harjakatto, jonka kantavana primäärirakenteena on kurkihirsi. Yläpohjan eristepaksuus on 500 mm. Ylityspituus kurkihirreltä seinälle on lyhyt ( $L_x = 3\ 137\ \text{mm}$ ), minkä takia kurkihirren ja seinän välille tulevaa kattopalkistoa ei kannata rakentaa ristikkorakenteisena. Ajatuksena on, että yläpaarre kantaa kattokuormat (lumi ja tuuli) ja erillinen alapaarre eristeiden ja sisäkaton painon. Etuna on tällöin, että eristekerrokseen ei tule diagonaaleista johtuvia läpivientejä eristekerrokseen, jotka heikentävät rakenteen eristävyyttä. Myös puhallusvillan levittäminen diagonaaleista vaapaaseen onteloon on helpompaa.

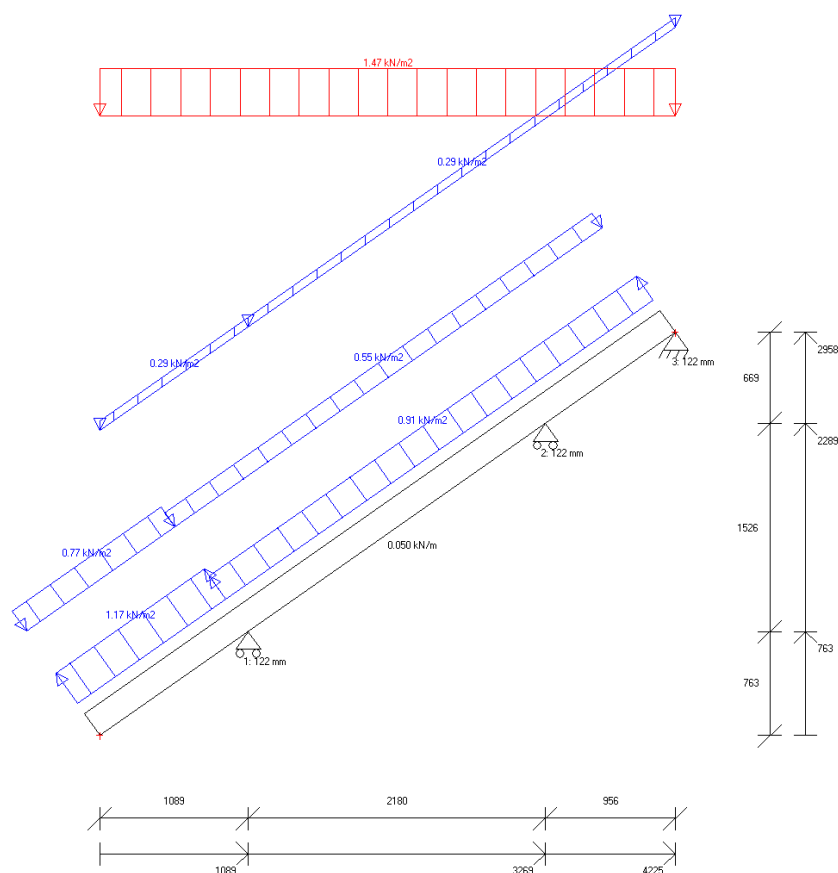
Jotta yläpohjaeristetilaan muodostuisi ryömintätila, rakennuksen päälaivaan asennetaan kitapuu kurkihirren päälle (horisontaalikannatin) kuvan 4 mukaisesti.



Kuva 4. Kattotuolirakenne ja kurkihirren sekä runkotolpan kuormitusalue.

Kuvassa 5 on esitetty yläpaarteeseen kohdistuvat kuormat. Ominaiskuormina lumi-kuorma on  $1,47 \text{ kN/m}^2$ , rakenteen omapaino  $0,29 \text{ kN/m}^2$ , tuulikuorma kentässä alaspäin  $0,55 \text{ kN/m}^2$  ja kentässä ylöspäin  $0,91 \text{ kN/m}^2$ . Räystäälle kohdistuvat tuulikuormat ovat  $1,17 \text{ kN/m}^2$  ylöspäin ja  $0,77 \text{ kN/m}^2$  alaspäin. Perustelut näiden kuormien muodostumiselle on esitetty luvuissa 4 ja 5. Merkittävimmäksi kuormitusyhdistelyksi tulee tilanne, jossa lumikuorma on pääkuormana: päälumi  $1,5$ , omapaino  $1,15$  ja tuuli  $0,9$

Suunniteltu räystään pituus on  $700 \text{ mm}$ . Räystään pituus on kuvassa kuitenkin  $1089 \text{ mm}$ . Ero johtuu siitä, että kantava runko on seinän sisäpinnassa. Eristeet ja ulkoverhous muodostavat näiden erotuksen olevan noin  $389 \text{ mm}$ :n kerroksen.



Kuva 5. Yläpaarteeseen kohdistuvat kuormat.

Yläpaarteiden poikkileikkaukseksi riittää 50 \* 150 palkki, jolloin kokonaiskäyttöaste on 99,2 %. Jatkossa katolle saattaa olla tarvetta asentaa esimerkiksi uusiutuvaan energiatekniikkaan liittyviä rakenteita, jolloin palkki on parempi mitoittaa seuraavalla rakentajan käytettävissä olevalla 50 \* 200 profiililla. Murtorajatilassa merkittävin jännitys yläpaarteeseen syntyy seinän kohdalla olevalla tuella, johon muodostuu pistemäinen momentti. Kuten yleensä, kokonaiskäyttöasteen määrittää kuitenkin taipuma. Sen käyttöaste on 45 prosenttia.

Alapaarteiden tehtävänä on kantaa palkin oman painon lisäksi ainoastaan eristeiden ja yläpohjan sisäverhoilun paino. Kuormaksi muodostuu näin 0,35 kN/m<sup>2</sup> (liite 15). Koska muita kuormia ei ole, merkittävimmäksi kuormitusyhdistelyksi tulee tapaus, jossa rakenteen omapainon kertoimena on 1,35. Suunnittelukuorma  $g_d$  on tällöin 0,47 kN/m<sup>2</sup>.

Alapaarteiden profiiliksi käytetään 50 \* 150 sahatavara. Mitoittavaksi tekijäksi muodostuu taipuma. Kokonaiskäyttöaste jää varsin alhaiseksi, 39 prosenttiin. Pykälää pienemmällä

sahatavaralla 50 \* 125 rakenteen toteuttaminen olisi mahdollista. Positiivista ylimitoituksessa on, että rakenteeseen voi huoletta ripustaa erilaisia sisustukseen liittyviä taakkoja.

### 7.1.3 Kattotuolin vertikaali- ja horisontaalikannatin

Kattotuolin vertikaali- ja horisontaalikannattimet jakavat kattokuormat kurkihirrelle (ks. kuva 4). Kuormitusalueen pituus on noin 4 metriä. Kattotuolijakona käytetään k900. Kurkihirrelle kohdistuvan kuormituksen pinta-ala on näin noin 3,6 m<sup>2</sup>.

Ulkoisista kattokuormista puolet (= 1,8 m<sup>2</sup>) kohdentuu vertikaalikannattimelle, jolloin merkittävimmällä kuormitusyhdistelyllä suunnittelukuormaksi tulee

$$1,8\text{m}^2 * (1,5*1,47 \text{ kN/m}^2 + 1,15*0,29 \text{ kN/m}^2 + 0,9*0,55\text{kN/m}^2) = 5,5 \text{ kN.}$$

Vertikaalikannattimeksi riittää esimerkiksi runkotolppana käytetty 50 \* 125 profiili.

Horisontaalikannattimeen kohdentuu yläpaarteen kuormien lisäksi eristeiden ja sisäverhoilun paino 0,35 kN/m<sup>2</sup>, jolloin palkin keskelle kurkihirttä vasten kohdistuvaksi piste-mäiseksi suunnittelukuormaksi tulee yhteensä

$$3,6 \text{ m}^2 * 1,15 * 0,35 \text{ kN/m}^2 + 5,5 \text{ kN} = 7,0 \text{ KN.}$$

Horisontaalikannattimena käytetään 50 \* 200 profiilia. Käyttöaste on 65 %.

### 7.1.4 Kurkihirsi

Kurkihirsi muodostuu 3-aukkoisesta palkista, jonka ylityspituudet ovat 5 m, 2 m ja 5 m. Kuormitusalueen leveys on noin 4 metriä. Lumikuorma 1,47 kN/m<sup>2</sup> ja rakenteiden paino 0,64 kN/m<sup>2</sup> kohdentuvat tälle alalle. Tuulikuorma neliölle saadaan tuulenpuoleisen lappeen (vyöhyke H) ja suojan puoleisen lappeen (vyöhyke J ja I) tuulen nopeuspaineen keskiarvona 0,33 kN/m<sup>2</sup>.

Palkki mitoitetaan esimerkiksi GL28c-liimapalkkina, jolloin profiilin kooksi riittää 115 \* 495 palkki. Mitoittavaksi tekijäksi muodostuu leikkausvoima 77%:n käyttöasteella, kuormitusyhdistelyllä 1.15 \* omapaino + 1.50 \* lumikuorma.

### 7.1.5 Kurkihirren kannatin

Kurkihirsi tukeutuu rakennuksen päädyissä pukin varaan. Kurkihirren kannatinpalkille (ks. kuva 3) tulee taulukon 7 mukaiset kuormat. Palkki mitoitetaan GL28c-liimapalkkina, jolloin profiilin kooksi soveltuu 140 \* 225 palkki. Mitoittavana tekijänä on leikkausjännitys 73 %:n käyttöasteella.

Taulukko 7. Kurkihirren kannatinpalkin kuormat.

		Ominais- kuorma kN/m <sup>2</sup>	Kuormitus- alue m <sup>2</sup>	Kokonais kuorma kN
Lumikuorma	$q_{\text{lumi}}$	1,47	14,8	21,8
Tuulikuorma	$q_{\text{tuuli}}$	0,55	12	6,6
	$q_{\text{tuuli, räystä}}$	0,86	2,8	2,4
Vesikatto	$g_{\text{yp1}}$	0,33	14,8	4,9
Yläpohjan eristeet	$g_{\text{yp2}}$	0,37	10	3,7
Kurkihirren paino	$g_{\text{yp3}}$			0,9
Yhteensä				<b>40,3</b>

## 7.2 Väli- ja alapohja

### 7.2.1 Väli- ja alapohjan primääripalkki

Väli- ja alapohjan primääripalkki muodostuu kolmeaukkoisesta palkista, jonka päissä on 400 mm ulokkeet. Ylityspituudet ovat 5,6 m, 2 m ja 3,6 m. Rakennuksen leveys on 6 metriä, jolloin primääripalkille kohdentuva kuormitusalue on 3 metriä leveä. Väli- ja alapohjan paino on 1,21 kN/m<sup>2</sup> (liite 15) ja hyötykuormana 2 kN/m<sup>2</sup>. Palkki mitoitetaan GL28c-liimapalkkina, jolloin profiilin kooksi riittää esimerkiksi 215 \* 450 palkki.

Mitoitus liittyy keskeisesti askeläänieristykseen, minkä takia murtorajatilassa ja taipumamitoituksen osalta käyttöaste jää varsin alhaiseksi. Murtorajatilassa mitoittavana tekijänä on leikkausvoima 39 %:n käyttöasteella. Taipuman käyttöaste on 35%:n pisimmällä jännevälillä.

### 7.2.2 Välipohjan sekundääripalkki

Samoin kuin primääripalkin osalta, välipohjan sekundääripalkkien mitoitus liittyy askeleenimitoitukseen. Palkisto mitoitetaan 50 \* 200 profiililla palkkijaolla k400, jolloin käyttöaste on taivutusjännityksen osalta 55% ja taipuman osalta 40%.

### 7.2.3 Ikkunan ylityspalkki seinällä

Välipohja tuetaan seinällä runkopilareihin kiinnitetyn palkin päälle. Pisin ylitys muodostuu ikkunan ylityksistä 1 300 mm. Kuormitusalueen pituudeksi tulee sisärunkopilarin (125 \* 125) keskeltä keskelle mitattuna 1 425 mm. Välipohjasta muodostuvan kuormitusalueen leveys on 1 500 mm.

Välipohjasta aiheutuvien kuormien lisäksi ikkunan ylityskohdalle pitää laskea sisärunkotolppien väliin tulevan kevytsaviseinän paino. Seinän paksuus on 125 mm. Kevytsaven ominaispaino on 300...1 200 kg/m<sup>3</sup> riippuen saven ja orgaanisen aineen suhteista seoksessa. Tässä tapauksessa suunnitteluarvona käytetään 700 kg/m<sup>3</sup>. Palkille kohdentuvat kuormat on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Ikkunan ylityspalkille kohdentuvat kuormat.

		Ominais- kuorma kN/m <sup>2</sup>	Kuormitus- alueen leveys m	Viiva- kuorma kN/m	Kuormitus- yhdistely	Suunnittelu- kuorma kN/m
Hyötykuorma	$q_{hyöty}$	2	1,5	3	1,5	4,5
Kevytsaviseinän paino	$g_{seinä}$	1,17	1,5	1,75	1,15	2,0
Rakenteen paino	$g_{op}$	1,21	1,5	1,815	1,15	2,1
		<b>4,4</b>		<b>6,6</b>		<b>8,6</b>

Kun palkkina käytetään samaa materiaalia kuin runkotolpissa (125 \* 125 piiru) kokonaiskäyttöaste on 50%. Mitoittavana tekijänä on taivutusjännitys.

### 7.2.4 Alapohjan sekundääripalkki

Alapohja sekundääripalkkisto tukeutuu perusmuuriin ja talon kellarikerroksen halki kulkevaan betoniseen primääripalkkiin. Koska kellarikerrokseen rakennetaan autosuoja, alapohjan primääripalkiston mitoituksessa täytyy ottaa huomioon palomitoitus.

Alapohjan paino on  $1,26 \text{ kN/m}^2$  (liite 15) ja hyötykuorma  $2,0 \text{ KN/m}^2$ . Sekundääripalkkisto mitoitetaan  $75 * 200$  profiililla palkkijaolla k600, jolloin sen käyttöaste taivutusjännityksen osalta on 45% ja taipuman 34%.

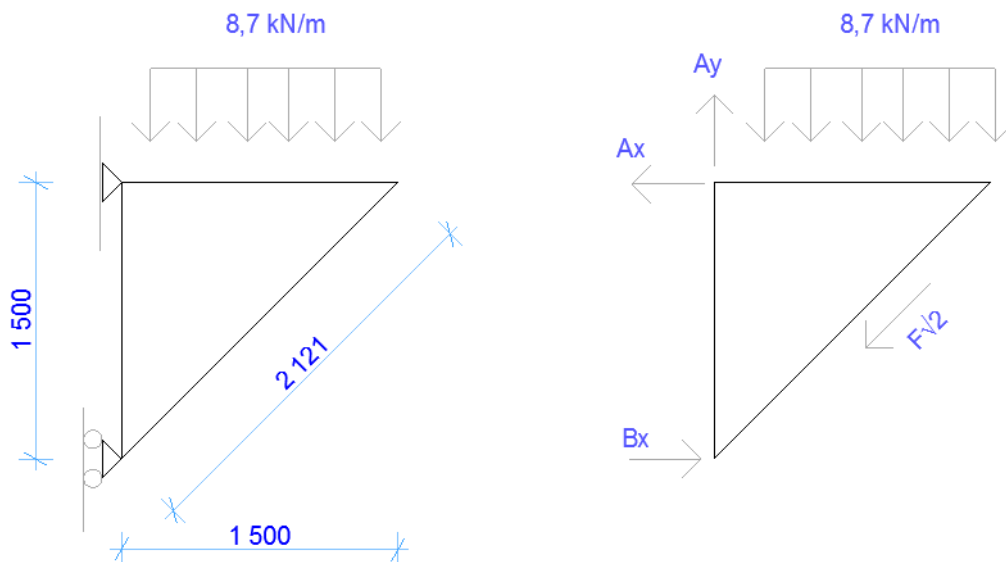
### 7.3 Parveke

Parveke tukeutuu kurkihirttä kantaviin pilareihin, joihin tulee tämän takia muiden kuormien lisäksi pysty- ja vaakavoimia. Parvekkeen pinta-ala on  $1,5 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 4,5 \text{ m}^2$ . Sen tukirakenteena on kaksi  $45^\circ$ :een kulmassa olevaa diagonaalitukea. Yhdelle diagonaalille kohdentuvat viivakuormat ovat taulukokon 9 mukaiset.

Taulukko 9. Parvekkeen diagonaalille kohdentuvat kuormat.

		Ominais- kuorma $\text{kN/m}^2$	Kuormitus- alueen leveys m	Viiva- kuorma $\text{kN/m}$	Kuormitus- yhdistely	Suunnittelu- kuorma $\text{kN/m}$
Hyötykuorma	$q_{\text{hyöty}}$	2,5	1,5	3,75	1,5	5,6
Lumikuorma	$q_{\text{lumi}}$	1,76	1,5	2,64	1,05	2,8
Rakenteen paino	$g$	0,2	1,5	0,3	1,15	0,3
		<b>4,46</b>		<b>6,69</b>		<b>8,7</b>

Rakennetta tarkastellaan staattisesti määrättyinä kuvan 6. mukaisesti.



Kuva 6. Parvekkeen tuennan vapaakappalekuva.

Pystysuuntaisen tukireaktion perusteella

$$\uparrow \sum F_y = A_y - 8,7 \text{ kN/m} \cdot 1,5\text{m} = 0$$

$$A_y = 13,1 \text{ kN.}$$

Momenttiehdosta pisteen B suhteen saadaan

$$M_B = -A_x \cdot 1,5\text{m} + 8,7 \text{ kN/m} \cdot 1,5\text{m} \cdot \frac{1,5\text{m}}{2} = 0$$

$$A_x = 6,5 \text{ kN.}$$

Vaakasuuntaisten tukireaktioiden perusteella

$$\rightarrow \sum F_x = -A_x + B_x = 0$$

$$B_x = 6,5 \text{ kN.}$$



Kuormista puolet ohjautuu suoraan rakennuksen rungolle ja toinen puoli 45 asteen kulmassa olevien diagonaalien välityksellä. Tällöin diagonaaliin vaikuttaa puristava voima  $N$ , jonka suuruus

$$N = F\sqrt{2} = 8,7 \text{ kN/m} \cdot 1,5 \cdot \sqrt{2} = 18,5 \text{ kN}.$$

Diagonaali mitoitetaan 125 \* 125 piirulle, jota muutenkin käytetään työmaalla. Kokonaiskäyttöaste jää 20 prosenttiin.

## 7.4 Runkopilarit

Rakennuksen runko muodostuu sisä- ja ulkorungosta, jossa sisärunko ottaa vastaan rakennuksen katolle muodostuvat lumi- ja tuulikuormat, rakenteiden painon ja hyötykuormat. Ulkorungolle taas kohdistuu vain seinien tuulikuormat ja ulkokuormituksen paino.

### 7.4.1 Sisärunko

Sisärunko suunnitellaan, rakennuttajan toiveesta, harvarunkorakenteena 125 \* 125 piirusta. Yläpohjan kuormien osalta runkopilareiden kuormitusalue on 2,2 metriä leveä. Pisin ylitys muodostuu ikkunan ylityksistä 1,3 m. Kuormitusalueen pituudeksi tulee siis runkopilarin (125 \* 125) keskeltä keskelle mitattuna 1 425 mm. Runkopilarin kuormitusalue yläpohjakuormien osalta on tällöin 3,14 m<sup>2</sup>. Välipohjasta muodostuvan kuormitusalueen koko on 1,5 m \* 1,425 m = 2,13 m<sup>2</sup>. Pisin tukiväli  $a = 3\,000$  mm. Sisärunkopilarille kohdentuvat kuormat on esitetty taulukossa 10.

Taulukko 10. Sisärunkopilarille kohdentuvat ominaiskuormat.

		m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN
Lumi	$q_{\text{lumi}}$	3,14	1,47	4,6
Tuuli	$q_{\text{tuuli}}$	3,14	0,66	2,1
Katon paino	$g_{\text{op}}$	3,14	0,29	0,9
Kevytsaviseinän paino	$g_{\text{seinä}}$			2,5
Välipohjan paino	$g_{\text{op}}$	2,13	1,26	2,7
Välipohjan hyötykuorma	$q_{\text{hyöty}}$	2,13	2,00	4,3
				<b>17,0</b>

Koska sisärungolle ei mitoiteta vaakasuuntaista tuulikuormaa, pilarin (125 \* 125) käyttöaste jää vaatimattomaksi. Se on puristusjännityksen osalta 24 prosenttia.

#### 7.4.2 Ulkorunko

Ulkorunko on tuettu sisärunkoon välipohjan lattiatasossa, jolloin ylityspituus  $a = 3\,000$  mm. Tuulikuorma on  $1,4\text{ kN/m}^2$  ja ulkoverhoilun paino  $0,2\text{ kN}$ , jolloin ulkorunkotolpaksi riittää  $50 * 100$  puutavara k600 pilarijaolla. Käyttöaste on 85 %. Mitoittavana tekijänä on taivutuksen ja puristuksen yhteisvaikutus.

#### 7.4.3 Kurkihirttä kantavat pilarit

Kurkihirsi tukeutuu rakennuksen päädyssä kahteen runkopilarin, joiden välillä on palkki (ks. kuva 4). Pilarille kohdistuvat pystysuuntaiset kuormat on esitetty taulukossa 11.

Taulukko 11. Kurkihirttä kantavan pilarin kuormitusalue ja pystykuormat.

		Ominais- kuorma $\text{kN/m}^2$	Kuormitus- alue $\text{m}^2$	Kokonais- kuorma $\text{kN}$
Lumikuorma	$q_{\text{lumi}}$	1,47	14,8	21,8
Tuulikuorma	$q_{\text{tuuli}}$	0,33	12	4,0
	$q_{\text{tuuli, räystä}}$	0,86	2,8	2,4
Vesikatto	$g_{\text{yp1}}$	0,33	14,8	4,9
Yläpohjan eristeet	$g_{\text{yp2}}$	0,37	10	3,7
Kurkihirren paino	$g_{\text{yp3}}$			0,9
Parveke	$g_{\text{parveke}}$			10,0
Yhteensä				<b>47,6</b>

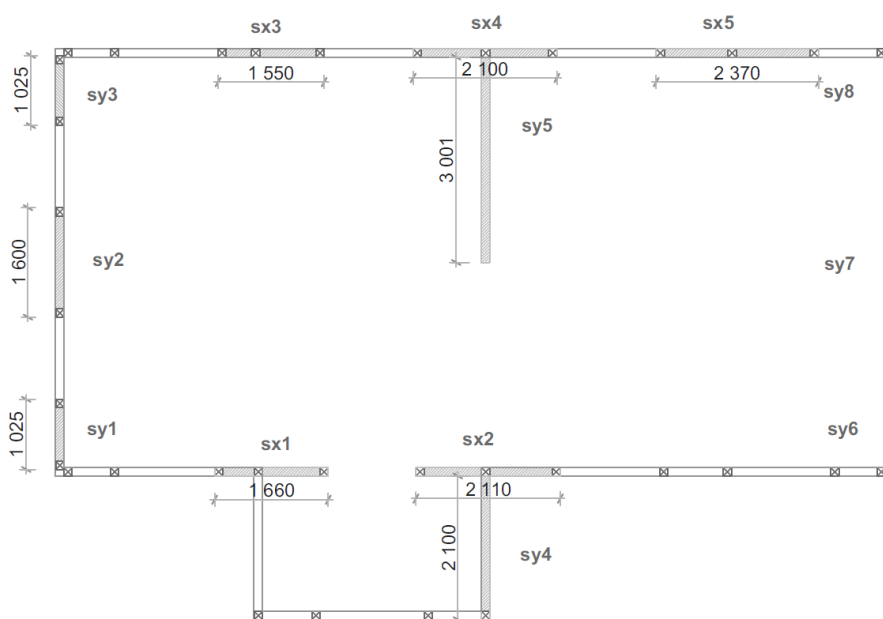
Vaakakuormina tulee parvekkeesta aiheutuvat pistekuormat. Välipohjan korkeudella parveke aiheuttaa  $6,5\text{ kN:n}$  vaakasuuntaisen vetokuorman ja vastaavasti  $1,5\text{ m:n}$  korkeudelle  $6,5\text{ kN:n}$  puristustavan kuorman. Näihin voimiin on laskettu kuormitusyhdistely mukaan. Ilman kuormitusyhdistelyä vaakasuuntaiset kuormat ovat +/-  $5,0\text{ kN}$ .

Välipohjan korkeudella vetokuorma välittyy välipohjan kautta rakennuksen runkoon ja siitä perustuksille, jolloin kurkihirttä kantavaan pilariin ei kyseisessä kohdassa synny taivutusjäännitystä.

Käytännöllisyyden takia kurkihirttä ja parvekettä kantavat pilarit mitoitetaan samasta tavarausta kuin runkopilarit, 125 \* 125 piirusta. Tukivälillä  $a = 1500$  käyttöaste on 116 %. Mitoittavana tekijänä on taivutuksen ja puristuksen yhteisvaikutus. Alimitoitus voidaan kompensoida käyttämällä C30-laatuista puutavaraa, jolloin käyttöaste on 96 %. Käytännöllisintä on kuitenkin kytkeä sisä- ja ulkorunko toisiinsa ristikkorakenteena 45°:n kulmassa naulatuilla diagonaalilautoilla, jolloin kaksinkertaisesta runkorakenteesta muodostuu ristikko, jonka jäykkyys riittää vastaanottamaan parvekkeen aiheuttamat vaakakuormat.

## 7.5 Sisärungon jäykistys

Rakennuksen runkojäykistys on laskettu toimivan pelkästään sisärungon varassa. Jäykisteinä toimivat runkopilareiden väliin diagonaalisesti asennettavat tuet ja niiden väliin valettu kevytsavi (ks. liite 14). Jäykistys on kuitenkin laskettu pelkästään diagonaaleille, koska kevytsaven murtolujuutta ei tunneta. Kuvassa 7 on esitetty jäykisteseinämien sijoittelu.



Kuva 7. Jäykisteseinämien sijoittelu.

Tuulen ominaiskuormalla jäykisteseinämille kohdistuvat voimat ovat luvussa 7.2.3 esitetyllä menetelmällä laskien taulukon 12 mukaiset. Voima  $F_x$  esittää vaakasuuntaisen voiman ja  $F$  diagonaalisesti vaikuttavan voiman.

Taulukko 12. Jäykisteseinille kohdistuvat voimat.

Tuuli pitkälle sivulle [kN]			Tuuli lyhyelle sivulle [kN]		
Seinäma	$F_x$	$F$	Seinäma	$F_x$	$F$
sy1	7,8	18,2	Sx5	5,4	11,8
sy2	19,0	35,2	Sx2	11,6	21,1
sy3	7,8	18,2	Sx3	3,7	8,6
sy4	22,8	<b>40,5</b>	Sx4	9,8	17,8
sy5	22,8	<b>40,5</b>	Sx5	14,4	24,0
sy6	7,8	18,2	Sx5		
sy7	19,0	35,2	Sx5		
sy8	7,8	18,2	Sx5		

Mitoittavana seinämänä toimii seinämä Sy4 ja Sy5, jotka vastaanottavat suurimman diagonaalisen suuntaisen kuorman 40,5 kN. Kun runkojäykisteinä käytetään samaa materiaalia kuin runkotolpissa (125 x 125 piiru), käyttöaste on puristusjännityksen osalta 57 %.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Pientalon suunnittelu on monitahoinen kokonaisuus, josta tässä opinnäytetyössä on esitetty vain pieni osa. Työtehtävänä oli suunnitella hartiapankkirakentajan moninaisista ja osittain ristiriitaisistakin tarpeista lähtevä toimiva ja terve pientalo.

Opinnäytetyön rajausta perustuu asioihin, joiden ratkaiseminen oli työkohteen suunnittelun ja toteutuksen alkutaipaleella olennaista. Opinnäytetyö jakautuu temaattisesti kolmeen osaan: arkkitehtisuunnitteluun kuuluvaan pääpiirustusten luomiseen, rakennukseen kohdistuvien kuormien määrittelyyn ja puurakenteiden mitoittamiseen.

Arkkitehtonisesti rakennuksessa haettiin rintamamiestalon ilmettä. Sisätilat rakentuvat tulisijan ja savupiipun ympärille, joskin perinteistä huoneesta toiseen läpikulkua vältettiin. Vaikka suunnittelukohde näyttää ulospäin tavalliselta uusvanhalta omakotitalolta, se poikkeaa monella tapaa nykyrakentamisesta. Suunnittelun lähtökohtana oli, että talon pitää toimia myös poikkeustiloissa, esimerkiksi viikkoja tai kuukausia kestävän sähkökatkon sattuessa. Tämä kosteustekninen haaste ratkaistiin käyttämällä kevytsavea seinien sisäpinnoissa ja sisäseinissä. Eristeenä käytettiin selluvillaa.

Rakennuksen ilmanvaihto toimii sekä painovoimaisesti että koneavusteisena. Lämmön talteenottoa voi tehostaa käyttämällä läpi talon kulkevaa sähköä vähänkäyttävää putkilämmönvaihdinta. Lämpö ja lämmin vesi tuotetaan rakettiuunin suunnitteluperiaatteita noudattaen toteutettavalla tulisijalla. Savukaasut jäädytetään ja puhdistetaan vesivaihdinlaitteella.

Tavanomaisesta poikkeavaa hankkeessa myös oli, että rakennuksen runko toteutettiin levyjäykistetyin rungon sijaan diagonaalein jäykistettynä harvarunkorakenteena, joka piiluttuna puupintana jää sisäpuolelta näkyviin.

Rakennukseen kohdistuvissa kuormista tuulikuorma muodostui normaalia pientalorakentamista hieman suuremmaksi. Tämä johtuu talon sijainnista mäen laella.

Puurakenteiden mitoituksessa tarkasteltiin murtolujuutta, leikkauslujuutta ja taipumaa. Kokonaisuutena näiden käyttöasteet jäivät varsin alhaisiksi. Monessa kohtaa olisi pärjätty myös soukemmilla rakenteilla. Mitoittavaksi tekijäksi muodostui, kuten nykyvientalorakentamisessa yleensä, rakennukseen kohdistuvien kuormien sijaan eristevahvuus. Tätä pyrittiin välttämään kaksinkertaisella runkorakenteella. Osittain ylimitoitus johtuu

myös hartiapankkirakentajan tarpeista; suunnittelussa käytettiin sitä puutavaraa, mitä rakentajan taapelista löytyi.

Tässä vaiheessa, kun suunnittelukohde on ehtinyt jo rakentua lähes valmiiksi, voidaan todeta, että monta asiaa olisi voinut suunnitella myös toisin. Hyvä siitä tuli, muttei täydellinen.

## LÄHTEET

Askaisten kunta 2006. Livonsaaren yhteisökylän osayleiskaava. Air-ix suunnittelu. Viitattu 8.12.2015 [http://www.naantali.fi/kaavoitus\\_ja\\_mittaus/kaavoitus/kaavakohtaiset/livonsaari\\_kaavat/fi\\_FI/Livonsaaren\\_ykt/](http://www.naantali.fi/kaavoitus_ja_mittaus/kaavoitus/kaavakohtaiset/livonsaari_kaavat/fi_FI/Livonsaaren_ykt/).

Kaila, P. 1997. Talotohtori. Helsinki: WSOY.

Karhunen, J.; Lassila, V.; Pyy, S.; Ranta, A.; Räsänen, S.; Saikkonen, M. & Suosara, E. 1993. Lujusoppi. Helsinki: Otatieto.

Järvenpää, M-E. 2014. Statiikkaa. Teoksessa Rakentajan kalenteri 2014. 98. vuosikerta. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999/132.

Metsä Wood 2017. Finnwood 2.3 SR1-mitoitusohjelma. Viitattu 8.12.2015 <http://www.metsawood.com/fi/tyokalut/Finnwood/Pages/default.aspx?z=794db0c7-dada-4cb4-bb56-7b3a26f087f9>.

Naantalin kaupunki 2012. Naantalin kaupungin rakennusjärjestys. Viitattu 24.3.2017 [http://www.naantali.fi/asuminen\\_ja\\_rakentaminen/rakennusvalvonta/rakennusjarjestys/fi\\_FI/rakennusjarjestys/](http://www.naantali.fi/asuminen_ja_rakentaminen/rakennusvalvonta/rakennusjarjestys/fi_FI/rakennusjarjestys/).

Ranki, T. 2007. Savirakennukset ja niiden korjaaminen. Viitattu 10.2.2016 [http://www.kolumbus.fi/teuvo.ranki/savirak\\_ja\\_korjaaminen.pdf](http://www.kolumbus.fi/teuvo.ranki/savirak_ja_korjaaminen.pdf).

RIL 2009. Puurakenteiden suunnitteluohje. RIL 205-1-2009. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry.

RIL 2011. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. RIL 201-1-2011. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry.

RTS 06:39. Jyrkät bitumikermikatot. Rakennustieto oy. Viitattu 15.12.2015 [www.rakennustieto.fi/.../rt-lausunto\\_06-39\\_Jyrkat\\_bitumikermikatot.pdf](http://www.rakennustieto.fi/.../rt-lausunto_06-39_Jyrkat_bitumikermikatot.pdf).

Tekniikan kaavasto 2005. Tammertekniikka / Amk-kustannus Oy.

Volhard, F. 1994. Savirakentaminen-kevytsavitekniikka. Suomeksi toimittanut Westermarck Mikael. RAK Rakennusalan kustantajat.

VTT 2006. Puurakenteiden jäykistysuunnitteluohje. VTT 9.10.2006. Viitattu 1.1.2016 [http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2006/jaykistys\\_2006.pdf](http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2006/jaykistys_2006.pdf).

Ympäristöministeriö 2002. A2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennuksen suunnittelija ja suunnitelmat. Määräykset ja ohjeet 2002. Viitattu 24.3.2017 <http://www.finlex.fi/data/normit/10970/a2.pdf>.

Ympäristöministeriö 2002. E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2002. Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. Viitattu 1.4.2015 <http://www.finlex.fi/data/normit/10530-37-3762-4.pdf>.

Ympäristöministeriö 2005. E4 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Autosuojien paloturvallisuus. Ohjeet 2005. Viitattu 25.3.2017 <http://www.finlex.fi/data/normit/28206/E4su2005.pdf>.

## Rakennuksen julkisivu



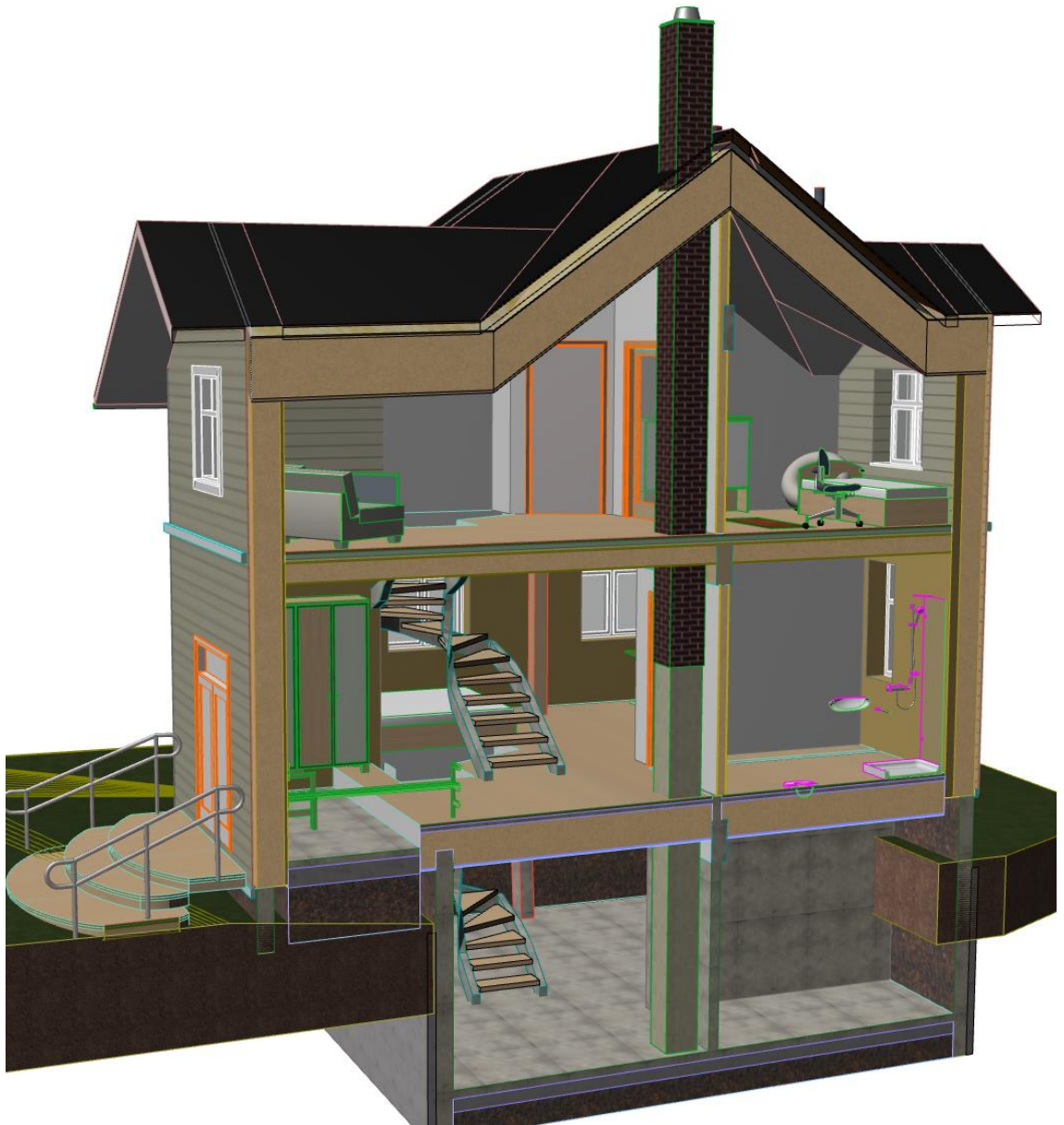
Mallinettu kuva rakennuksesta.



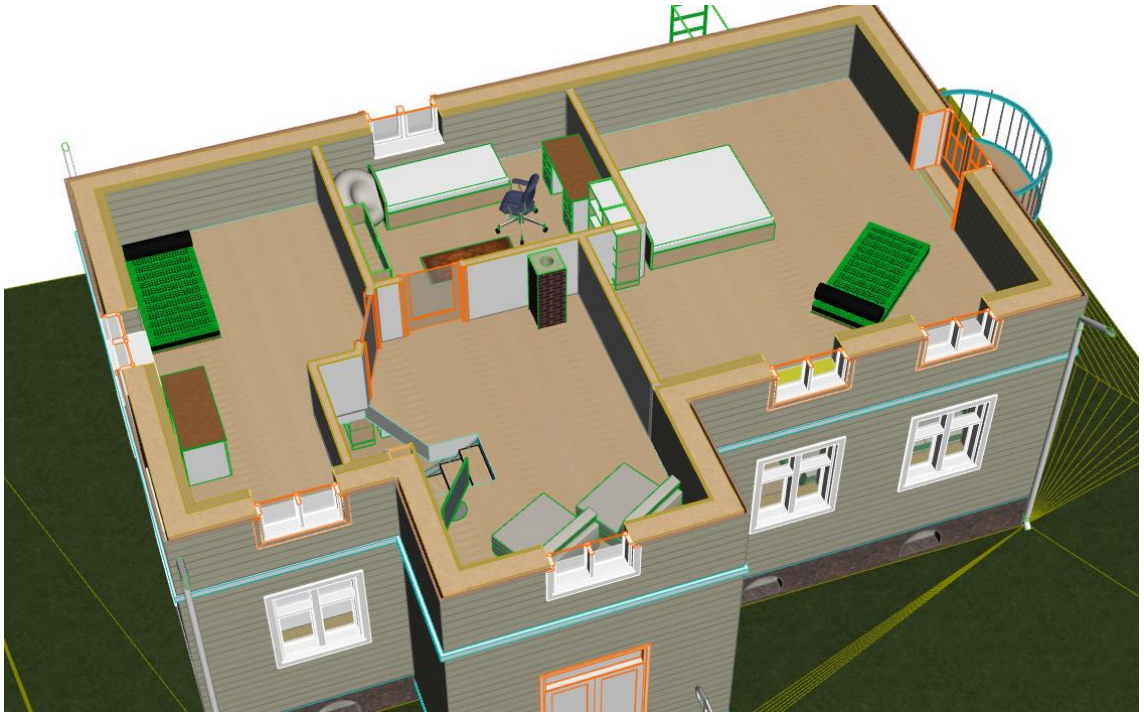
Valokuva rakennuksesta keväällä 2017.



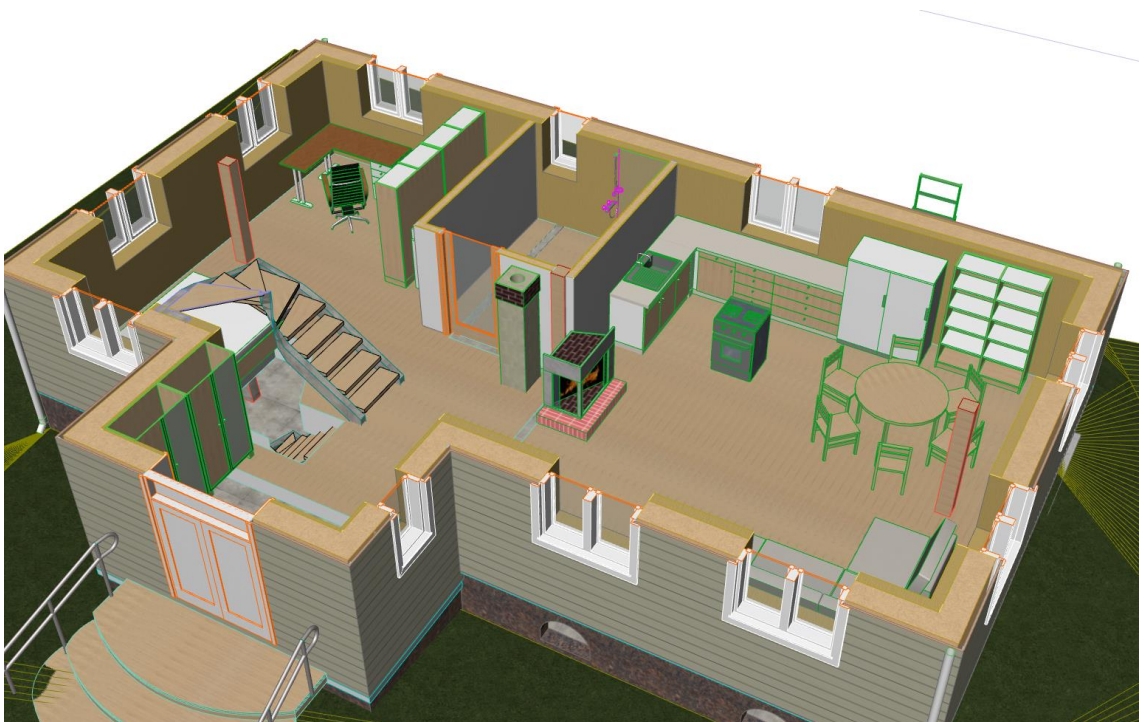
## Leikkauksia 3D-tilassa



Pystyleikkaus.

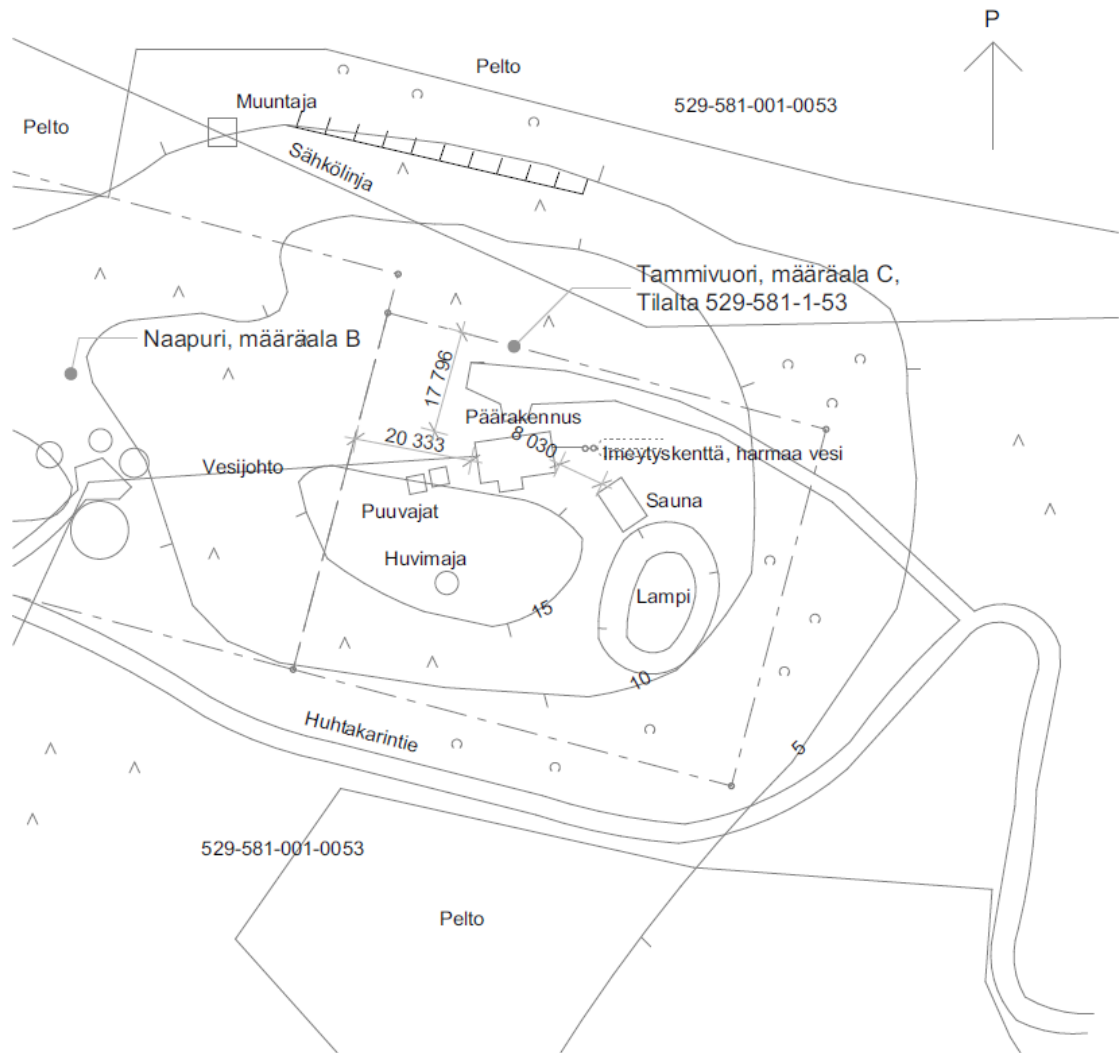


Vaakaleikkaus yläkerrasta.



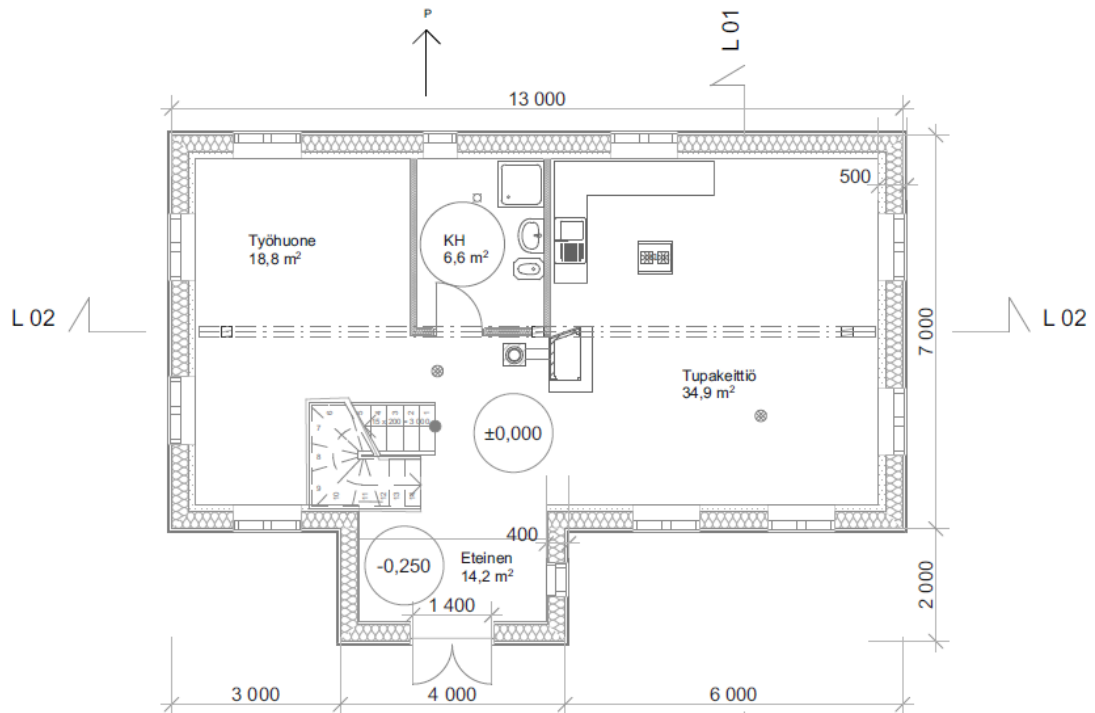
Vaakaleikkaus alakerrasta.

# Asemapiirros



Kaupunginosa/Kylä Livonsaari	Korttel/Tila Toivanen	Tontti/Rnro 529-581-1-53	Viranomaisten merkintöjä
Rakennuksen numero/Rakennustunnus Tammivuori, määräala C			
Rakennustoimenpide Uudisrakennus		Piirustuslaji Asemapiirros	Juokseva nro
Rakennuskohde Pientalo, Matokallio Huhtakarantie 40 21180 Livonsaari		Piirustuksen sisältö Asemapiirros	Mittakaava 1:1000
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero Esa Aro-Heinilä p. 040 723 7002 esa.aroheinila@gmail.com		Työnumero 07.2	Piirustuksen tunnus Muutos
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväys ...		Suunnitteluala <b>ARK</b>	Tiedosto Opinnäytetyö_Esa Aro-Heinilä 2017.pln

# Pohjapiirrokset



## Paloluokka P3

### U-arvo

- välipohja kellaritilaa vasten 0,09 W/m<sup>2</sup> K
- seinä 0,11 W/m<sup>2</sup> K
- ikkunat, ovi 1,0 W/m<sup>2</sup> K

### Koneavusteinen painovoimainen ilmanvaihto

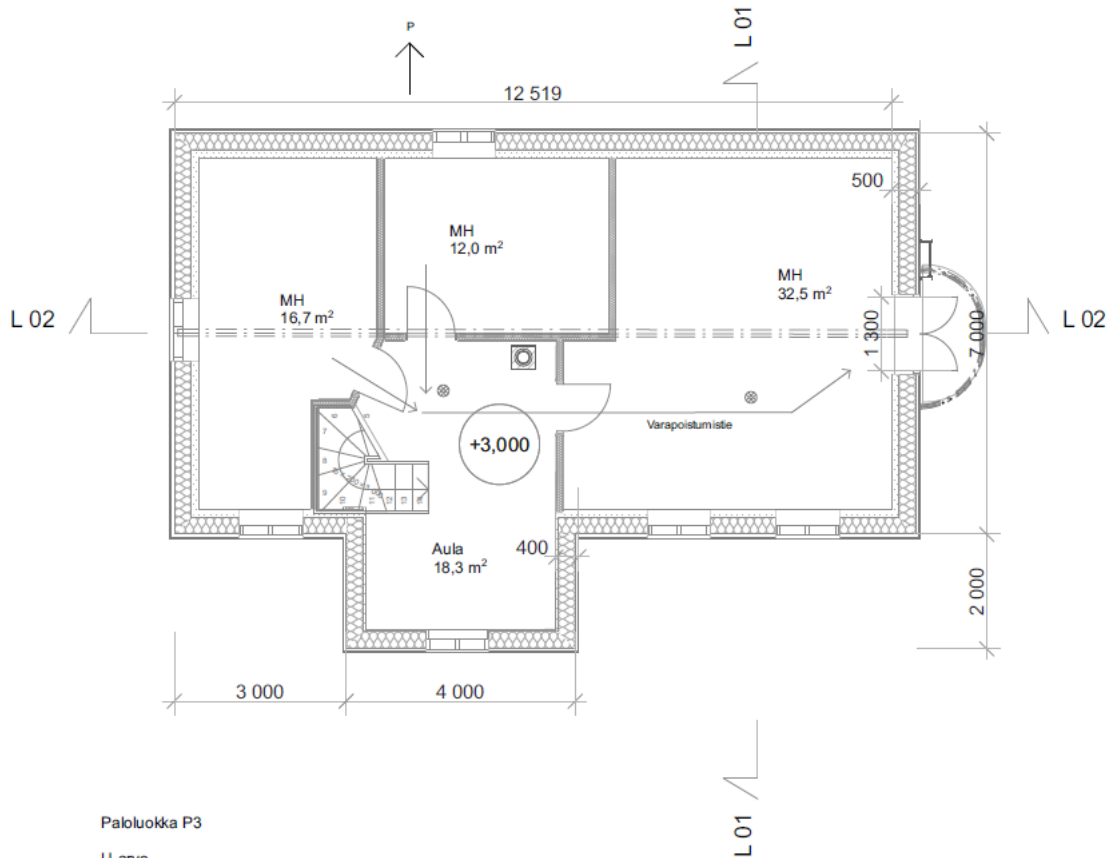
### Talousvesi kunnan vesijohdosta

### Jätevesien käsittely

- harmaat vedet johdetaan imeytyskenttään, 20 m<sup>2</sup>
- kompostoiva kuivakäymälä

Kaupunginosa/Kylä Livonsaari	Kortteli/Tila Toivanen	Tontti/Rnro 529-581-1-53	Viranomaisten merkintöjä
Rakennuksen numero/Rakennustunnus Tammivuori, määräala C			
Rakennustoimenpide Uudisrakennus		Piirustuslaji Pääpiirustus	Juokseva nro
Rakennuskohde Pientalo, Matokallio Huhtakarantie 40 21180 Livonsaari		Piirustuksen sisältö 1. kerros	Mittakaava 1:100
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero Esa Aro-Heinilä ' ' ' p. 040 723 7002 esa.aroheinila@gmail.com		Työnumero 06.3	Piirustuksen tunnus Muutos
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväys ' ' '		Suunnitteluala ARK	Tiedosto Opinnäytetyö_Esa Aro-Heinilä 2017.pln

Ensimmäinen kerros



## Paloluokka P3

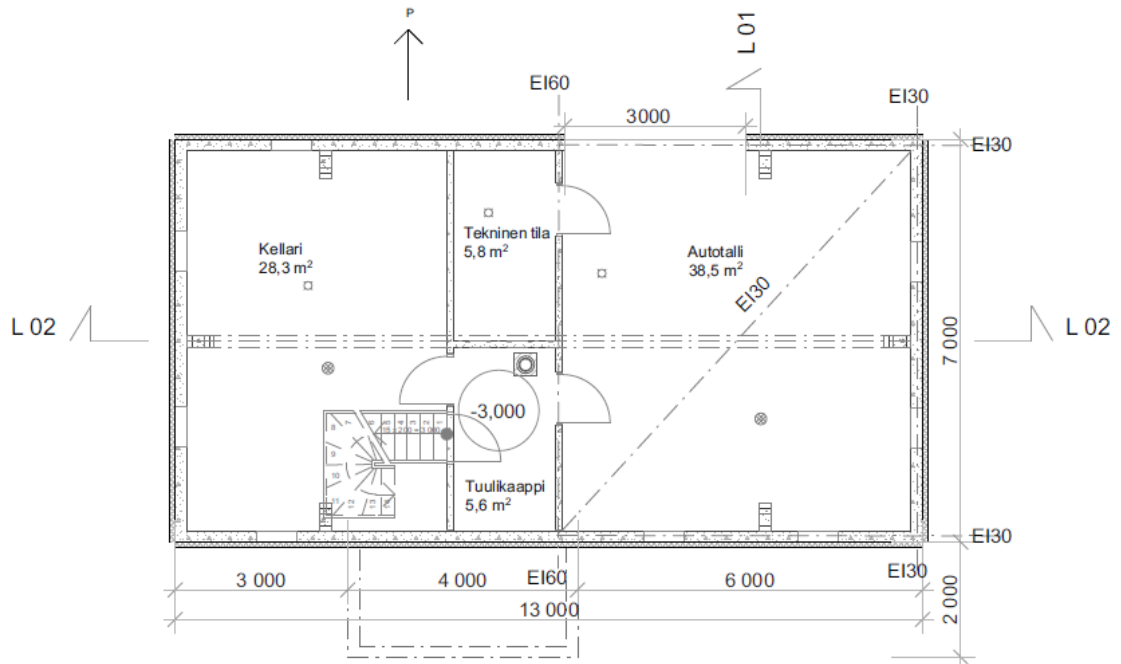
## U-arvo

- yläpohja 0,08 W/m<sup>2</sup> K
- seinä 0,11 W/m<sup>2</sup> K
- ikkunat, ovi 1,0 W/m<sup>2</sup> K

Koneavusteinen painovoimainen ilmanvaihto

Kaupunginosa/Kylä Livonsaari	Kortteli/Tila Toivanen	Tontti/Rnro 529-581-1-53	Viranomaisten merkintöjä	
Rakennuksen numero/Rakemustunnus Tammivuori, määräala C				
Rakennustoimenpide Uudisrakennus			Piirustustyyppi Pääpiirustus	Juokseva nro
Rakennuskohde Pientalo, Matokallio Huhtakarintie 40 21180 Livonsaari			Piirustuksen sisältö 2. kerros	Mittakaava 1:100
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero Esa Aro-Heinilä p. 040 723 7002 esa.aroheinila@gmail.com			Työnumero	Piirustuksen tunnus 06.2
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväys ...			Suunnitteluala <b>ARK</b>	Tiedosto Opinnäytetyö_Esa Aro-Heinilä 2017.pln

Toinen kerros



## Paloluokka P3

## U-arvo

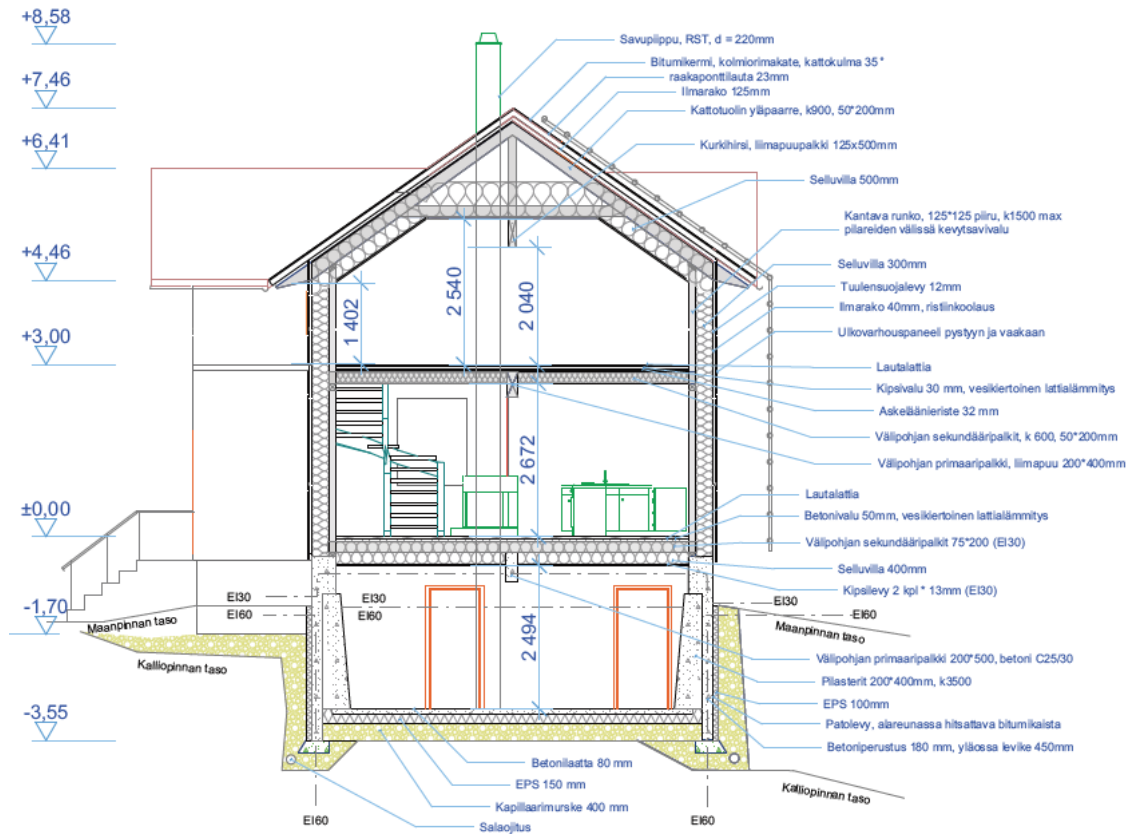
- alapohja maata vasten 0,14 W/m<sup>2</sup> K
- seinä 0,26 W/m<sup>2</sup> K
- ikkunat, ovi 1,4 W/m<sup>2</sup> K

Koneavusteinen painovoimainen ilmanvaihto

Kaupunginosa/Kylä Livonsaari	Kortteli/Tila Toivanen	Tontti/Rnro 529-581-1-53	Viranomaisten merkintöjä
Rakennuksen numero/Rakennustunnus Tammivuori, määräala C			
Rakennustoimenpide Uudisrakennus		Piirustuslaji Pääpiirustus	Juokseva nro
Rakennuskohde Pientalo, Matokallio Huhtakarintie 40 21180 Livonsaari		Piirustuksen sisältö 0. Kellarikerros	Mittakaava 1:100
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero Esa Aro-Heinilä ' ' ' p. 040 723 7002 esa.aroheinila@gmail.com		Työnumero	Piirustuksen tunnus Muutos
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväys ' ' '		Suunnitteluala <b>ARK</b>	Tiedosto Opinnäytetyö_Esa Aro-Heinilä 2017.pln

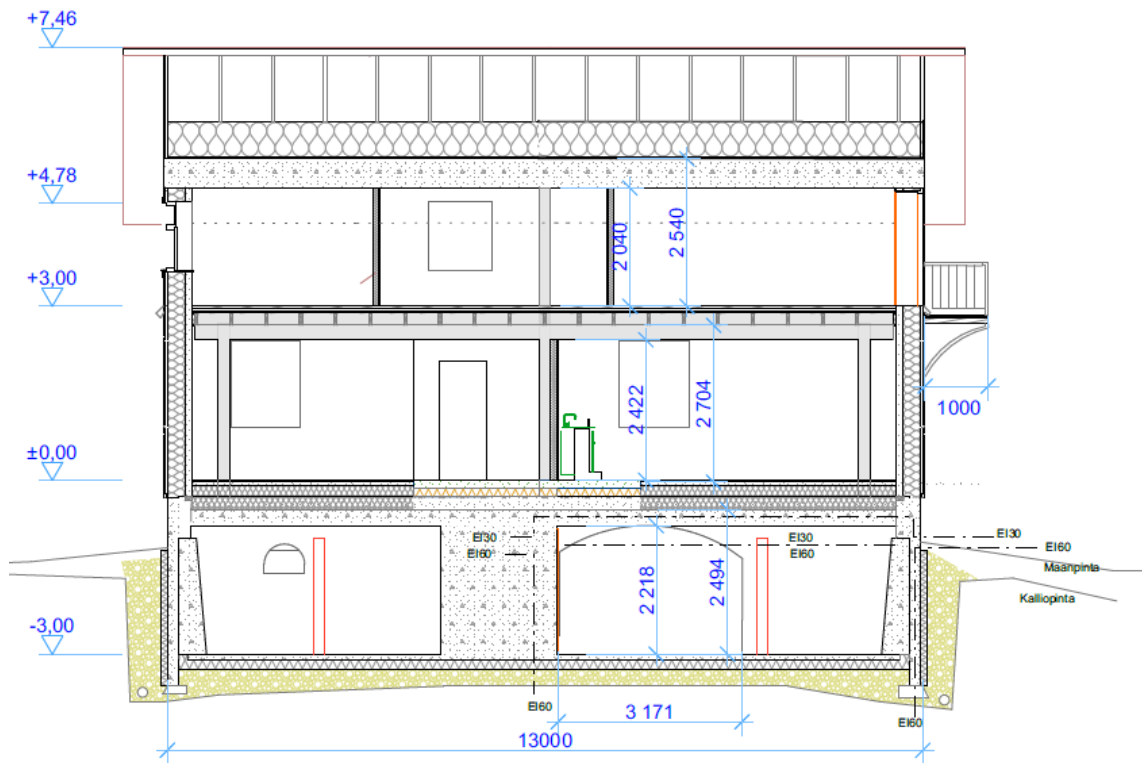
Kellarikerros

# Leikkauspiirroksat



Kaupunginosa/Kylä Livonsaari	Korttel/Tila Toivanen	Tontti/Rnro 529-581-1-53	Viranomaisten merkintöjä
Rakennuksen numero/Rakennustunnus Tammivuori, määräala C			
Rakennustoimenpide Uudisrakennus		Piirustustaji Leikkaukset	Juokseva nro
Rakennuskohde Pientalo, Matokallio Huhtakarintie 40 21180 Livonsaari		Piirustuksen sisältö Leikkaus L01-L01	Mittakaava 1:100
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero Esa Aro-Heinilä '' p. 040 723 7002 esa.aroheinila@gmail.com		Työnumero	Piirustuksen tunnus 04.1 Muutos
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväys '''		Suunnitteluala ARK	Tiedosto Opinnäytetyö_Esa Aro-Heinilä 2017.pln

Leikkaus L01



Kaupunginosa/Kylä Livonsaari	Kortteli/Tila Toivanen	Tontti/Rnro 529-581-1-53	Viranomaisten merkintöjä
Rakennuksen numero/Rakennustunnus Tammivuori, määräala C			
Rakennustoimenpide Uudisrakennus		Piirustuslaji Leikkaukset	Juokseva nro
Rakennuskohde Pientalo, Matokallio Huhtakarantie 40 21180 Livonsaari		Piirustuksen sisältö Leikkaus L02-L02	Mittakaava 1:100
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero Esa Aro-Heinilä ' ' ' p. 040 723 7002 esa.aroheinila@gmail.com		Työnumero  04.2	Piirustuksen tunnus Muutos
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväys ' ' '		Suunnitteluala <b>ARK</b>	Tiedosto Opinnäytetyö_Esa Aro-Heinilä 2017.pln

Leikkaus L02.

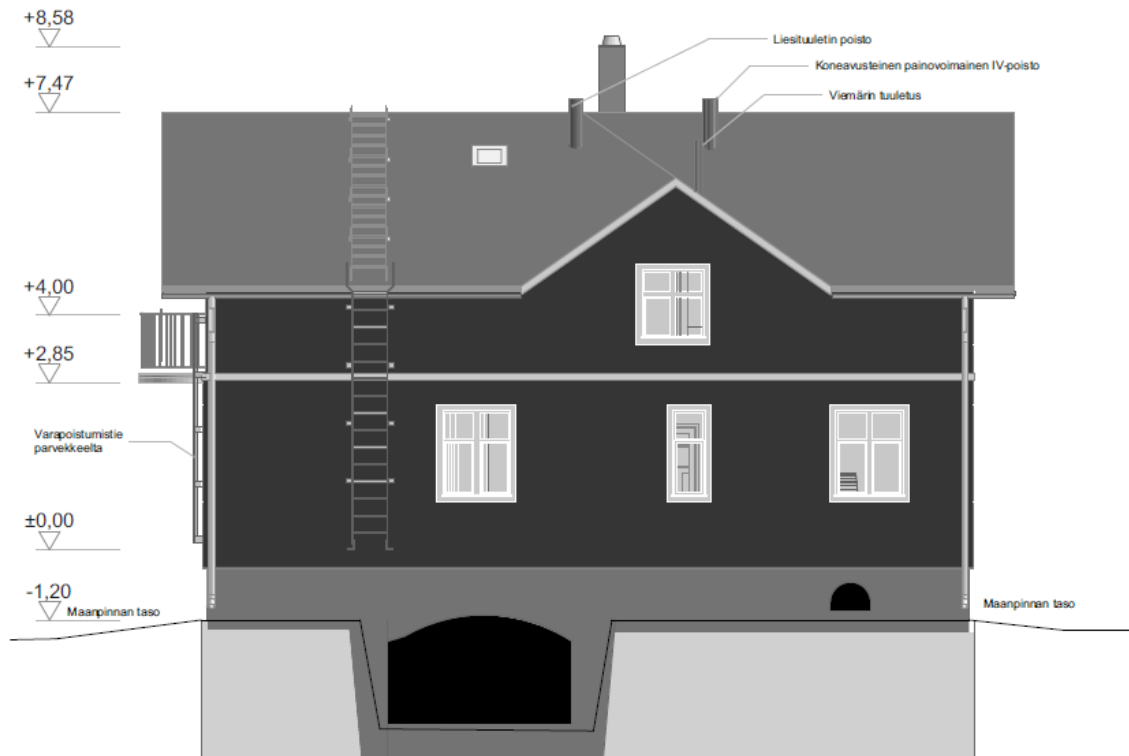


## Julkisivupiirroksset



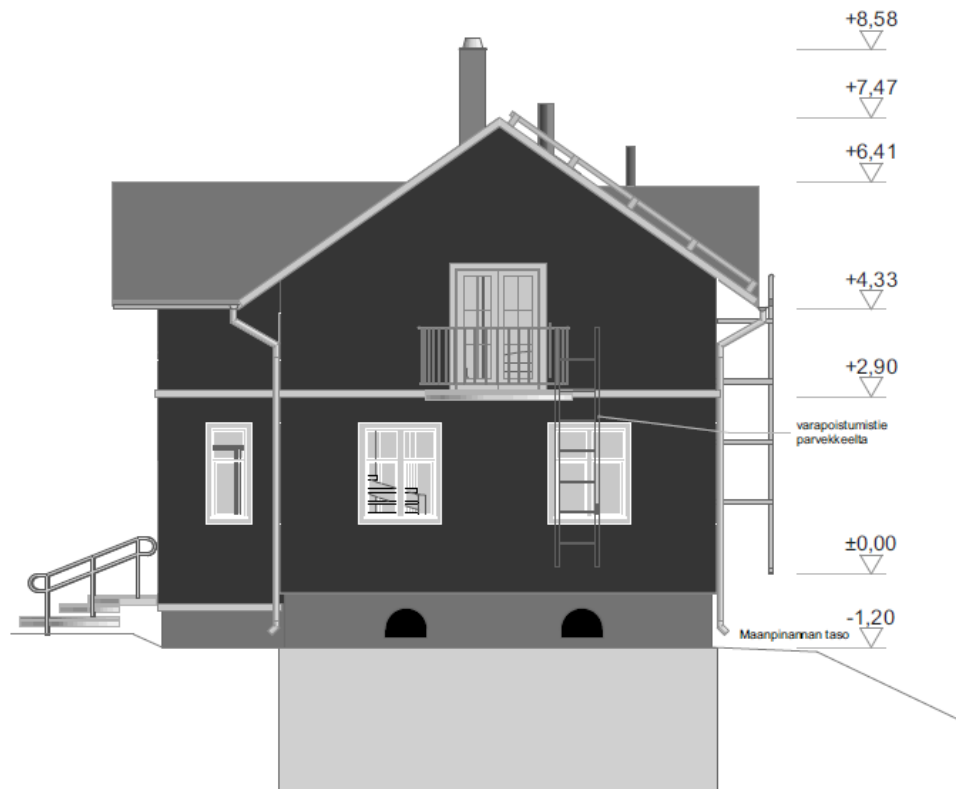
Kaupunginosa/Kylä Livonsaari	Kortteli/Tila Toivanen	Tontti/Rnro 529-581-1-53	Viranomaisten merkintöjä
Rakennuksen numero/Rakennustunnus Tammivuori, määräala C			
Rakennustoimenpide Uudisrakennus		Piirustuslaji Julkisivut	Juokseva nro
Rakennuskohde Pientalo, Matokallio Huhtakarintie 40 21180 Livonsaari		Piirustuksen sisältö Julkisivu etelään	Mittakaava 1:100
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero Esa Aro-Heinilä ' ' p. 040 723 7002 ' esa.aroheinila@gmail.com		Työnumero	Piirustuksen tunnus Muutos
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväys ' '		Suunnitteluala <b>ARK</b>	Tiedosto Opinnäytetyö_Esa Aro-Heinilä 2017.pln

Julkisivut etelään.



Kaupunginosa/Kylä Livonsaari	Kortteli/Tila Toivanen	Tontti/Rnro 529-581-1-53	Viranomaisten merkintöjä	
Rakennuksen numero/Rakennustunnus Tammivuori, määräala C				
Rakennustoimenpide Uudisrakennus		Piirustuslaji Julkisivut	Juokseva nro	
Rakennuskohde Pientalo, Matokallio Huhtakarintie 40 21180 Livonsaari		Piirustuksen sisältö Julkisivu pohjoiseen	Mittakaava 1:100	
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero Esa Aro-Heinilä p. 040 723 7002 esa.aroheinila@gmail.com		Työnumero	Piirustuksen tunnus 03.1	Muutos
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväys ...		Suunnitteluala <b>ARK</b>	Tiedosto Opinnäytetyö_Esa Aro-Heinilä 2017.pln	

Julkisivu pohjoiseen.



Kaupunginosa/Kylä Livonsaari	Kortteli/Tila Toivanen	Tontti/Rnro 529-581-1-53	Viranomaisten merkintöjä
Rakennuksen numero/Rakennustunnus Tammivuori, määräala C			
Rakennustoimenpide Uudisrakennus	Piirustustyyppi Julkisivut	Juokseva nro	
Rakennuskohde Pientalo, Matokallio Huhtakarintie 40 21180 Livonsaari	Piirustuksen sisältö Julkisivu itään	Mittakaava 1:100	
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero Esa Aro-Heinilä p. 040 723 7002 esa.aroheinila@gmail.com	Työnumero	Piirustuksen tunnus 03.2	Muutos
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväys ...	Suunnitteluala ARK	Tiedosto Opinnäytetyö_Esa Aro-Heinilä 2017.pln	

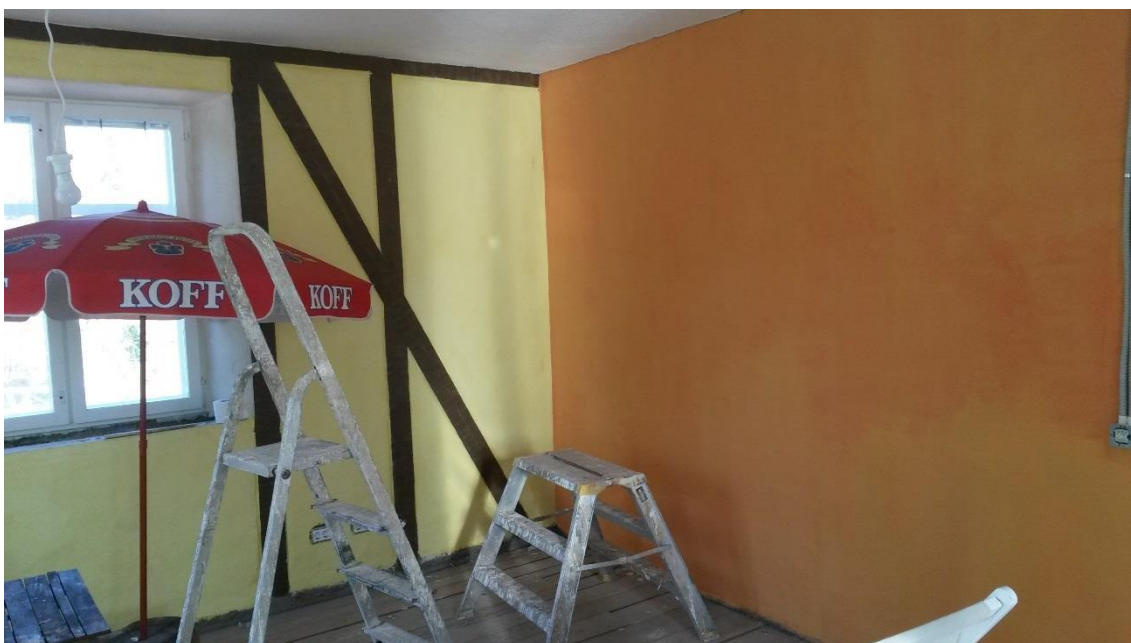
Julkisivu itään.



Kaupunginosa/Kylä Livonsaari	Korttel/Tila Toivanen	Tontti/Rnro 529-581-1-53	Viranomaisten merkintöjä
Rakennuksen numero/Rakennustunnus Tammivuori, määräala C			
Rakennustoimenpide Uudisrakennus	Piirustuslaji Julkisivut	Juokseva nro	
Rakennuskohde Pientalo, Matokallio Huhtakarantie 40 21180 Livonsaari	Piirustuksen sisältö Julkisivu länteen	Mittakaava 1:100	
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero Esa Aro-Heinilä ' '' p. 040 723 7002 esa.aroheinila@gmail.com	Työnumero	Piirustuksen tunnus 03.3	Muutos
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväys ' ''	Suunnitteluala ARK	Tiedosto Opinnäytetyö_Esa Aro-Heinilä 2017.pln	

Julkisivu länteen.

## Harvarunkorakenne talon sisältä



Kantava ja vinotuettu runko, jonka välit on täytetty kevytsavivalulla ja maalattu rahkapohjaisella (kaseiini) luonnonpigmenteillä värjättyllä maalilla.

## Rakennekerrosten paino

YLÄPOHJARAKENTEET	kg/m <sup>3</sup>	mm	mm	kpl/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>
Yläpaarre						
Pintakermi					5	0,05
Aluskermi					2	0,02
Raakaponttilauta	450	100	25	10	11	0,11
Tuuletusväli, 50*100, k900	450	50	125	1,11	3	0,03
Tuulensuojalevy	230	1000	12	1	3	0,03
Yläpaarre, 50*200, k900	450	50	200	1,11	5	0,05
					<b>29</b>	<b>0,29</b>
Alapaarre						
Puhallusvilla	40	1000	500	1	20	0,20
Alapaarre, 50*125, k900	450	50	150	1,11	4	0,04
Verhouslauta	450	100	25	10	11	0,11
					<b>35</b>	<b>0,35</b>
VÄLIPOHJARAKENTEET						
Lattialauta	450	150	32	7	14	0,14
Koolaus, 50*25, k600	450	50	25	1,67	1	0,01
Lattiakipsilevy * 2	1100	1000	46,5	1	51	0,51
Askeläänieriste	400	1000	30	1	12	0,12
Laudoitus	450	100	25	10	11	0,11
Kantavat palkit, 50*200, k400	450	50	200	2,5	11	0,11
Puhallusvilla	40	1000	200	1	8	0,08
Verhouslauta	450	150	25	7	12	0,12
					<b>121</b>	<b>1,21</b>
ALAPOHJARAKENTEET						
Pintalauta	450	100	32	10	14	0,14
Koolaus, 50*25, k600	450	50	25	1,67	1	0,01
Kipsivalu	2000	1000	20	1,00	40	0,40
Lattiakipsilevy	1100	1000	15,5	1	17	0,17
Korotuspalkki, 50*100, k600	450	50	100	1,67	4	0,04
Kantavat palkit, 50*200, k400	450	50	200	3	11	0,11
Korotuspalkki, 50*100, k600	450	50	100	1,67	4	0,04
Eriste	40	1000	400	1	16	0,16
Palosuoja kipsilevy * 2	720	1000	26	1	19	0,19
					<b>126</b>	<b>1,26</b>