

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Teija Kokko

LOMA-ASUNTO KORPIPUISTO

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2015
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Tikkarinne 9
80220 JOENSUU
(013) 260 600

Tekijä(t)

Teija Kokko

Nimeke

Loma-asunto Korpiuisto

Toimeksiantaja

Kuolinpesä Sanni Laukkanen

Tiivistelmä

Opinnäytetyön aiheena oli tutustua suomalaiseen loma-asuntorakentamisen historiaan ja perehtyä ekologisiin vapaa-ajan rakentamisen materiaaleihin sekä ratkaisuihin. Tarkoituksena oli suunnitella kolmen sukupolven loma-asunto Pohjois-Karjalaan Pielisjoen Palosaareen.

Rakennuspaikalla sijaitsi jo ennestään vanha kesämökki, joka oli iän ja rakennusvirheiden vuoksi päässyt huonoon kuntoon, eikä sitä haluttu ruveta enää kunnostamaan, vaan päädyttiin uuden mökin rakentamiseen keskeemmälle saarta. Rakennus on puurunkoinen, jossa on päädyssä terassi oleskelua varten. Entisen loma-asunnon tilalle suunniteltiin uusi saunarakennus, joka toteutetaan hirsirakenteena.

Työssä käsiteltiin kantavien rakenteiden mitoitusta sekä tuotettiin pää-, rakenne- ja leikkauspiirrokset. Työssä laskettiin myös kustannuslaskelmat päärakennuksen osalta. Työssä tuotettiin 3d- aineistoa havainnollistamaan rakennusten sijoittumista saaren maastoon.

Kieli
suomi

Sivuja 67
Liitteet 9
Liitesivumäärä

Asiasanat

Arkkitehtisuunnittelu, loma-asunto, 3d- mallinnus



THESIS
May 2014
Civil Engineering
Tikkarinne 9
80220 JOENSUU
FINLAND
(013) 260 600

Author (s)
Teija Kokko

Title
Vacation House Korpipuisto

Commissioned by
The estate of Sanni Laukkanen

Abstract

The aim of this thesis was to explore the history of construction of Finnish vacation houses and become familiar with ecological materials and solutions used in building and construction. The main purpose was to design a three-generation vacation house Palosaari located in Pielisjoki in North Karelia.

At the construction site there was an old summer cottage already, which was in poor condition due to old age and construction fails. Thus it was no use renovating the old summer cottage but more reasonable to build a new summerhouse closer to the centre of the Palosaari island. The frame of the house is wooden and it has a terrace at one end of the house for leisure. A new sauna was designed at the location where the old summer cottage had been situated. The sauna will be built out of logs.

This thesis addresses measurements of capacities of supporting construction materials and blue prints, structural drawings and cross-section drawings. The total costs for building the main house were calculated in this thesis. Also, 3D models were made and used to demonstrate how the buildings would set in to the islands terrain.

Language
Finnish

Pages 67
Appendices 9
Pages of Appendices

Keywords
Architectural design, vacation house, 3d-modelling

Sisältö

1	Johdanto.....	6
2	Loma-asumisen historia.....	7
2.1	Huviloista mökkimaisemiin.....	7
2.2	Loma-asuntojen määrän nopea kasvu.....	12
2.3	Loma-asuntojen keskipinta-ala 48m ²	13
2.4	Kodinomaiset varusteet suosittuja.....	14
3	Loma-asunto Korpipuisto.....	15
3.1	Kolmen sukupolven loma-asunto.....	15
3.2	Rakennuspaikka.....	15
3.3	Rakennukset.....	16
3.3.1	Olemassa olevat rakennukset.....	16
3.3.2	Uudisrakennukset.....	16
4	Ekologisia materiaaleja ja ratkaisuja.....	17
4.1	Rakennusmateriaalit.....	17
4.1.1	Runko.....	18
4.1.2	Eristeet.....	18
4.2	Pintakäsittely.....	19
4.2.1	Rautavihtrilli.....	19
4.2.2	Puunsuoja-aine.....	19
4.2.3	Keittomaalit.....	20
4.3	Kiintokalusteet.....	20
5	Rakennesuunnittelu.....	21
5.1	Kuormat.....	21
5.1.1	Pysyvä kuorma.....	21
5.1.2	Hyötykuorma.....	21
5.1.3	Lumikuorma.....	22
5.1.4	Tuulikuorma.....	22
5.2	Perustukset.....	23
5.3	Runko.....	26
5.3.1	Alapohja.....	26
5.3.2	Ulkoseinä.....	31
5.3.3	Ikkunapalkki.....	35
5.3.4	Terassin pilari.....	39
5.3.5	Kurkihirsi.....	41
5.3.6	Kurkihirren pilari.....	46
5.3.7	Terassin pilarin palkki.....	47
5.3.8	Välipohja, parvi.....	52
5.3.9	Kattokannattajat.....	57
6	Rakennuksen mallinnus.....	62
7	Kustannuslaskelmat ja vertailu.....	63
7.1	Omatoimirakentaminen.....	64
7.1.2	Hirsirakentaminen.....	64
7.1.3	Pitkästä tavarasta rakentaminen.....	64
7.2	Kustannusten vertailu.....	65
8	Yhteenveto.....	66
	Lähteet.....	67

Liitteet

Liite 1	Asemapiirros
Liite 2	Pohjapiirros 1 kerros
Liite 3	Pohjapiirros 2 kerros
Liite 4	Leikkauspiirros
Liite 5	Julkisivupiirros
Liite 6	Perustuspiirros
Liite 7	Vesikattopiirros
Liite 8	Saunarakennus
Liite 9	Pitkästävarasta rakentaen, kustannuslaskelma

1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena oli tutustua suomalaisen loma-asuntorakentamisen historiaan ja perehtyä ekologisiin vapaa-ajan rakentamisen materiaaleihin sekä ratkaisuihin. Tarkoituksena oli suunnitella kolmen sukupolven loma-asunto Pohjois-Karjalaan Pielisjoen Palosaareen.

Työssä laadittiin kohteelle rakennus- ja rakennepiirustukset, kustannuslaskelmat sekä hirsipöytä ja pitkästä tavarasta rakentamiseen ja mitoitettiin tarvittavat kantavat rakenteet. Laskelmien tarkoituksena on tulevaisuudessa toimia konkreettisenä apuna, josta olisi mahdollista katsoa ja seurata laskelmien kulkua.

Rakennuspaikalla sijaitsee vanha 1950-luvulla rakennettu kesämökki. Aiemmin rakennettu mökki on pitkien tyhjänäolojaksojen ja rakennusvirheiden vuoksi päässyt huonoon kuntoon. Entisen mökin sijoille suunniteltiin saunamökki ja keskeemmälle saarta loma-asunto.

Loma-asunnon pääasiallinen rakennusmateriaali on puu. Alapohja tehdään rossipohjaksi ja kantavat ulkoseinät puurunkoisina. Yläpohja tehdään liimapuisista palkeista, jotka tukeutuvat ulkoseinään ja terassin pilareihin sekä rakennuksen keskellä kulkevaan kurkkihirteen. Julkisivuna on vaakasuuntainen hirsipaneeli tai hirsipinta, vesikatteenä huopakate.

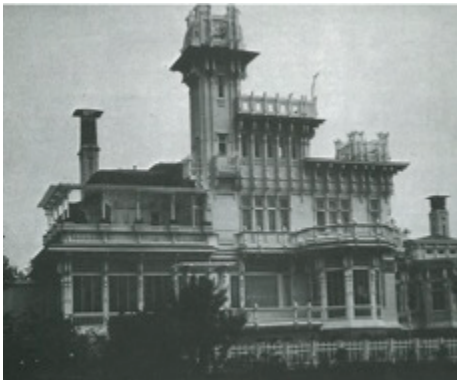
Vuosien saatossa perinteisen kesämökin nimitys on muovautunut rakennusten koon mukaisesti viikonloppumajasta, launtauimajasta tai weekend cottagesta kesä-asunnoksi, loma-asunnoksi ja suurimpia loma-asuntoja kutsutaan nimellä huvila tai villa.

Työssä tuotettiin lisäksi havainnekuvat saaren rakennetusta päädyistä sekä 3d-suunnitelma Archicad 15- ohjelmalla.

2 Loma-asumisen historia

2.1 Huviloista mökkimaisemiin

Alkusysäyksen mökkikulttuuriin suomalaiset saivat 1700-luvun lopulla Pietarista, jossa kasvavan kaupungin asukkailla oli tapana lähteä maalle viettämään lämpimiä kesäkuukausia. Tapa viettää kesää oli aluksi kuulunut vain säätyläisille ja kartanon omistajille. Pääkaupungiksi vasta valitun Helsingin tuloväylän kaunistamiseksi ositettiin luonnontilaista niittyä Töölön alueelta 1820-luvulta lähtien loma-asuntojen rakentamista varten. Töölön huvila-asutus levisi 1800-luvun lopulla Humallahteen, Meilahteen sekä muualle rannikkoseuduille aina Pietarsaareen, Poriin ja Ouluun saakka. Rannikoille sekä sisämaiden järviseu-
duille alkoi kehittyä kesähuvilapalstoja ja huvilayhdyskuntia. [1, 173–174.]



Kuva 1. Harppulinna Kellomäellä 1800-1900-luvun vaihteesta. [2, 95.]

Kesäasuntojen lisääntyminen Kannaksen alueelle alkoi vuoden 1870 jälkeen, kun Viipurin –Pietarin rata valmistui. Aluksi kesäasuminen oli keskittynyt maantieteellisesti Suomen ja Venäjän rajapintaan, Karjalan kannaksen alueelle kuten Terijoelle ja Viipuriin. Kuvan 1. Kellomäen Harppulinna on tyypillinen esimerkki 1900-luvun alun huvilarakentamisesta. Suomen itsenäistyessä 1917 laskettiin Viipurin läänissä olleen 12 000 kesähuvilaa, joista venäläisten omistuksessa oli 90 %. Suomen itsenäistymisen jälkeen Teriojen huvila-alue joutui lopulta heitteille jätettynä Suomen valtion haltuun. Se myi tai vuokrasi osan huviloista suo-

malaisille. Terijoen idyllisiä hiekkarantoja ja huvila-alueita on pidetty yhtenä 1920-30- lukujen merkittävistä suomalaisista kesänviettopaikoista. [2, 90-95.]

Romanttisen huvilatyyppin vastapainoksi Pohjolan arkkitehdit hakivat inspiraatiota muinaisskandinaavisesta rakennustyylistä kuten vuonna 1890 rakennetusta, kolmen arkkitehdin Arthur Kajanuksen, K. V. Reiniuksen ja Helge Rancken suunnittelemana kuvassa 2. esitetystä Ruissalon Arkkitehtihuvilasta, ”Pirunkirkosta”. Vuoraamattomista ja maalaamattomista hirsiseinistä ja leveistä räystääistä tuli skandinaavisten huviloiden ominaispiirteitä. [1, 174.]

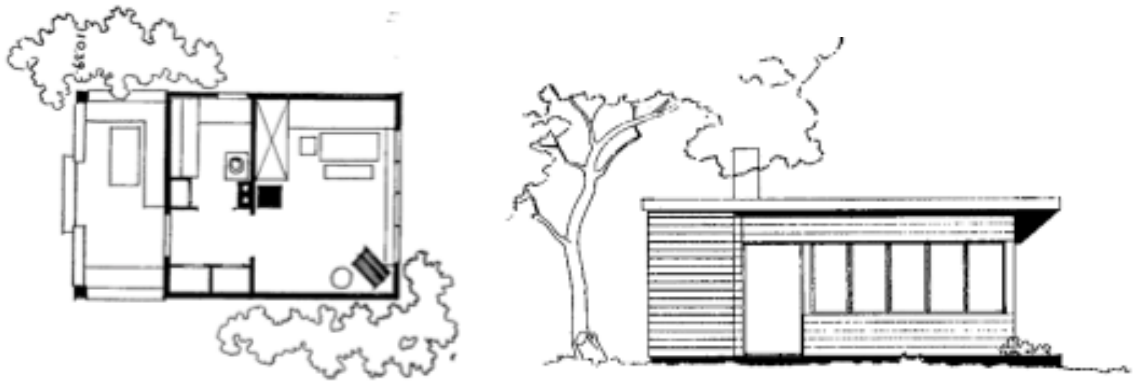


Kuva 2. Pirunkirkko Ruissalossa vuodelta 1985. [3.]

Yhteiskunnan kehittyessä ja vaurastuessa 1900- luvun alkupuolella huvilaelämä keskiluokkaistui. Samaan aikaan maalta työn perässä kaupunkiin muuttaneille järjestyi tilaisuus virkistykseen ja omatoimikasvatukseen siirtolapuutarhoissa, joista ensimmäiset perustettiin Tampereelle, Ouluun ja Helsingin Ruskeasuolle. [1, 175.]

1900-luvun alkupuolella järjestettiin useita arkkitehtikilpailuja joissa haettiin uutta arkkitehtuuria ilmentäviä huviloiden suunnittelua. Yksi Arkkitehtikilpailuista oli vuonna 1928 aikakauslehti Aitan julistama suunnittelukilpailu, jonka tulokset Enso-Cutzeit Oy 1932 julkisti lehtisessä ”20 Lauantaimajaa”. Kyseisessä lehdessä kuvattiin Lauantaimajan olevan tyypillinen nykyajan luomus, jonka syntyä sai kiittää nykyajan ihmisten aktiivista elämänotetta ja heidän taipumustaan vahvistavaan ja karkaisevaan ulkoiluun sekä urheiluun. Mökkeilyn koettiin olevan terveellinen vastapaino työviikkojen kuluttavalle aherrukselle. Kilpailulehtisessä kerrottiin entisten kesähuviloiden olevan liian kalliita ja pohdittiin lieneekö

enää montaa perhettä, joka voisi tai edes tahtoisivat velttona heittäytyä koko kesäksi kesähuvilan torkuttavaan ja toimeentomaan rauhaan. Tavoitteena oli suunnitella 25 m²–60 m²:n majoja, johon sisältyisi kaikki tarvittavat toiminnot ja tietenkin huokeasti toteutettavissa oleva rakenne. Julkaistuilla huvilasuunnitelmissa on nähty olleen suuri merkitys suomalaisen vapaa-ajan asunnon muotoutumisessa. [1, 175; 3.]



Kuva 3 ja 4. Aikakausilehti Aitan järjestämän suunnittelukilpailun A ryhmän toinen sija. Suunnittelija arkkitehtiyooppilas Hugo Armia 1932, Helsinki. [4, 9.]

1950-luvulta lähtien Suomeen on rakennettu mökkejä valtavat määrät. Niitä rakennettiin joka niemeen, notkoon ja saarelmaan. Vuosikymmenen aikana rakennetut mökit olivat yleisesti vielä majoja tai saunamökkejä, vailla muita mukavuuksia. Kuvassa 5. Alvar Aallon perheelleen suunnittelema 1954 kesähuvila joka poikkesi merkittävästi tavanomaisesta loma-asunnosta. Haluttiin päästä luonnon rauhaan, omalle rannalle, omalle maalle. 60-luvulla alettiin kiinnittää



Kuva 5. Alvar Aallon 1954 perheelleen suunnittelema kesähuvila. [5, 25.]

huomiota rannan kauneusarvoihin ja saunan rakentaminen aivan veden päälle ei enää onnistunut. Rantaviiva haluttiin pitää puhtaana ja vapaana. Tähän vaikutti 1969 voimaan tullut rakennuslain muutos, joka sääтели kesämökkien ja saunojen sijoittelua [1,176].

Jo 1960-luvulta alkaen alettiin päästä omalle mökille myös omalla autolla, kun säännöstely oli purettu ja autoja alkoi tulla maahan entistä suurempia määriä. Valtavaan loma-asuntorakentamiseen on vaikuttanut vuonna 1939 säädetty työntekijöiden vuosilomalaki, jonka puitteissa työntekijöille kertyi lakisääteisesti vuosilomaa ja työviikon pituutta säännösteltiin. [2, 128–135.] Vapaiden lauantaiden säätäminen 1965 ja vuosiloman pidentäminen neliviikkoiseksi mahdollistivat kesänvieron lopullisesti yhä laajemmille yhteiskuntaluokille kuuluvaksi. Parantuneet liikenneyhteydet mahdollistivat kesäasukuksen syntymisen kauas kaupungeista sisämaahan ja saaristoon. [1, 175.] Matti Suuronen suunnitteli kokeilevan kesäasunnon, jonka piti lähteä maailmanlaajuiseen levitykseen. Venturo ei kuitenkaan levinnyt kansansuosioon öljykriisin sekä höylähirsimökki-en suosion vuoksi. 1960-70-luvulla olivat suosittuja sarjavalmistetut, loivakattoiset höylähirsimökit. Niitä tehtiin kaventamalla seinähirret kolmen tuuman paksuisiksi lankuiksi eli ”kevythirsiksi”. [5, 27.]



Kuva 6. Matti Suurosen 1971 suunnittelema Venturo. [5, 26.]

90-luvulla rakentamisen laatuun ja kestävyYTEEN alettiin kiinnittää taas huomiota. Samaan aikaan alkoivat puurakentaminen ja käsityötaidot elpyä. Nykyisin on tarjolla valtavat määrät laadukkaita loma-asuntoja, niin valmisratkaisuja kuin erilaisia paketteja paikalla rakennettavaksi.

Kaikki eivät kuitenkaan tyydy valmismalliratkaisuihin vaan haluavat luoda jotakin omaa ja mahdollisesti myös jotakin sellaista, jolla voitaisiin ratkoa yhteiskuntamme asuntopoliittisia ongelmia. Suomessa eletään aikaa jolloin rakennettavista rannoista ja kauniista maisemista halutuilta paikoilta on pulaa ja niinpä erilaisia luoviakin ratkaisuja olisi syytä pohtia. Näin teki helsinkiläinen, 19-vuotias Robin Falck joka haaveili omasta rauhallisesta lepopaikastaan (kuva 7) ja onnistui toteuttamaan suunnitelmansa Sipoon rantamaisemiin vain kahden viikon uurastamisen jälkeen. [6, 30.]



Kuva 7. Opiskelijapojan toteutunut unelma 2010. [6, 30]

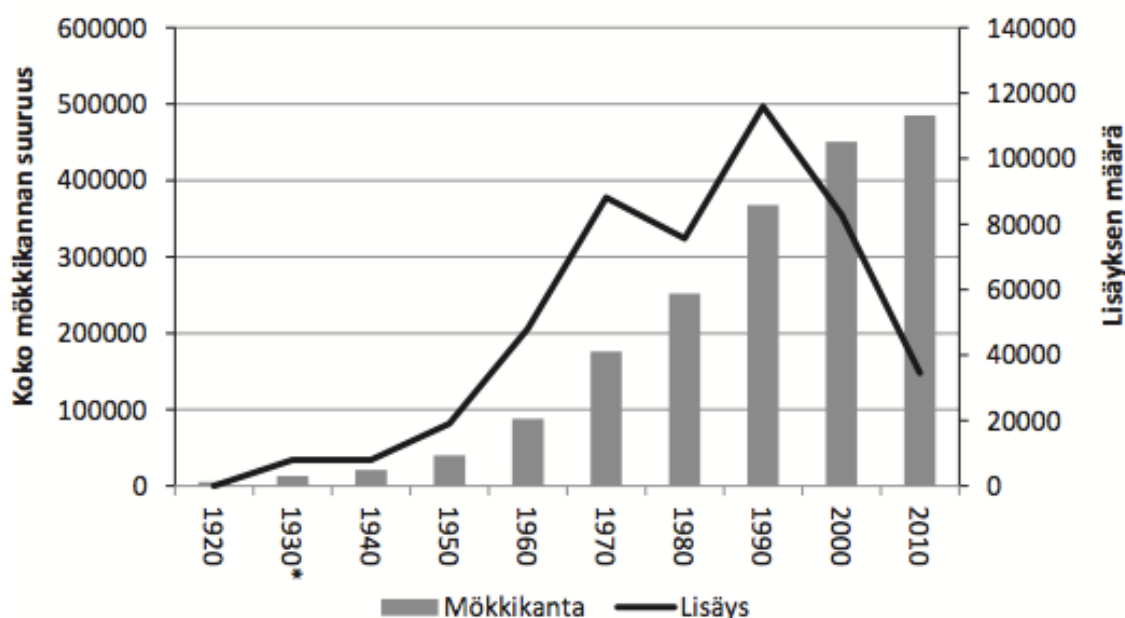


Kuva 8. Arkkitehtiopiskelijan 50-neliöinen talo Korsoon. [7]

Pääkaupunkiseudun asumispoliittiseen ongelmaan ratkaisua päätti kehittää arkkitehtiopiskelija Olli Enne diplomityössään, Yksiö puutarhassa. Kyseessä on pieni, kompakti asumisvaihtoehto kaikkine herkkuihin – oma talo, oma rauha, palvelut lähellä ja tietenkin kohtuulliseen hintaan. Talomallista (kuva 8) on tulossa rakennus, jonka pystyy rakentamaan vapaasti hankittavien piirustusten avulla tai hankkimaan sellaisen pakettitalona. Mielenkiintoinen projekti, jonka avulla voisi perustaa esimerkiksi aivan uuden tyyppisiä loma-asuntoalueita, yksittäisten vapaa-ajantonttien sijaan. [7.]

2.2 Loma-asuntojen määrän nopea kasvu

Toisen maailmansodan jälkeen mökkejä rakennettiin kiihtyvään tahtiin ja varsinkin korkeasuhdanteen aikaan 1970-luvulla mökkikanta kasvoi ajoittain jopa yli 10 000 mökillä vuodessa. Laman jälkeen mökkirakentaminen on selkeästi vähentynyt. Vuosien 1990–1995 kasvuvauhti hidastui alle 7 000 mökkiin ja vuosien 1995–2000 noin 4 000 mökkiin. Vuoden 2010 lopussa mökkejä oli runsaat 489 000 ja määrän arvioitiin nousevan noin 560 000:n vuoteen 2025 mennessä. Berghällin ym. (2008) mukaan mökkikannan kasvua ovat viime aikoina hillinneet erityisesti rantatonttien rajallinen saatavuus, tonttien hintojen nousu sekä vuokramökkeilyn ja muiden lomanviettotapojen yleistyminen. [8, 2-27.]



Kuvio 1. Loma-asuntokannan kehitys vuosikymmenittäin. [9, 49.]

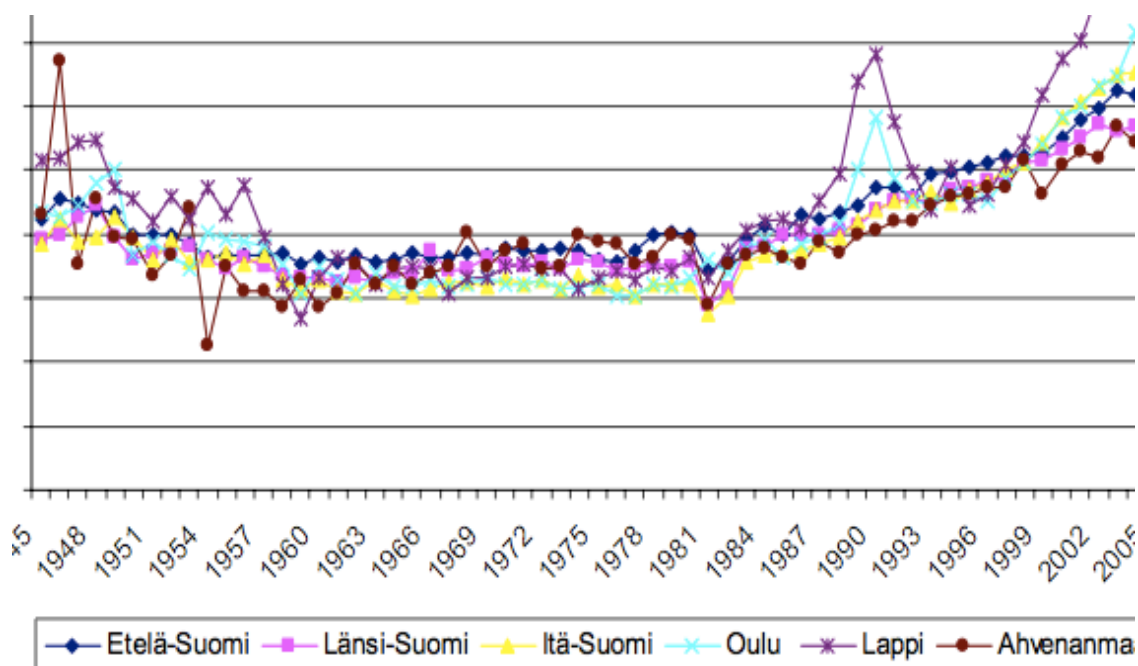
Rakennustutkimus RTS:n tuoreen Suomi mökkeilee 2014 -tutkimuksen mukaan mökkikiinteistöjen kokonaismäärä on noin 720 000, kun tähän asti on puhuttu puolen miljoonan mökin Suomesta. Alunperin mökiksi rakennettuja kiinteistöjä on noin 540 000. Kesämökkejä onkin Suomessa lähes 200 000 enemmän kuin tähän asti on luultu. Vanhat maalaistalot nostavat entistä kokonaislukua 180 000:lla, koska niitä on otettu runsaasti mökkikäyttöön. Neljännes huviloista on siis vanhoja omakotikiinteistöjä. RTS:n tutkimuksen mukaan mökit ovat vuodessa käytössä 76 päivää, noin 2,5 kuukautta. [10.]

Niin kutsuttujen kakkoskotien yleistyminen vähentää varsinaisten mökkien kysyntää. Noin 40 % uusista mökeistä varustetaan kakkosasunnoiksi, jotka ovat monesti myös talviasuttavia ja ovat varustetasoltaan kodinkaltaisia.

2.3 Loma-asuntojen keskipinta-ala 48m²

Vuonna 2006 keskimääräinen mökin pinta-ala oli 44m² ja koko 475 000 mökin yhteen summattu pinta-ala oli yhteensä 20 903 310 m².

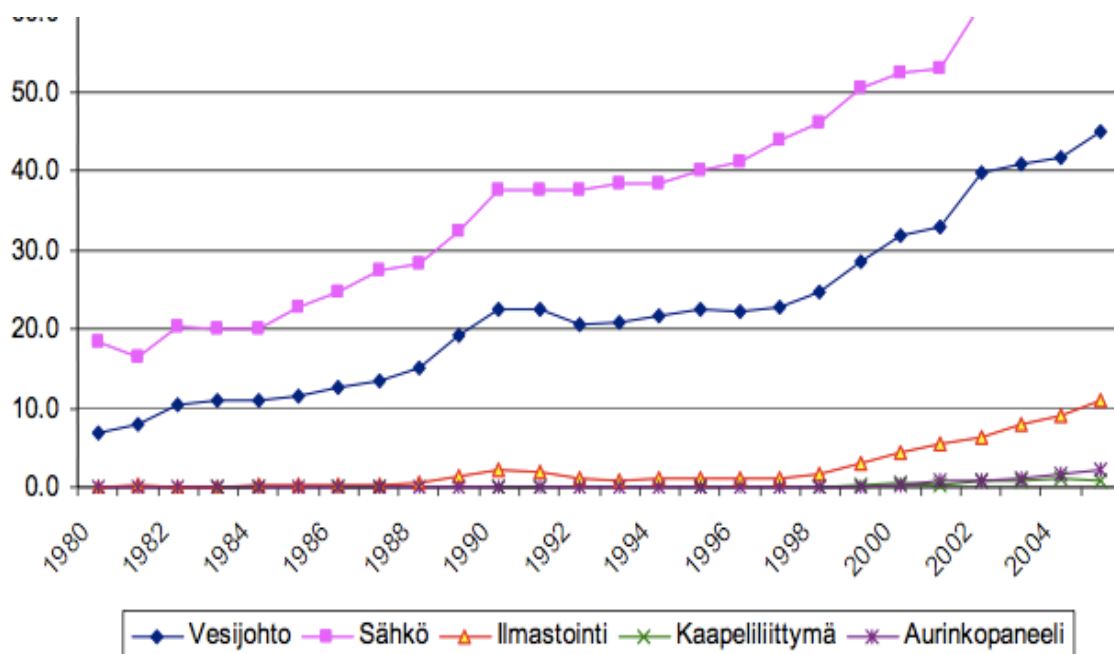
Tilastokeskuksen vuonna 2013 tehdyn selvityksen mukaan loma-asuntojen neliömäärät ovat entistä suurempia. 2010- luvulla rakennettujen vapaa-ajan asuntojen keskimääräinen pinta-ala oli 72 neliötä ja kaikkien loma-asuntojen keski- koko oli 48m². Kaikkien loma-asuntojen mediaanin ollessa 40 neliötä, näin ollen puolet kesämökeistä on edelleen 40m² tai sitä pienempiä. Suurten vähintään 60 neliöisten loma-asuntojen osuus oli vuonna 2013 vajaa neljännes. [11.]



Kuvio 2. Valmistuneiden vapaa-ajan asuntojen keskimääräinen pinta-ala läänittain m². [8, 20.]

2.4 Kodinomaiset varusteet suosittuja

Loma-asuntojen varustetasoa on tarkasteltu Berghällin ym. (2008) tutkimuksessa, jonka mukaan uusien loma-asuntojen varustelu on ollut hyvin aktiivista (kuvio 3.) Sähkö asennetaan suoraan jo noin 65 %:n uusista loma-asunnoista, vesijohto noin 45 %, ja ilmastointi jo yli 10 %. Aurinkopaneelit löytyvät edelleen vain noin 5 % uusista loma-asunnoista. Myös loma-asuntojen lämmitysmuodossa on havaittu muutos. Puu oli pitkään suosittu lämmönlähde mutta sen osuus on 1990 luvun alusta laskenut ja sähkölämmityksen osuus vastaavasti lähtenyt nousuun. Puu ja sähkö ovat olleet kauan suosituimmat lämmitysmuodot, ja vuoteen 2005 tullessa noin 50% uusista loma-asunnoista lämpiää sähköllä ja toinen puoli puulla. Tulevaisuuden skenaariossa vuoteen 2025 saakka Berghäll, (2008) mukaan uusista loma-asunnoista sähköistetään reilu puolet, 16% asennetaan ilmalämpöpumppu ja vajaa neljännes käyttäisi puulämmitystä päätoimisena lämmöntuottajana. Kodintekniikasta arvellaan tv:n löytyvän 85% loma-asunnoista, kylmäkaappi 90% ja pyykin- ja astianpesukone reilusta 10% asunnoista. [8, 2-27.]



Kuvio 3. Uusien loma-asuntojen varustelun yleisyys %. [8, 25.]

3 Loma-asunto Korpipuisto

3.1 Kolmen sukupolven loma-asunto

Tavoitteena oli suunnitella kolmelle sukupolvelle soveltuvat tilat päärakennukseen sekä saunarakennukseen, joka toimii kesäaikoina myös majoitustilana. Makuuhuoneeseen sijoitettiin parikerrossänky ja yksi levitettävä sohva jolloin tilanteen vaatiessa huoneeseen mahdutettiin kuusi henkilöä yöpymään. Myös tuvan istuinkalusteista suunniteltiin nukkumapaikkoja, sekä makuuhuoneen päälle rakennettavalle parvelle mahtuu yöpymään kaksi aikuista. Saunarakennukseen sijoitettiin levitettävä sohva kahdelle henkilölle. Loma-asuntoon suunniteltiin siis useita paikkoja niin lapsiperheen kuin isovanhempienkin yhteiselle majoittumiselle.

3.2 Rakennuspaikka

Korpipuisto RN:o 141:7 tila sijaitsee Joensuun kaupungissa, Enon alueella Pielisjoella sijaitsevassa Palosaarella. Tilaan kuuluva ala on 3 230m², josta tilaajalla on vuokralla 2000m². Pielisjoen rantaosayleiskaavassa saaresta puolet on merkitty merkinnällä M ja puolet merkinnällä RA-1. Merkinnällä RA-1 osoitetaan loma-asunnolle varattu rakennuspaikka, jossa loma-asuntojen määrä on 1. Merkintä M tarkoittaa maa- ja metsätalousaluetta joka pääasiallisesti tarkoittaa aluetta johon ei rakenneta asuinrakennuksia. [12, 7.]



Kuva 10. Rakennuskohteena sijaitsevan Palosaaren sijainti Pielisjoella. [13.]

3.3 Rakennukset

3.3.1 Olemassa olevat rakennukset

Tällä hetkellä saarella on kolme erillistä rakennusta. Saaren päärakennus on rakennettu alun perin vuoden 1950 tienoilla ja sittemmin tilanpuutteen vuoksi 70-luvulla laajennettu. Alkuperäinen loma-asunto on kooltaan n. 17m², jossa on pieni tupa sekä pieni sauna. Rakennus on harjakattoinen, puurunkoinen sekä lautavuorattu. Laajennus on toteutettu pulpettikattoisena, joka on sittemmin painunut muuta rakennusta alemmas huonon perustamisen vuoksi. Laajennuksen jälkeen loma-asunnon pinta-ala on n. 25m². Loma-asunto on vuosien saatossa ränsistynyt ja rakenteet lahonneet, eikä enää vastaa käyttäjien toiveita loma-asunnosta. Saaren muut rakennukset ovat ulkokuusi sekä puuliiteri, joka on vajoamaisillaan, sillä joen veden ollessa korkealla puuliiterin takareuna on veden peitossa.



Kuva 11 ja 12. Palosaaren päärakennus vuonna 2014 talvella. [14.]

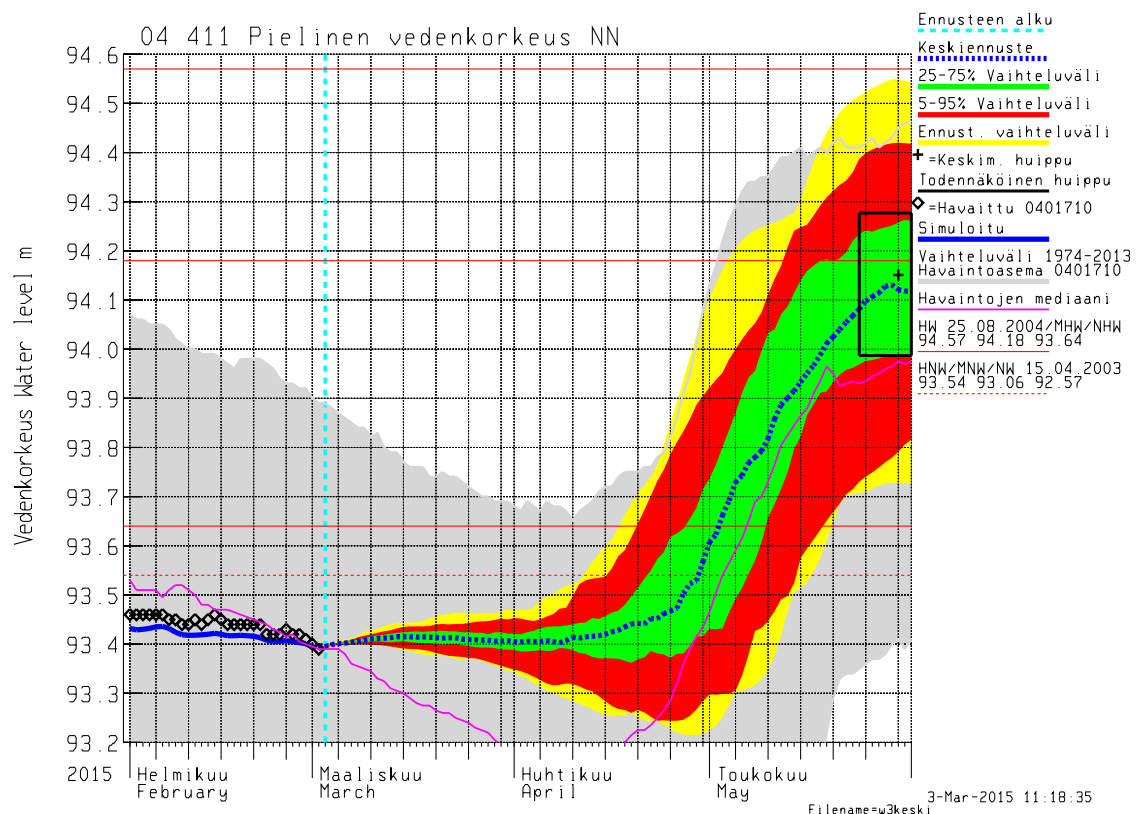
3.3.2 Uudisrakennukset

Uudisrakennuksen sijoittamiseen vaikutti saaren matala profiili. Entinen loma-asunto sijaitsee aivan rannan tuntumassa, eikä uudisrakennusta haluttu rakentaa rantaan, sillä muutoin muu asuttava saari-alue jää varjonpuolelle, rakennuksen taakse.

Pielisjoen keskimääräinen vedenpinnan korkeus on +93,50 merenpinnan korkeudesta mitattuna. Rakennuksen korkosijoitteluun vaikuttava HW (High water)

on korkeus, jossa vedenpinta on korkeimmillaan mitattu olevan. Pielisjoella viimeisin korkein vedenpinnantaso on mitattu 24.8.2004, +94,57. Korkeimman vedenpinnantason mukaan määritetään korko rakennukselle, joka yleensä tarkoittaa HW+ 1m, eli rakennuksen nurkkakoroksi tuli +95,57.

Entinen rakennus peruskorjataan saunamökiksi. Saunamökki toteutetaan hirsi-runkoisena, sillä se on kaikkein yksinkertaisin ja järkevin rakenne tilojen käyttötarkoitukseen nähden.



Kuvio 4. Pielisjoen vedenkorkeuden seuranta 2015. [15.]

4 Ekologisia materiaaleja ja ratkaisuja

4.1 Rakennusmateriaalit

Rakennusmateriaaleina käytettiin mahdollisuuksien mukaan ekologisia materiaaleja jotka käyttöikänsä loppuun olisivat hävitettävissä polttamalla tai muutoin kierrättämällä.

Rakenteen toimivuuteen kiinnitettiin erityistä huomiota. Esimerkiksi eristeiden osalta pyrittiin käyttämään senkaltaisia eristeitä jotka suurten lämpötilojen vaihteluiden vuoksi pystyisivät luovuttamaan kosteutta tai eivät imisi ollenkaan kosteutta ympäröivästä ilmasta.

4.1.1 Runko

Runkorakenteena käytetään puuta sen monien hyvien ominaisuuksien vuoksi. Suomalainen puu on suhteellisen kevyttä, se painaa vain 300-500kg/m³. Puu on uusiutuva ja kestävä luonnonvara ja sitä on halpaa kuljettaa. Lisäksi puu on hyvä lämmöneriste. Hiilidioksidi on merkittävin kasvihuonekaasu ja sen määrä ilmakehässä kasvaa jatkuvasti. Kun puut kasvavat, ne sitovat hiilidioksidia itseensä. Uusi puukuutiometri sitoo ilmasta 200 kilogrammaa hiiltä. Puu voidaan myös polttaa ja siitä syntyvää energiaa voidaan hyödyntää.

Oikein käsiteltynä ja käytettynä puusta valmistettu tuote kestää pitkään. Maailmalla onkin käytössä satoja vuosia vanhoja rakennuksia ja siltoja. Puu ei ole ongelma myöskään elinkaarensa päässä. Kun esimerkiksi rakennusta puretaan, voidaan puu hajottaa pienemmiksi osiksi kaatopaikalla ja kompostoida.

4.1.2 Eristeet

Katto- ja seinäeristeeksi käytettiin uusiutuvasta puukuidusta valmistettavaa Ekovillalevyä sekä puhallettavaa eristettä, joka on pinnoittamaton, pehmeä ja kimmoisa lämmöneriste, joka sopii hydroskooppisuutensa vuoksi hyvin juuri puurakentamiseen. Eristeen lämmöneristävyys on 0,039 W/m²k. Tuotteet valmistetaan Kuusankoskella. [16.]

Alapohjaneristeeksi valikoitui Spu Oy:n Spu R-eriste. Se on ekologinen tuote, jolla on pieni hiilijalanjälki ja helppo kierrätettävyys elinkaaren lopussa. SPU R-eriste ei sisällä metallia. SPU R-tuotteen valmistusmateriaalina on kolmannen sukupolven EFR-polyuretaani, joka on PIR-polyuretaanista edelleen kehitetty polyuretaanimateriaali. Polyuretaanijäte voidaan polttaa energiaksi jätteenpolt-

tolaitoksessa. Eristeen lämmöneristävyys on $0,022 \text{ W/m}^2\text{k}$. Tuotteet valmistetaan Kankaanpäässä. [17.]

Tuulensuojalevyksi valittiin 25 mm Runkoleijona sen ekologisuuden sekä hyvän lämpöeristävyuden vuoksi. Huokolevyt valmistetaan kuidutetusta hakkeesta puusta joka on siis eräänlaista puuteollisuuden jätettä, jota on käytetty hyväksi tuotteen valmistuksessa. Tuulensuojalevyn lämmöneristävyys on $0,056 \text{ W/m}^2\text{k}$.

Koska Leijona-tuulensuojalevyt ovat pääasiassa puhdasta luonnonpuuta, ne voidaan hävittää kompostoimalla, toimittamalla kaatopaikalle, tai polttamalla siihen soveltuvassa lämpökattilassa. Tuotteet valmistetaan Heinolassa. [18.]

4.2 Pintakäsittely

4.2.1 Rautavihtrilli

Rautasulfaattia (FeSO_4) käytetään mm. keittomaalin valmistuksessa sekä puun harmaannuttamisessa [19]. Veteen sekoitettuna rautasulfaatti tuo karkeille puupinnoille luonnollisen ja harmaan värin yksinkertaisella sivelyllä. Rautasulfaatti tappaa mahdolliset bakteerit ja homeitiöt ja sitä käytetään myös mm. puun kylästämiseen. Rautasulfaatti soveltuu myös keittomaalien homeenestoaineeksi. Rautasulfaattia käytetään laimennettuna julkisivujen/ kalusteiden harmaannuttamiseksi. Tuote itsessään on melko myrkyllistä, joten työskenneltäessä aineen kanssa tulee olla varovainen, ettei sitä joudu suuhun, silmiin tai luontoon, sillä se on haitallinen myös ympäristölle.

4.2.2 Puunsuoja-aine

Puun suojauksen tarkoitus on säilyttää puun ja puutuotteiden hyvät ominaisuudet ja samalla estää mahdolliset laho-, home-, hyönteis- ym. vauriot. Uputusmenetelmällä saadaan kemiallisia aineita uppoamaan pintapuuhun noin 5 mm:n syvyyteen. [20.]

Painekyllästyksessä kyllästysaine tunkeutuu männyllä sydänpuuta lukuun ottamatta koko puuhun. Kuusi ei kyllästy 10 mm:ä syvemältä sen pintapuun aspiroitumisen (=puun soluseinämien sulkeutumisen) vuoksi. Kyllästysainetta imeytyy puukuutiometrille muutamia kymmeniä kiloja, ja ainemäärät vaihtelevat kylästysluokittain. [20.]

Puuta voidaan myös lämpökäsitellä, jolloin sen kosteuseläminen saadaan pienemmään ja biologinen kestävyys paranemaan. Lämpökäsittelyssä puu aina tummuu. Lisäksi puusta poistuu useita eri uuteaineita, puu kevenee, sen tasapainokosteus laskee ja sen lämmöneristyskyky kasvaa lähes kolmanneksella. Samalla kuitenkin puun jäykkyys pienenee ja lujuusominaisuudet heikkenevät jonkin verran. Ellei lämpökäsittelyprosessia tehdä oikein, puun halkeiluriski on korkea. [20.]

4.2.3 Keittomaalit

Keittomaalin sideaineena on ruis- tai vehnä jauhoista keitetty tärkkelysliisteri. Liuottimena on vesi. Pigmenttinä käytetään punamultaa tai muita maavärejä. Lisäaineita ovat esim. vihtrilli eli rautasulfaatti, vernissa ja suola. Sideaineena oleva tärkkelysliisteri muodostaa kosteutta läpäisevän ja lujuudeltaan heikon kalvon, joka kuitenkin vanhenee hyvin hitaasti ja kauniisti, ei hilseile vaan kauh-tuu pois vähitellen. Vihtrilli toimii puretusaineena kiinnittämässä väriä puukuituihin samaan tapaan kuin tekstiilien värjäyksessä. Se torjuu myös lahoa ja hometta. Keittomaali on taloudellisin ja helpoimmin uusittava ulkomaali, luultavasti myös pitkäikäisin. [21.]

4.3 Kiintokalusteet

Rakennukseen sijoitettavat kiintokalusteet tehdään puusta ja vanerista, sillä puu kestää kohtalaisen hyvin lämpötilojen vaihtelua sekä kosteusrasitusta. Loma-asuntoon ei tule sähköliittymää, jolloin rakennuksen kiintokalusteet ovat talvella kylmässä ja keväisin sekä syksyisin kostean sään koeteltavana.

Kiintokalusteita rakennuksessa ovat keittiön kalusteet, tuvan penkit sekä makuuhuoneen parikerrossänky. Säilytyskalusteina toimivat sängynaluslaatikot, sekä keittiön kaapistot.

5 Rakennesuunnittelu

5.1 Kuormat

Suunnittelussa on otettava huomioon rakenteiden varmuus ja kuormitukset ta-pauskohtaisesti, aina kunkin rakennelman ja rakenneosan kohdalla erikseen. [22.]

Rakennuksen lujuuden ja kestävyuden kannalta on tärkeää että kuormat on mii-toitettu oikean suuruiseksi. Kuormitukset jaetaan kahteen pääluokkaan pysyviin ja muuttuviin kuormituksiin. Pysyviin kuormiin luetaan rakennusosien omat pai-not, jotka ovat pysyvä osa rakennusta. Lisäksi kantavat ja kantamattomat ra-kenneosat luetaan pysyviksi kuormiksi. Kuorman muuttuessa, joko tietyssä ajanjaksossa kuten kesällä/talvella tai jossakin tietyssä paikassa, sitä sanotaan muuttuvaksi kuormaksi. Tällaisia kuormia ovat mm. hyötykuorma, lumikuorma ja tuulikuorma.

5.1.1 Pysyvä kuorma

Pysyväksi kuormaksi katsotaan kiinteiden rakennusosien oma paino sekä muu rakenteeseen vaikuttava muuttumaton kuorma.

Omapaino lasketaan yleensä rakennusaineiden ja tarvikkeiden painojen sekä rakennusosien nimellismittojen perusteella, jolloin voidaan käyttää aineiden keskimääräisiä tiheyksiä [23, 3].

5.1.2 Hyötykuorma

Hyötykuormat aiheutuvat tilojen käytöstä ja hyötykuorma oletetaan aina liikkuvaksi kuormaksi. Hyötykuormia ovat oleskelukuorma, kokoontumiskuorma, tungoskuorma ja tavarakuorma, jotka voivat vaikuttaa pinta-, piste- ja viivakuormina.

Hyötykuormien edellytetään vaikuttavan sen jälkeen, kun rakennus on otettu käyttötarkoituksensa mukaiseen käyttöön. Rakentamisaikana rakenteille tulevat kuormat ovat hyötykuormaan verrattavia kuormia [23, 3].

5.1.3 Lumikuorma

Maanpinnan lumikuorman ominaisarvoksi, S_k saadaan Enon alueella arvoksi $2,5 \text{ kN/m}^2$. Rakennuksessa on 30° asteen kattokaltevuus, jonka avulla saadaan lumikuorman muotokerroimeksi, $0,8$. Lumikuorma lasketaan kaavalla 1 [24,11]:

$$g_k = \mu \cdot S_k = 0,8 \cdot 2,5 \text{ kN/m}^2 = 2,0 \text{ kN/m}^2 \quad (1)$$

missä

$\mu =$ Lumikuorman muotokerroin 30° kattokaltevuudelle

$S_k =$ Maanpinnan lumikuorman ominaisarvo [kN/m^2]

5.1.4 Tuulikuorma

Rakennuskohde kuuluu maastoluokkaan 2 ja rakennuksen korkeus on n. 5 m. Nopeuspaineen ominaisarvoksi $q_k(h)$ saadaan $0,43 \text{ kN/m}^2$. Rakennuksen konnaistuulikuorman ominaisarvo saadaan kaavasta 2 [24, 13]:

$$F_{w,k} = c_f \cdot q_k(h) \cdot A_{ref} = 1,3 \cdot 0,43 \text{ kN/m}^2 \cdot 36,65 \text{ m}^2 = 20,5 \text{ kN} \quad (2)$$

missä

$q_k(h) = \text{Rakennuksen korkeutta vastaava tuulen nopeuspaine [kN/m}^2\text{]}$

$A_{ref} = \text{Rakenteen tuulta vastaan kohtisuora projektion pinta-ala [m}^2\text{]}$

Kokonaistuulikuorman resultantti $F_{w,k}$ muutetaan tasaiseksi kuormaksi kertoimen 1,25 avulla. Osapinnan tuulenpaine kohdistuu kohtisuorasti rakennetta vastaan. Tuulen aiheuttaman osapinnan nettopaine lasketaan kaavalla 3 [24,13]:

$$Q_{w,k} = \frac{F_{w,k}}{0,8 A_{ref}} = 1,25 \cdot c_f \cdot q_k(h) = 0,69 \text{ kN} \quad (3)$$

missä

$F_{w,k} = \text{Kokonaistuulikuorman resultantti [kN]}$

$c_f = \text{Rakenteen voimakerroin}$

$A_{ref} = \text{Rakenteen tuulta vastaan kohtisuora projektion pinta-ala [m}^2\text{]}$

5.2 Perustukset

Perustukset toteutetaan pilariperustuksena eli rakennus tehdään rossipohjaisena. Pilarit rakennetaan soraharkoista, joiden alle valetaan betoniset anturat. Betonianturan mitoitus tehdään maan geoteknisen kantavuuden avulla. Koska kyseisestä kohteesta ei ole tehty maanpaineen koeistusta, arvioidaan maanpaine eli maan kantavuus. Rakennuspaikalla ei ole havaittu routimisongelmia joten kyseessä oletetaan olevan routimaton maa-aines. Arvioin maan kantavuuden olevan 120 kN/m^2 . Rossipohjaisen perustuksen alapinnan tulee olla 800 mm etäisyydellä maanpinnasta. N_k , ja rakennuksen aiheuttama kuormitus ovat $7,9 \text{ kN}$. Anturan mitoitus lasketaan kaavalla 4:

$$\text{Anturan pinta - ala, } A = \frac{N_k}{P_{sall}} = \frac{7,9 \text{ kN}}{120 \text{ kN/m}^2} = 0,065 \text{ m}^2 \quad (4)$$

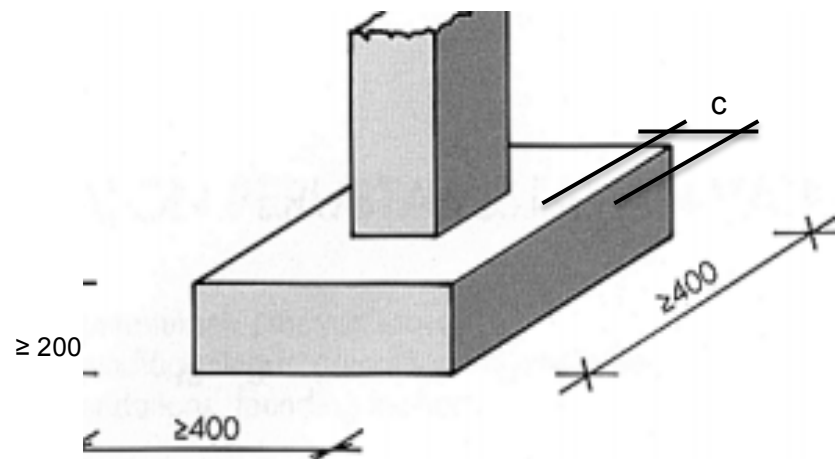
missä

$N_k = \text{Rakennuksen aiheuttama kokonaiskuormitus [kN]}$

$P_{sall} = \text{Maan geotekninen kantavuus [kN/m}^2\text{]}$

Anturan sivumitta, $B = \sqrt{0,065 \text{ m}^2} = 254 \text{ mm} \leq 400 \text{ mm}$

Käytetään pilarianturan minimimitoitusta 400 x 400 x 200 mm. [25, 7- 8.]



Kuva 13. Pilarianturan vähimmäismitat [25, 7.]

Anturan rauditus lasketaan seuraavan kaavan 5 mukaisesti:

$$Md = \frac{1}{2} \cdot (1,5 \cdot P_{sall}) \cdot c^2 = \frac{1}{2} \cdot (1,5 \cdot 120 \text{ kN/m}^2) \cdot 0,1 \text{ m}^2 = 0,9 \text{ kNm/m} \quad (5)$$

missä

$c = \text{Peruspilarin ja anturan välinen matka [m]}$

$P_{sall} = \text{Maan geotekninen kantavuus [kN/m}^2\text{]}$

1,5 = Osavarmuuskerroin

Poikkileikkauksen suhteellinen momentti μ , lasketaan kaavalla 6:

$$\mu = \frac{Md}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{0,9 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{400 \text{ mm} \cdot 147 \text{ mm}^2 \cdot 14,17 \text{ N/mm}^2} = 0,0073 \quad (6)$$

missä

$Md = \text{Anturan taivutusmomentti [Nmm]}$

$b = \text{Anturan leveys [400 mm]}$

$d = \text{Anturan tehollinen paksuus 147 mm}$

$f_{cd} = 14,17 \text{ N/mm}^2$

Anturan tehollinen paksuus d , lasketaan kaavalla 7:

$$d = HL - C_{norm} - \frac{\text{Teräs [mm]}}{2} = 200 \text{ mm} - 50 \text{ mm} - \frac{6}{2} = 147 \text{ mm} \quad (7)$$

missä

$HL = \text{Anturan todellinen paksuus [mm]}$

$C_{norm} = \text{suojabetoni maata vasten} > 50 \text{ [mm]}$

Suunniteltaessa haluttua lujuutta betonille on ensin valittava puristuslujuusluokaltaan paras betoni käyttökohdetta silmälläpitäen. Anturaan parhaiten soveltuva betonilaatu on K30 eli C25/30. Lasketaan kaavalla 8:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \cdot \alpha = \frac{25 \text{ N/mm}^2}{1,5} \cdot 0,85 = 14,17 \text{ N/mm}^2 \quad (8)$$

missä

$f_{ck} = \text{Betonin lieriölujuus N/mm}^2$

$1,5 = \text{Varmuuskerroin}$

Lasketaan momenttivarsi z , kaavalla 9:

$$z = \frac{d}{2} \cdot (1 + \sqrt{1 - 2 \cdot \mu}) = \frac{147 \text{ mm}}{2} \cdot (1 + \sqrt{1 - 2 \cdot 0,0073}) = 146,5 \text{ mm} \quad (9)$$

missä

$d = \text{Anturan tehollinen paksuus 147 mm}$

$\mu = \text{Poikkileikkauksen suhteellinen momentti}$

Lasketaan lopullinen teräsmäärä A_s , kaavalla 10:

$$A_s = \frac{Md}{z \cdot f_{yd}} = \frac{0,9 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{146,5 \text{ mm} \cdot 434 \text{ N/mm}^2} = 14,2 \text{ mm}^2 \quad (10)$$

missä

$Md = \text{Taivutusmomentti [Nmm]}$

$z = \text{Momenttivarsi [mm]}$

$f_{yd} = \text{Teräksen vetolujuuden laskenta – arvo [Nmm}^2]$

Minimi teräsmäärä lasketaan kaavalla 11:

$$A_s \text{ min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 147 \text{ mm} = 76,4 \text{ mm}^2/\text{m} \quad (11)$$

missä

$0,0013 = 0,13 \%$

$b = \text{Anturan leveys [400 mm]}$

$d = \text{Anturan tehollinen paksuus 147 mm}$

5.3 Runko

5.3.1 Alapohja

Rakenteen pintakerrokseksi suunniteltiin laotalattia, jonka alle asetetaan 18 mm vanerilevy. Tämän kerroksen alla ovat lattiakannattajat C24 48 x 223 mm, joiden välissä on tiivis SpuR eristekerros joka on uretaanilla tiivistetty runkoon kiinni. Tuulensuojalevyä ei tarvita sillä Spu eriste on tiivis itsessään.

Alapohjapalkiston mitoituksessa mitoittavana ehtona pidetään värähtelyä sekä taipumaa. Värähtelymitoitusta ei kohteen pienen koon ja käyttötarkoituksen vuoksi tehty. Materiaalina käytettiin mitallistettua, lujuusluokiteltua sahatavaraa C24.

Alapohjan omapaino laskelma. Taulukko 1.

Rakenne	Tilavuuspaino kN/m^3	Neliöpaino kN/m^2
Lautalattia 28 x 95 mm	4,0	0,112
Vaneri 18 mm	6,0	0,108
SpuR 1200 x 2400 mm	0,35	0,060
Puupalkisto C24 48 x 223 mm K600	4,0	0,07
Yhteensä		0,35 -> 0,40 kN/m^2

Kuormitusyhdistelminä käytettiin pysyvää ja keskipitkää aikaluokkaa. Alapohjan omapaino saatiin taulukosta 1. g_k = alapohjan paino $0,4 \text{ kN/m}^2$. Rakenteen kestävyyttä ja tasapainoa tarkasteltaessa mitoituskuorma lasketaan aikaluokittain seuraavilla kuormitusyhdistelmillä [24, 9.]:

Pysyvä aikaluokka:

$$1,35 \cdot 0,4 \text{ kN/m}^2 = 0,54 \text{ kN/m}^2 \quad (12)$$

Keskipitkä aikaluokka:

$$1,15 \cdot 0,40 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot 2,0 \text{ kN/m}^2 = 3,5 \text{ kN/m}^2 \quad (13)$$

Momentin maksimi taivutukselle

$$M_d \max = \frac{(p_{gd} + p_{qd}) \cdot j m^2 \cdot s}{8} = \frac{\left(3,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}\right) \cdot 2,67 \text{ m}^2 \cdot 0,6 \text{ m}}{8} = 1,86 \text{ kNm} \quad (14)$$

missä

s = Koolausväli [m]

p_{gd} = Alapohjan omapaino [kN/m^2]

p_{qd} = Hyötykuorma [kN/m^2]

Taivutus syrjällään

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{24 \text{ N/mm}^2}{1,4} = 13,7 \text{ N/mm}^2 \quad (15)$$

missä

k_{mod} = Olosuhdekerroin

f_{mk} = Taivutuksen ominaislujuus [N/mm^2]

γ_m = Materiaalin osavarmuuskerroin

Mitoitus taivutukselle

$$\sigma_{m,d} = \frac{6 \cdot Md}{b \cdot h^2} = \frac{6 \cdot 1,86 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{48 \text{ mm} \cdot 223 \text{ mm}^2} = 4,7 \text{ N/mm}^2 \quad (16)$$

missä

Md = momentin maksimi taivutukselle [N/mm]

b = Rakenteen paksuus syrjällään [mm]

h = Rakenteen paksuus lappeellaan [mm]

Mitoitusehto

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d}$$

$$4,7 \text{ N/mm}^2 \leq 13,7 \text{ N/mm}^2 \quad 34 \% \quad \text{OK!}$$

Leikkausrasitus

$$V_d = \frac{(p_{gd} + p_{qd}) \cdot j_m \cdot s}{2} = \frac{(3,5 \text{ kN/m}^2) \cdot 2,67 \text{ m} \cdot 0,6 \text{ m}}{2} = 2,80 \text{ kN} \quad (17)$$

missä

S = Koolausväli [m]

p_{gd} = Alapohjan omapaino [kN/m^2]

p_{qd} = Hyötykuorma [kN/m^2]

j_m = Rakenneosan pituus [m]

Leikkaus syrjällään

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{4,0 \text{ N/mm}^2}{1,4} = 2,3 \text{ N/mm}^2 \quad (18)$$

missä

$k_{mod} =$ Olosuhdekerroin

$f_{vk} =$ Leikkauslujuus syrjällä [N/mm^2]

$\gamma_m =$ Materiaalin osavarmuuskerroin

Mitoitus leikkaukselle

$$\sigma_{v,d} = \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot b \cdot h} = \frac{3 \cdot 2800 \text{ N}}{2 \cdot 48 \text{ mm} \cdot 223 \text{ mm}} = 0,40 \text{ N/mm}^2 \quad (19)$$

missä

$V_d =$ Leikkausrasitus [N]

$b =$ Rakenteen paksuus syrjällä [mm]

$h =$ Rakenteen paksuus lappeellaan [mm]

Mitoitusehto

$$\sigma_{v,d} \leq f_{v,d}$$

$$0,40 \text{ N/mm}^2 \leq 2,3 \text{ N/mm}^2 \quad 17 \% \text{ Ok!}$$

Tukipaine

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{V_d}{b \cdot l} = \frac{2800 \text{ N}}{48 \text{ mm} \cdot 45 \text{ mm}} = 1,3 \text{ N/mm}^2 \quad (20)$$

missä

$V_d =$ Leikkausrasitus [N]

$b =$ Rakenteen paksuus syrjällä [mm]

$l =$ Kosketuspinnan pituus puunsyiden suunnassa [mm]

Tehollinen kosketuspinnan pituus

$$l_{c,90,ef} = l + 30 \text{ mm} = 45 \text{ mm} + 30 \text{ mm} = 75 \text{ mm} \quad (21)$$

Tukipainekerroin

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} \cdot k_{c,90} = \frac{75 \text{ mm}}{45 \text{ mm}} \cdot 1,0 = 1,67 \quad (22)$$

missä

$l_{c,90,ef}$ = Tehollinen kosketuspinnan pituus [mm]

l = Kosketuspinnan pituus puunsyiden suunnassa [mm]

$k_{c,90}$ = Kerroin jonka avulla humioidaan kuorman sijainti yms.

Mitoitus tukipaineelle

$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{2,5 \text{ N/mm}^2 \cdot 0,8}{1,4} = 1,42 \text{ N/mm}^2 \quad (23)$$

missä

$f_{c,90,k}$ = Puristuslujuus [N/mm^2]

k_{mod} = Olosuhdekerroin

γ_m = Materiaalin osavarmuuskerroin

Mitoitusehto

$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,1} \cdot f_{c,90,d}$

$1,3 \text{ N/mm}^2 \leq 1,67 \cdot 1,42 \text{ N/mm}^2 = 2,37 \text{ N/mm}^2$ 55 % Ok!

Taipuma, palkin jäyhyysmomentti

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{48 \text{ mm} \cdot 223 \text{ mm}^3}{12} = 44358268 \text{ mm}^4 \quad (24)$$

missä

b = Rakenteen paksuus syrjällään [mm]

h = Rakenteen paksuus lappeellaan [mm]

Hetkellinen taipuma pysyvistä kuormista

$$Winst_g = \frac{5 \cdot s \cdot g_k \cdot L^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot I} = \frac{5 \cdot 0,6 \cdot 0,4 \cdot 2670^4}{384 \cdot 11\,000 \cdot 44358268} = 0,33 \text{ mm} \quad (25)$$

missä

s = koolausväli [m]

g_k = Pysyvät kuormat [kN]

$L = \text{Rakenneosan pituus [mm]}$

$E_{mean} = \text{Kimmomoduuli [N/mm}^2\text{]}$

$I = \text{Palkin jäyhyysmomentti [mm}^4\text{]}$

Hetkellinen taipuma muuttuvista kuormista

$$Winst_q = \frac{5 \cdot s \cdot qk \cdot L^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot I} = \frac{5 \cdot 0,6 \cdot 2,0 \cdot 2670^4}{384 \cdot 11\,000 \cdot 44358268} = 1,63 \text{ mm} \quad (26)$$

missä

$s = \text{koolausväli [m]}$

$qk = \text{Muuttuvat kuormat [kN]}$

$L = \text{Rakenneosan pituus [mm]}$

$E_{mean} = \text{Kimmomoduuli [N/mm}^2\text{]}$

$I = \text{Palkin jäyhyysmomentti [mm}^4\text{]}$

Hetkellinen taipuma

$$Winst = Winst_g + Winst_q = 0,33 + 1,63 = 1,96 \text{ mm} \quad (27)$$

missä

$Winst_g = \text{Hetkellinen taipuma pysyvistä kuormista [mm]}$

$Winst_q = \text{Hetkellinen taipuma muuttuvista kuormista [mm]}$

Taipumaraja

$$Winst \ 1,96 \text{ mm} \leq \frac{L}{400} = \frac{2670}{400} = 6,7 \text{ mm} \ 29 \% \text{ ok!}$$

5.3.2 Ulkoseinä

Ulkoseinän ulommaiseksi kerrokseksi haluttiin vaakahirsipaneeli, jotta ulkonäöllisesti rakennus olisi mökkimäinen sekä jäljittelisi hirsirakennuksen ulkonäköä. Tämän kerroksen alla on 22 mm pystykoolaus, 25 mm kuitulevyä vasten. Runkona ulkoseinässä on C24 28 x148 mm ja rungon sisällä 150 mm puukuitueriste. Runkoa vasten sisäpuolella on höyrynsulkupaperi ja 22 mm koolaus sekä

pinnassa 20 x 195 mm hirsipaneeli. Hirsipaneeli tuo rakennuksen sisälle viihtyisyyttä sekä paneelin koon tuomaa jyhkeyttä. Ulkoseinätolpan mitoituksessa mitoitettavana ehtona nurjahduslujuutta. Seinä oletetaan päistään nivelellisesti tueksi. Kuormitusyhdistelminä käytettiin keskipitkää aikaluokkaa.

Ulkoseinän omapaino laskelma. Taulukko 2.

Rakenne	Tilavuuspaino kN/m ³	Neliöpaino kN/m ²
Ulkovuorauspaneeli 28 x 195 mm	4,0	0,115
Koolaus 22 x 100 mm	4,0	0,108
Kuitulevy 25 mm	0,35	0,100
Puukuitueriste 150 mm	0,45	0,083
Höyrynsulkupaperi	0	0
Runko C24 48 x 148 mm K600	4,0	0,10
Koolaus 22 x 100 mm	4,0	0,018
Paneeli 20 x 195 mm	5,0	0,072
Yhteensä		0,59 -> 0,60 kN/m ²

Ulkoseinän omapaino saatiin taulukosta 2. Kuorma ulkoseinätolpalle ikkunan viereen, N_d = kuorma 8,7 kN saatiin alla olevan kaavan 28 mukaisesti laske-
malla. Rakenteen kestävyyttä ja tasapainoa tarkasteltaessa mitoituskuorma lasketaan aikaluokittain seuraavilla kuormitusyhdistelmillä [24, 9.]

Kuorma N_d muodostui ulkoseinälle seuraavasti (keskipitkä aikaluokka):

$$\left(2,7 \text{ m (yp } \frac{\text{jänneväli}}{2} + \text{räystäs)} \cdot 0,9 \text{ m)} \cdot (1,15 \cdot 0,50 \text{ kN/m}^2 \text{ (yp paino)} + 1,5 \cdot 2,0 \text{ kN/m}^2 \text{ (lumi)}) = 8,7 \text{ kN} \quad (28)$$

Runkotolpan jäyhyysmomentti

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{48 \text{ mm} \cdot 148 \text{ mm}^3}{12} = 12967168 \text{ mm}^4 \quad (30)$$

missä

$$b = \text{Rakenteen paksuus syrjällään [mm]}$$

$h = \text{Rakenteen paksuus lappeellaan [mm]}$

$$A = 48 \text{ mm} \cdot 148 \text{ mm} = 7104 \text{ mm}^2$$

Tolpan hoikkuus

$$\lambda = \frac{L}{\sqrt{\frac{I}{A}}} = \frac{2500 \text{ mm}}{\sqrt{\frac{12967168 \text{ mm}^4}{7104 \text{ mm}^2}}} = 59 \leq 200 \quad (31)$$

missä

$L = \text{Rakenneosan pituus [mm]}$

$I = \text{Runkotolpan jäyhyysmomentti [mm}^4\text{]}$

$A = \text{Runkotolpan poikkipinta – ala [mm}^2\text{]}$

Momentin maksimi

$$Md = \frac{q_{d,tuuli} \cdot L^2}{8} = \frac{0,69 \text{ kN/m} \cdot (2,5 \text{ m})^2}{8} = 0,54 \text{ kNm} \quad (32)$$

missä

$q_{d,tuuli} = \text{Tuulikuorma [kN/m]}$

$L = \text{Rakenneosan pituus [m]}$

Puristus kohtisuoraan

$$f_{c,o,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,o,k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{21}{1,4} = 12 \text{ N/mm}^2 \quad (33)$$

missä

$k_{mod} = \text{Olosuhdekerroin}$

$\gamma_m = \text{Materiaalin osavarmuuskerroin}$

$f_{c,o,k} = \text{Puristuslujuus [N/mm}^2\text{]}$

Taivutus syrjällään

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,4} = 13,7 \text{ N/mm}^2 \quad (34)$$

missä

$k_{mod} =$ Olosuhdekerroin

$f_{mk} =$ Taivutuslujuus [N/mm^2]

$\gamma_m =$ Materiaalin osavarmuuskerroin

Taivutusvastus

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{48 \text{ mm} \cdot 148 \text{ mm}^2}{6} = 175232 \text{ mm}^3 \quad (35)$$

missä

$b =$ Rakenteen paksuus syrjällään [mm]

$h =$ Rakenteen paksuus lappeellaan [mm]

Mitoitus taivutukselle

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{540 \text{ Nmm}}{175232 \text{ mm}^3} = 0,0030 \text{ Nmm} \quad (36)$$

missä

$M_d =$ momentin maksimi taivutukselle [Nmm]

$W =$ Taivutusjännitys [mm^3]

Nurjahdus

$$\sigma_{c,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{8700 \text{ N}}{7104 \text{ mm}^2} = 1,2 \text{ N/mm}^2 \quad (37)$$

missä

$N_d =$ Ulkoseinälle muodostuva kuorma [N]

$A =$ Runkotolpan poikkipinta – ala [mm^2]

Mitoitusehto

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{c,d}}{k_c \cdot f_{c,d}} = \frac{0,0030}{13,7} + \frac{1,2}{0,63 \cdot 12} = 0,16 \leq 1 \text{ OK!}$$

5.3.3 Ikkunapalkki

Ikkunapalkin mitoituksessa mitoittavana ehtona pidetään taipumaa, leikkausta ja taivutusrasitusta. Materiaalina käytettiin liimapuuta GL32. Kuormitusyhdistelmänä käytettiin pysyvää ja keskipitkää aikaluokkaa. g_k = ulkoseinän paino $0,6 \text{ kN/m}^2$ + palkin paino $0,05 \text{ kN/m}^2$ yhteensä $0,65 \text{ kN/m}^2$. Rakenteen kestävyyttä ja tasapainoa tarkasteltaessa mitoituskuorma lasketaan aikaluokittain seuraavilla kuormitusyhdistelmillä [24, 9.]:

Pysyvä aikaluokka:

$$1,35 \cdot (0,65 \text{ kN/m}^2 + y_p 0,50 \text{ kN/m}^2) = 1,6 \text{ kN/m}^2 \quad (12)$$

Keskipitkä aikaluokka:

$$1,15 \cdot 0,65 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot 2,0 \text{ kN/m}^2 = 3,70 \text{ kN/m}^2$$

$$3,70 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,73 \text{ m} = 6,4 \text{ kN/m} \quad (13)$$

Momentin maksimi taivutukselle

$$M_d = \frac{(p_{gd} + p_{qd}) \cdot j m^2}{8} = \frac{(6,4 \text{ kN/m}) \cdot 2,8 \text{ m}^2}{8} = 6,3 \text{ kNm} \quad (14)$$

missä

$$p_{gd} = \text{Ulkoseinän omapaino} [\text{kN/m}^2]$$

$$p_{qd} = \text{Lumikuorma} [\text{kN/m}^2]$$

Taivutus syrjällä

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{32}{1,2} = 21,3 \text{ N/mm}^2 \quad (15)$$

missä

$$k_{mod} = \text{Olosuhdekerroin}$$

$$f_{mk} = \text{Taivutuksen ominaislujuus} [\text{N/mm}^2]$$

$$\gamma_m = \text{Materiaalin osavarmuuskerroin}$$

Mitoitus taivutukselle

$$\sigma_{m,d} = \frac{6 \cdot Md}{b \cdot h^2} = \frac{6 \cdot 6,3 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{42 \text{ mm} \cdot 225 \text{ mm}^2} = 17,8 \text{ N/mm}^2 \quad (16)$$

missä

$Md =$ momentin maksimi taivutukselle [Nmm]

$b =$ Rakenteen paksuus syrjällä [mm]

$h =$ Rakenteen paksuus lappeella [mm]

Mitoitusehto

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d}$$

$$17,8 \text{ N/mm}^2 \leq 21,3 \text{ N/mm}^2 \quad 84 \% \quad \text{OK!}$$

Leikkausrasitus

$$Vd = \frac{(p_{gd} + p_{qd}) \cdot jm}{2} = \frac{(6,3 \text{ kN/m}) \cdot 2,8 \text{ m}}{2} = 8,8 \text{ kN} \quad (17)$$

missä

$p_{gd} =$ Yläpohjan omapaino

$p_{qd} =$ Lumikuorma

$jm =$ Rakenneosan pituus [m]

Leikkaus syrjällä

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{3,2}{1,2} = 2,1 \text{ N/mm}^2 \quad (18)$$

missä

$k_{mod} =$ Olosuhdekerroin

$f_{vk} =$ Leikkauslujuus syrjällä [N/mm²]

$\gamma_m =$ Materiaalin osavarmuuskerroin

Mitoitus leikkaukselle

$$\sigma_{v,d} = \frac{3 \cdot Vd}{2 \cdot b \cdot h} = \frac{3 \cdot 8800 \text{ N}}{2 \cdot 42 \text{ mm} \cdot 225 \text{ mm}} = 1,4 \text{ N/mm}^2 \quad (19)$$

missä

$Vd =$ Leikkausrasitus [N]

$b =$ Rakenteen paksuus syrjällä [mm]

$h =$ Rakenteen paksuus lappeella [mm]

Mitoitusehto

$$\sigma_{v,d} \leq f_{v,d}$$

$$1,4 \text{ N/mm}^2 \leq 2,1 \text{ N/mm}^2 \quad 67 \% \text{ Ok!}$$

Tukipaine

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{Vd}{b \cdot l} = \frac{8800 \text{ N}}{42 \text{ mm} \cdot 225 \text{ mm}} = 0,93 \text{ N/mm}^2 \quad (20)$$

missä

$Vd =$ Leikkausrasitus [N]

$b =$ Rakenteen paksuus syrjällä [mm]

$l =$ Kosketuspinnan pituus puunsyiden suunnassa [mm]

Tehollinen kosketuspinnan pituus

$$l_{c,90,ef} = l + 30 \text{ mm} = 45 \text{ mm} + 30 \text{ mm} = 75 \text{ mm} \quad (21)$$

Tukipainekerroin

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} \cdot k_{c,90} = \frac{75 \text{ mm}}{45 \text{ mm}} \cdot 1,0 = 1,7 \quad (22)$$

missä

$l_{c,90,ef} =$ Tehollinen kosketuspinnan pituus [mm]

$l =$ Kosketuspinnan pituus puunsyiden suunnassa [mm]

$k_{c,90} =$ Kerroin jonka avulla huomioidaan kuorman sijainti yms.

Mitoitus tukipaineelle

$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{3,0 \cdot 0,8}{1,2} = 2,0 \text{ N/mm}^2 \quad (23)$$

missä

$f_{c,90,k}$ = Puristuslujuus [N/mm²]

k_{mod} = Olosuhdekerroin

γ_m = Materiaalin osavarmuuskerroin

Mitoitusehto

$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,\perp} \cdot f_{c,90,d}$

$0,93 \leq 1,7 \cdot 2,0 \text{ N/mm}^2 = 3,4 \quad 27 \% \text{ Ok!}$

Taipuma, palkin jäyhyysmomentti

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{42 \text{ mm} \cdot 225 \text{ mm}^3}{12} = 39867187,5 \text{ mm}^4 \quad (24)$$

missä

b = Rakenteen paksuus syrjällään [mm]

h = Rakenteen paksuus lappeellaan [mm]

Hetkellinen taipuma pysyvistä kuormista

$$Winst_g = \frac{5 \cdot s \cdot g_k \cdot L^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot I} = \frac{5 \cdot 1 \cdot (0,65 \cdot 1,73 \text{ m}) \cdot 2800^4}{384 \cdot 13\,700 \cdot 39867187,5} = 1,65 \text{ mm} \quad (25)$$

missä

s = koolausväli [m]

g_k = Pysyvät kuormat [kN]

L = Rakenneosan pituus [mm]

E_{mean} = Kimmomoduuli [N/mm²]

I = Palkin jäyhyysmomentti [mm⁴]

Hetkellinen taipuma muuttuvista kuormista

$$Winst_q = \frac{5 \cdot s \cdot qk \cdot L^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot I} = \frac{5 \cdot 1 \cdot (2,0 \cdot 1,73 \text{ m}) \cdot 2800^4}{384 \cdot 13\,700 \cdot 39867187,5} = 5,1 \text{ mm} \quad (26)$$

missä

$s = \text{koolausväli [m]}$

$qk = \text{Muuttuvat kuormat [kN]}$

$L = \text{Rakenneosan pituus [mm]}$

$E_{mean} = \text{Kimmomoduuli [N/mm}^2\text{]}$

$I = \text{Palkin jäyhyysmomentti [mm}^4\text{]}$

Hetkellinen taipuma

$$Winst = Winst_g + Winst_q = 1,65 + 5,1 = 6,75 \text{ mm} \quad (27)$$

missä

$Winst_g = \text{Hetkellinen taipuma pysyvistä kuormista [mm]}$

$Winst_q = \text{Hetkellinen taipuma muuttuvista kuormista [mm]}$

Taipumaraja

$$Winst\ 6,75 \text{ mm} \leq \frac{L}{300} = \frac{2800 \text{ mm}}{300} = 9,3 \text{ mm } 73 \% \text{ ok!}$$

5.3.4 Terassin pilari

Pilarin mitoituksessa mitoittavana ehtona käytetään nurjahduslujuutta. Materiaalina käytettiin mitallistettua sahatavaraa C24. Kuormitusyhdistelminä käytettiin hetkellistä, pysyvää ja keskipitkää aikaluokkaa. $gk = \text{yläpohjan paino } 0,5 \text{ kN/m}^2$. Rakenteen kestävyyttä ja tasapainoa tarkasteltaessa mitoituskuorma lasketaan seuraavalla kuormitusyhdistelmällä. [24, 9.] $Nd = \text{kuorma } 10,4 \text{ kN}$.

Kuorma Nd muodostui pilarille seuraavasti:

$$(2,9 \text{ m}^2 (0,9 \cdot 3,25 \text{ m})) \cdot \left(1,15 \cdot 0,50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} (\text{yp paino}) + 1,5 \cdot 2,0 \text{ kN/m}^2 (\text{lumi})\right) = 10,4 \text{ kN} \quad (28)$$

Runkotolpan jäyhyysmomentti

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{100 \text{ mm} \cdot 100 \text{ mm}^3}{12} = 8333333 \text{ mm}^4 \quad (30)$$

missä

$b = \text{Rakenteen paksuus syrjällään [mm]}$

$h = \text{Rakenteen paksuus lappeellaan [mm]}$

$$A = 100 \text{ mm} \cdot 100 \text{ mm} = 10000 \text{ mm}^2$$

Tolpan hoikkuus

$$\lambda = \frac{L}{\sqrt{\frac{I}{A}}} = \frac{2600 \text{ mm}}{\sqrt{\frac{8333333 \text{ mm}^4}{10000 \text{ mm}^2}}} = 90 \leq 200 \quad (31)$$

missä

$L = \text{Rakenneosan pituus [mm]}$

$I = \text{Runkotolpan jäyhyysmomentti [mm}^4]$

$A = \text{Runkotolpan poikkipinta – ala [mm}^2]$

Puristus kohtisuoraan

$$f_{c, o, d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c, o, k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{21}{1,4} = 12 \text{ N/mm}^2 \quad (33)$$

missä

$k_{mod} = \text{Olosuhdekerroin}$

$\gamma_m = \text{Materiaalin osavarmuuskerroin}$

$f_{c, o, k} = \text{Puristuslujuus [N/mm}^2]$

Nurjahdus

$$\sigma_{c,d} = \frac{Nd}{A} = \frac{10\,400\text{ N}}{10000\text{ mm}^2} = 1,04\text{ N/mm}^2 \quad (37)$$

missä

$Nd = \text{Pilarille muodostuva kuorma [N]}$

$A = \text{Runkotolpan poikkipinta – ala [mm}^2\text{]}$

Mitoitusehto

$$\frac{\sigma_{c,d}}{k_c \cdot f_{c,d}} = \frac{1,04}{0,38 \cdot 12} = 0,23 \leq 1 \text{ OK!}$$

5.3.5 Kurkihirsi

Kurkihirren mitoituksessa mitoittavana ehtona pidetään taipumaa, leikkausta ja taivutusrasitusta. Materiaalina käytettiin liimapuuta GL32. Kuormitusyhdistelmänä käytettiin pysyvää ja keskipitkää aikaluokkaa. $g_k =$ yläpohjan paino $0,5\text{ kN/m}^2 +$ palkin paino $0,1\text{ kN/m}^2$, yhteensä $0,6\text{ kN/m}^2$. Rakenteen kestävyyttä ja tasapainoa tarkasteltaessa mitoituskuorma lasketaan aikaluokittain seuraavilla kuormitusyhdistelmillä [24, 9.]:

Pysyvä aikaluokka:

$$1,35 \cdot (0,60\text{ kN/m}^2 + 0,5\text{ kN/m}^2) = 1,5\text{ kN/m}^2 \quad (12)$$

Keskipitkä aikaluokka:

$$1,15 \cdot 0,60\text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot 2,0\text{ kN/m}^2 = 3,7\text{ kN/m}^2 \quad (13)$$

$$3,7\text{ kN/m}^2 \cdot 2,67\text{ m} = 9,9\text{ kN/m}$$

Momentin maksimi taivutukselle

$$Md = \frac{(p_{gd} + p_{qd}) \cdot j \cdot m^2}{8} = \frac{(9,9\text{ kN/m}) \cdot 4,8\text{m}^2}{8} = 28,5\text{ kNm} \quad (14)$$

missä

$p_{gd} = \text{Yläpohjan omapaino [kN/m}^2\text{]}$

$p_{qd} = \text{Lumikuorma [kN/m}^2\text{]}$

Taivutus syrjällä

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{32}{1,2} = 21,3 \text{ N/mm}^2 \quad (15)$$

missä

k_{mod} = Olosuhdekerroin

f_{mk} = Taivutuksen ominaislujuus [N/mm²]

γ_m = Materiaalin osavarmuuskerroin

Mitoitus taivutukselle

$$\sigma_{m,d} = \frac{6 \cdot M_d}{b \cdot h^2} = \frac{6 \cdot 28,5 \cdot 10 \text{ Nmm}^6}{115 \text{ mm} \cdot 315 \text{ mm}^2} = 15,0 \text{ N/mm}^2 \quad (16)$$

missä

M_d = momentin maksimi taivutukselle [Nmm]

b = Rakenteen paksuus syrjällä [mm]

h = Rakenteen paksuus lappeellaan [mm]

Mitoitusehto

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d}$$

$$15,0 \text{ N/mm}^2 \leq 21,3 \text{ N/mm}^2 \quad 70 \% \quad \text{Ok!}$$

Leikkausrasitus

$$V_d = \frac{(p_{gd} + p_{qd}) \cdot j_m}{2} = \frac{(9,9 \text{ kN/m}) \cdot 4,8 \text{ m}}{2} = 23,8 \text{ kN} \quad (17)$$

missä

p_{gd} = Yläpohjan omapaino

p_{qd} = Lumikuorma

j_m = Rakenneosan pituus [m]

Leikkaus syrjällään

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{3,2}{1,2} = 2,1 \text{ N/mm}^2 \quad (18)$$

missä

k_{mod} = Olosuhdekerroin

f_{vk} = Leikkauslujuus syrjällään [N/mm²]

γ_m = Materiaalin osavarmuuskerroin

Mitoitus leikkaukselle

$$\sigma_{v,d} = \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot b \cdot h} = \frac{3 \cdot 23800 \text{ N}}{2 \cdot 115 \text{ mm} \cdot 315 \text{ mm}} = 1,0 \text{ N/mm}^2 \quad (19)$$

missä

V_d = Leikkausrasitus [N]

b = Rakenteen paksuus syrjällään [mm]

h = Rakenteen paksuus lappeellaan [mm]

Mitoitusehto

$$\sigma_{v,d} \leq f_{v,d}$$

$$1,0 \text{ N/mm}^2 \leq 2,1 \text{ N/mm}^2 \quad 48 \% \text{ Ok!}$$

Tukipaine

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{V_d}{b \cdot l} = \frac{23800 \text{ N}}{115 \text{ mm} \cdot 140 \text{ mm}} = 1,5 \text{ N/mm}^2 \quad (20)$$

missä

V_d = Leikkausrasitus [N]

b = Rakenteen paksuus syrjällään [mm]

l = Kosketuspinnan pituus puunsyiden suunnassa [mm]

Tehollinen kosketuspinnan pituus

$$l_{c,90,ef} = l + 30 \text{ mm} = 140 \text{ mm} + 30 \text{ mm} = 170 \text{ mm} \quad (21)$$

Tukipainekerroin

$$k_{c, \perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} \cdot k_{c 90} = \frac{170 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \cdot 1,0 = 1,2 \quad (22)$$

missä

$l_{c,90,ef}$ = Tehollinen kosketuspinnan pituus [mm]

l = Kosketuspinnan pituus puunsyiden suunnassa [mm]

$k_{c 90}$ = Kerroin jonka avulla huomioidaan kuorman sijainti yms.

Mitoitus tukipaineelle

$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k \cdot k \text{ mod}}}{\gamma_m} = \frac{3,0 \cdot 0,8}{1,2} = 2,0 \text{ N/mm}^2 \quad (23)$$

missä

$f_{c,90,k}$ = Puristuslujuus [N/mm²]

$k \text{ mod}$ = Olosuhdekerroin

γ_m = Materiaalin osavarmuuskerroin

Mitoitusehto

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c, \perp} \cdot f_{c 90, d}$$

$$1,5 \leq 1,2 \cdot 2,0 \text{ N/mm}^2 = 2,4 \quad 63 \% \quad \text{Ok!}$$

Taipuma, palkin jäyhyysmomentti

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{115 \text{ mm} \cdot 315 \text{ mm}^3}{12} = 299535468,8 \text{ mm}^4 \quad (24)$$

missä

b = Rakenteen paksuus syrjällään [mm]

h = Rakenteen paksuus lappeellaan [mm]

Hetkellinen taipuma pysyvistä kuormista

$$Winst_g = \frac{5 \cdot 1 \cdot g_k \cdot L^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot I} = \frac{5 \cdot 1 \cdot 0,65 \cdot 4800^4}{384 \cdot 13\,700 \cdot 299535468,8} = 1,1 \text{ mm} \quad (25)$$

missä

$s = \text{koolausväli [m]}$

$gk = \text{Pysyvät kuormat [kN]}$

$L = \text{Rakenneosan pituus [mm]}$

$E_{mean} = \text{Kimmomoduuli [N/mm}^2\text{]}$

$I = \text{Palkin jäyhyysmomentti [mm}^4\text{]}$

Hetkellinen taipuma muuttuvista kuormista

$$Winst_q = \frac{5 \cdot s \cdot qk \cdot L^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot I} = \frac{5 \cdot 1,2,0 \cdot 4800^4}{384 \cdot 13\,700 \cdot 299535468,8} = 3,4 \text{ mm} \quad (26)$$

missä

$s = \text{koolausväli [m]}$

$qk = \text{Muuttuvat kuormat [kN]}$

$L = \text{Rakenneosan pituus [mm]}$

$E_{mean} = \text{Kimmomoduuli [N/mm}^2\text{]}$

$I = \text{Palkin jäyhyysmomentti [mm}^4\text{]}$

Hetkellinen taipuma

$$Winst = Winst_g + Winst_q = 1,1 + 3,4 = 4,5 \text{ mm} \quad (27)$$

Taipumaraja

$$Winst \text{ 4,5 mm} \leq \frac{L}{400} = \frac{4800 \text{ mm}}{400} = 12 \text{ mm } 38 \% \text{ ok!}$$

5.3.6 Kurkihirren pilari

Pilarin mitoituksessa mitoittavana ehtona käytetään nurjahduslujuutta. Materiaalina käytettiin liimapuuta GL32. Kuormitusyhdistelminä käytettiin keskipitkää aikaluokkaa. $gk = \text{yläpohjan paino } 0,5 \text{ kN/m}^2$. $Nd = \text{kuorma } 33,8 \text{ kN}$. Rakenteen kestävyyttä ja tasapainoa tarkasteltaessa mitoituskuorma lasketaan seuraavalla kuormitusyhdistelmällä. [24, 9.]

Kuorma Nd muodostui pilarille seuraavasti (keskipitkä):

$$\left(2,7 \text{ m (yp } \frac{\text{jänneväli}}{2}) \cdot 3,5 \text{ m)} \cdot (1,15 \cdot 0,50 \text{ kN/m}^2 \text{ (yp paino)} + 1,5 \cdot 2,0 \text{ kN/m}^2 \text{ (lumi)}) = 33,8 \text{ kN} \quad (28)$$

Runkotolpan jäyhyysmomentti

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{125 \text{ mm} \cdot 125 \text{ mm}^3}{12} = 20345052 \text{ mm}^4 \quad (30)$$

missä

$b = \text{Rakenteen paksuus syrjällään [mm]}$

$h = \text{Rakenteen paksuus lappeellaan [mm]}$

$$A = 125 \text{ mm} \cdot 125 \text{ mm} = 15625 \text{ mm}^2$$

Tolpan hoikkuus

$$\lambda = \frac{L}{\sqrt{\frac{I}{A}}} = \frac{4500 \text{ mm}}{\sqrt{\frac{20345052 \text{ mm}^4}{15625 \text{ mm}^2}}} = 125 \leq 200 \quad (31)$$

missä

$L = \text{Rakenneosan pituus [mm]}$

$I = \text{Runkotolpan jäyhyysmomentti [mm}^4]$

$A = \text{Runkotolpan poikkipinta – ala [mm}^2]$

Puristus kohtisuoraan

$$f_{c, o, d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c, o, k}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{21}{1,4} = 12 \text{ N/mm}^2 \quad (33)$$

missä

$k_{mod} = \text{Olosuhdekerroin}$

$\gamma_m = \text{Materiaalin osavarmuuskerroin}$

$f_{c, o, k} = \text{Puristuslujuus [N/mm}^2]$

Nurjahdus

$$\sigma_{c,d} = \frac{Nd}{A} = \frac{33800 \text{ N}}{15625 \text{ mm}^2} = 2,2 \text{ N/mm}^2 \quad (37)$$

missä

$Nd = \text{Pilarille muodostuva kuorma [N]}$

$A = \text{Runkotolpan poikkipinta – ala [mm}^2\text{]}$

Mitoitusehto

$$\frac{\sigma_{c,d}}{k_c \cdot f_{c,d}} = \frac{1,0}{0,21 \cdot 12} = 0,87 \leq 1 \text{ OK!}$$

5.3.7 Terassin pilarin palkki

Palkin mitoituksessa mitoittavana ehtona pidetään taipumaa. Materiaalina käytettiin liimapuuta GL32. Kuormitusyhdistelminä käytettiin pysyvää ja keskipitkää aikaluokkaa. $g_k = \text{yläpohjan paino } 0,5 \text{ kN/m}^2 + \text{palkin paino } 0,088 \text{ kN/m}^2$, yhteensä $0,60 \text{ kN/m}^2$. Rakenteen kestävyyttä ja tasapainoa tarkasteltaessa mitoituskorma lasketaan aikaluokittain seuraavilla kuormitusyhdistelmillä [24, 9.]:

Pysyvä aikaluokka:

$$1,35 \cdot (0,60 \text{ kN/m}^2 + 0,50 \text{ kN/m}^2) = 1,5 \text{ kN/m}^2 \quad (12)$$

Keskipitkä aikaluokka:

$$1,15 \cdot 0,60 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot 2,0 \text{ kN/m}^2 = 3,7 \text{ kN/m}^2 \quad (13)$$

Hetkellinen aikaluokka:

$$1,15 \cdot 0,60 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot 0,69 \text{ kN/m}^2 + 1,05 \cdot 2,0 \text{ kN/m}^2 = 3,8 \text{ kN/m}^2 \quad (29)$$

$$3,8 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,35 \text{ m} = 5,1 \text{ kN/m}$$

Momentin maksimi taivutukselle

$$Md = \frac{(p_{gd} + p_{qd}) \cdot j \text{ m}^2}{8} = \frac{(5,1 \text{ kN/m}) \cdot 4,2 \text{ m}^2}{8} = 11,2 \text{ kNm} \quad (14)$$

missä

$p_{gd} = \text{Yläpohjan omapaino}$

$p_{qd} = \text{Lumikuorma}$

Taivutus syrjällään

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{32}{1,2} = 21,3 \text{ N/mm}^2 \quad (15)$$

missä

$k_{mod} = \text{Olosuhdekerroin}$

$f_{mk} = \text{Taivutuksen ominaislujuus [N/mm}^2\text{]}$

$\gamma_m = \text{Materiaalin osavarmuuskerroin}$

Mitoitus taivutukselle

$$\sigma_{m,d} = \frac{6 \cdot M_d}{b \cdot h^2} = \frac{6 \cdot 11,2 \cdot 10 \text{ Nmm}^6}{90 \cdot 225^2} = 14,7 \text{ N/mm}^2 \quad (16)$$

missä

$M_d = \text{momentin maksimi taivutukselle [Nmm]}$

$b = \text{Rakenteen paksuus syrjällään [mm]}$

$h = \text{Rakenteen paksuus lappeellaan [mm]}$

Mitoitusehto

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d}$$

$$14,7 \text{ N/mm}^2 \leq 21,3 \text{ N/mm}^2 \quad 69 \% \quad \text{Ok!}$$

Leikkausrasitus

$$V_d = \frac{(p_{gd} + p_{qd}) \cdot j_m}{2} = \frac{(5,1 \text{ kN/m}) \cdot 4,2 \text{ m}}{2} = 10,7 \text{ KN} \quad (17)$$

missä

$p_{gd} = \text{Yläpohjan omapaino}$

$p_{qd} = \text{Lumikuorma}$

$j_m = \text{Rakenneosan pituus [m]}$

Leikkaus syrjällään

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{3,2}{1,2} = 2,1 \text{ N/mm}^2 \quad (18)$$

missä

$k_{mod} = \text{Olosuhdekerroin}$

$f_{vk} = \text{Leikkauslujuus syrjällään [N/mm}^2]$

$\gamma_m = \text{Materiaalin osavarmuuskerroin}$

Mitoitus leikkaukselle

$$\sigma_{v,d} = \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot b \cdot h} = \frac{3 \cdot 10\,700 \text{ N}}{2 \cdot 90 \text{ mm} \cdot 225 \text{ mm}} = 0,8 \text{ N/mm}^2 \quad (19)$$

missä

$V_d = \text{Leikkausrasitus [N]}$

$b = \text{Rakenteen paksuus syrjällään [mm]}$

$h = \text{Rakenteen paksuus lappeellaan [mm]}$

Mitoitusehto

$$\sigma_{v,d} \leq f_{v,d}$$

$$0,8 \text{ N/mm}^2 \leq 2,1 \text{ N/mm}^2 \quad 38 \% \quad \text{Ok!}$$

Tukipaine

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{V_d}{b \cdot l} = \frac{10\,700 \text{ N}}{90 \text{ mm} \cdot 140 \text{ mm}} = 0,85 \text{ N/mm}^2 \quad (20)$$

missä

$V_d = \text{Leikkausrasitus [N]}$

$b = \text{Rakenteen paksuus syrjällään [mm]}$

$l = \text{Kosketuspinnan pituus puunsyiden suunnassa [mm]}$

Tehollinen kosketuspinnan pituus

$$l_{c,90,ef} = l + 30 \text{ mm} = 140 \text{ mm} + 30 \text{ mm} = 170 \text{ mm} \quad (21)$$

Tukipaine kerroin

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} \cdot k_{c,90} = \frac{170 \text{ mm}}{140 \text{ mm}} \cdot 1,0 = 1,2 \quad (22)$$

missä

$l_{c,90,ef}$ = Tehollinen kosketuspinnan pituus [mm]

l = Kosketuspinnan pituus puunsyiden suunnassa [mm]

$k_{c,90}$ = Kerroin jonka avulla huomioidaan kuorman sijainti yms.

Mitoitus tukipaineelle

$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k \cdot k_{mod}}}{\gamma_m} = \frac{3,0 \cdot 0,8}{1,2} = 2,0 \text{ N/mm}^2 \quad (23)$$

missä

$f_{c,90,k}$ = Puristuslujuus [N/mm^2]

k_{mod} = Olosuhdekerroin

γ_m = Materiaalin osavarmuuskerroin

Mitoitusehto

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,\perp} \cdot f_{c,90,d}$$

$$0,85 \leq 1,2 \cdot 2,0 \text{ N/mm}^2 = 2,4 \quad 35 \% \text{ OK!}$$

Taipuma, palkin jäyhyysmomentti

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{90 \text{ mm} \cdot 225 \text{ mm}^3}{12} = 85429687,5 \text{ mm}^4 \quad (24)$$

missä

b = Rakenteen paksuus syrjällä [mm]

h = Rakenteen paksuus lappeella [mm]

Hetkellinen taipuma pysyvistä kuormista

$$Winst_g = \frac{5 \cdot s \cdot g_k \cdot L^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot I} = \frac{5 \cdot 1,0,60 \cdot 4200^4}{384 \cdot 13\,700 \cdot 85429687,5} = 2,1 \text{ mm} \quad (25)$$

missä

$s =$ koolausväli [m]

$g_k =$ Pysyvät kuormat [kN]

$L =$ Rakenneosan pituus [mm]

$E_{mean} =$ Kimmomoduuli [N/mm^2]

$I =$ Palkin jäyhyysmomentti [mm^4]

Hetkellinen taipuma muuttuvista kuormista

$$Winst_q = \frac{5 \cdot s \cdot q_k \cdot L^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot I} = \frac{5 \cdot 1 \cdot 2,0 \cdot 4200^4}{384 \cdot 13\,700 \cdot 85429687,5} = 6,9 \text{ mm} \quad (26)$$

missä

$s =$ koolausväli [m]

$q_k =$ Muuttuvat kuormat [kN]

$L =$ Rakenneosan pituus [mm]

$E_{mean} =$ Kimmomoduuli [N/mm^2]

$I =$ Palkin jäyhyysmomentti [mm^4]

Hetkellinen taipuma

$$Winst = Winst_g + Winst_q = 2,4 + 5,7 = 8,1 \text{ mm} \quad (27)$$

Taipumaraja

$$Winst \leq 9 \text{ mm} \leq \frac{L}{400} = \frac{4200 \text{ mm}}{400} = 10,5 \text{ mm} \quad 86 \% \text{ ok!}$$

5.3.8 Välipohja, parvi

Parven lattiamateriaaliksi valittiin laualattia, jonka alla on 22 x 100 mm koolaus tukemassa 56 x 225 mm välipohjapalkistoa. Palkistoon asennetaan 50 mm

puukuitueristelevytys äänenvaimennuskaistaksi. Palkiston alapintaan asennetaan 22 x 100 mm koolaus johon makuuhuoneen katon panelointi on mahdollista kiinnittää.

Välipohjan omapaino laskelma. Taulukko 3.

Rakenne	Tilavuuspaino kN/m^3	Neliöpaino kN/m^2
Lautalattia 28 x 95 mm	4,0	0,112
Koolaus 22 x 100 mm K300	4,0	0,018
Puukuitueriste 50 mm	0,45	0,0207
Runko GL32 56 x 225mm K600	5,0	0,119
Koolaus 22 x 100 mm K300	4,0	0,018
Paneeli 15 x 90 mm	4,0	0,075
Yhteensä		0,43 -> 0,45 kN/m^2

Välipohjapalkkien mitoituksessa mitoittavana ehtona pidetään värähtelyä sekä taipumaa. Materiaalina käytettiin liimapuuta GL32. Kuormitusyhdistelminä käytettiin pysyvää ja keskipitkää aikaluokkaa. g_k = välipohjan paino $0,45 \text{ kN/m}^2$. Rakenteen kestävyyttä ja tasapainoa tarkasteltaessa mitoituskuorma lasketaan aikaluokittain seuraavilla kuormitusyhdistelmillä [24, 9.]:

Pysyvä aikaluokka:

$$1,35 \cdot 0,45 \text{ kN/m}^2 = 0,6 \text{ kN/m}^2 \quad (12)$$

Keskipitkä aikaluokka:

$$1,15 \cdot 0,45 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot 2,0 \text{ kN/m}^2 = 3,5 \text{ kN/m}^2 \quad (13)$$

Momentin maksimi taivutukselle

$$M_d = \frac{(p_{gd} + p_{qd}) \cdot j \cdot m^2 \cdot s}{8} = \frac{(3,5 \text{ kN/m}) \cdot 4,3 \text{ m}^2 \cdot 0,6 \text{ m}}{8} = 4,9 \text{ kNm} \quad (14)$$

missä

$$S = \text{Koolausväli [m]}$$

$$p_{gd} = \text{Välipohjan omapaino}$$

$$p_{qd} = \text{Hyötykuorma}$$

Taivutus syrjällä

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{32}{1,2} = 21,3 \text{ N/mm}^2 \quad (15)$$

missä

k_{mod} = Olosuhdekerroin

f_{mk} = Taivutuksen ominaislujuus [N/mm^2]

γ_m = Materiaalin osavarmuuskerroin

Mitoitus taivutukselle

$$\sigma_{m,d} = \frac{6 \cdot M_d}{b \cdot h^2} = \frac{6 \cdot 4,9 \cdot 10 \text{ Nmm}^6}{56 \text{ mm} \cdot 225 \text{ mm}^2} = 10,4 \text{ N/mm}^2 \quad (16)$$

missä

M_d = momentin maksimi taivutukselle [Nmm]

b = Rakenteen paksuus syrjällä [mm]

h = Rakenteen paksuus lappeella [mm]

Mitoitusehto

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d}$$

$$10,4 \text{ N/mm}^2 \leq 21,3 \text{ N/mm}^2 \quad 49 \% \quad \text{OK!}$$

Leikkausrasitus

$$V_d = \frac{(p_{gd} + p_{qd}) \cdot j_m \cdot s}{2} = \frac{(3,5 \text{ kN/m}) \cdot 4,3 \text{ m} \cdot 0,6 \text{ m}}{2} = 4,5 \text{ kN} \quad (17)$$

missä

s = Koolausväli [m]

p_{gd} = Välipohjan omapaino

p_{qd} = Hyötykuorma

j_m = Rakenneosan pituus [m]

Leikkaus syrjällään

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{3,2}{1,2} = 2,13 \text{ N/mm}^2 \quad (18)$$

missä

k_{mod} = Olosuhdekerroin

f_{vk} = Leikkauslujuus syrjällään [N/mm²]

γ_m = Materiaalin osavarmuuskerroin

Mitoitus leikkaukselle

$$\sigma_{v,d} = \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot b \cdot h} = \frac{3 \cdot 4500 \text{ N}}{2 \cdot 56 \text{ mm} \cdot 225 \text{ mm}} = 0,54 \text{ N/mm}^2 \quad (19)$$

missä

V_d = Leikkausrasitus [N]

b = Rakenteen paksuus syrjällään [mm]

h = Rakenteen paksuus lappeellaan [mm]

Mitoitusehto

$$\sigma_{v,d} \leq f_{v,d}$$

$$0,54 \text{ N/mm}^2 \leq 2,13 \text{ N/mm}^2 \quad 25 \% \quad \text{Ok!}$$

Tukipaine

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{V_d}{b \cdot l} = \frac{4500 \text{ N}}{56 \text{ mm} \cdot 50 \text{ mm}} = 1,6 \text{ N/mm}^2 \quad (20)$$

missä

V_d = Leikkausrasitus [N]

b = Rakenteen paksuus syrjällään [mm]

l = Kosketuspinnan pituus puunsyiden suunnassa [mm]

Tehollinen kosketuspinnan pituus

$$l_{c,90,ef} = l + 30 \text{ mm} = 50 \text{ mm} + 30 \text{ mm} = 80 \text{ mm} \quad (21)$$

Tukipainekerroin

$$k_{c, \perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} \cdot k_{c 90} = \frac{80 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} \cdot 1,0 = 1,6 \quad (22)$$

missä

$l_{c,90,ef}$ = Tehollinen kosketuspinnan pituus [mm]

l = Kosketuspinnan pituus puunsyiden suunnassa [mm]

$k_{c 90}$ = Kerroin jonka avulla humioidaan kuorman sijainti yms.

Mitoitus tukipaineelle

$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k \cdot k \text{ mod}}}{\gamma_m} = \frac{3,0 \cdot 0,8}{1,2} = 2,0 \text{ N/mm}^2 \quad (23)$$

missä

$f_{c,90,k}$ = Puristuslujuus [N/mm^2]

$k \text{ mod}$ = Olosuhdekerroin

γ_m = Materiaalin osavarmuuskerroin

Mitoitusehto

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c, \perp} \cdot f_{c 90, d}$$

$$1,6 \leq 1,6 \cdot 2,0 \text{ N/mm}^2 = 3,2 \text{ 50 \% Ok!}$$

Taipuma, palkin jäyhyysmomentti

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{56 \text{ mm} \cdot 225 \text{ mm}^3}{12} = 53156250 \text{ mm}^4 \quad (24)$$

missä

b = Rakenteen paksuus syrjällään [mm]

h = Rakenteen paksuus lappeellaan [mm]

Hetkellinen taipuma pysyvistä kuormista

$$Winst_g = \frac{5 \cdot s \cdot g_k \cdot L^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot I} = \frac{5 \cdot 0,6 \cdot 0,45 \cdot 4300^4}{384 \cdot 13\,700 \cdot 53156250} = 1,65 \text{ mm} \quad (25)$$

missä

$s = \text{koolaussväli [m]}$

$g_k = \text{Pysyvät kuormat [kN]}$

$L = \text{Rakenneosan pituus [mm]}$

$E_{mean} = \text{Kimmomoduuli [N/mm}^2\text{]}$

$I = \text{Palkin jäyhyysmomentti [mm}^4\text{]}$

Hetkellinen taipuma muuttuvista kuormista

$$Winst_q = \frac{5 \cdot s \cdot g_k \cdot L^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot I} = \frac{5 \cdot 0,6 \cdot 2,0 \cdot 4300^4}{384 \cdot 13\,700 \cdot 531\,562\,50} = 7,33 \text{ mm} \quad (26)$$

missä

$s = \text{koolaussväli [m]}$

$q_k = \text{Muuttuvat kuormat [kN]}$

$L = \text{Rakenneosan pituus [mm]}$

$E_{mean} = \text{Kimmomoduuli [N/mm}^2\text{]}$

$I = \text{Palkin jäyhyysmomentti [mm}^4\text{]}$

Hetkellinen taipuma

$$Winst = Winst_g + Winst_q = 1,65 + 7,33 = 8,98 \text{ mm} \quad (27)$$

Taipumaraja

$$Winst_{8,98\text{mm}} \leq \frac{L}{400} = \frac{4300 \text{ mm}}{400} = 10,75\text{mm} \quad 84 \% \text{ ok!}$$

5.3.9 Kattokannattajat

Rakennuksen vesikate toteutetaan huopakatteena joka asennetaan 23 x 96 mm ponttilaudan päälle. Ponttilaudan alle jäävä 50 x 100 mm koolaus tukeutuu 25 mm runkoleijonan läpi kattokannattajiin. Kattokannattajien päät muotoillaan räystäältä kevyemmäksi ja ne jäävät näkyviin räystäään alapuolisena rakenteena. Terassin kohdalla Runkoleijona-levyt korvataan vanerilla jolloin saadaan siisti katonalopinta ilman erillistä panelointia. Yläpohjaan asennetaan 200 mm puu-

kuitueristettä. Kattokannattajien alapintaan asennetaan höyrynsulkupaperi, 22 x 100 mm koolaus sekä paneeli, joka maalataan valkeaksi.

Yläpohjan omapaino laskelma. Taulukko 4.

Rakenne	Tilavuuspaino kN/m ³	Neliöpaino kN/m ²
Huopakate	0,038	0
Ponttilauta 23 x 95 mm	4,0	0,110
Koolaus 50 x 100 mm	4,0	0,028
Runkoleijona 25 mm	0,35	0,100
Puukuitueriste 200 mm	0,45	0,08
Palkisto GL 32 56 x 225 mm K900	5,0	0,10
Koolaus 48 x 48 mm K600	4,0	0,038
Paneeli 15 x 90 mm	4,0	0,038
Yhteensä		0,49 -> 0,50 kN/m ²

Kannattajapalkkien mitoituksessa mitoittavana ehtona pidetään taipumaa, leikkausta ja taivutusrasitusta. Materiaalina käytettiin liimapuuta GL32 k900 jaolla. Kuormitusyhdistelminä käytettiin pysyvää ja keskipitkää aikaluokkaa. g_k = yläpohjan paino $0,5 \text{ kN/m}^2$. Rakenteen kestävyyttä ja tasapainoa tarkasteltaessa mitoituskuorma lasketaan aikaluokittain seuraavilla kuormitusyhdistelmillä [24, 9.]:

Pysyvä aikaluokka:

$$1,35 \cdot 0,5 \text{ kN/m}^2 = 0,68 \text{ kN/m}^2 \quad (12)$$

Keskipitkä aikaluokka:

$$1,15 \cdot 0,5 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \cdot 2,0 \text{ kN/m}^2 = 3,6 \text{ kN/m}^2 \quad (13)$$

$$3,6 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,9 \text{ m} = 3,3 \text{ kN/m}$$

Momentin maksimi taivutukselle

$$Md = \frac{(p_{gd} + p_{qd}) \cdot j \text{ m}^2 \cdot s}{8} = \frac{(3,3 \text{ kN/m}) \cdot 3,8 \text{ m}^2 \cdot 0,9 \text{ m}}{8} = 5,4 \text{ kNm} \quad (14)$$

missä

$S = \text{Koolausväli [m]}$

$p_{gd} = \text{Yläpohjan omapaino}$

$p_{qd} = \text{Lumikuorma}$

Taivutus syrjällä

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{32}{1,2} = 21,3 \text{ N/mm}^2 \quad (15)$$

missä

$k_{mod} = \text{Olosuhdekerroin}$

$f_{mk} = \text{Taivutuksen ominaislujuus [N/mm}^2]$

$\gamma_m = \text{Materiaalin osavarmuuskerroin}$

Mitoitus taivutukselle

$$\sigma_{m,d} = \frac{6 \cdot M_d}{b \cdot h^2} = \frac{6 \cdot 5,4 \cdot 10 \text{ Nmm}^6}{56 \text{ mm} \cdot 225 \text{ mm}^2} = 11,4 \text{ N/mm}^2 \quad (16)$$

missä

$M_d = \text{momentin maksimi taivutukselle}$

$b = \text{Rakenteen paksuus syrjällä [mm]}$

$h = \text{Rakenteen paksuus lappeellaan [mm]}$

Mitoitusehto

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d}$$

$$11,4 \text{ N/mm}^2 \leq 21,3 \text{ N/mm}^2 \quad 54 \% \text{ Ok!}$$

Momentin maksimi leikkaukselle

$$V_d = \frac{(p_{gd} + p_{qd}) \cdot j_m \cdot s}{2} = \frac{(3,3 \text{ kN/m}) \cdot 3,8 \text{ m} \cdot 0,9 \text{ m}}{2} = 5,6 \text{ kN} \quad (17)$$

missä

$p_{gd} = \text{Yläpohjan omapaino}$

$p_{qd} = \text{Lumikuorma}$

$j_m = \text{Rakenneosan pituus [m]}$

Leikkaus syrjällä

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0,8 \cdot \frac{3,2}{1,2} = 2,1 \text{ N/mm}^2 \quad (18)$$

missä

$k_{mod} = \text{Olosuhdekerroin}$

$f_{vk} = \text{Leikkauslujuus syrjällä [N/mm}^2]$

$\gamma_m = \text{Materiaalin osavarmuuskerroin}$

Mitoitus leikkaukselle

$$\sigma_{v,d} = \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot b \cdot h} = \frac{3 \cdot 5600 \text{ N}}{2 \cdot 56 \text{ mm} \cdot 225 \text{ mm}} = 0,67 \text{ N/mm}^2 \quad (19)$$

missä

$V_d = \text{Leikkausrasitus [N]}$

$b = \text{Rakenteen paksuus syrjällä [mm]}$

$h = \text{Rakenteen paksuus lappeella [mm]}$

Mitoitusehto

$$\sigma_{v,d} \leq f_{v,d}$$

$$0,67 \text{ N/mm}^2 \leq 2,1 \text{ N/mm}^2 \quad 31 \% \text{ Ok!}$$

Tukipaine

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{V_d}{b \cdot l} = \frac{5600 \text{ N}}{56 \text{ mm} \cdot 75 \text{ mm}} = 1,3 \text{ N/mm}^2 \quad (20)$$

missä

$Vd = \text{Leikkausrasitus [N]}$

$b = \text{Rakenteen paksuus syrjällään [mm]}$

$l = \text{Kosketuspinnan pituus puunsyiden suunnassa [mm]}$

Tehollinen kosketuspinnan pituus

$$l_{c,90,ef} = l + 30 \text{ mm} = 75 \text{ mm} + 30 \text{ mm} = 105 \text{ mm} \quad (21)$$

Tukipainekerroin

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} \cdot k_{c,90} = \frac{105 \text{ mm}}{75 \text{ mm}} \cdot 1,0 = 1,4 \quad (22)$$

missä

$l_{c,90,ef} = \text{Tehollinen kosketuspinnan pituus [mm]}$

$l = \text{Kosketuspinnan pituus puunsyiden suunnassa [mm]}$

$k_{c,90} = \text{Kerroin jonka avulla humioidaan kuorman sijainti yms.}$

Mitoitus tukipaineelle

$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k \cdot k \cdot mod}}{\gamma_m} = \frac{3,0 \cdot 0,8}{1,2} = 2,0 \text{ N/mm}^2 \quad (23)$$

missä

$f_{c,90,k} = \text{Puristuslujuus [N/mm}^2]$

$k \cdot mod = \text{Olosuhdekerroin}$

$\gamma_m = \text{Materiaalin osavarmuuskerroin}$

Mitoitusehto

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,\perp} \cdot f_{c,90,d}$$

$$1,3 \leq 1,4 \cdot 2,0 \text{ N/mm}^2 = 2,8 \quad 46 \% \quad \text{OK!}$$

Taipuma, palkin jäyhyysmomentti

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{56 \text{ mm} \cdot 255 \text{ mm}^3}{12} = 531562250 \text{ mm}^4 \quad (24)$$

missä

$b = \text{Rakenteen paksuus syrjällään [mm]}$

$h = \text{Rakenteen paksuus lappeellaan [mm]}$

Hetkellinen taipuma pysyvistä kuormista

$$Winst_g = \frac{5 \cdot s \cdot gk \cdot L^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot I} = \frac{5 \cdot 0,9 \cdot 0,64 \cdot 3800^4}{384 \cdot 13\,700 \cdot 531562250} = 0,2 \text{ mm} \quad (25)$$

missä

$s = \text{koolausväli [m]}$

$gk = \text{Pysyvät kuormat [kN]}$

$L = \text{Rakenneosan pituus [mm]}$

$E_{mean} = \text{Kimmomoduuli [N/mm}^2\text{]}$

$I = \text{Palkin jäyhyysmomentti [mm}^4\text{]}$

Hetkellinen taipuma muuttuvista kuormista

$$Winst_q = \frac{5 \cdot s \cdot qk \cdot L^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot I} = \frac{5 \cdot 0,9 \cdot 2,0 \cdot 3800^4}{384 \cdot 13\,700 \cdot 531562250} = 0,7 \text{ mm} \quad (26)$$

missä

$s = \text{koolausväli [m]}$

$qk = \text{Muuttuvat kuormat [kN]}$

$L = \text{Rakenneosan pituus [mm]}$

$E_{mean} = \text{Kimmomoduuli [N/mm}^2\text{]}$

$I = \text{Palkin jäyhyysmomentti [mm}^4\text{]}$

Hetkellinen taipuma

$$Winst = Winst_g + Winst_q = 0,2 + 0,7 = 0,9 \text{ mm} \quad (27)$$

Taipumaraja

$$Winst \text{ } 0,9 \text{ mm} \leq \frac{L}{400} = \frac{3800 \text{ mm}}{400} = 9,5 \text{ mm } 9 \% \text{ ok!}$$

6 Rakennuksen mallinnus

Usein mallinnus on tärkeä työkalu rakennusten sijoittelun ja ulkonäön havainnollistamiseen kannalta ja varsinkin suurten rakennusten massoittelu on yksiselitteisesti esitettävissä mallinnuksen avulla. Myös rakennusten rakenteelliset yksityiskohdat voidaan esittää hyvinkin tarkasti niin mallin sisä- kuin ulkopuoleltakin. Renderoiduissa kuvissa 13 ja 14 on esitetty suunniteltujen rakennusten asettuminen saareen, sekä havainnollistettu rakennusten värimaailmaa todelliseen maastoon sopeutuvaksi.



Kuva 14. Renderointi saunamökiltä päin. [26.]

3d-muotoon tuotetun projektin sisältö on usean suunnittelijan apuväline, johon esimerkiksi LVIS- tai sähkösuunnittelija voivat suoraan lisätä mallinnettuun projektiin omat tilavarauksensa tekniikan osalta ja näin suunnittelija saa tiedon tilantarpeesta tai vaadittavista muutoksista ennen varsinaisen rakennustyön aloittamista.

Mallinnettuja rakennuksia ja ympäristöjä käytetään uusien tai saneerattujen asuntojen markkinoinnissa. Näin asiakkaan on helpompi mieltää millaiselta asunto tai rakennelma tulisi valmiina näyttämään.



Kuva 15. Renderointi kaakkoispuolelta saarta. [26.]

7 Kustannuslaskelmat ja vertailu

Vaihtoehtoisena toteutustapana pitkästävätavarasta rakentamiselle oli päärakennuksen osalta hirrestä rakentaminen. Tämän vuoksi pyysin kolmelta hirsitoimittajalta tarjoustä puutavaratoimituksesta, johon kuului myös vesikattorakenteet pintahuopaan saakka. Kolmesta toimittajasta kaksi otti yhteyttä, Honkarakenne Oyj sekä Ykköspuu Oy. He tarjosivat myös saunamökin puutavaratoimitusta, joka on tarkoitus joka tapauksessa toteuttaa hirrestä.

Tarjouspyyntöjä varten päärakennuksen seinähirreksi valittiin VLL 134N eli 134 mm lamellihirsi. Puurakennevaihtoehdossa seinärakenteena käytettiin 48 x 148 mm mitallistettua puutavaraa C24.

Kustannuslaskelmat toteutin Rakennustiedon Klara net kustannuslaskelmaohjelmalla, jolla voi määrittää ja muokata rakenteita melko helposti. Kustannuslas-

kelmat tein pelkästään pitkästä tavarasta rakentaen, jolloin työkustannuksia ei otettu huomioon laskettaessa, paitsi tiilimuurauksen ja takkauunin kohdalla. Koska ohjelmassa tehdään erilaisia paketteja rakenteista, oli helppo poimia rakenteita ja materiaaleja joita hirsitoimituksessa ei oltu laskettu, ja näin saada aikaan vertailukelpoinen kustannusarvio myös hirsirakenteena toteutettuna.

7.1 Omatoimirakentaminen

Tavoitteena toimeksiantajalla on ollut mökin ja saunarakennuksen toteuttaminen talkoohengessä, sukulaisten ja tuttavien työpanoksella. Tarkoituksena on hyödyntää mahdollisimman kustannustehokasta tapaa rakentaa suunniteltu loma-asunto sekä saunamökki eli toteuttaa ns. hartiapankkivoimin.

7.1.2 Hirsirakentaminen

Hirsirakenne on hengittävä, perinteinen ja samalla myös moderni tapa rakentaa. Hirsirakenteen mielekkyys johtunee sen alunperin hyvin yksinkertaisista rakenneratkaisuista. Nykyään rakennelmaan on sijoitettu jos minkälaista mutteria ja karaa auttamaan hirsirakennusta painumaan tasaisesti, rakennetta vääntelemättä. Hirsirakennusta ensikertalaisena pystyttäessä olisi syytä tutustua tarkemmin hirsirakenteiden kokoamiseen, sillä moni meistä on erkaantunut tästä ennen niin tutusta, yksinkertaisesta ja perinteikkästä suomalaisesta rakennustavasta.

7.1.3 Pitkästä tavarasta rakentaminen

Lapsuudessani oman talon rakentaminen oli asia, joka perheen miehen piti tehdä. Näin teki myös oma isäni. Oman kodin tai loma-asunnon rakentaminen on säilynyt suomalaisessa perinteessä näihin päiviin saakka, joskin tästä on vieraannuttu teollistumisen lisääntyttyä. Harvat rakentavat enää pitkästä tavarasta mitään, sillä tarjolla on jos jonkinmoisia puolivalmiita osatoimituksia vakio tai määrämitoilla. Näin ollen oman työn merkitys rakentamisessa on vähentynyt, ennen ajatus omin käsin tekemisestä oli pääasia.

7.2 Kustannusten vertailu

Alla olevassa taulukossa 5. olen laatinut kustannusvertailun, jossa toimittajia ja rakentamistapaa voisi vertailla toisiinsa mahdollisimman hyvin. Selkeästi edullisimmaksi tulisi vertailun mukaan rakentaa pitkästä tavarasta mutta tämä johtuu osin siitä, että tarjotuissa puutoimituksissa puuntyöstöt ja oikeat määrämät olisivat jo valmiiksi tehdyt, toisin kuin pitkästä tavarasta rakentaessa. Eli työn hinta korostuu hirsivaihtoehtoissa.

Kustannusvertailu. Taulukko 5.

Kustannusvertailu (sis. Alv. 24%)		
Honkarakenne	Ykköspuu	Puurakenne
Puutavaratoimitus + vesikatto. 19 000 € + rahti 1 385 €	Puutavaratoimitus (sis. Vesikatto, ikkunat, ovet, terassi, lattiat yms.) 23 050 €	Rakenne perustuksista vesikattoon 23 901 €
Muu täydentävä rakenne		
(eristeet, ovet, ikkunat yms.) 11 202 €	(eristeet, piippu, uuni yms.) 8 388 €	-
Yhteensä		
31 587 €	33 288 €	23 901 €

8 Yhteenveto

Opinnäytetyön aiheena oli tutustua suomalaisen loma-asuntorakentamisen historiaan ja perehtyä ekologisiin vapaa-ajan rakentamisen materiaaleihin sekä ratkaisuihin. Tarkoituksena oli suunnitella kolmen sukupolven loma-asunto Pohjois-Karjalaan Pielisjoen Palosaareen. Saarella sijaitsivat aiemmin huonokuntoinen saunamökki joka peruskorjataan rakentamalla vanhalle paikalle hirsirakenteinen uusi saunamökki. Keskenmälle saarta rakennetaan uusi loma-asunto, joka toteutetaan puurunkoisena.

Työssä vertailtiin hirsirakentamista ja pitkästä tavarasta rakentamista kustannusten jakautumisten osalta, jonka perusteella todettiin pitkästä tavarasta rakentaen olevan kustannustehokkaampi tapa toteuttaa suunniteltu loma-asunto.

Loma-asunnon suunnittelussa otettiin huomioon rakennuksen sijoittuminen ympäristöön sekä ekologiset vaihtoehdot niin materiaalien kuin rakennusratkaisujen suhteen. Loma-asunnosta sekä saunamökistä haluttiin tehdä majapaikka tarvittaessa useammallekin hengelle sekä suunnitella päärakennus niin että se olisi myös soveltuma kylminä vuodenaikoinakin lyhytaikaiseen majoittumiseen.

Työssä laadittiin kohteelle rakennus- ja rakennepiirustukset, kustannuslaskelmat sekä hirsi- että pitkästä tavarasta rakentaen ja mitoitetiin tarvittavat kantavat rakenteet.

Loma-asuntojen historian selvittäminen oli mielenkiintoista, se antoi perspektiiviä elintason muutoksesta sekä nykyihmisten kasvavista vaatimuksista rakennuksen varustelun sekä tilojen suhteen. Suunnitelmien teossa oli melko vapaat kädet, ainoastaan rakennusoikeus 50 k² asettivat raamit kuinka pinta-ala jaetaan kahdeksi erilliseksi rakennukseksi. Päärakennuksen sisätiloista tuli avoimia sekä monikäyttöisiä. Ulkonäöllisesti kokonaisuus on kepeä ja näkyvässä on häivähdys historian rakennustyyleistä. Rakennus- ja rakennepiirustusten teko veivät melko paljon aikaa mutta luulen kokemuksen karttuessa senkin nopeutuvan. Laskelmien teko oli myös aikaa vievää puuhaa mutta olen tyytyväinen että sain tehtyä ne ymmärrettävään muotoon tulevaisuutta varten.

Lähteet

- 1 Lounatvuori, Irma & Putkonen, Lauri (toim.) (2001) Rakennusperintömme. Kulttuuriympäristön lukukirja. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- 2 Krohn, Aarni (1991) Elämän lomassa. Suomalaisen loman historiaa. Helsinki: Lomaliitto.
- 3 Ruissaloyhdistys. Arkkitehtihuvila/Pirunkirkko vuodelta 1895. http://www.ruissaloyhdistys.com/ruissalo/index.php?option=com_content&view=article&id=85&Itemid=100 [26.1.2015]
- 4 Kansalliskirjasto. 20 Lauantaimajaa, Enso 1.1.1932. <http://digi.kansalliskirjasto.fi/> [25.1.2015]
- 5 Hautajärvi, Harri (toim.) (2006) Huviloita, saunoja. Helsinki: Karisto Oy.
- 6 Nokela, Leena & Hagelstam, Katja (2014) Rakas kesäkoti. Helsinki: WSOY.
- 7 Suojanen Armi, Helsingin Sanomat. Opiskelija muuttaa Töölöstä 50 neliön omakotitaloon, 2015. <http://www.helsingin uutiset.fi/artikkeli/261745-opiskelija-muuttaa-toolosta-50-nelion-omakotitaloon>, <http://yksiopuutarhassa.fi/> [26.1.2015]
- 8 Berghäll Elina, Perrels Adriaan & Sahari Anna (toim.) (2008) 455 Mökkikannan kehityspolku vuoteen 2025 asti, sivut 2-27. Helsinki: Valtion taloudellinen tutkimuskeskus.
- 9 Loma-asuntojen kehitys vuosikymmenittäin. Kati, Pitkänen (2011) Mökkimaisema muutoksessa, kulttuuritieteellinen näkökulma mökkeilyyn, sivu 49. Tampere: Juvenes Print - Tampereen Yliopistopaino Oy.
- 10Pantsu Pekka, Yle uutiset. Kesämökkien määrä pomppasi yllättäen hurjasti ylöspäin. Yle Uutiset 11.6.2014.http://yle.fi/uutiset/kesamokkien_maara_pomppasi_yllattaen_hurjasti_ylospain/7290471 [28.2.2015]
- 11 Suomen virallinen tilasto (SVT): Rakennukset ja kesämökit [verkojulkaisu]. ISSN=1798-677X. 2013, Kesämökit 2013 . Helsinki: Tilastokeskus.http://www.stat.fi/til/rakke/2013/rakke_2013_2014-05-23_kat_001_fi.html [24.2.2015]
- 12RT SM-20273 Yleiskaavamerkinnot ja määräykset 1980, 7.
- 13Rakennuskohteen sijainti. Joensuun kaupunki 2014
- 14Palosaari talvella 2014. Teija Kokko 2014.
- 15Pielisjoen vedenkorkeuden seuranta 2015. Vesistöennusteet: Vuoksen vesistöalue - Pielinen - Ahveninen 2015. <http://wwwi2.ymparisto.fi/>
- 16Ekovilla Oy, eristeen ominaisuudet 2014. <http://ekovilla.fi> [25.2.2015]
- 17Spu Oy, ekologisuus 2014. <http://spu.fi> [25.2.2015]
- 18Suomen tuulileijona Oy, ympäristö 2014. <http://tuulileijona.fi/> [26.2.2015]
- 19Uulatuote Oy, maalit 2014. <http://uula.fi> [26.2.2015]
- 20Puuinfo Oy, Ominaisuuksien muuttaminen, 2015. <http://www.puuinfo.fi/puutieto/puu-materiaalina/ominaisuuksien-muuttaminen> [28.2.2015]
- 21Museoviraston korjauskortti, Keittomaali 1990, 5-6. <http://www.nba.fi/fi/File/2120/korjauskortti-12.pdf>
- 22SFS-EN 1995-1-1 Puurakenteiden kuormat 2. PAINOS, Helsinki 2008
- 23B1 RT RakMK-21069, Rakenteiden varmuus ja kuormitukset, Helsinki 1998.
- 24Puurakenteiden suunnittelu. Lyhennetty suunnitteluohje 3. painos, Puuinfo Oy 2011.
- 25RT 81-10486 Pientalon perustamistavan valinta 1992.
- 26Renderointi Archicad ohjelmalla. Teija Kokko 2015.

Liite 9