

HIRSIRAKENTEISEN ULKOSAUNAN SUUNNITTELU JA KANTAVIEN PUURAKENTEIDEN MITOITUS

Voutilainen Antti

Opinnäytetyö

Tekniikan ala
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus

2023

Tekniikan ala
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan
koulutus
Insinööri (amk)

Tekijä	Antti Voutilainen	Vuosi	2023
Ohjaaja(t)	Ville Airas, Virpi Peitso, Ritva Lampela		
Toimeksiantaja	Yksityinen henkilö		
Työn nimi	Hirsirakenteisen ulkosaunan suunnittelu ja kantavien puurakenteiden mitoitus		
Sivumäärä	84 + 66		

Opinnäytetyön aiheena oli perinteisen suomalaisen hirsirakenteisen ulkosaunan suunnittelu toimeksiantajan asettamien reunaehtojen mukaisesti. Lähtökohtana oli työn tilaajan tarve saada nykyiselle vapaa-ajan kiinteistölleen uusi ulkosaunarakennus nykyisen kertalämmitteisen, sisätiloissa olevan sähkösaunan rinnalle. Mökin ylläpitokustannukset olivat käyttövuorokausien lisääntymisen ja sähkön hinnannousun myötä kallistuneet merkittävästi. Haasteena työssä oli se, että toimeksiantajan hankkima saunan hirsikehikko on yli puoli vuosisataa vanha ja siirretty kiinteistölle kaukaa. Kehää ei ollut pystytetty ennen opinnäytetyön aloitusta, joten tiettyjen rakenteiden suunnittelu ja kantavien rakenteiden mitoitus oli tehtävä ilman tarkkoja mittoja tai tietoja. Suunnittelun tukena toimi pari valokuvaa, jotka oli otettu ennen hirsikehikon purkua ja siirtoa. Haasteena oli myös saunan sijoittaminen tontille siten, että palosuojaetäisyydet viereisiin rakennuksiin täyttyivät. Toimeksiantajalla oli toiveita ja vaatimuksia ulkosaunalle, jotka suunnittelussa tuli huomioida.

Opinnäytetyö eteni rakennushankkeen tyypillisten vaiheiden mukaisesti tarveselvityksen kautta ratkaisuehdotuksiin ja varsinaiseen toteutuksen suunnitteluun. Osana saunarakennuksen suunnittelua mitoitettiin puurakenteet kantavien palkkien ja pilarien, sekä hirsiseinän kantavuuden ja jäykistämisen osalta. Suunnittelussa käsin laskennan ohella apuna käytettiin Finnwood-puurakenteiden mitoitushjelmaa sekä rakennuspiirrosten työstössä AutoCAD-ohjelmaa. Käsin laskennan tulokset toteutettiin Mathcad-laskentaohjelmalla.

Suunnittelun pohja löytyy rakentamislaita ja määräyksistä, joihin opinnäytetyössä syvennettiin laajalti. Kantavien puurakenteiden suunnittelun osalta mitoitusehdot löytyvät Eurokoodista, RIL-teoksista ja puurakenteiden lyhennetystä suunnitteluohjeesta. Työssä käytiin läpi myös hirsirakentamisen erityispiirteitä, jotka vaikuttavat rakentamiseen merkittävästi. Opinnäytetyön tuloksina toimeksiantaja sai pääpiirustukset, kantavien puurakenteiden materiaaliehdotukset sekä jäykistämässä käytettävän vaarnauksen toteutustapavaihtoehdot niin puuta-peille kuin ruuveille.

Avainsanat rakennussuunnittelu, rakennesuunnittelu, pääsuunnittelu, hirsirakentaminen, rakennusluvat

Muita tietoja

Study programme in
Civil Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Antti Voutilainen	Year	2023
Supervisor(s)	Ville Airas, Virpi Peitso, Ritva Lampela		
Commissioned by	Private client		
Title	Planning and structural design a log sauna		
Number of pages	84 + 66		

The purpose of this thesis study was to plan and design a log sauna for a private customer. After significant increase in pricing of electricity, a wood burning sauna can be cost-efficient way to demote the costs of maintaining a year-round use cabin.

In this thesis the main regulations that guide structural design and building in Finland were reviewed. The different stages of construction project usually have were went through, but in minor scale. The client had certain needs and requirements about how the log sauna should look and be both visually and functionally. The client had already bought over a 50-year-old log frame, that had never been in use. That old log frame was the foundation of designing this new sauna for the client. In help of structural design, Finnwood 2.4.3 design software and Mathcad software for engineering calculations were used. Construction plans were prepared with AutoCAD.

Within building regulations and guidelines, a functional log sauna was designed that is safe to use and will endure different weather conditions from summer rains to heavy snow loads on the roof. The main results of this thesis study are completed construction plans the client will receive.

Keywords structural design, architectural design, log sauna, building regulations

Special remarks

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	7
2 RAKENNUSHANKKEEN SUUNNITTELU	9
2.1 Rakennushankkeen kulku.....	9
2.1.1 Osapuolet	9
2.1.2 Rakennushankkeen vaiheet	11
2.2 Rakennuslupaprosessi	13
2.2.1 Rakennuslupa.....	13
2.2.2 Pääpiirustukset.....	14
3 KANTAVIEN PUURAKENTEIDEN SUUNNITTELU JA MITOITUS	17
3.1 Rajatilamitoitukset.....	18
3.1.1 Murtorajatila.....	18
3.1.2 Käyttörajatila.....	20
3.2 Kuormitukset.....	21
3.2.1 Omapaino ja pysyvät kuormat	21
3.2.2 Hyötykuormat	22
3.2.3 Lumikuorma.....	24
3.2.4 Tuulikuorma.....	25
3.2.5 Kuormien aikaluokat.....	27
3.3 Rakenteiden käyttöluokat	28
3.4 Materiaaliominaisuudet ja osavarmuusluvut.....	29
3.5 Puurakenteiden mitoitukset	31
3.5.1 Syysuuntainen ja syysuuntaa vastaan kohtisuora veto	32
3.5.2 Syysuuntainen puristus	33
3.5.3 Syysuuntaa vastaan kohtisuora puristus	33
3.5.4 Taivutus.....	34
3.5.5 Leikkaus	34
3.5.6 Vääntö	37
3.5.7 Puristetun sauvan nurjahduskestävyys	38
3.5.8 Taivutetun sauvan kiepahduskestävyys	42
3.5.9 Lattiakannattimien/lattiapalkkien värähtelymitoitus	44
3.5.10 Hirsiseinän kantavuusmitoitus	46
3.5.11 Hirsiseinien jäykistys	47

3.6	Hirsirakentamisen erityispiirteet.....	48
3.6.1	Hirren kosteustekninen toiminta ja painumat.....	48
3.6.2	Varastointi työmaalla ja työaikainen suojaus	50
3.7	Paloturvallisuus	51
3.7.1	Paloluokat.....	51
3.7.2	Kantavien rakenteiden palonkesto.....	52
3.7.3	Kiukaan ja savuputkien palosuojaetäisyydet	52
3.7.4	Savupiipun suunnittelu ja palosuojaetäisyydet	53
4	SUUNNITTELUN KOHDE JA TARVESELVITYS	55
4.1	Kohde ja toimeksiantajan kuvaus	55
4.2	Tarveselvityksen tulokset.....	55
4.3	Lähtötiedot ja reunaehdot suunnittelulle	56
4.4	Suunnittelijan pätevyys	58
4.5	Hanke- ja yleissuunnittelu.....	59
5	HIRSISAUNAN RAKENNUSSUUNNITTELU	61
5.1	Saunan sijoittelu tontilla ja paloluokitus	61
5.2	Vesikatto- ja yläpohjaratkaisu	61
5.3	Pohjaratkaisu	62
5.4	Pääpiirustukset.....	64
5.4.1	Asemapiirustus.....	64
5.4.2	Pohja- ja leikkauspiirros.....	65
5.4.3	Julkisivupiirustukset.....	65
6	HIRSISAUNAN RAKENNESUUNNITTELU	67
6.1	Laskennassa käytetyt kuormat	67
6.2	Puurakenteiden mitoituksen tulokset	68
6.2.1	Kurkihirsi.....	68
6.2.2	Kattopalkit eli kattoniskat	70
6.2.3	Sivuseinän ylityspalkit.....	71
6.2.4	Vaakapalkki	73
6.2.5	Hirsiseinän kestävyys	74
6.2.6	Pystypilarit	76
6.2.7	Lattian kannatinpalkit.....	79
6.2.8	Hirsiseinien jäykistys	81

7 POHDINTA.....	83
LÄHTEET.....	86
LIITTEET	88

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni aiheena on perinteisen suomalaisen hirsirakenteisen ulkosaunan suunnittelu niin pääsuunnittelun kuin kantavien puurakenteiden mitoituksen näkökulmasta. Työn tavoitteena on toimeksiantajan tarveselvityksen pohjalta tuottaa selkeät mitoitus suunnitelmat materiaalivalintoineen sekä valmiit pääpiirustukset kohteesta. Lisäksi henkilökohtaisena tavoitteena opinnäytetyössä on kehittyä suunnittelijana kohti pistettä, jossa kykenen itsenäisesti suoriutumaan vaativammastakin suunnittelutyöstä todellisissa kohteissa.

Hirsirakentamisessa on yleisesti mukana tiettyjä hirren käyttäytymiseen ja ominaisuuksiin liittyviä seikkoja, joita tässä opinnäytetyössä käsitellään. Työstä on sen sijaan rajattu pois kustannuslaskenta, perustusten suunnittelu sekä muun muassa harmaavesien käsittely, sillä halusin rajata rakenne- ja rakennussuunnittelun koskemaan ainoastaan puurakenteiden mitoitusta sekä pääpiirustusten sisältöjä omina kokonaisuuksinaan. Energialaskentaa ei työssä ole tarve toteuttaa, koska kyse on kylmästä rakennuksesta, ulkosaunasta. Palosuoja-asiat sen sijaan vaikuttavat oleellisesti erityisesti pohjaratkaisuun, kuten hormin ja puukiukaan asemointiin. Tästä syystä työssäni käsitelen lyhyesti myös esimerkiksi palosuojaetäisyyksiä, jotka saunarakennuksessa ovat oleellisia.

Kiinnostuin suuresti insinööriopintojen edetessä erilaisten rakennusten ja rakenteiden suunnittelusta, ja työni aihe tuli kuin tilauksesta eteeni juuri siinä vaiheessa, kun aloin miettiä opinnäytetyön toteuttamista kolmannen opiskeluvuoden lopulla. Pääsuunnittelu ja yksityiskohtien hiominen esteettisesti kauniiksi, mutta ennen kaikkea turvalliseksi ja toiminnalliseksi kokonaisuudeksi innostaa minua insinööriydessä. Varovaisesti toivonkin, että tulevalla työurallani saan olla osallisena Suomen rakennuskannan uudistamisessa ja kunnostamisessa tulevaisuudessa kenties jopa yrittäjänä. Opinnäytetyössäni joudun ensimmäistä kertaa todellisuudessa suunnittelemaan ja mitoittamaan käyttöön tulevan rakennuksen. Näin ollen joudun yhdistelemään kaikkea opinnoissa opittua. Puurakentaminen on lähellä sydäntäni ja hirsi materiaalina erityisesti. Tästä syystä koin kohteena olevan saunan suunnittelun ja mitoituksen mielenkiintoisena haasteena.

Opinnäytetyöni aihe perustuu tilaajan tarpeeseen rakentaa ympäri vuoden käytössä olevalle Itä-Lapissa sijaitsevalle vapaa-ajan asunnolleen hirsirakenteinen ulkosauna. Kiinteistön päärakennuksen yhteydessä on tällä hetkellä sähkölämmitteinen sauna ja kylpyhuone. Mökki on huomattavan ahkerassa käytössä, sillä käyttövuorokausia kertyy vuositasolla jopa 100 ja sauna lämpenee mökillä oltaessa päivittäin. Uuden ulkosaunan rakentaminen lisää kiinteistön arvoa ja viihteyttää, mutta sillä saavutetaan myös pitkällä aikavälillä kustannussäästöjä ylläpidossa, kun saunominen siirtyy ulos puulämmitteiseen saunaan. Tilaajalla on mahdollisuus saada polttopuuta runsaasti kiinteistön ympäristöstä, joten säästö voi olla vuosien myötä merkittävä - etenkin, kun sähkön hinta on viime aikoina heitellyt ennätyslukemissa.

Opinnäytetyön tilaaja hankki aiemmin erittäin vanhan hirsikehikon, josta sauna on ajatus rakentaa. Laki ainakin tässä vaiheessa edellyttää vielä rakennuslupaa ulkosaunojen rakentamiselle. Turvallisen rakentamisen kannalta on niin ikään hyvä, että kantavat rakenteet mitoitetaan todellisille kuormille. Tässä rakennusinsinöörin rooli korostuu. Vuoden 2025 alusta on mahdollista, että rakennuslaki muuttuu ja rakentaminen vapautuu siten, että esimerkiksi opinnäytetyön kohteena olevan kaltaisen ulkosaunan saa kuka tahansa rakentaa omalle tontilleen, mikäli rakennusoikeutta löytyy. Tässä myös piilee se vaara, että rakentamisesta ymmärtämättömät alkavat toteuttaa pihoilleen rakennuksia, jotka eivät välttämättä ole käyttäjilleen turvallisia. Erityisesti saunoissa tilanne korostuu paloturvallisuusasioiden vuoksi. Byrokratia rakentamisessa vähenee pienten rakennusten osalta, mutta toisaalta vastuu rakentamisesta säilyy rakennustyön tilaajalla tai toteuttajalla. Ja vastuu on suuri. Tästä syystä oma toiveeni on, että myös tee-itse-rakentajat vähintään konsultoisivat ammattilaisia rakentamisessa jatkossakin, mikäli laki puolentoista vuoden kuluttua lopulta muuttuu.

Tämän opinnäytetyön tuloksena tilaaja saa haltuunsa pääpiirustukset sekä varmuuden siitä, että rakenteet turvallisia myös Lapin vaihteleville lumikuormille. Toteuttamalla ulkosaunan kantavat puurakenteet opinnäytetyön mitoitusten perusteella ja noudattamalla muutoinkin työssä esitettäviä ohjeistuksia, voidaan varmistua siitä, että nämä vanhat hirret ilahduttavat käyttäjiään myös tulevien vuosikymmenten ajan.

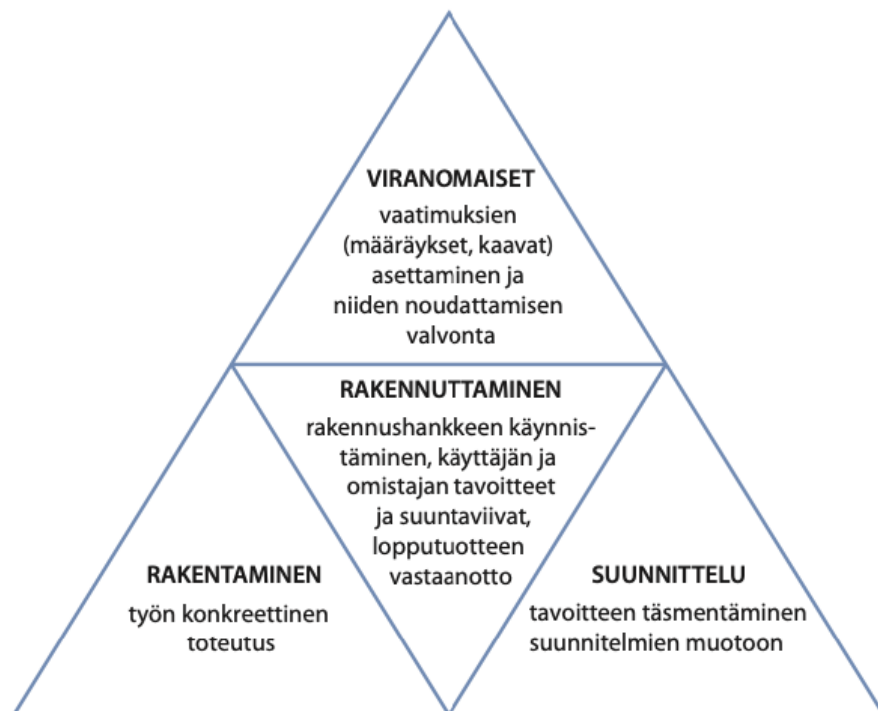
2 RAKENNUSHANKKEEN SUUNNITTELU

2.1 Rakennushankkeen kulku

Rakennushanke käynnistyy rakennuttajan, kiinteistökehittäjän tai -sijoittajan aloitteesta (RT 10-11224 2016). Rakennuttaja hankkii rakennushankkeessa tarvittavat suunnitelmat, rahoituksen ja toteutussuunnitelman sekä teettää rakennustyöt (RT 10-11222 2016).

2.1.1 Osapuolet

Rakennushankkeen osapuolet voidaan karkeasti jakaa kuvion 1 mukaisesti neljään osioon: rakennuttamiseen, suunnitteluun, rakentamiseen sekä koko toteutusta sääteleviin ja tarkasteleviin viranomaisiin.



Kuvio 1. Rakennushankkeen osapuolet (RT 10-11222 2016)

Rakennushankkeeseen ryhtyvä on maankäyttö- ja rakennuslaissa (1999/132) esille nouseva termi, jota viranomaisen näkökulmasta käytetään sellaisesta luonnollisesta tai juridisesta henkilöstä, jonka nimissä rakentamisen lupia haetaan. Käytännössä rakennushankkeeseen ryhtyvä on kiinteistön omistaja tai rakentamiskaupan vuokraoikeuden nojalla hallitseva taho. Mikäli kiinteistön omistaja tai

rakennuspaikan hallitseva osapuoli hakee nimissään rakentamisen viranomaislupia, on hän rakennuttaja sekä samalla lainsäädännön tarkoittama rakennushankkeeseen ryhtyvä. (RT 10-11222 2016.)

Rakennuttajalla tarkoitetaan hankkeen toimeenpanevaa osapuolta, mutta hankkeesta riippuen tilaaja, käyttäjä ja rakennuttaja voi olla myös yksi ja sama henkilö (RT 10-10387 1989). Rakennuttajaa kutsutaan yleisesti tilaajaksi rakennustyömailla ja sopimusasiakirjoissa. (RT 10-11222 2016.) Vaikka rakennuttamistehtävät voidaan hoitaa tilaajan omilla resursseilla, on kuitenkin yleistä, että rakennushankkeeseen ryhtyvä hankkii sopimuksella pätevää henkilöstöä hoitamaan rakennuttajatehtäviä hankkeen läpiviemiseksi. Tämä perustuu siihen, että maankäyttö- ja rakennuslain (1999/132) mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvällä on oltava hankkeen vaativuus huomioiden riittävät edellytykset sen toteuttamiseen, ja rakennus suunnitellaan ja rakennetaan säännösten ja määräysten mukaisesti. Tätä vastuuta tilaaja voi siis sopimuksella osoittaa rakentamisen asiantuntijalle, mutta tällöinkin tilaajalle jää lain mukainen huolehtimisvelvollisuus velvoitteiden hoitamisesta (RT 10-11222 2016). Käytännössä laki (1999/132 § 119) edellyttää, että rakennushankkeessa on kelpoisuusvaatimukset täyttävät suunnittelijat ja työnjohtajat.

Rakennus tulee maankäyttö- ja rakennuslain (1999/132 § 120) mukaan suunnitella säännösten ja määräysten sekä hyvän rakennustavan mukaan. Suunnittelusta vastaa useimmiten eri alojen asiantuntijasuunnitteluryhmä (RT 10-11222 2016), mutta hankkeelle tulee aina olla nimettynä pääsuunnittelija, joka vastaa suunnittelun kokonaisuudesta ja laadusta. Pääsuunnittelija vastaa siitä, että kaikki rakennus- ja erityissuunnitelmat muodostavat lain edellyttämällä tavalla säännösten ja määräysten sekä hyvän rakennustavan mukaisen kokonaisuuden. Pääsuunnittelijan tulee myös huolehtia huolehtimisvelvollisuuden kannalta merkityksellisten suunnittelua koskevien seikkojen tiedonannosta rakennushankkeeseen ryhtyvän suuntaan. (1999/132 § 120.) Pääsuunnittelijan lisäksi suunnittelussa voi olla mukana rakennussuunnittelija, arkkitehti, erityissuunnittelijoita, kuten rakenne- ja taloteknisiä suunnittelijoita, sekä eri alojen, kuten palotekniikan tai energiatehokkuuden asiantuntijoita (RT 10-11222 2016).

Rakentamisen konkreettisesta tuottamisesta vastaavat urakoitsijat, jotka tyypillisesti valitaan esimerkiksi kilpailutuksen kautta. Rakennustyömaan todellista määräysvaltaa käyttävästä työnantajasta käytetään nimitystä päätoteuttaja, jonka nimittää rakennuttaja. Tyypillisesti päätoteuttaja on pääurakoitsija, mutta rakennuttaja voi tehdä päätoteuttajatehtävät myös itse omana työnään. Lisäksi rakennushankkeessa voi olla mukana yksi tai useampi sivu- tai aliurakoitsija. (RT 10-11222 2016.)

Rakennushankkeen toteutusta ja suunnittelua säätelevät ja tarkastelevat eri viranomaiset. Rakennusmääräykset ja kaavat asettavat vaatimuksia ja niiden valvonnasta vastaa rakennusvalvontaviranomaiset. (RT 10-11222 2016.) Maankäyttö- ja rakennuslain 17 luvussa todetaan, että kunnan rakennusvalvontaviranomaisten tehtävänä on valvoa rakennustoimintaa sekä huolehtia osaltaan siitä, että rakentamisessa noudatetaan lain määräyksiä ja säädöksiä. Rakennushankkeen laajuus, luvan hakijan ja hankkeen suunnittelusta ja toteuttamisesta vastaavien henkilöiden asiantuntemus ja ammattitaito vaikuttavat valvontatehtävien laajuuteen ja laatuun. (1999/132 § 17:124.) Maankäyttö- ja rakennuslain 18 luvussa on puolestaan määritelty tarkasti rakentamisen ja muiden toimenpiteiden luvanvaraisuus (1999/132). Kunnat soveltavat rakennusvalvonnassa lain määräyksiä. Rakennusluvan saamisen edellytyksenä on osoittaa viranomaiselle, että aiottu rakennustoimenpide on lakien ja säännösten sekä voimassa olevan kaavan mukainen. (RT 10-11222 2016.)

2.1.2 Rakennushankkeen vaiheet

Rakennushanke jakautuu kahdeksaan vaiheeseen: tarveselvitykseen, hanke-, ehdotus-, yleis- ja toteutussuunnitteluun, rakentamiseen, käyttöönottoon sekä takuu-aikaan (RT 10-11224 2016). Tässä opinnäytetyössä keskitytään näistä viiteen ensimmäiseen.

Rakennushankkeen ensimmäisessä vaiheessa, tarveselvityksessä, perustellaan muun muassa tilanhankinnan tarpeellisuus, kuvataan alustavasti tarvittavia tiloja ja vaatimuksia sekä arvioidaan erilaisten ratkaisujen edullisuutta. Tarveselvitys ja

hankesuunnitelma voidaan useimmiten tehdä yhdessä ja samaan aikaan. Tarveselvityksen lopputuloksena syntyy hankepääätös hyväksytyn tarveselvityksen myötä. (RT 10-11107 2013.)

Hankesuunnitteluvaihe pitää sisällään rakennushankkeen oleelliset lakisääteiset velvollisuudet rakennushankkeeseen ryhtyvän näkökulmasta. Rakennus on suunniteltava ja rakennettava rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä myönnetyn luvan mukaisesti. Lisäksi rakennushankkeeseen ryhtyvällä tulee olla hankkeen vaativuus huomioiden riittävät edellytykset toteutukseen ja käytettävissä pätevää henkilöstöä. Hankesuunnittelussa nimetään tavoitteet rakennushankkeen laajuutta, toimivuutta, laatua, kustannuksia, ajoitusta ja ylläpitoa koskien, sekä laaditaan muun muassa rakennussuunnittelun tavoitemäärittely. Hankesuunnittelussa haetaan tasapainoa tavoitteiden ja lähtötietojen välillä. Hankesuunnitteluvaihe päättyy toimeksiantajan hyväksymään hankesuunnitelmaan, joka koostuu projekti- ja hankeohjelmasta, sekä investointipäätökseen. (RT 10-11107 2013.)

Hankesuunnittelusta siirrytään rakentamisen suunnittelun valmisteluun, jolloin muun muassa haetaan suunnittelutarjouksia, valitaan suunnittelijat ja tehdään tarvittavat sopimukset suunnittelun osalta. Tätä seuraa ehdotussuunnitteluvaihe, jossa etsitään vaihtoehtoisia suunnitteluratkaisuja tilaajan asettamien tavoitteiden täyttämiseksi. Yleissuunnittelussa ehdotussuunnitelmaa kehitetään toteutuskelpoiseksi yleissuunnitelmaksi, joka edelleen voi sisältää useita erilaisia vaihtoehtoja tilaratkaisuiksi. Yleissuunnitelmassa laaditaan pääpiirustukset rakennusluvan hakemista varten. Toteutussuunnittelussa yleissuunnitelmat jalostuvat rakentamisen ja hankinnan edellyttämiksi mitoitetuiksi suunnitelmiksi ja tuotemäärittelyiksi, jotka vastaavat vaatimuksiltaan, toiminnallisuudeltaan, esteettisyydeltään, teknisyydeltään ja muilta osin hyväksyttäviä suunnitelmia. (RT 10-11107 2013.)

Suunnitteluvaiheita seuraa rakentamisen valmistelu, rakentaminen, käyttöönotto sekä takuu-aika. Näitä rakennushankkeen toteutusvaiheita ei tässä opinnäytetyössä käydä läpi, sillä työ keskittyy suunnitteluvaiheisiin.

2.2 Rakennuslupaprosessi

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on tarpeellista neuvotella kunnan rakennusvalvontaviranomaisten kanssa jo ennen rakennushankkeeseen ryhtymistä. Tällöin voidaan jo etukäteen selvittää rakentamisen luvanvaraisuus, mitä lupia tarvitaan ja minkä viranomaisen toimivaltaan rakennushanke kuuluu. Näissä ennakkoneuvotteluissa käsiteltäviä asioita voivat olla muun muassa rakennushankkeen vaativuuden arviointi, suunnitelmien lähtökohdat ja suunnittelijoiden kelpoisuudet, kaavoitustilanne ja mahdolliset rakennuskiellot ja -rajoitukset sekä erilliskysymyksinä palotekniset ja rakenteelliset ratkaisut. (RT 11-10781 2002.)

2.2.1 Rakennuslupa

Uuden rakennuksen rakentamiseen on oltava rakennuslupa. Lupa tarvitaan myös silloin, kun korjaus- tai muutostyö on verrattavissa rakennuksen rakentamiseen, rakennusta laajennetaan tai kerrosalaa lisätään. Rakennuslupaa edellytetään myös, mikäli rakennuksen korjaus- tai muutostyöllä voi olla vaikutusta rakennuksen käyttäjien turvallisuuteen tai terveydellisiin oloihin, tai rakennuksen vaippaan tai teknisiin järjestelmiin kohdistuvilla korjaus- tai muutostöillä voi olla vaikutusta energiatehokkuuteen. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999/132 § 18:125.)

Rakennuslupaa haetaan kirjallisesti. Rakennuslupahakemuksen asiakirjat pitävät sisällään lupahakemuksen, pääpiirustukset sekä tarvittavat selvitykset. Rakennussuunnitelmat tulee esittää Ympäristöministeriön antamien määräyksien ja ohjeiden mukaan. Lisäksi rakennuslupahakemukseen tulee liittää selvitykset perustamis- ja pohjaolosuhteista sekä selvitys rakennuksen kunnosta, mikäli hakemus koskee rakennuksen muutos- tai korjaustyötä. Muita tarvittavia selvityksiä voivat olla muun muassa hulevesien käsittely, kiinteistön jätehuollon järjestely tai selvitykset kosteusteknisestä toimivuudesta ja rakennusfysikaalisista tekijöistä, kuten rakenteiden kokonaisvakaudesta ja lujuudesta. (Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 2015.)

Joissain tapauksissa rakennustyöt voidaan aloittaa jo ennen varsinaisen rakennusluvan saamista. Rakennuslupia myöntävä viranomainen voi antaa niin sanotun aloittamisoikeuden perusteella luvan rakennustöiden aloittamiselle osittain tai kokonaan ennen kuin lupapäätös on saanut lainvoiman. Tällöin rakennusluvan

hakijan on asetettava hyväksyttävä vakuus sellaisten haittojen, vahinkojen ja kustannusten korvaamiseksi, jotka mahdollinen päätöksen kumoaminen tai luvan muuttaminen voisi aiheuttaa. (RT 11-10781 2002.)

Rakennusluvan vireille tulosta tai -olosta tulee tiedottaa naapureita. Mikäli rakennusluvan hakija ei itse tiedota rakennushankkeesta naapureita, voi rakennusvalvontaviranomainen hakijan kustannuksella lähettää rakennuspaikan naapuritonttien haltijoille ja omistajille kirjeen lupahakemuksen vireille tulosta tai asiasta voidaan hakijan kustannuksella tiedottaa kuulutuksella lehdessä. (RT 11-10781 2002.)

Rakentamista ennen voidaan tarvittaessa pitää aloituskokous, jossa todetaan rakennushankkeeseen ryhtyvää koskevat velvoitteet, suunnittelun ja rakennustyön keskeiset toimijat, viranomaiskatselmukset ja -tarkastukset sekä muut selvitykset ja toimenpiteet rakentamisen laadusta huolehtimiseksi. Aloituskokouksen tarpeellisuudesta päättää rakennusvalvontaviranomainen. Ennen rakentamisen aloitusta tulee hyväksyttää rakennuslupaviranomaisilla vastaava työnjohtaja sekä muiden erityisalojen työnjohtajat. Aloituskokouksessa on läsnä aina vähintään rakennusvalvontaviranomaisen edustaja, rakennushankkeeseen ryhtyvä tai tämän edustaja, rakennuksen pääsuunnittelija sekä vastaava työnjohtaja. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999/132 § 17:121.)

2.2.2 Pääpiirustukset

Rakennuslupahakemuksessa liitteenä olevissa pääpiirustuksissa tulee olla riittävät tiedot rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä hyvän rakennustavan vaatimusten arvioimiseksi. Pääpiirustuksissa tulee myös sisällyttää tiedot sellaisista asioista, joilla voi olla vaikutusta rakennuksen tai rakennuspaikan turvallisuuteen tai terveydellisiin oloihin, naapurien asemaan sekä tiedot rakentamisen soveltumisesta rakennuspaikalle ja ympäristöönsä. (Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 2015.)

Tekniset piirustukset ovat tapa välittää tietoa. Standardissa SFS-EN ISO 128-1:2020 annetaan teknisten piirustusten laadintaan yleisvaatimuksia, joita ovat

esimerkiksi yksiselitteisyys ja selkeys, oikea mittakaava, soveltuvuus monistamiseen ja jäljentämiseen sekä riippumattomuus kielestä. (SFS-EN ISO 128-1:2020.)

Pääpiirustukset sisältävät seuraavat piirrokset:

- asemapiirros
- pohjapiirustus ja leikkauspiirustus
- julkisivupiirustus (Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 2015.)

Asemapiirustuksessa pohjana käytetään joko kantakarttaa asemakaava-alueilla tai kaavoittamattomilla alueilla virallista karttaotetta sekä esimerkiksi lohkomiskarttaa. Asemapiirustuksessa rakennuspaikka kuvataan ennen rakentamista sekä suunnitellun rakentamisen jälkeen siten, että vaikutukset rakennuspaikkaan ja lähiympäristöön käyvät ilmi. Lisäksi asemapiirroksesta tulee selvitä kaavan tai maankäyttösuunnitelman mukaisuus. Asemapiirroksesta tulee tarvittaessa löytyä rakennuspaikan rajat mittoineen, lähiympäristön kiinteistöjen ja muiden alueiden rajat, kiinteistötunnukset sekä katujen ja teiden nimet, kaava-alueella kaavamerkinnät määräyksineen, rakennuspaikan kulmapisteet sekä korkeusasemat, rakennuspaikalle rakennettavat ja siellä olevat tai purettavat rakennukset sekä eritelty kerrosalalaskelma. Asemapiirros laaditaan tyypillisesti 1:200 tai 1:500 mittakaavassa, joskin 1:1000 mittakaavaa voidaan käyttää hyvin suuria kohteita esittäessä. (RT 103398 2021.)

Pohja- ja leikkauspiirustuksilla osoitetaan suunnitellun rakentamisen täyttävän tilasuunnittelultaan, mitoitukseltaan, rakenteiden pohjaratkaisuiltaan ja ominaisuuksiltaan säännösten ja hyvän rakentamistavan vaatimukset. Pohjapiirustuksella esitetään muun muassa rakennuksen päämitat, rakenteiden etäisyysmitat muihin rakennuksiin, leikkauspiirroksien paikat, kerroksien ja tasojen korkeusasemat, kiinteät kalusteet ja varusteet, huoneiden ja tilojen käyttötarkoitukset, uloskäyntien sijainnit ja leveydet sekä palo-osastojen rajat ja paloluokat. Myös hormirakenteet voidaan tarvittaessa esittää osapiirustuksena. Leikkauspiirustuksissa muun muassa esitetään rakenteet ja rakennusosat sekä niiden aukot, palo-

osastojen rajat ja paloluokat, vaipan ulkopuoliset rakenteet, alapohjan alaiset rakenteet, kerroskorkeudet, ylä-, väli- ja alapohjien rakenteiden kokonaismitat, sekä erilaiset korkeusasemat, kuten sokkelin, räystään ja vesikaton korkeusasemat korkeusmittoina maanpinnasta. Pohja- ja leikkauspiirrosten mittakaava on yleensä 1:100. Pienkohteissa se voi olla 1:50. (RT 103397 2021.)

Julkisivupiirustusten tarkoituksena on näyttää, että suunniteltu rakennus täyttää arkkitehtuuriltaan asetetut vaatimukset ja muodostaa tasapainoisen kokonaisuuden ympäröivien rakennusten ja maiseman kanssa. Julkisivupiirrokset laaditaan kohtisuorana projektiona jokaisesta rakennuksen sivusta. Ilmansuunnat tulee merkitä näkyviin. Lisäksi julkisivupiirroksissa tulee esittää muun muassa korkeusasemat, vesikattopinnat ja kattokaltevuudet, ulkoseinän pinnat, pintamateriaalit ja käytettävät värit, ikkunat, ovet ja aukot sekä savupiiput. Julkisivupiirrosten mittakaava on yleensä sama kuin pohja- ja leikkauskuvilla, eli 1:100 tai pienemmissä kohteissa 1:50. (RT 103397 2021.)

Pääpiirustukset tulee esittää yhtenäisenä asiakirjana, jossa piirustusten mittakaavat ovat asian käsittelyn kannalta tarkoituksenmukaisia. Piirustuksissa on oltava nimiö, josta käy ilmi suunnitelman yksilöinti- ja suunnittelijatiedot. Lisäksi piirustuksiin on sisällytettävä materiaalimerkinnät, jotka tulee tarvittaessa selittää. (Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 2015.) Pääpiirustusten lehtikokona käytetään A4-koon pystysuoria kokonaiskerrannaisia (RT 103397 2021).

3 KANTAVIEN PUURAKENTEIDEN SUUNNITTELU JA MITOITUS

Rakennukset tulee suunnitella ja rakentaa siten, että rakenteet ovat lujia, vakaita, rakennuspaikan olosuhteisiin sopivia ja rakennuksen suunnittelun eliniän kestäviä. Rakentamisen ja käytön aikana kuormitus ei saa aiheuttaa sortumia, lujuutta tai vakautta häiritseviä muodonmuutoksia eikä vaurioita rakennuksen muita osia. Suunnittelun ja mitoituksen tulee perustua mekaniikan sääntöihin ja yleisesti hyväksyttyihin suunnitteluperusteisiin. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999 § 17:117 a.)

Suunnitteluratkaisujen on täytettävä visuaaliselta näkökulmalta tietyt tavoitteet, mutta erityisesti teknisyydeltään sisältöjen tulee olla viranomaisten asettamien ja hyvän rakentamistavan vaatimusten mukaiset. Kaikkein oleellisinta on se, että suunnitelmien mukaiset rakenteet ovat turvallisia ja tekniseltä toiminnaltaan virheettömiä. Lisäksi suunnitelmien mukaiset rakenteet tulee olla toteutettavissa turvallisesti. (RT 10-11255 2017.) Rakenneosien laskelmat tulee laatia kohteen vaatimustason mukaisesti ja selkeästi, jotta tarvittaessa ulkopuolinen taho pystyy tarkastamaan laskemat. Rakenneosien laskelmiin kuuluvat kuormitus-, stabiliteetti- sekä rakenneosien ja rakenteiden välisten liitosten mitoituslaskelmat, joita ovat käyttö-, murto-, onnettomuusrajatila ja palomitoituslaskelmat. Laskelmat esitetään rakennusvalvontaviranomaisille kuntakohtaisten ohjeiden mukaisesti ja laskelmista on käytävä ilmi rakennejärjestelmä, laskentamenetelmät, tulokset ja kattavuus. Sen sijaan laajat tulostukset eivät kuulu viranomaisille toimitettaviin laskelmiin. (RIL 229-1-2020 67-68.)

Puurakenteiden suunnitteluohjeet pohjautuvat Eurokoodi 5:een ja suunnitteluohjeet löytyvät Suomen Rakennusinsinöörien Liiton julkaisuista RIL 205-1-2017 sekä RIL 205-2-2019. Puurakenteiden suunnittelun tulee täyttää standardin EN 1990:2002 ja sitä koskevan kansallisen liitteen perusvaatimukset, tai vaihtoehtoisesti suunnitteluohjeina voi käyttää edellä mainittuja RIL 205-1-2017 sekä RIL 205-2-2019-julkaisuja tai yksinkertaisten ja tavanomaisten puurakenteiden suunnittelussa Puurakenteiden lyhennettyä suunnitteluohjetta. (Eurokoodi 5 Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje 2020, 8-9.) Oman opinnäytetyöni suunnittelutyöni kohteena oleva pieni ulkosaunanrakennus täyttää yksinkertaisen ja tavan-

omaisen suunnittelukohteen vaatimukset, joten suunnitteluohjeena voidaan käyttää Puurakenteiden lyhennettyä suunnitteluohjetta, joka on lyhennelmä mainituista RIL:n julkaisuista.

Puurakenteiden rakennesuunnitelmien sisällölle on annettu tiettyjä vaatimuksia. Rakennesuunnitelmissa esitetään soveltuvassa laajuudessa yleensä vähintään muun muassa seuraamusluokka, rakenteen käyttöluokka ja suunniteltu käyttöikä, rakenteiden palonkestävyysluokka, käytetyt ominaiskuormat ja kuormaluokka, tiedot rakenteiden mitoista ja sijainnista, toteutus- ja toleranssiluokat sekä aineiden ja tarvikkeiden tunnistetiedot. (RIL 229-1-2020, 53.)

3.1 Rajatilamitoitukset

Rajatilojen mitoitustilanteissa huomioidaan materiaaliominaisuudet, materiaalien ajasta riippuva toiminta, ilmasto-olosuhteet sekä erilaiset mitoitustilanteet (Eurokoodi 5 Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje 2020, 9). Mitoitustilanne valitaan rakenteiden toimintaolosuhteiden perusteella ja suunnittelussa tarkistetaan kyseessä olevan rakenteen merkitykselliset murto- ja käyttörajatilat. Rajatilan mitoitussarvot eivät saa ylittyä ja tarkastelu tulee suorittaa kaikille merkittävillä mitoitustilanteille ja kuormitustapauksille. (RIL 201-1-2017, 29.)

3.1.1 Murtorajatila

Murtorajatilalla tarkoitetaan rakenteen tasapainon menetystä, vaurioitumista, murtumista tai väsymisestä aiheutuvaa vaurioitumista. Murtorajatilamitoitukset liittyvät ihmisten turvallisuuteen tai rakenteiden varmuuteen, tai joissain tapauksissa myös aineen ja tavaran suojaamiseen. (RIL 201-1-2017, 29.)

Murtorajatilan voimasuureet lasketaan geometrisesti lineaarisen kimmoteorian mukaisesti. Murtorajatilamitoituksen seuraava ohjeistus pätee, kun kaikkien rakenteen sauvojen virumaluku k_{def} on sama, rakennuksen tai rakenteiden seuraamusluokka on joko CC2 tai CC1 ja kun kuormitustekijöinä on samanaikaisesti korkeintaan omapaino, lumi, tuuli sekä yksi A, B tai C-luokan hyötykuorma. (Eurokoodi 5 Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje 2020, 9.)

Kun tarkastellaan rakenteen kestävyyttä ja tasapainoa, lasketaan mitoituskuorma aikaluokittain seuraavilla kuormitusyhdistelyillä (Eurokoodi 5 Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje 2020, 9):

Pysyvä aikaluokka:

$$1,35G_{kj} \quad (3.1)$$

Keskipitkä aikaluokka:

$$1,15G_{kj} + 1,5Q_{k,1} + 1,05Q_{k,2} \quad (3.2)$$

Hetkellinen aikaluokka (suurempi seuraavista):

$$\max \begin{cases} 1,15G_{kj} + 1,5Q_{k,t} + 1,05Q_{k,1} + 1,05Q_{k,2} \\ 1,15G_{kj} + 1,5Q_{k,1} + 1,05Q_{k,2} + 0,9Q_{k,t} \end{cases} \quad (3.3)$$

missä

G_{kj}	pysyvien kuormien ominaisarvo
$Q_{k,1}$	lumi- ja hyötykuormien ominaisarvosta suurempi
$Q_{k,2}$	lumi- ja hyötykuormien ominaisarvosta pienempi
$Q_{k,t}$	tuulikuorman ominaisarvo

Kertoimena G_{kj} käytetään 1,15 sijasta arvoa 0,9 silloin, kun pysyvien kuormien yhteisvaikutus lisää rakenteen kestävyyttä.

Palomitoituksen onnettomuustilanteen kuormitusyhdistely (Eurokoodi 5 Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje 2020, 10):

$$\max \begin{cases} G_{kj} + 0,5Q_{k,l} + 0,3Q_{k,h} \\ G_{kj} + 0,2Q_{k,t} + 0,3Q_{k,h} + 0,2Q_{k,l} \end{cases} \quad (3.4)$$

missä

G_{kj}	pysyvien kuormien ominaisarvo
$Q_{k,t}$	tuulikuorman ominaisarvo
$Q_{k,l}$	lumikuorman ominaisarvo
$Q_{k,h}$	hyötykuorman ominaisarvo

3.1.2 Käyttörajatila

Käyttörajatila tarkoittaa rajatilaa, joka liittyy rakenteen tai rakenneosan toimintaan normaalikäytössä, ihmisten mukavuuteen tai kohteen ulkonäköön. Käyttörajatar- kasteluihin kuuluvat siirtymät, värähtelyt sekä ulkonäköön tai toimivuuteen ja säi- lyvyyteen vaikuttavat vauriot. (RIL 201-1-2017, 30.)

Käyttörajatilamitoituksessa huomioidaan kuormien ja kosteuden vaikutuksesta rakenteisiin syntyvät muodonmuutostilat, joiden tulee pysyä riittävät pieninä, kun huomioidaan mahdolliset vahingot pintamateriaaleille, katoille, lattioille, keveille väliseinille ja pinnoitteille sekä haitat toiminnan ja ulkonäkövaatimusten osalta (SFS-EN 1995-1-1, 15).

Käyttörajatilamitoituksen tätä kappaletta seuraava ohjeistus (Eurokoodi 5 Puura- kenteiden lyhennetty suunnitteluohje 2020, 10) pätee, kun kaikkien rakenteen sauvojen virumaluku k_{def} on sama ja kun kuormitustekijöinä on samanaikaisesti korkeintaan omapaino, lumi, tuuli sekä yksi A, B tai C-luokan hyötykuorma. Kuor- mitusten aiheuttama hetkellinen taipuma W_{inst} tai muodonmuutostila U_{inst} laske- taan käyttämällä kimmo-, liuku- ja siirtymäkertoimien keskiarvoja seuraaville omi- naisyhdistelmille:

Hyöty- ja lumikuorma määräävänä muuttuvana kuormana (Eurokoodi 5 Puura- kenteiden lyhennetty suunnitteluohje 2020, 10):

$$G_{kj} + Q_{k,1} + 0,7 * Q_{k,2} \quad (3.5)$$

Tuulikuorma määräävänä muuttuvana kuormana (Eurokoodi 5 Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje 2020, 10):

$$G_{kj} + Q_{k,t} + 0,7 * Q_{k,1} + 0,7 * Q_{k,2} \quad (3.6)$$

Kokonaistaipuma W_{fin} saadaan kaavalla:

$$W_{fin} = \max \begin{cases} (1 + k_{def})W_{inst,G} + (1 + 0,2k_{def})W_{inst,lumi} + (0,7 + 0,3k_{def})W_{inst,hyöty} \\ (1 + k_{def})W_{inst,G} + (1 + 0,3k_{def})W_{inst,hyöty} + (0,7 + 0,2k_{def})W_{inst,lumi} \end{cases} \quad (3.7)$$

missä

k_{def}	virumaluku, joka määräytyy materiaalin ja käyttöluokan mukaan
$W_{\text{inst,G}}$	pysyvän kuorman $G_{k,j}$ aiheuttama hetkellinen taipuma
$W_{\text{inst,lumi}}$	lumikuorman $Q_{k,l}$ aiheuttama hetkellinen taipuma
$W_{\text{inst,hyöty}}$	hyötykuorman $Q_{k,h}$ aiheuttama hetkellinen taipuma

3.2 Kuormitukset

Rakennusten ja sen osien suunnittelussa käytettävät kuormat määräytyvät standardin SFS-EN 1991 ja sen kansallisten liitteiden, RIL 201-1-2017 tai puurakenteiden lyhennetyn suunnitteluohjeen mukaan. Puurakenteiden mekaanista kestävyyttä ja käyttökelpoisuutta tarkasteltaessa tulee huomioida kuormitusten keston ja puun kosteuden vaikutukset puurakennneosien lujuus- ja jäykkyysominaisuuksiin. (Eurokoodi 5 Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje 2020, 10.)

Erilaisten hyöty-, lumi- ja tuulikuormien määrittelyssä hyödynnetään suunnitteluohjeista löytyviä taulukoita, jotka esitetään teoksessa RIL 201-1-2017. Kuormien luokittelu tapahtuu ajallisen vaihtelun perusteella. Kuormat jaotellaan kolmeen luokkaan: pysyviin kuormiin (G), muuttuviin kuormiin (Q) sekä onnettomuuskuormiin (A). (RIL 201-1-2017, 31.)

3.2.1 Omapaino ja pysyvät kuormat

Rakenteen omapainoon kuuluvat kantavat ja ei-kantavat rakennusosat, kiinteät laitteistot sekä maakerrokset ja sepellykset. Omapainon ominaisarvo perustuu rakenteiden nimellismittoihin ja -tilavuuspainoihin. (Eurokoodi 5 Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje 2020, 10.)

Kuivan havupuutavaran sekä liimattujen rakennusmateriaalien, kuten liimapuun, LVL:n ja vanerin, tilavuuspainona käytetään 5 kN/m^3 . Rakenteissa kiinni olevat keveät väliseinät ovat tasaista lattiakuormaa, jonka pienin sallittu arvo $g_k = 0,3 \text{ kN/m}^3$. (Eurokoodi 5 Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje 2020, 10.)

3.2.2 Hyötykuormat

Hyötykuormat muodostuvat sellaisista kuormituksista, jotka aiheutuvat tilojen käytöstä. Hyötykuormat voivat olla tasan jakautuneita, pistekuormia tai vaaka-suuntaisia viivakuormia. Hyötykuormat ajatellaan mitoituksissa liikkuviksi kuormiksi, joiden vaikutuskohtana tarkastellaan rakenteen kannalta epäedullisinta osaa. Seuraavassa taulukossa 1 on esitetty tavallisimpia hyötykuormien ominaisarvoja. Sarakkeissa q_k on ominaisarvot on esitetty kuormituksina per neliö, Q_k sarakkeissa kuormat ovat pistekuormia, joiden kuormitusala on alle 2 kN tapauksissa 50 x 50 mm² ja muissa tapauksissa 100 x 100 mm². (RIL 201-1-2017, 68-72.)

Taulukko 1. Rakennusten tilojen luokat ja hyötykuormien arvot (mukaillen RIL 201-1-2017, 71-72).

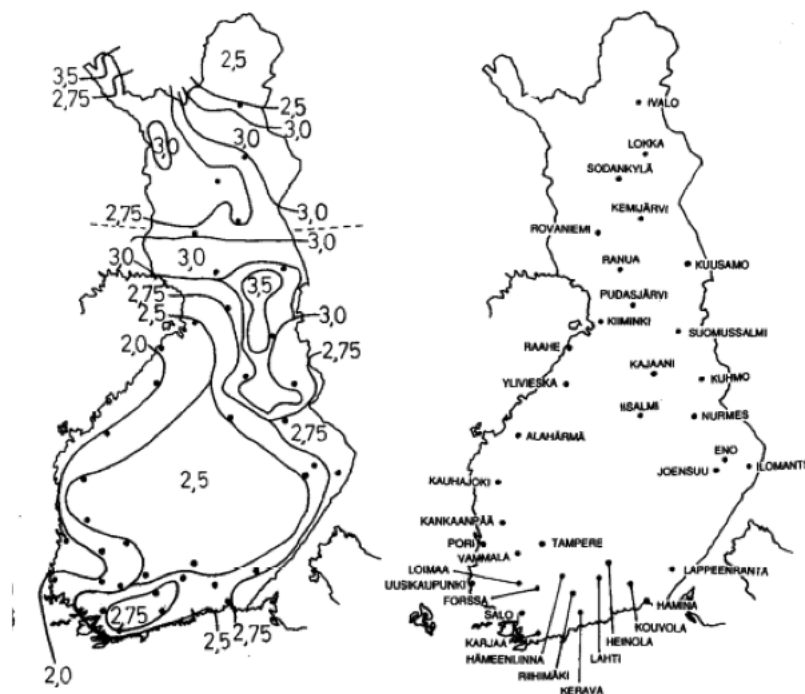
Luokka	Käyttötarkoitus	Pinta-ala-kuorma q_k(kN/m²)	Piste-kuorma Q_k(kN) (portaat suluissa)	Vaaka-kuormat (kN/m)
A	Asunto- ja majoitustilat esim. asuinrakennusten huoneet, sairaaloiden potilas- ja toimenpidehuoneet, hotellien majoitustilat	välipohjat 2,0 portaat 2,0 parvekkeet 2,5	2,0 (2,0)	0,5
B	Toimistotilat	välipohjat 2,5 portaat 3,0 parvekkeet 2,5	2,0 (2,0)	0,5
C	Kokoontumistilat			
	C1: Tilat, joissa pöytiä, kuten koulun ruokalat, kahvilat, ravintolat, ruokasalit, lukusalit, vastaanottotilat	välipohjat 2,5 portaat 3,0 parvekkeet 2,5	3,0 (2,0)	0,5
	C2: Tilat, joissa kiinteät istuimet, kuten kirkot, teatterit, elokuvateatterit, konferenssisalit, luentosalit, kokous- ja odotussalit, asemien odotustilat	välipohjat 3,0 portaat 3,0 parvekkeet 3,0	3,0 (2,0)	0,5
	C3: Tilat, joissa ei ole liikku-mista rajoittavia esteitä, kuten museo- ja näyttelytilat,	välipohjat 4,0 portaat 3,0 parvekkeet 4,0	4,0 (2,0)	1,0

	julkisten ja toimistorakennusten, sairaaloiden ja hotellien eteistilat, asemahallit			
	C4: Liikuntatilat, kuten tanssi- ja voimistelusalit, näyttämöt	välipohjat 5,0 portaot 3,0 parvekkeet 5,0	4,0 (2,0)	1,0
	C5: Tilat, joihin voi syntyä tungosta, kuten konserttisalit, urheluhallit ml. katsomot, terassit ja eteistilat, rautatie-laiturit	välipohjat 6,0 portaot 6,0 parvekkeet 6,0	4,0 (2,0)	3,0
D	Myymälätilat			
	D1: Tavalliset vähittäiskau-pat	välipohjat 4,0 portaot 3,0 parvekkeet 4,0	4,0 (2,0)	1,0
	D2: Tavaratalot	välipohjat 5,0 portaot 6,0 parvekkeet 5,0	7,0 (2,0)	1,0
E	Varasto- ja tuotantotilat			
	E1: Varastotilat, tavaransäilytystilat, ml. tavarantoimitustilat	välipohjat 7,5 portaot 3,0	7,0 (2,0)	1,0
	E2: Teollisuuskäyttö	ks. RIL 201-1-2017 kohta 6.3.2	ks. RIL 201-1-2017 kohta 6.3.2	1,0
F	Liikennöintialueet , kuten keveiden ajoneuvojen liikennöinti- ja pysäköintialueet. Kok.paino $\leq 30\text{kN}$ ja enintään 8 paikkaa kuljettajan lisäksi	välipohjat 2,5 portaot 3,0	20 (2,0)	ks. RIL 201-1-2017 liite B
G	Liikennöintialueet , keskiraskaiden ajoneuvojen liikennöinti- ja pysäköintialueet. Ajoneuvokuormat $30\text{kN} \leq \text{kok.paino} \leq 160\text{kN}$ 2-aks.	välipohjat 5,0 portaot 3,0	90 (2,0)	ks. RIL 201-1-2017 liite B
H	Vesikatot , joille pääsy vain normaalia kunnossapitoa ja korjaamista varten	0,4	1,0	
I	Vesikatot , joille pääsy luokkien A...G mukaisesti	kuormat luokkien A...G mukaisesti		

K	Vesikatot , erityistoiminnot kuten helikoptereiden las- keutumisalueet		ks. RIL 201-1- 2017 kohta 6.3.4	
---	---	--	---	--

3.2.3 Lumikuorma

Lumikuormat ovat kiinteitä muuttuvia kuormia ja niiden suuruudet vaihtelevat eri puolella Suomea. Lumikuormaan vaikuttavat sijainnin lisäksi muun muassa katon muoto ja kattokulman jyrkkyys. Katon ominaislumikuorma q_k saadaan katsomalla rakentamisaikakunnan mukaisesti kuvion 2 kartan perusteella ominaislumi-kuorma S_k , joka kerrotaan katon muotokertoimella μ_i , jolloin lumikuorma $q_k = \mu_i * S_k$. Muotokertoimet löytyvät teoksesta RIL 201-1-2017 (2017, 101-102). Muoto-kerroin on vähintään 0,8, mikäli suunniteltavan rakennuksen katolla on lumiesteet tai muu lumen liukumista estävä tekijä. (Eurokoodi 5 Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje 2020, 12.)



Kuvio 2. Maanpinnan lumikuormien ominaisarvot S_k (Eurokoodi 5 Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje 2020).

Harjakatollisten talojen lumikuormitukset tulee tarkastella kolmella tavalla:

- ensimmäisenä siten, että lumikuorman suuruus on sama molemmilla lappeilla,
- toisena kuormitustapauksena siten, että ensimmäisellä lappeella on puolet ominaislumikuormasta ja toisella lappeella täysi ominaislumikuorma,
- kolmannessa tapauksessa ensimmäisellä lappeella on täysi ominaislumikuorma ja toisella lappeella puolet siitä. (Eurokoodi 5 Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje 2020, 13.)

Katon lumikuorma määräytyy kaavan 3.8 mukaisesti (RIL 201-1-2017, 100-101).

$$s = \mu_i C_e C_t s_k \quad (3.8)$$

missä,

μ_i	lumikuorman muotokerroin
C_e	tuulensuojaisuuskerroin, maastotyyppin mukaan määräytyvä kerroin: tuulinen = 0,8 (> 1,0, mikäli katon lyhempi sivumitta alle 50 metriä); normaali = 1,0; suojainen = 1,2
C_t	lämpökerroin, arvo tavallisesti 1,0

3.2.4 Tuulikuorma

Tuuli aiheuttaa vaakakuormitusta rakennukseen. Tuulikuorman laskemiseen voidaan käyttää tavanomaisten rakennusten yhteydessä Eurokoodin 5 puurakenteiden lyhennetyn suunnitteluohjeen (2020, 12-14) taulukoita sekä laskentakaavoja.

Maastoluokka vaikuttaa merkittävästi tuulikuorman suuruuteen. Maastoluokkia on viisi, joista 0 tarkoittaa avomerta tai merelle avointa rannikkoa ja IV yhtenäistä laajaa kaupunkialuetta, joiden pinta-alasta vähintään 15 prosenttia on rakennettu ja rakennuskorkeus on keskimäärin yli 15 metriä. Tuulen nopeuspaineen ominaisarvot $q_{p0}(h)$ esitetään Eurokoodi 5 lyhennetyn suunnitteluohjeen kuvassa 2.4 maastoluokkien mukaisesti. Modifioituneen nopeuspaineen ominaisarvo $q_p(h)$

saadaan rakennuksen korkeuden ja maaston pinnan muodon mukaisesti määritettyä kaavalla 3.9. (Eurokoodi 5 Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje 2020, 12.)

$$q_p(h) = \gamma_D q_{p0}(h) \quad (3.9)$$

missä

$$\begin{aligned} \gamma_D &= 1,0, \text{ kun maaston kaltevuus on pieni } (\theta < 0,05) \\ &\text{tai muussa tapauksessa} \\ \gamma_D &= \min \begin{cases} 1 + 2,8\theta \\ 1,84 \end{cases} \\ q_{p0}(h) &\text{ maastoluokan mukainen nopeuspaineen ominaisarvo} \\ \theta &\text{ maaston kaltevuus (rad) rakennuspaikan tuulen suunnassa} \end{aligned}$$

Rakenteita mitoitetaan tuulikuormalle kahdella tavalla: rakennuksen tuulta jäykistävät rakenteet mitoitetaan kokonaistuulikuormalle ja rakennuksen tai rakenteen osapinnat sekä niiden kiinnitykset mitoitetaan paikalliselle tuulenpaineelle. Vaakasuuntainen kokonaistuulikuorma lasketaan kaavalla 3.10, kun rakennuksen korkeus on alle 50 metriä ja pienempi kuin sen leveys. (Eurokoodi 5 Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje 2020, 12.)

$$F_{w,k} = c_f q_p(h) A_{ref} \quad (3.10)$$

missä

$$\begin{aligned} F_{w,k} &\text{ rakennuksen vaakasuuntainen kokonaistuulikuorma} \\ c_f &\text{ rakenteen voimakerroin} \\ q_p(h) &\text{ rakennuksen korkeutta h vastaava nopeuspaine} \\ A_{ref} &\text{ rakenteen tuulta vastaan kohtisuora projektiopinta-ala. Kokonaistuulikuorman resultantti } F_{w,k} \text{ vaikuttaa projektiopinnan painopisteessä.} \end{aligned}$$

Rakenteen voimakerroin c_f huomioi rakennuksen mittasuhteiden ja hoikkuuden vaikutukset. Voimakerroin c_f voidaan määrittää Eurokoodi 5 lyhennetty suunnitteluohjeen taulukosta 2.3. Voimakertoimen määrittämisessä tarvittava rakennuksen hoikkuutta kuvaava arvo λ saadaan kaavalla 3.11. (2020, 13.)

$$\lambda = \begin{cases} \frac{2h}{b}, \text{ kun } h \leq 15\text{m} \\ (2,25 - 0,017h) \frac{h}{b}, \text{ kun } 15\text{m} < h \leq 50\text{m} \end{cases} \quad (3.11)$$

missä

h rakennuksen korkeus (m)
b rakennuksen leveys (m) tuulta vastaan kohtisuorassa suunnassa

Rakenteen osapinnoille kohdistuvaa paikallista tuulenpainetta ei käsitellä tässä opinnäytetyössä, koska työstä on rajattu pois rakenteiden kiinnitykset. Paikallisen tuulenpaineen nettopainetta käytetään nimenomaan tarkasteltaessa rakenteiden kiinnityksien mitoituksia sekä rakenneosien, kuten seinäverhousten, taipumaa (Eurokoodi 5 Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje 2020, 14).

Osapinnoille kohdistuvaa paikallista tuulenpainetta käytetään tarkasteltaessa rakenteiden kiinnitysten mitoitusta sekä rakenneosien taipumaa. Mitoituksissa osapinnan tuulenpaine tulee aina kohtisuoraan pintaa vastaan. Osapinnan paikallinen tuulenpaine määritetään kaavalla 3.12 ja se määräytyy rakennuksen ulkoisen ja sisäisen tuulenpaineen sisältävänä nettopaineena. (Eurokoodi 5 Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje 2020, 14.)

$$q_{w,k} = c_{p,net} q_p(h) \quad (3.12)$$

missä

$q_{w,k}$ tuulen aiheuttama osapinnan nettopaine
 $c_{p,net}$ osapinnan nettotuulenpaine kerroin
 $q_p(h)$ rakennuksen korkeutta h vastaava nopeuspaine

Nettopaine kertoimet löytyvät Eurokoodi 5 lyhennetyn suunnitteluohjeen taulukoista 2.4 ja 2.5 (2020, 14).

3.2.5 Kuormien aikaluokat

Kuormitusten aikaluokat määräytyvät rakenteen käyttöänsä aikana tietyn ajan vaikuttavan vakiokuorman keston perusteella. Muuttuville kuormille aikaluokka määräytyy kuorman tyypillisen ajallisen vaihtelun mukaan. Puurakenteiden lyhennetyssä suunnitteluohjeessa kuormitusten aikaluokkia on taulukossa 2 osoitettulla

tavalla kolme, kun varsinaisessa Eurokoodissa 5 aikaluokkia on yhteensä viisi. Lyhennetyssä suunnitteluohjeessa pitkäaikainen aikaluokka on yhdistetty aika-
luokkaan *pysyvä* ja lyhytaikainen aikaluokka *keskipitkään*. (Eurokoodi 5 Puura-
kenteiden lyhennetty suunnitteluohje 2020, 14.)

Taulukko 2. Kuormitusten aikaluokat ja ominaiskuormien vaikutusajat (mukailen
Eurokoodi 5 Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje 2020, 15)

Kuormitukset	Ominaiskuormien vaikutusaika		
	yli 10 vuotta	1 viikko - 6 kk	hetkellinen
	Kuorman aikaluokka		
	Pysyvä	Keskipitkä	Hetkellinen
Omapaino	X		
Pysyvästi rakenteeseen kiinnitetyt koneet, laitteet ja kevyet väliseinät	X		
Maanpaine	X		
Lumikuorma		X	
Lattioiden ja parvekkeiden hyötykuorman pintakuormat luokissa A-D		X	
Autotallien ja liikennöintialueiden hyötykuormat (luokat F-G)		X	
Kosteuden vaihtelun aiheuttamat kuormitukset		X	
Tuuli			X
Onnettomuuskuorma			X

3.3 Rakenteiden käyttöluokat

Rakennusosien rakenteet jaotellaan käyttöluokkiin ympäristöolosuhteiden perus-
teella. Käyttöluokkia on kolme. Rakenteiden jakautuminen eri käyttöluokkiin on
esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Rakenteiden jaottelu käyttöluokkiin 1, 2 ja 3 (mukailen Eurokoodi 5
Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje 2020, 15)

Rakenteiden käyttöluokat		
Käyttöluokka	Ympäristöolosuhteet	Käyttökohde
1	Materiaalin kosteus vastaa 20°C lämpötilaa, ympäröivän ilman suhteellinen kosteus ylittää arvon 65 % korkeintaan muutamana viikkona vuodessa. Havupuun kosteus ei enimmäkseen ylitä arvoa 12 %	Lämmitetyt sisätilat tai vastaavat kosteusolosuhteet. Myös lämpöeristekerroksessa olevat rakenteet sekä palkit, joiden vetopuoli lämmöneristeen sisällä.
2	Materiaalin kosteus vastaa 20°C lämpötilaa, ympäröivän ilman suhteellinen kosteus ylittää arvon 85 % korkeintaan muutamana viikkona vuodessa. Havupuun kosteus ei enimmäkseen ylitä arvoa 20 %	Ulkoilmassa kuivana oleva puurakenne. Tulee sijaita katetussa ja tuuletetussa tilassa sekä alta/sivuilta kastumiselta suojattuna. Esimerkkinä rossipohjassa sekä kylmässä ullakotilassa sijaitsevat puurakenteet.
3	Ilmasto-olosuhteet johtavat suurempiin kosteusarvoihin kuin käyttöluokassa 2.	Ulkona säälle alttiina, kosteassa tilassa tai veden välittömässä vaikutuksessa olevat puurakenteet.

Puurakenteissa käyttöluokan valinnassa tulee kiinnittää huomiota tasapainokosteuden lisäksi kosteuden vaihteluihin. Kosteuden vaihtelu voi vaikuttaa puurakenteisiin voimakkaammin kuin tasainen kosteus. Lisäksi käyttöluokassa 1 puutavaran erityisesti halkeiluvaara tulee huomioida. (Eurokoodi 5 Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje 2020, 15.)

3.4 Materiaaliominaisuudet ja osavarmuusluvut

Materiaali- tai tuoteominaisuuden mitoitusarvo saadaan, kun ominaisarvo jaetaan osavarmuusluvulla. Osavarmuusluku huomioi materiaalin tai tuoteominaisuuden poikkeamismahdollisuuden epäedullisempaan suuntaan ominaisarvostaan. (SFS EN 1990, 74.)

Materiaalien lujuusominaisuuden mitoitusarvo X_d lasketaan kaavalla 3.13 (SFS-EN 1995-1-1, 25).

$$X_d = k_{mod} \frac{X_k}{\gamma_M} \quad (3.13)$$

missä

X_k	lujuusominaisuuden ominaisarvo
γ_M	materiaaliominaisuuden osavarmuusluku
k_{mod}	muunnoskerroin, joka huomioi kuorman keston ja kosteuden vaikutuksen.

Materiaalin jäykkyys ja kestävyysominaisuuksien osavarmuusluvut vaihtelevat käytetyn materiaalin mukaan. Esimerkiksi sahatavaralla osavarmuusluku γ_M on 1,3, liimapuulla 1,25 ja LVL- eli niin sanotulla kertopuulla 1,2. Onnettomuusyhdistelmissä osavarmuusluku on 1. (SFS-EN 1995-1-1, 25.) Muunnoskerroimen k_{mod} arvot esitetään standardissa SFS-EN 1995-1-1 taulukossa 3.1. Muunnoskerroimen suuruus riippuu materiaalista sekä kuorman aikaluokasta ja materiaalin käyttöluokasta.

Rakenneosien jäykkyysominaisuuksien mitoitusarvot E_d ja G_d saadaan kaavoilla 3.14 ja 3.15 (SFS-EN 1995-1-1, 25).

$$E_d = \frac{E_{mean}}{\gamma_M} \quad (3.14)$$

$$G_d = \frac{G_{mean}}{\gamma_M} \quad (3.15)$$

missä

E_{mean}	kimmokerroimen keskiarvo
G_{mean}	liukukerroimen keskiarvo

Kimmo- ja liukukerroimen laskentakaavat on esitetty standardissa (FS-EN 1995-1-1 kohdassa 2.3.2.2 Kuorman keston ja kosteuden vaikutukset muodonmuutostilaan (1995, 24).

Kestävyyden mitoitusarvo R_d lasketaan kaavalla 3.16 (SFS-EN 1995-1-1, 26).

$$R_d = k_{mod} \frac{R_k}{\gamma_M} \quad (3.16)$$

missä

R_k	kestävyyden ominaisarvo
-------	-------------------------

γ_M	materiaalin osavarmuusluku
k_{mod}	muunnoskerroin, joka huomioi kuorman keston ja kosteuden vaikutuksen

Puurakenteiden mitoituksessa tulee myös huomioida virumaluku k_{def} , joka määrittyy standardin SFS-EN 1995-1-1 taulukon 3.2 mukaisesti. Virumaluku määrittyy käytetyn materiaalin sekä sen käyttöluokan perusteella. (SFS-EN 1995-1-1, 29.) Niin ikään puurakenteiden mitoituksessa otetaan huomioon rakennusosan poikkileikkausmitoista riippuva kerroin k_h , jonka arvo riippuu materiaalista. Esimerkiksi sahatavaran k_h -arvo lasketaan kaavan 3.17 mukaisesti.

$$k_h = \min \left\{ \left(\frac{150}{h} \right)^{0,2} \right. \\ \left. 1,3 \right. \quad (3.17)$$

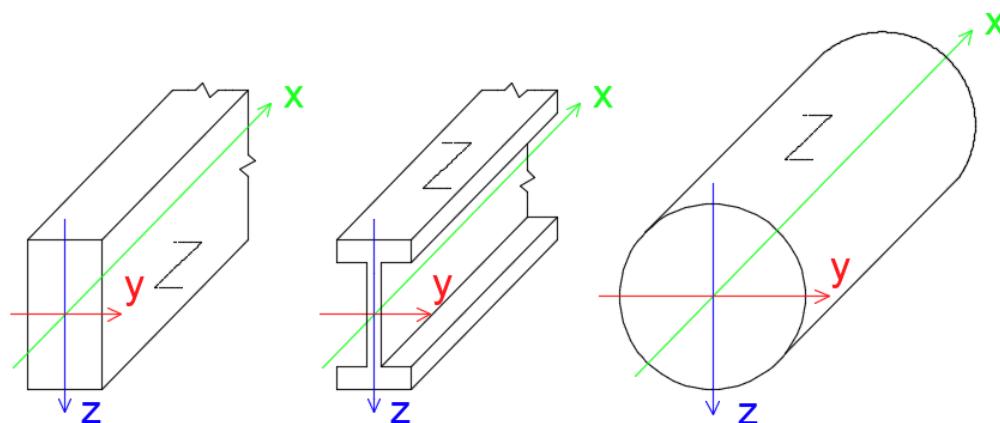
missä h on taivutetun palkin poikkileikkauksen korkeus tai vedetyn sauvan leveys millimetreinä. (SFS-EN 1995-1-1, 27.)

3.5 Puurakenteiden mitoitukset

Puurakenteiden mitoituksia tehdään käyttö- sekä murtorajatilassa. Käyttörajatilassa tarkastellaan esimerkiksi sitä, että puurakenneosan taipuma ei ole sen toiminnan kannalta liian suuri tai lattia ei kävellessä ala värähdellä haitallisesti. Murtorajatilamitoitukset keskittyvät erityisesti rakenteiden kestävyYTEEN. Yhden rakenneosan, kuten palkin, mitoituksessa voidaan joutua tekemään mitoitus usealla eri tavalla. Tämän opinnäytetyön kohdan 3.5 mitoitusmuodot on valittu suunnittelun kohteena olevan hirsirakenteisen ulkosaunan mitoitusarpeiden perusteella.

Kohdissa 3.5.1-3.5.5 esitetyt mitoitus ehdot pätevät, mikäli tarkasteltavaan sauvaan vaikuttaa jännityksiä vain yhden pääakselin suuntaisesti. Lisäksi puiden syiden tulee olla pääosin sauvan pituussuuntaisia ja tarkasteltavan sauvan täytyy olla sahatavaraa, pyöreää puuta, liimapuuta, LVL:ää, CLT:tä tai muuta puista vaikiopoikkileikkauksen omaavaa rakennustuotetta. (RIL 205-1-2017, 71.)

Tämän opinnäytetyön kohdissa 3.5.1...3.5.8 mitoitus ehtojen yhteydessä käytettävien akselien suunnat on esitetty kuviossa 3.



Kuvio 3. Sauvan akselien suunnat (mukaillen RIL 205-1-2017, 71)

Havu-, liima- ja kertopuusta valmistettujen osien ominaislujuudet, jäykkyysominaisuudet ja tiheydet eri lujuusluokissa on esitetty teoksessa RIL 205-1-2017 kohdissa 3.2...3.4.

3.5.1 Syysuuntainen ja syysuuntaa vastaan kohtisuora veto

Syysuuntaan vedetyn sauvan mitoitusehto on kaavan 3.18 mukainen.

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d} \quad (3.18)$$

missä,

$\sigma_{t,0,d}$ syysuuntaisen vetojännityksen mitoitusarvo
 $f_{t,0,d}$ vetolujuuden mitoitusarvo syysuuntaisessa vedossa (RIL 205-1-2017, 71.)

Syysuuntaa vastaan kohtisuoraan vedetyn sauvan mitoituksessa sauvan koon vaikutus tulee huomioida. Liimapuun sekä samansuuntaisesti viilutetun LVL:n poikittaisen vetolujuuden ominaisarvoa $f_{t,90,k}$ tulee pienentää kaavan 3.19 mukaisesti. (RIL 205-1-2017, 71.)

$$k_{vol} = \left(\frac{v_0}{v} \right)^{0,2} \quad (3.19)$$

missä,

V_0	0,01 m ³ referenssitilavuus
V	tilavuus (m ³), jota poikittaisen vetojännityksen mitoitusarvo $\sigma_{t,90,d}$ rajoittaa, mutta kuitenkin vähintään 0,01 m ³

3.5.2 Syysuuntainen puristus

Syysuuntaisesti puristettua sauvaa tarkasteltaessa mitoitus ehdon tulee olla kaavan 3.20 mukainen (RIL 205-1-2017, 72).

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d} \quad (3.20)$$

missä,

$\sigma_{c,0,d}$	syysuuntaisen puristusjännityksen mitoitusarvo
$f_{c,0,d}$	puristuslujuuden mitoitusarvo syysuuntaisessa puristuksessa

3.5.3 Syysuuntaa vastaan kohtisuora puristus

Syysuuntaa vastaan kohtisuoraan puristettua sauvaa tarkasteltaessa mitoitus ehdon tulee olla kaavan 3.21 mukainen (RIL 205-1-2017, 72).

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,\perp} f_{c,90,d} \quad (3.21)$$

missä,

$\sigma_{c,90,d}$	kosketuspinnalla vaikuttavan puristusjännityksen mitoitusarvo
$f_{c,90,d}$	puristuslujuuden mitoitusarvo syysuuntaa vastaan kohtisuorassa puristuksessa
$k_{c,\perp}$	tukipainekerroin, joka lasketaan kaavalla 3.22

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} k_{c,90} \quad (3.22)$$

missä,

l	kosketuspinnan pituus puun syiden suunnassa
$l_{c,90,ef}$	tehollinen kosketuspinnan pituus. Määräytyy RIL 205-1-2017 kohdan 6.1.5 mukaan.
$k_{c,90}$	kerroin, joka huomioi kuorman sijainnin, puun halkeamismahdollisuuden ja puristuman suoruuden. Määräytyy RIL 205-1-2017 kohdan 6.1.5 mukaan.

3.5.4 Taivutus

Taivutetun sauvan mitoitus ehdot ovat kaavojen 3.23 ja 3.24 mukaiset (RIL 205-1-2017, 74).

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (3.23)$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (3.24)$$

missä,

$\sigma_{m,y,d}$ ja $\sigma_{m,z,d}$

$f_{m,y,d}$ ja $f_{m,z,d}$

k_m

jännitysten mitoitusarvot pääakselien suhteen tapahtuvassa taivutuksessa

vastaavien taivutuslujuuksien mitoitusarvot

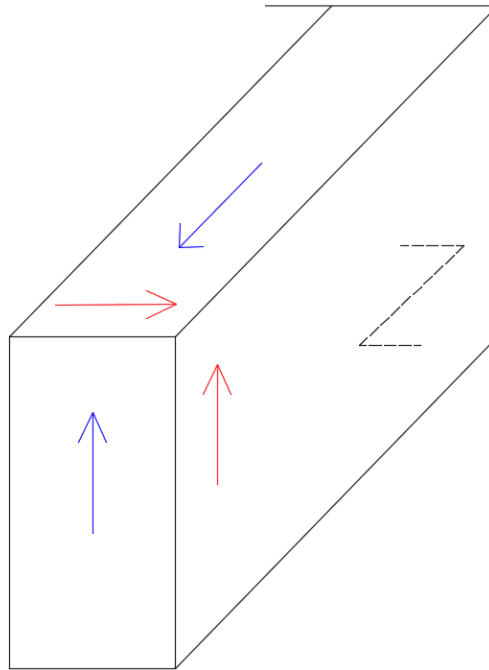
jännitysjakauman ja materiaalin epähomogeenisuuden vaikutuksen kahteen suuntaan taivutetun poikkileikkauksen taivutuskestävyyteen huomioiva kerroin.

$k_m = 0,7$ sahataravalle, LVL:lle, CLT:lle, kun suorakaidepoikkileikkaus

$k_m = 1,0$, kun muu poikkileikkaus tai muu puinen rakennetuote poikkileikkauksesta riippumatta

3.5.5 Leikkaus

Mikäli leikkausjännityksellä on syysuuntainen leikkausjännityskomponentti (kuvio 4, siniset nuolet) tai mikäli molemmat leikkausjännityskomponentit ovat syysuuntaa vastaan kohtisuoraan (kuvio 4, punaiset nuolet), tulee kaavan 3.25 mukainen mitoitusehto toteutua (RIL 205-1-2017, 74).



Kuvio 4. Esimerkkisauva. Siniset nuolet osoittavat syysuuntaisen leikkausjännityskomponentin ja punaiset nuolet tilanteen, jossa molemmat leikkausjännityskomponentit ovat syysuuntaa vastaan kohtisuoria (mukaillen RIL 205-1-2017, 75).

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad (3.25)$$

missä,

τ_d	leikkausjännityksen mitoitusarvo
$f_{v,d}$	vallitsevaa tilannetta vastaava leikkauslujuuden mitoitusarvo

Tilanteessa, jossa leikkausjännityskomponentit ovat syysuuntaa vastaan kohtisuoraan (kuva 4, punaiset nuolet), käytetään syysuuntaa vastaan kohtisuoraa tasoleikkauslujuutta $f_{r,d}$, joka on $0,5f_{v,k}$, eli puolet käytetyn puutavaran leikkausominaislujuudesta (RIL 205-1-2017, 50, 75).

Leikkauskestävyyssmitoitusta tehdessä tulee huomioida taivutettujen sauvojen halkeamien vaikutus käyttämällä tehollista leveyttä b_{ef} poikkileikkaukselle. Tehollinen leveys määräytyy kaavan 3.26 mukaisesti. (RIL 205-1-2017, 75.)

$$b_{ef} = k_{cr} b \quad (3.26)$$

missä,

b_{ef}	poikkileikkauksen tehollinen leveys
b	tarkasteltavan sauvan leveys
k_{cr}	kerroin, joka määräytyy seuraavasti:
$k_{cr} = 0,67$	sahatavara, lämmitetyt sisätilat tai vastaavat kosteusolot
$k_{cr} = 1,0$	liimapuu, lämmitetyt sisätilat tai vastaavat kosteusolot
$k_{cr} = 1,0$	sahatavara ja liima pysyvästi käyttöluokkaa 2 tai 3 vastaavissa kosteusoloissa
$k_{cr} = 1,0$	standardien EN 13986 ja EN 14374 mukaisille puutuotteille (puulevyt ja LVL)
$k_{cr} = 1,0$	CLT

Tarkasteltaessa palkkeja voidaan leikkausvoimaa pienentää tukien lähellä vaikuttavien kuormien osalta. Mitoittava leikkausvoima lasketaan siten, että pistekuormista voidaan jättää huomioimatta palkin korkeuden h etäisyydellä tuen reunasta vaikuttavat osat. Lovetulla palkilla huomioimatta voidaan jättää palkin lovetun korkeuden h_{ef} etäisyydellä tuen reunasta olevat pistekuormat, mutta vain silloin, kun lovi on tukeen nähden vastakkaisella puolella. Tällöinkin leikkausjännityksen tulee täyttää kaavan 3.27 mukainen ehto.

$$\tau_d = \frac{1,5V}{b_{ef}h_{ef}} \leq k_v f_{v,d} \quad (3.27)$$

missä,

τ_d	leikkausjännityksen mitoitusarvo
V	leikkausvoima
b_{ef}	palkin tehollinen leveys
h_{ef}	tehollinen korkeus
$f_{v,d}$	vallitsevaa tilannetta vastaava leikkauslujuuden mitoitusarvo
k_v	kerroin, joka määräytyy sen mukaan, onko palkki lovettu tuen puolelta vai tukeen nähden vastakkaiselta puolelta. Mikäli Palkki on lovettu tukeen nähden vastakkaiselta puolelta $k_v = 1$. Mikäli palkki on lovettu tukeen nähden samalta puolelta, on kertoimen laskentakaava esitetty teoksen RIL 205-1-2017 kohdassa 6.5.2.

Jatkuvia tasaisia kuormia tarkasteltaessa leikkausvoimaa voidaan redusoida kaavan 3.28 mukaisesti (RIL 205-1-2017, 76).

$$V_{red} = V * \left(1 - \frac{2h+l_A}{l}\right) \quad (3.28)$$

missä,

V_{red}	redusoitu leikkausvoima
V	leikkausvoima
h	palkin korkeus
l_A	tuen leveys
l	palkin pituus

Leikkausjännitys lasketaan kaavalla 3.29 (RIL 205-1-2017).

$$\tau_d = \frac{V_d S}{I b} \quad (3.29)$$

missä,

V_d	leikkausvoima
S	staattinen momentti
I	jäyhyysmomentti, neliömomentti
b	poikkileikkauksen leveys

Suorakaidepoikkileikkauksille leikkausjännitys saadaan laskettua yksinkertaistettulla kaavalla 3.30.

$$\tau_d = \frac{V_d * 3}{A * 2} \quad (3.30)$$

missä,

V_d	leikkausvoima
A	kappaleen poikkileikkaus pinta-ala

3.5.6 Vääntö

Mikäli tarkasteltavaan kappaleeseen kohdistuu vääntöä, tulee kaavan 3.31 mukaisen mitoitus ehdon täyttyä (RIL 205-1-2017, 76).

$$\tau_{tor,d} = k_{shape} f_{v,d} \quad (3.31)$$

missä,

$\tau_{tor,d}$	väännöstä aiheutuvan leikkausjännityksen mitoitusarvo
$f_{v,d}$	leikkauslujuuden mitoitusarvo
k_{shape}	poikkileikkauksen muodosta riippuva kerroin, joka määräytyy seuraavasti: $k_{shape} = 1,2$ ympyräpoikkileikkaukselle $k_{shape} = \min \left\{ 1 + 0,05 \frac{h}{b} \right.$ suorakaidepoikkileikkaukselle, $\left. 1,3 \right.$

missä h =suurempi poikkileikkauksen sivumitoista ja b =pienempi poikkileikkauksen sivumitoista.

Suorakaidepoikkileikkauksen vääntö lasketaan vääntömomentin T sekä poikkileikkauksen mittojen ja niiden välisen suhteen perusteella kaavan 3.32 mukaisesti.

$$\tau_{tor} = \frac{T}{\alpha h b^2} \quad (3.32)$$

missä,

τ_{tor}	vääntö
T	vääntömomentti
h	poikkileikkauksen suurempi sivumitta
b	poikkileikkauksen pienempi sivumitta
α	kerroin, joka määräytyy korkeuden ja leveyden suhteesta taulukon 4 mukaisesti

Taulukko 4. α -kertoimen määrittely.

h/b	1	1,5	1,75	2	2,5	3	4	6	8	10	∞
α	0,208	0,231	0,239	0,246	0,258	0,267	0,282	0,299	0,307	0,313	0,333

3.5.7 Puristetun sauvan nurjahduskestävyys

Mikäli rakennemitoituksessa tarkasteltava sauva on altis nurjahdukselle, voidaan sauvan nurjahduspituutena pitää taulukon 5 mukaisia arvoja (RIL 205-1-2017, 223).

Taulukko 5. Puristussauvan nurjahduspituudet (mukaillen RIL 205-1-2017, 80, 223)

Tuentatapa	Nurjahduspituus L_c (L =sauvan pituus)
Sauva on kiinnitetty toisesta päästä jäykästi ja toisesta päästä nivelellisesti, sivusiirtymätön rakenne	0,85 L

Sauva on molemmista päistään niveloity	1,0 L
Sauva on poikittaistuettu nurjahdusten suunnassa välein a	1,0 a
Sauvan toinen pää on kiinnitetty jäykästi ja toinen pää on vapaa	2,5 L
Kannastaan osittain jäykästi kiinnitetty, mutta muutoin nurjahdussuuntaan tukematon mastopilari	βL missä, $\beta = \sqrt{4 + \frac{\pi^2 E_{0,05} I}{L K_{r,u}}}$ L = pilarin pituus (mm) $E_{0,05}$ = pilarin kimmomodulin ominaisarvo (N/mm ²) I = pilarin jäyhyysmomentti tarkasteltavassa suunnassa (mm ⁴) $K_{r,u}$ = kantaliitoksen murtorajatilán kiertymäjäykkyys (Nmm/rad)

Puristetun sauvan hoikkuusluku määräytyy kaavan 3.33 mukaan (RIL 205-1-2017, 79).

$$\lambda_y = \frac{L_{c,y}}{i_y} \quad (3.33)$$

missä,

λ_y sauvan hoikkuusluku z-suuntaan
 $L_{c,y}$ nurjahduspituus z-akselin suuntaisessa nurjahduksessa
 i_y poikkileikkauksen jäyhyys säde y-akselin suhteen.
 $i_y = h/\sqrt{12}$ suorakaidepoikkileikkauksella, kun h on sivumitta nurjahduksen suuntaan.
 $i_y = d/4$ ympyräpoikkileikkauksella, kun d=ympyrän halkaisija.

Hoikkuusluku λ_z voidaan määritellä y-suuntaan vastaavalla tavalla kuin kaavassa 3.33. Puristetun rakenteen hoikkuusluku ei saa koskaan ylittää pysyvissä rakenteissa arvoa 200. (RIL 205-1-2017, 79.)

Laskennallisessa määrittäyksessä tarvittavat sauvan muunnetut hoikkeudet lasketaan kaavoilla 3.34 ja 3.35 (RIL 205-1-2017, 82.).

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad (3.34)$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad (3.35)$$

missä,

λ_y ja $\lambda_{rel,y}$ taivutusta y-akselin suhteen eli z-akselin suuntaan vastaava hoikkeusluku ja siitä muunnettu hoikkeus
 λ_z ja $\lambda_{rel,z}$ taivutusta z-akselin suhteen eli y-akselin suuntaan vastaava hoikkeusluku ja siitä muunnettu hoikkeus
 $E_{0,05}$ syysuuntaista kuormitusta vastaavan kimmokertoimen ominaisarvo

Tilanteessa, jossa sekä $\lambda_{rel,z}$ että $\lambda_{rel,y}$ arvot ovat $\leq 0,3$, nurjahduskertoimille $K_{c,y}$ ja $K_{c,z}$ annetaan arvo 1,0. Mitoitusehdot määräytyvät tällöin taivutuksen ja puristuksen yhteisvaikutuksen kaavoista 3.36 ja 3.37. (RIL 205-1-2017, 82.)

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (3.36)$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (3.37)$$

missä,

$\sigma_{c,0,d}$ syysuuntaisen puristusjännityksen mitoitusarvo
 $f_{c,0,d}$ puristuslujuuden mitoitusarvo syysuuntaisessa puristuksessa
 $\sigma_{m,y,d}$ ja $\sigma_{m,z,d}$ jännitysten mitoitusarvot pääakselien suhteen tapahtuvassa taivutuksessa
 $f_{m,y,d}$ ja $f_{m,z,d}$ vastaavien taivutuslujuuksien mitoitusarvot
 k_m :n arvoina käytetään 3.5.4 taivutus -kohdassa esitettyjä arvoja.

Kaikissa muissa tilanteissa jännitysten mitoitusehtoina käytetään kaavoja 3.38 ja 3.39 (RIL 205-1-2017, 82).

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}}\right) + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (3.38)$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} \right) + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (3.39)$$

missä k_m :n arvoina käytetään 3.5.4 taivutus -kohdassa esitettyjä arvoja ja k_c :n kertoimet määrittyvät kaavojen 3.40 ja 3.41 mukaisesti.

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} \leq 1 \quad (3.40)$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} \leq 1 \quad (3.41)$$

missä,

$$k_y = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) \quad (3.42)$$

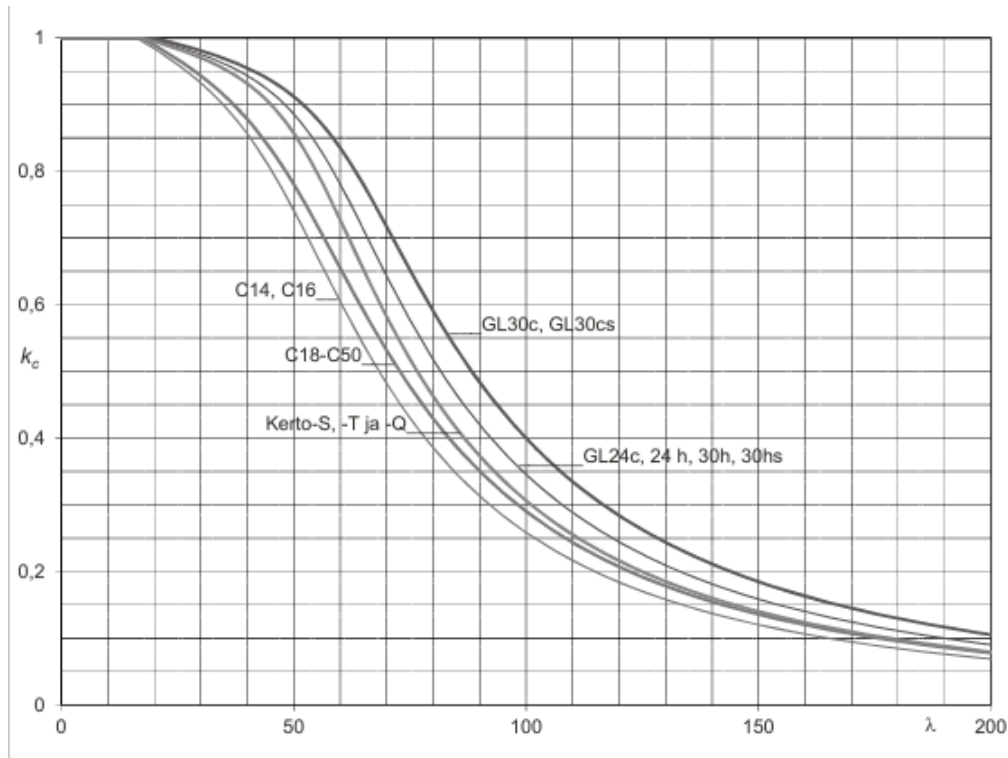
$$k_z = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) \quad (3.43)$$

missä,

$$\beta_c = \begin{cases} 0,2 & \text{sahatavaralla} \\ 0,1 & \text{liimapuu-, LVL- ja CLT- sauvalla} \end{cases} \quad (3.44)$$

β_c -kertoimen edellytyksenä on se, että rakenneosan alkukäyryys saa olla tukivälin keskellä enintään 1/500 liimapuu-, LVL- tai CLT-sauvan pituudesta ja enintään 1/300 sahatavarasauvan pituudesta (RIL 205-1-2017, 82, 175). Lisäksi asennustoleranssien tulee täyttää toteutusstandardin SFS 5978 esitetyt toleranssit (RIL 205-1-2017, 82).

Puristetun sauvan mitoituksessa käytettävät nurjahduskertoimet $K_{c,y}$ ja $K_{c,z}$ voidaan käyttäessä sahatavaraa, liimapuuta tai Kerto-LVL:ää katsoa suoraan kuvasta 5. Kuvion 5 mukaisessa kaaviossa on huomioitu sauvan alkukäyryys ja laskennallinen lisätaipuma. Sen sijaan kuorman epäkeskisyydestä ja poikittaiskuormista aiheutuvat taivutusjännitykset huomioidaan mitoitussehdoissa. (RIL 205-1-2017, 79.) Tässä opinnäytetyössä ei käsitellä kehärakenteisia puristussauvoja.



Kuvio 5. Nurjahduskerroin K_c ja kertoimen riippuvuus hoikkuusluvusta λ . (RIL 205-1-2017, 79)

3.5.8 Taivutetun sauvan kiepahduskestävyys

Tarkasteltaessa taivutettuja sauvoja tulee kiepahduskestävyys pystyä osoittamaan sekä sellaisessa tapauksessa, jossa vain momentti M_y vaikuttaa sauvan vahvemman akselin suhteen – kaava 3.45 –, että tapauksissa, jossa momentin ja puristusvoiman N_c yhdistelmä vaikuttaa sauvassa – kaava 3.46. (RIL 205-1-2017, 83.)

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} f_{m,d} \quad (3.45)$$

missä,

$\sigma_{m,d}$ taivutusjännityksen mitoitusarvo
 $f_{m,d}$ taivutuslujuuden mitoitusarvo
 k_{crit} kiepahdusriskin takia pienentyneen taivutuskestävyyden huomioiva kerroin. Kertoimen määräytyminen on esitetty teoksessa RIL 205-1-2017 kohdassa 6.3.3.

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} \leq 1 \quad (3.46)$$

missä

$\sigma_{c,0,d}$	syysuuntaisen puristusjännityksen mitoitusarvo
$f_{c,0,d}$	puristuslujuuden mitoitusarvo syysuuntaisessa puristuksessa
$k_{c,z}$	poikittaissuunnan nurjahduskerroin

Muut symbolit esitetty kaavassa 3.45.

Palkin suhteellinen hoikkuus saadaan kaavalla 3.47 kiepahduskertoimen laskennallisessa määrittämisessä (RIL 205-1-2017, 83).

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} \quad (3.47)$$

missä kriittinen taivutusjännitys $\sigma_{m,crit}$ lasketaan kaavalla

$$\sigma_{m,crit} = \frac{M_{y,crit}}{W_y} = \frac{\pi \sqrt{E_{0,05} I_z G_{0,05} I_{tor}}}{l_{ef} W_y} \quad (3.48)$$

missä

$M_{y,crit}$	kriittinen taivutusmomentti
$E_{0,05}$	syysuuntaista kuormitusta vastaava kimmokerroin
$G_{0,05}$	syysuuntaisessa tasossa syntyvää leikkausmuodonmuutosta vastaava liukukerroin Huom! Mikäli liimapuupalkissa on vähintään 10 lamellikerrosta, voidaan kimmokertoimen $E_{0,05}$ ja liukukertoimen $G_{0,05}$ tulo kertoa luvulla 1,4.
I_z	heikomman suunnan jäyhyysmomentti
I_{tor}	vääntöjäyhyysmomentti
l_{ef}	palkin tehollinen pituus, riippuu tuentaehdoista ja kuorman jakautumisesta. Tehollisen pituuden määrittäminen on esitetty teoksessa RIL 205-1-2017 kohdassa 6.3.3.
W_y	vahvemman suunnan taivutusvastus

Sahatavarasta, liimapuusta ja Kerto-LVL:stä valmistetun suorakaidepoikkileikkauksellisen palkin kriittinen taivutusjännitys voidaan laskea kaavalla 3.49 (RIL 205-1-2017, 84).

$$\sigma_{m,crit} = \frac{c \cdot b^2}{h \cdot l_{ef}} \quad (3.49)$$

missä

b	palkin leveys
---	---------------

h	palkin korkeus
l_{ef}	palkin tehollinen pituus, riippuu tuentaehdoista ja kuorman jakautumisesta
c	kerroin, joka määräytyy seuraavasti: havupuusahatavara = 0,78 halkaistu liimapuu GL30S = 0,72 liimapuu, lujuusluokat GL30c ja GL30hs = 0,70 homogeeninen liimapuu = 0,68 Kerto-Q-LVL = 0,67 Kerto-S ja Kerto-T-LVL = 0,58

3.5.9 Lattiakannattimien/lattiapalkkien värähtelymitoitus

Lattiakannattamien mitoituksessa tarkastellaan erityisesti lattian notkumista ja värähtelyä. Värähtely koetaan epämiellyttävänä häiriötekijänä, jonka vuoksi värähtelylle on asetettu tietyt raja-arvot. Mikäli rakennus on pysyvässä asuinkäytössä, tulee värähtelymitoitus suorittaa. Näin ollen ulkosaunan kohdalla värähtelymitoitus ei välttämättä ole oleellinen, mutta käytön mukavuuden ja osin myös kestävyiden kannalta rakenteet on suotavaa mitoittaa myös värähtelyn mukaisesti.

Värähtelyä mitataan taajuutena. Laskennassa käytetään matala- ja korkeataajuuslattiaille eri raja-arvoja. Mikäli lattian alin ominaistajuus on alle 9 Hz, tehdään erillistarkastelu. Jos ominaistajuus ylittää 9 Hz, saa luokassa C (normaali asuinrakennus) taipuma olla korkeintaan 0,5 millimetriä. Taipuma mitataan 1 kN pistevoiman aiheuttamana suurimpana hetkellisenä lattiapalkin taipumana. (RIL 205-1-2017, 99-100.)

Lattiakannattimien mitoitus tehdään käyttörajatilassa. Tällöin huomioidaan kannattimien sallittu taipuma sekä tehdään värähtelymitoitus. Lattiakannattimen kokonaistaipuma muodostuu kaavan 3.50 mukaisesti. (Eurokoodi 5 lyhennetty suunnitteluohje 2020, 21.)

$$W_{net,fin} = W_{inst} + W_{creep} - W_c = W_{fin} - W_c \quad (3.50)$$

missä

$W_{net,fin}$	lopputaipuma
W_{inst}	hetkellinen taipuma
W_{creep}	viruman aiheuttama lisätaipuma
W_c	esikorotus, mikäli sellaista käytetään

Taipumien ja vaakasiirtymien enimmäisarvot on esitetty Eurokoodi 5 lyhennetyn suunnitteluohjeen taulukossa 4.1 (2020, 21).

Lattiarakenteen alin ominaistajuus lasketaan kaavalla 3.51.

$$f_1 = \frac{\pi}{2 \cdot L^2} * \sqrt{\frac{(EI)_L}{s \cdot m}} \quad (3.51)$$

missä

f_1	alin ominaistajuus
L	lattiarakenteen jänneväli (m)
$(EI)_L$	taivutusjäykkyys yhtä lattiapalkkia kohden (Nm ²)
s	lattiapalkkien välinen etäisyys
m	lattian omapaino ja hyötykuormasta osuus 30 kg/m ² yhteenlaskettu massa (kg/m ²)

Taivutusjäykkyys $(EI)_L$ voidaan laskea ripalaatan T-poikkileikkaukselle, mikäli lattialevyt liimataan rakenteellisesti lattiapalkkeihin. Työmaalla tapahtuvan liimauksen liittovaikutuksesta saa hyödyntää laskennassa 50 %, jolloin

$$(EI)_L = 0,5 * [(EI)_P + (EI)_T] \quad (3.52)$$

missä

$(EI)_P$	palkin taivutusjäykkyys
$(EI)_T$	T-poikkileikkauksen taivutusjäykkyys

Liimatun T-poikkileikkauksen taivutusjäykkyydelle $(EI)_T$ voidaan käyttää likiarvoa

$$(EI)_T \approx (2,2 - 0,1 * L) * (0,4 + s) * (EI)_P \quad (3.53)$$

missä

L	jänneväli
s	palkkiväli
$(EI)_P$	palkin taivutusjäykkyys (Eurokoodi 5 lyhennetty suunnitteluohje 2020, 22.)

Kaava 3.53 on pätevä silloin, kun lattiapalkin enimmäisleveys on 50 millimetriä. Mikäli palkin leveys on suurempi, pienennetään jäykkyyttä kertoimella $k=1,15-0,003b$, missä b = palkin leveys. (Eurokoodi 5 lyhennetty suunnitteluohje 2020, 22.)

Värähtelymitoituksen mitoitus ehdot ovat seuraavat:

$$f_1 \geq 9 \text{ Hz}$$

$$k_B * k_s * \delta_L \leq 0,5 \text{ mm} \quad (3.54)$$

missä

k_B	lattian poikittaissuunnan jäykkyyden ja huoneen koon huomioon otettava kerroin. Poikittaisjäykistetyllä palkkirakenteella = 0,5
k_s	lattiapalkkien välisestä etäisyydestä riippuva kerroin. Poikittaisjäykistetyllä palkkirakenteella $k_s = \max \left\{ \sqrt{\frac{s}{0,6}}, 0,5 \right\}$, missä s palkkiväli (m)
δ_L	laskennallinen 1 kN staattisen pistekuorman aiheuttama lattiapalkin suurin hetkellinen taipuma, kun kuorman jakautumista ei huomioida ja kun palkin taivutusjäykkyys $(EI)_L$ on kaavan 3.51 mukainen.

3.5.10 Hirsiseinän kantavuusmitoitus

Suomalaista puuta laadultaan vastaavien pyörö-, höylä- ja massiivipuuhirsien lujuus- ja jäykkyyssominaisuudet ovat vastaavan sahatavaran lujuusluokkaa C24 (RIL 205-1-2017, 51). Hirsiseinien kantavuusmitoitus voidaan toteuttaa RT 82-11168 -kortissa (2014) esitellyllä laskentamallilla. Tämä hirsiseinien kantavuusmitoitussuositus perustuu VTT:n toteuttamiin koekuormituksiin ja niiden perusteella annettuihin lausuntoihin.

Seuraavan mitoitussuosituksen lähtöarvot ja edellytykset käytölle ovat:

- puristuslujuuden lähtöarvo on pienin murtohetken puristusjännityksistä, jolloin $f_{c,90,k} = 1,0 \text{ N/mm}^2$
- hirsiseinän korkeus saa olla enintään 3000 mm
- ristinurkkien pituus vähintään 600 mm, mutta laskelmissa ei hyödynnetä suurempaa pituutta
- ristinurkkien väli enintään 8 metriä
- ristinurkkien välin ollessa 4...8 metriä, seinän kapasiteetti on sama kuin neljä metriä leveällä seinällä

- höylähirren paksuuden oltava ≥ 70 mm ja pyöröhirren ≥ 130 mm. (RT 82-11168.)

Seinähirren kantavuusmitoitus:

$$F_{\text{seinähirsi}} = f_{c,90,k} * L * b_{\text{ef}} \quad (3.55)$$

missä

$f_{c,90,k}$	puutavaran puristuslujuus syrjällä
L	seinän leveys, kun $L < 4000$ mm, mutta mikäli $4000 \text{ mm} < L < 8000$ mm, on $L = 4000$ mm
b_{ef}	$0,75 * \text{seinän paksuus (höylähirsi)}, 0,5 * \text{seinän paksuus (pyöröhirsi)}$

Ristinurkan kantavuusmitoitus:

$$F_{\text{ristinurkka}} = 600 \text{ mm} * f_{c,90,k} * b_{\text{ef}} \quad (3.56)$$

missä

600 mm ristinurkan vähimmäispituus, suurempaa pituutta ei voi hyödyntää

Ristinurkallinen seinä:

$$F_{\text{seinä}} = 2 * F_{\text{ristinurkka}} + F_{\text{seinähirsi}} \quad (3.57)$$

3.5.11 Hirsiseinien jäykistys

Hirsiseinän jäykistys tapahtuu kiinnittämällä hirret toisiinsa siten, että vaakavoimat välittyvät hirrestä toiseen. Hirsiseinät jäykistetään käyttämällä vaarnoja, jotka voivat olla puisia tappeja, ruuveja tai nauloja. Etenkin pitkillä seinillä ja aukkojen yhteydessä vaarnat estävät hirsien vääntyilyä pois paikoiltaan. Vaarnatappien välinen etäisyys saa olla korkeintaan kaksi metriä ja nurkissa lähimpien vaarnojen tulee olla alle 700 millimetrin etäisyydellä nurkasta. Painuvien hirsien vaarnat asennetaan kohtisuoraan ja painumattomien hirsiseinien vaarnat voidaan asenta myös vinoon. (Puuinfo 2020.)

Hirsiseinän jäykistys on haasteellista, minkä vuoksi hirsiseinien jäykistysmitoitus on kannattavaa tehdä mitoitushjelmalla (Löf 2016). Puuinfo.fi-sivustolta löytyykin Excel-pohjainen ”Jäykistävän hirsiseinän mitoitushjelma” -laskuri hirsiseinän

jäykistämiseen ruuviryhmien avulla. Laskuria ei voi käyttää mitoitettaessa puisia vaarnatappeja.

Pitkillä hirsiseinillä ja aukkojen lähellä voidaan joutua käyttämään niin kutsuttuja följäreitä, jotka estävät seinää nurjahtamasta tai pullahtamasta ulospäin. Följärit voidaan asentaa joko molemmille puolille seinärunkoa tai vain toiselle puolelle, mutta kuitenkin siten, että ne eivät estä painumien syntyä. (Puuinfo 2020.)

3.6 Hirsirakentamisen erityispiirteet

Hirsirakentamisella on Suomessa pitkät perinteet. Vielä 1920-luvulle asti rakennusten pääasiallinen rakennusmateriaali oli hirsi, kunnes rankarakentaminen korvasi hirren. Senkin jälkeen etenkin vapaa-ajan asunnoissa hirsi on säilyttänyt paikkansa. Nykyisin hirttä käytetään monipuolisesti eri kokoisissa ja eri käyttötarkoituksen mukaisissa rakennuksissa, myös julkisessa rakentamisessa. (Puuinfo 2020.)

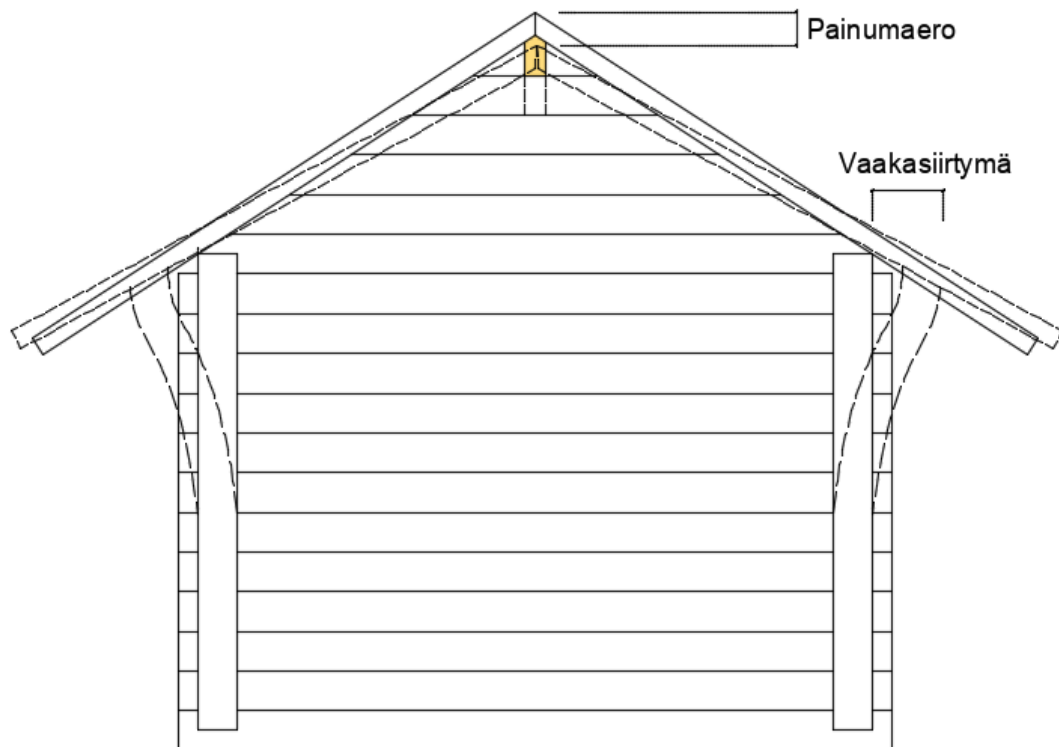
Hirsi on kokopuinen rakennustarvike ja hirret voidaan karkeasti jakaa massiivihöylä- sekä lamellihirsiin. Massiivihöylähirsi on nimensä mukaisesti massiivipuusta veistämällä, höyläämällä tai sorvaamalla valmistettu hirsi, kun taas lamellihirret valmistetaan liimaamalla puusoiroista. (Puuinfo 2020.) Salvoksella tarkoitetaan hirsien nurkkaliitosta, joita on useita erilaisia. Lyhytnurkka on sellainen salvos, jossa risteävien hirsien päät eivät ulotu lainkaan nurkan yli, kun taas pitkänurkassa hirsien päiden annetaan ulottua nurkan yli. (RT 82-11168 2014.)

3.6.1 Hirren kosteustekninen toiminta ja painumat

Puu on hygroskooppinen materiaali, jolloin se sitoo itseensä ympäröivän ilman vesihöyryä tai luovuttaa sitä takaisin, kun ilman suhteellinen kosteus vaihtelee. Puu kutistuu kuivuessaan ja kutistuminen riippuu syyn suunnasta. Kuivuminen aiheuttaa jännityksiä, joista voi syntyä halkeamia, kun jännitykset ylittävät vetolujuuden. Hirren kosteus ja koko vaikuttavat halkeamien suuruuteen, mutta halkeamilla ei ole haitallista vaikutusta hirren lämmönjohtumis- tai lujuusarvoihin. (RT 82-11168 2014.)

Rakenteena hirrelle on tyypillistä painumat, jotka johtuvat puun kuivumiskutistumisesta, kuormituksesta ja saumojen tiivistymisestä. Hirsirakenteet voivat painua hirsityypistä riippuen jopa 10...50 millimetriä per korkeusmetri. Suurin osa tästä johtuu kuivumisesta. (RT 82-11168 2014.)

Hirsirakenteiden painumat täytyy huomioida rakennuksen suunnittelussa. Erityisesti hormien läpivienneissä yläpohjassa ja vesikatolla vaadittavien paloetäisyyksien tulee pysyä painumien jälkeenkin ja rakenteiden tulee päästä laskeutumaan esteettä. Ikkuna- ja oviaukoissa sivut vahvistetaan karapuilla, jotka sallivat painumat. Kattorakenteiden osalta tulee huomioida, että mikäli hirsirakennuksen katto on kaltevuudeltaan jyrkkä, päätykolmiot ovat hirrestä ja kattokannattimien ylä ja alapää on tuettu hirsiseinän varaan, voi tukipisteiden painumaero aiheuttaa kattokannattajien työntymisen ulospäin kuvion 6 mukaisesti. Tällaisessa tapauksessa kattotuolit tulee kiinnittää liikkeen sallivilla kiinnikkeillä, jotta ulkoseinät eivät lähde taipumaan ulospäin. Tästä syystä niin sanottua poikkiharjaa suunniteltaessa päätykolmiot on syytä toteuttaa pystyrunkoisina, jolloin katon painuma tapahtuu tasaisesti alaspäin. (RT 82-11168 2014.)



Kuvio 6. Hirsiseinän painuman aiheuttama seinän työntyminen ulospäin. Vaaka-siirtymä voidaan laskea kaavalla $U = V * \tan \alpha$, missä $V =$ *päätykolmion painuma*, $\alpha =$ *katon kaltevuus asteina*. (Mukaillen RT 82-11168.)

3.6.2 Varastointi työmaalla ja työaikainen suojaus

Rakennusmateriaalien ja tuotteiden varastointi on syytä suunnitella jo etukäteen ennen toimitusta työmaalle. Varastointi tulee toteuttaa siten, että ensimmäisenä tarvittavat rakennustarvikkeet sijoitetaan lähimmäksi, mutta perustusten sivuille ja ympärille on jätettävä riittävästi liikkumavaraa eli työskentelytilaa. Pitkäaikaista työmaavarastointia välteltävä. (RT 82-11168 2014.)

Rakennusmateriaalien haitallinen kastuminen tulee estää. Puutavara - hirret mukaan lukien - voidaan useimmiten varastoida ulos, mikäli niiden suojaaminen auringolta, sateelta, lialta ja maakosteudelta huomioidaan. Maasta ja aluskasvillisuudesta aiheutuvan kosteuden vuoksi puutavara tulee erottaa maasta vähintään 30 senttimetrin korkeudelle. Aluspuiden väli saa olla enintään 1,5 metriä taipumien ja vääntyilyn estämiseksi. (RT 82-11168 2014.)

Puutavaraa ei saa ympäröidä muovilla, vaan suojamuovien sisälle kertyvän mahdollisen kosteuden tulee päästä tuulettumaan pois. Läpinäkyvät suojamuovit eivät ole hyväksyttäviä, sillä ne eivät suojaa auringonvalon aiheuttamilta vaikutuksilta. (RT 82-11168 2014.) Keveitä suojapeitteitä käytettäessä kiinnityksiin tulee kiinnittää erityistä huomiota ja niiden kunto on tarkistettava säännöllisesti. Mahdollinen peitetä rasittava lumi ja muut tekijät tulee poistaa. (Ratu S-1232 2013.)

Hirsirakennuksen pystytys sadesäällä ei ole suositeltavaa. Mikäli hirsirakennuksen pystytys joudutaan keskeyttämään pidemmäksi aikaa, tulee hirret ja hirsikehikko suojata. Suositeltavaa kuitenkin on pyrkiä pystyttämään hirsirunko aluskatevaiheeseen asti yhtäjaksoisesti ja nopeasti. Ikkunat ja ovet joko asennetaan mahdollisimman pian, tai aukot suljetaan suojaamalla. Sadevettä ei saa päästää eristetiloihin tai muihin vaikeasti kuivattaviin osiin. Hirsien välisten tiivisteiden ei saa antaa kastua, sillä kosteus luo mahdollisuuden mikrobien kasvuille. Vähäinen kosteus haihtuu puurakenteista ilman, että se aiheuttaa rakenteelle tai ympäristölle ongelmia. (RT 82-11168 2014.)

3.7 Paloturvallisuus

Maankäyttö- ja rakennuslaki määrää, että rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava siitä, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla paloturvalliseksi. Syttymisen vaaraa on rajoitettava ja palon sattuessa rakennuksen kantavien rakenteiden tulee olla sellaiset, että ne kestävät vähimmäisajan. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 2012/958 § 17:117.) Palavasta rakennuksesta pelastautuminen tulee turvata muun muassa siten, että rakenteet kestävät vähimmäisajan sortumatta. Rakennustuotteiden ja teknisten laitteistojen tulee olla sellaisia, että ne ovat paloturvallisuuden kannalta soveltuvia (Maankäyttö- ja rakennuslaki 2012/958 § 17:117). Pääsuunnittelijan on huolehdittava, että paloturvallisuudelle asetetut tekniset vaatimukset täyttyvät (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 2017 § 1:3.)

Palo ei saa levitä helposti naapurirakennuksiin. Mikäli rakennusten välinen etäisyys on alle kahdeksan metriä, tulee rakenteellisin tai muilla keinoilla huolehtia palon leviämisen rajoittamisesta. (Suomen Rakentamismääräyskokoelma E1 2011.)

3.7.1 Paloluokat

Rakennusmääräyskokoelman mukaisesti rakennusten paloluokkia ovat P0, P1, P2 sekä P3. Paloluokkia P1-P3 käytetään silloin, kun rakennus suunnitellaan Ympäristöministeriön paloturvallisuusasetuksen (2017 § 1:4) luokkien ja lukuarvojen mukaisesti. P2 ja P3-paloluokissa käytetään paloturvallisuusasetuksen luvussa 1 pykälässä 8 osoitettuja taulukoita 1a ja 1b (2017 § 1:8). P1- ja P2-paloluokissa kantavuutta koskeviin luokkavaatimuksiin sovelletaan Ympäristöministeriön paloturvallisuusasetuksen luvussa 2 osoitettua taulukkoa 3 (2017 § 2:12). P0-luokkaa käytetään silloin, kun rakennuksen suunnittelu tapahtuu oleellisilta osin tai kokonaan oletettuun palonkehitykseen perustuvaa menettelyä käyttäen. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 2017 § 1:4.)

Rakennuksen tai sen palo-osaston ryhmittely määräytyy sen pääkäyttötarkoituksen mukaan. Käyttötarkoituksen mukaisia tiloja ovat esimerkiksi asunnot, majoitustilat, autosuojat sekä kokoontumis- ja liiketilat. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 2017 § 1:5).

3.7.2 Kantavien rakenteiden palonkesto

Hirsirakennuksien palonkestävyys eroaa muiden rakennuksien palonkestävyydestä ainoastaan seinien osalta. Puupinnat luokitellaan julkisessa rakentamisessa sisä- ja ulkopinnoissa paloon osallistuvaksi tekijäksi. (RT 82-11168 2014.)

P2 ja P3-paloluokan tavanomaisille rakennuksille ei kantavien rakenteiden osalta vaadita palonkestävyyttä. P3-paloluokan kantavien rakenteiden luokkavaatimukset koskevat ainoastaan ylimmän kellarikerroksen alapuolella sijaitsevia kellarikerroksia sekä osastoivia rakennusosia silloin, kun sitä erikseen edellytetään. Koska kantaville rakenteille ei esitetä vaatimuksia, perustuu P2-P3-paloluokkaan kuuluvien rakennusten rajoitukset nimenomaan rakennuksen kokoa ja sallittua henkilömäärää. Esimerkiksi P3-paloluokassa 1-kerroksisen rakennuksen suurin sallittu korkeus on yhdeksän metriä, kerrosala enintään 2500 neliömetriä ja henkilömäärä ei saa ylittää 250 henkilöä. (RIL 195-3-2022.)

Mikäli rakennukselta tai sen osilta vaaditaan palomitoitusta, löytyy puurakenteiden osalta ohjeet julkaisusta RIL 205-2-2019 Puurakenteiden palomitoitus. Kyseisessä julkaisussa esitetään rakenteiden mitoituseriaatteet ja soveltamissäännöt, joilla pystytään osoittamaan kantavuuteen ja osastoivuuteen liittyvien ominaisuuksien ja niiden eri tasojen täyttyvän. Esimerkiksi pilarien ja palkkien kohdalla tarkasteluun nousee niin sanottu tehollisen poikkileikkauksen menetelmä, jossa puurakenteisen rakennusosan alkuperäisestä poikkileikkauksesta vähennetään tehollisen hiiltemissävyvyyden d_{ef} verran pinta-alaa kaikilta niiltä sivuilta, jotka ovat palotilanteessa alttiina palolle. Rakenneosa tulee mitoittaa jäljelle jäävän tehollisen poikkileikkauksen mukaan. (RIL 205-2-2019, 31-32.)

3.7.3 Kiukaan ja savuputkien palosuojaetäisyydet

Tulisijan mukana tulee toimittaa ohjeet, jossa kuvataan asennus, käyttö, huolto ja työmaalla tulisijan asentaminen. Nämä ohjeet eivät saa olla ristiriidassa standardin SFS-EN 15821 (2011) kanssa. Jatkuvalämmitteisten saunan kiukaiden osalta tulee niin ikään löytyä ohjeet savupiipun, tulisijan ja liitinhormin välisten liitosten tekemiseksi. Standardin SFS-EN 15821 mukaisesti testattujen jatkuvalämmitteisten puukiukaiden tuottamat lämpötilat viereisissä palavissa materiaaleissa mitataan testiolosuhteissa valmistajan määrittelemillä suojaetäisyyksillä.

Metallisavuhormien ja yhdysputkien vaatimustasot ja ominaisuudet kerrotaan standardissa SFS 7011:2020. Sen mukaan valmistajan tulee sisällyttää teknisiin ohjeisiin muun muassa vähimmäisetäisyys palaviin materiaaleihin. Mikäli suojaetäisyyttä ei ole määritelty testaamalla, voidaan suojaetäisyys palavasta materiaalista tehtyyn seinään tai kattoon määrittää laskennallisesti kertomalla yhdysputken nimellishalkaisija vähintään viidellä. Mikäli rakenteellisena suojauksena käytetään palamatonta A1-luokan mukaista verhousta, jonka takana on vähintään 20 millimetrin tuulettuva ilmaväli, voidaan suojaetäisyys määrittää kertomalla eristetyn hormiputken nimellishalkaisija 1,3:lla ja eristämättömän 1,5:llä. Eristämättömän hormiputken vähimmäissuojaetäisyys on laskennallisessa tarkastelussa kuitenkin aina vähintään 200 millimetriä. (SFS 7011:2020.)

3.7.4 Savupiipun suunnittelu ja palosuojaetäisyydet

Rakennuksen pää- tai rakennussuunnittelijan on tehtäviensä mukaisesti suunniteltava savupiippu, sen perustus, kannatus, puhdistusluukut, liitin- ja yhdyshormit sekä läpiviennit siten, että siihen liitetyn tulisijan toiminnan tarvitsema veto, kestävyys, tiiveys ja käyttöikä saavutetaan (Ympäristöministeriön asetus savupiippujen rakenteista ja paloturvallisuudesta 745/2017 § 3). Mikäli savupiippu muurataan paikan päällä tiilestä, on piipun seinämän paksuus oltava vähintään 120 millimetriä, kun savuhormin yhteyteen kytkettävä tulisija on lämpöteholtaan enintään 60 kilowattia. Savupiipun ulkopinta on sisätiloissa katteeseen asti pinnoitettava A1 luokan tasoitteella pois lukien huonetiloihin näkyvät osat, jotka on muurattu täyteen saumaan. Enintään 60 kilowatin tulisijoihin kytkettyjen savupiippujen osalta muurauksessa käyttää myös jälkisaumausta. Laastina on käytettävä joustavaa laastia niissä osissa savupiippua, joissa palokaasujen lämpötila voi nousta yli 350 Celsius asteen. Ulkopuolisissa osissa käytetään aina säänkestävää muurauslaastia. (Ympäristöministeriön asetus savupiippujen rakenteista ja paloturvallisuudesta 745/2017 § 4)

Paikalla muuratun piipun ja rakennusosien väliin on jätettävä vähintään 20 millimetrin liikuntaväli, joka on täytettävä A1 luokan sopivalla tarvikkeella. Muista kuin A1 luokan materiaaleista valmistettujen rakennusosien ja tarvikkeiden etäisyys on oltava vähintään 100 millimetriä savupiipun ulkopinnasta. Väli- ja yläpohjien tai seinän läpimenokohtiin on asennettava vähintään 100 millimetriä A1 luokan

lämpöä eristävää kerrosta. Mikäli savupiipun seinämän paksuus on vähintään 230 millimetriä ja siihen kytketyn tulisijan enimmäislämpöteho on 60 kilowattia, ei 100 millimetrin eristävää kerrosta tarvita. (Ympäristöministeriön asetus savupiippujen rakenteista ja paloturvallisuudesta 745/2017 § 6.) A1 luokan tarvikkeella tarkoitetaan sellaista rakennustuotetta tai materiaalia, joka ei osallistu lainkaan paloon (Ympäristöministeriön asetus savupiippujen rakenteista ja paloturvallisuudesta 745/2017 § 2). Tiilestä muuratun savupiipun nokipalonkestävyyttä ei tarvitse erikseen osoittaa (Ympäristöministeriön asetus savupiippujen rakenteista ja paloturvallisuudesta 745/2017 § 8).

Tulisijan liitin- ja yhdyshormien sekä savupiipun on muodostettava palo- ja henkilöturvallinen sekä toimiva kokonaisuus. Saunankiukaan liitoksissa savupiippuun on käytettävä vähintään T600 lämpötilaluokan mukaisia liitin- ja yhdyshormeja. Lämpötilankestävyys T600-luokassa voidaan osoittaa muun muassa muuraamalla savupiippu Ympäristöministeriön asetuksen savupiippujen rakenteista ja paloturvallisuudesta mukaisesti tiilistä. (Ympäristöministeriön asetus savupiippujen rakenteista ja paloturvallisuudesta 745/2017 § 9).

Vesikaton harjalla savupiipun korkeuden on oltava vähintään 0,8 metriä. Broof (t2) luokkaan kuulumattomilla katteilla savupiipun korkeus tulee olla vähintään 1,5 metriä. Vesikaton lappeella sijaitseva savupiipun korkeuteen on lisättävä 0,1 metriä jokaista lapemetriä kohti harjalta laskettuna. (Ympäristöministeriön asetus savupiippujen rakenteista ja paloturvallisuudesta 745/2017 § 10). Broof (t2) menetelmässä määritetään katteiden syttyvyyttä ja palonleviämismomenteja. Katteet luokitellaan standardin EN 13501-5 mukaisesti kahteen luokkaan: BROOF (t2) ja FROOF (t2). Luokassa FROOF (t2) katteen palokäyttäytymistä ei ole määritetty tai se ei täytä BROOF (t2) vaatimuksia. (Eurofins 2023.) Ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten paloturvallisuudesta (848/2017) todetaan, että palo ei saa levitä katteessa eikä sen alustassa vaaraa aiheuttavalla tavalla, ja että Suomessa käytettävien katteiden tulee olla BROOF (t2) -luokkaa. Ainoastaan tulisijattomissa rakennuksissa tai erityistapauksissa BROOF (t2) luokkaan kuulumatonta katetta voidaan käyttää. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017.)

4 SUUNNITTELUN KOHDE JA TARVESELVITYS

4.1 Kohde ja toimeksiantajan kuvaus

Kohteen toimeksiantaja ja tämän opinnäytetyön tilaajana toimii yksityishenkilö. Rakennuspaikkana toimii vapaa-ajan kiinteistö yleiskaava-alueella Itä-Lapissa sijaitsevassa Pelkosenniemen kunnassa. Kiinteistöllä on tällä hetkellä noin 70 neliömetrin kokoinen, 90-luvun loppupuolella valmistunut mökkirakennus, pieni varasto sekä puuliiteri. Päärakennuksessa on kolme makuuhuonetta, nukkumapöytä, tupakeittiö sekä kylpyhuone ja sauna.

Toimeksiantajalla on tarve rakentaa ulkosauna mökkipaikalleen. Tätä varten toimeksiantaja on tilannut pääsuunnittelun ja -piirustukset opinnäytetyönä. Osana suunnittelua varmistetaan puurakenteiden kestävyys rakennesuunnittelun näkökulmasta. Opinnäytetyön tekijä tulee mahdollisesti myöhemmin toimimaan kohteen vastaavana suunnittelijana ja valvojana.

4.2 Tarveselvityksen tulokset

Tarveselvitys toteutettiin tekemällä useita haastatteluita tilaajan kanssa. Tarveselvityksessä kartoitettiin tilaajan tarpeet ja toiveet ulkosaunan suhteen, sekä kirjattiin ylös mahdolliset reunaehdot suunnittelulle.

Tilaajan kanssa tehtyjen haastattelujen perusteella ulkosaunalle on todellinen tarve. Mökkirakennuksen sisällä oleva sähkölämmitteinen sauna lisää merkittävästi saunan käyttökustannuksia, koska mökki on tilaajan ja hänen perheensä ahkerassa käytössä ja mökillä ollessaan sauna lämmitetään joka päivä. Mökki on ympärivuotisessa käytössä ja lämmitys hoituu sähköpattereilla. Tilaajan toiveena on saada käyttökustannuksia alemmas ja hän on valmis investoimaan sen vuoksi saunarakennushankkeeseen. Nykyistä sisäsaunaa ei ole mahdollista muuttaa puulämmitteiseksi. Lisäksi ulkosauna on ollut tilaajan haaveena jo mökin valmistumisesta lähtien, mikä itsessään jo puoltaa uuden saunan rakennusta.

Tarveselvityksessä kuvataan yleisesti erilaiset mahdolliset ratkaisut kasvaneen tilantarpeen täyttämiseksi. Tässä kohteessa tilaaja on jo hankkinut hirsikehikon

sekä siirtänyt ja varastoinut sen kiinteistölleen. Tämän vuoksi vaihtoehtoisia ratkaisumalleja ei ole järkevää kehittää.

4.3 Lähtötiedot ja reunaehdot suunnittelulle

Toimeksiantaja on ostanut kuviossa 7 esitetyn, noin 1950-60-luvulla veistetyin hirsikehikon, josta hän kaavailee rakentavansa ulkosaunan. Hirsikehikko on siirretty noin 300 kilometrin päästä mökkipaikalle ja varastoitu taapeloituna suojan alle.



Kuvio 7. Tilaajan hankkima hirsikehä etu- ja takapuolelta kuvattuna ennen purkua ja siirtoa.

Hirsikehä on noin kolme metriä leveä ja pituussuunnassa noin 3,2 metriä pitkä. Tilaaja haluaa katon muodoksi symmetrisen harjakaton. Kehän mukana tuli pyöröhirsinen kurkihirsi, jonka halkaisija on noin 13 senttimetriä. Kurkihirren lisäksi kehän sivuseinien alimmat ja ylimmät hirret ovat pidempiä - reilu viisi metriä pitkiä - mikä mahdollistaa ulkosaunan eteen katetun terassin rakentamisen. Vaihtoehtoisena kurkihirsimateriaalina tilaaja toivoo selvitettävän, voiko kurkihirtenä käyttää poikkileikkaukseltaan 51x200 millimetrin kertopuupalkkia, jollainen tilaajalla löytyy valmiiksi - tosin alun perin muuhun rakennuskäyttöön - hankittuna.

Suunnittelua haastavoittaa se, että hirsikehä oli purettu ennen kaupantekohetkeä eikä kehästä ole paria kuvaa lukuun ottamatta tiedossa tarkempia tietoja, kuten tasakerran korkeutta. Hirsien lukumäärän ja keskikorkeuden perusteella kävi ilmi, että kehän korkeus on hieman yli kaksi metriä, jonka vuoksi saunan sisäkorkeus tulee olemaan suhteellisen matala, mutta toisaalta tilavuuden pienenemisen myötä nopeammin lämpiävä.

Toimeksiantajan vapaa-ajan kiinteistön kaikkien rakennusten katemateriaali on kumibitumista valmistettu kattolaatta eli niin sanottu palahuopa. Kattolaattojen käytön ehtona on riittävä katon kaltevuus ja esimerkiksi kattolaattavalmistaja Katepalin ohjeissa minimikaltevuudeksi ilmoitetaan 1:5 eli noin 12 asteen kattokulma (Katepal 2023, 3). Toimeksiantajan toiveena on käyttää kattolaattaa myös ulkosaunan katemateriaalina, jolloin riittävä kattokaltevuus tulee huomioida suunnittelussa.

Työn tilaaja toivoo savupiipun olevan muurattu. Hän on myös ostanut jo etukäteen valmiiksi kertalämmitteisen puukiukaan, joka on mallia Aito 20. Aito-kiukaat ovat Narvi Oy:n valmistamia ja yrityksen verkkosivuilta on saatavilla kattavasti eri kiuasmallien asennukseen ja käyttöön liittyviä ohjekirjoja. Suunnittelussa tulee huomioida kiukaan sekä siihen liittyvien hormiosien suojaetäisyydet. Esimerkiksi Aito 20 -kiukaan suojaetäisyydet sivuille on 300 millimetriä, taakse 200 millimetriä ja yläpintaan 1270 millimetriä (Narvi 2020, 5). Suojaetäisyyksiä voi valmistajan ohjeiden mukaan pienentää puoleen käyttämällä yksinkertaista suojausta, kunhan kiukaan ja suojuksen väliin jää vähintään 50 millimetrin tila. Yksinkertainen suojaus tarkoittaa vähintään seitsemän millimetriä paksua palamatonta kuiturakenteista sementtilevyä, muurattua rakennetta tai vähintään yhden millimetrin paksuista metallilevyä, jonka taakse jää vähintään 30 millimetrin tuuletusrako. Suojaetäisyyksiä voi pudottaa neljännekseen käyttämällä kaksinkertaista metalli- tai sementtilevyä, kun levyjen väliin sekä levyn ja seinän väliin jää vähintään 30 millimetrin tuuletusrako. 120 millimetriä paksu muurattu rakenne vastaa niin ikään kaksinkertaista suojausta. (Narvi 2020, 5.) Näiden tietojen perusteella suunnittelussa tulee ratkaista kiukaan ja savupiipun sijainti siten, että suojaetäisyydet ja käytännöllisyys toteutuvat. Asiakkaan toiveena oli myös saada runsaasti laudetiilaa, eli käytännössä saunan leveys, noin kolme metriä, tulisi järjestää lauteille.

Muita reunaehtoja suunnittelulle asettaa vapaa-ajan kiinteistön tontin muoto ja tilaajan vaatimus ulkosaunan sijainnista sillä. Mökkitontti on osin aidattu porojen vuoksi. Ulkosauna haluttiin aidatun alueen sisälle ja oviaukko kohti etelää. Mikäli sauna sijaitsee alle kahdeksan metrin päässä viereisestä rakennuksesta, tulee rakennuksen seinät osastoida (Suomen Rakentamismääräyskokoelma E1 2011.)

Ulkosaunan perustustapa sekä harmaavesien käsittely jää myöhemmin opinnäytetyön ulkopuolella ratkaistavaksi. Lattiarakenteen suunnitteluun kuitenkin vaikuttaa se, että tilaaja toivoo lattian olevan perinteinen puulautalattia, josta harmaavedet kerätään keskellä kulkevaan vesikouruun.

4.4 Suunnittelijan pätevyys

Kantavien rakenteiden suunnittelun vaativuus määrittää pätevyysvaatimukset rakennesuunnittelijalle. Rakennussuunnittelutehtävät on laissa jaettu neljään vaativuusluokkaan, joita ovat vähäisen, tavanomaiset, vaativat ja poikkeuksellisen vaativat rakennussuunnittelutehtävät. Suunnittelijalta vaaditaan kelpoisuutta vaativuusluokan mukaisesti vaativimman suunnittelutehtävän perusteella. Opinnäytetyöni kohteena oleva ulkosauna asettuu vaativuusluokkaan vähäinen. Lain mukaan suunnittelutehtävä on vähäinen, kun suunniteltava rakennus on yksikerroksinen, kooltaan pieni ja se on tarkoitettu muuhun kuin asumiseen tai työkäyttöön. Myöskään rakennuksen ympäristö tai rakennuspaikka ei saa aiheuttaa suunnittelulle erityisiä vaatimuksia. (Valtioneuvoston asetus rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokkien määräytymisestä 2015.)

Suunnittelijan pätevyys määräytyy koulutuksen ja kokemuksen perusteella. Vaadittava kelpoisuus puolestaan on hankekohtainen, jolloin suunnittelijan pätevyyden tulee olla suhteessa kulloisenkin suunnittelutehtävän vaativuuteen. Vähäisissä suunnittelutehtävissä kelpoisuusvaatimus on rakennuskohteen ja suunnittelutehtävän laatu ja laajuus huomioon ottaen riittävä osaaminen. Mikäli kohde katsottaisiin vaativuudeltaan tavanomaiseksi suunnittelutehtäväksi, tulisi suunnittelijalla olla soveltuva rakentamisen tai tekniikan alalta suoritettu tutkinto, joka on vähintään aiemman teknikon tai sitä vastaavan tutkinnon tasoinen, sekä suunnittelijalla tulisi olla vähintään kolmen vuoden kokemus avustamisesta tavanomaisissa suunnittelutehtävissä. (RIL 229-1-2020, 22.)

Koska ulkosaunan suunnittelu asettuu vähäiseen vaativuusluokkaan, voi opinnäytetyön tekijä toimia suunnittelijana. Valmistuttuani rakennusinsinööriksi voin toimia myös kohteen valvojana ja työnjohtajana, mikäli kunnan valvontaviranomaiset sen hyväksyvät.

4.5 Hanke- ja yleissuunnittelu

Hankesuunnitteluvaiheen keskeisiä teemoja ovat muun muassa hankkeen laajuuden suunnittelu sekä aikataulun laatiminen. Tässä tapauksessa hankkeen laajuus rajautuu puhtaasti ulkosaunan ja sen eteen toteutettavan katetun terassin suunnitteluun. Kustannuslaskenta on rajattu tämän opinnäytetyön ulkopuolelle.

Laadullisesti ulkosauna halutaan visuaalisesti kauniiksi ja tontin muihin rakennuksien tyyliin hyvin istuvaksi. Toiminnallisesti saunan tulee olla turvallinen käyttää, sillä käyttäjiin kuuluu eri ikäisiä ihmisiä lapsista eläkeikäisiin. Kuuman veden käsittely tulee järjestää siten, ettei vahinkoja satu ja kiukaan ja hormien kuumat osat eivät saa haitata saunassa liikkumista.

Aikataulullisesti rakentaminen ajoittuu vuoden 2024 kesään. Suunnittelu toteutetaan tämän opinnäytetyön myötä kesän 2023 aikana ja suunnittelu täydentyy mahdollisesti vielä syksyn tai talven aikana ennen rakennusluvan hakemista keväällä 2024. Tässä opinnäytetyössä aikataulusuunnittelu on toteutettu hyvin karkeasti, sillä ulkosaunan rakentamisen ajankohta voi vielä muuttua erinäisistä seikoista johtuen, kuten työvoiman tai rahoituksen saamisen haasteiden tai kesälomien muutoksien myötä. Karkea yleisaikataulu on esitetty kuviossa 8.

Hankkeen yleisaikataulu

	v. 2023		v. 2024				
Työvaihe	Kesä-elokuu	Vko 14-15	vko 21	Vko 23	Vko 24	Vko 25-26	
Suunnitteluvaihe							
Rakennuslupa							
Perustukset							
Hirsikehikon pystytys							
Kattorakenteet							
Piipun muuraus							
Sisätyöt							

Kuvio 8. Rakennushankkeen karkea yleisaikataulu.

Hankesuunnitteluvaihe tähtää rakennuksen suunnittelussa säännösten ja määräysten täyttämiseen. Lisäksi hankesuunnittelussa haetaan tasapainoa tavoittei-

den ja lähtötietojen välillä. (RT 10-11107 2013.) Tässä opinnäytetyössä suunnitteluratkaisut on esitetty luvuissa 5 ja 6. Suunnittelu on toteutettu käyttäen Eurokoodi 5 mukaisia määräyksiä ja ohjeita, jolloin säännösten ja määräysten mukaisuus sekä hyvä rakennustavan mukaisen rakentamisen edellytykset täyttyvät. Hankesuunnitteluvaihe päättyy toimeksiantajan hyväksymään hankesuunnitelmaan. Tässä tapauksessa hankesuunnitelma toteutetaan opinnäytetyön jälkeen erillisenä suunnitelmana opinnäytetyössä tehtävien pääpiirustusten pohjalta.

5 HIRSISAUNAN RAKENNUSSUUNNITTELU

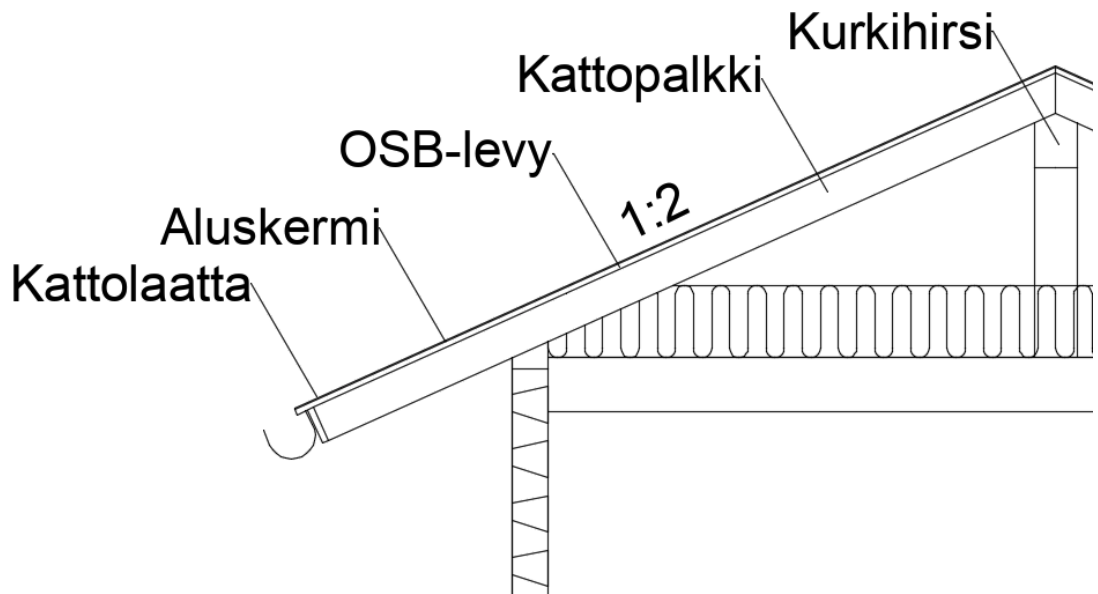
5.1 Saunan sijoittelu tontilla ja paloluokitus

Asiakkaan toiveen mukaisesti ulkosauna sijaitsee lounasosassa tonttia aidatun alueen sisäpuolella ja saunan oviaukko on suunnattu etelään. Ulkosauna on yli kahdeksan metrin etäisyydellä lähimmistä rakennuksista sekä tontin rajasta. Osastoinnista ei siis tässä tapauksessa tarvitse huolehtia. Saunan sijainti tontilla on esitetty asemakaavapiirroksessa kohdassa 5.4.1.

Ulkosauna on 1-kerroksinen, alle yhdeksän metriä korkea ja kerrosala jää alle 2400 neliömetrin. Täten paloluokka on Ympäristöministeriön paloturvallisuusasetuksen taulukon 1a perusteella P3. Asetus rajoittaa rakennuksen suurinta sallittua henkilömäärää alle 250, mutta näin pienessä kohteessa rajoituksella ei ole käytännön merkitystä, koska saunan samanaikainen henkilömäärä on jo rakennuksen koon puolesta rajoittunut.

5.2 Vesikatto- ja yläpohjaratkaisu

Vesikatto muodostuu kuvion 9 mukaisesti kurkihirsirakenteesta, joka tuetaan kolmesta kohdasta, kattoniskoista eli kattopalkeista sekä sen päälle asennettavasta yhtenäisestä OSB-levytyksestä. Katemateriaali on tilaajan toivoma ja kiinteistössä muutoinkin käytetty kattolaatta Katepal Classic KL värissä musta. Kyseisen kattolaatan minimikaltevuus on 1:5, mutta päädyin suunnittelemaan katon kulman hieman jyrkemmäksi eli kaltevuuteen 1:2. Kattolaatta asennetaan aluskermin päälle.



Kuvio 9. Vesikattorakenne.

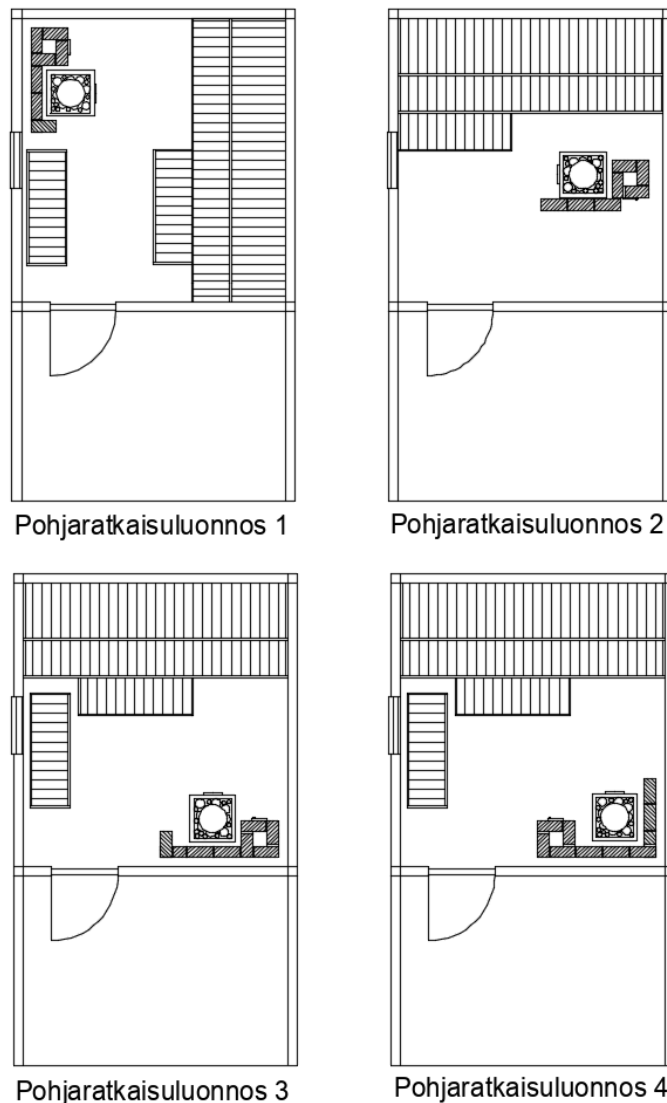
Hieman jyrkempi kattokaltevuus pienentää kattoniskojen kuormitusta ja toisaalta nopeuttaa keväällä lumen poistumista katolta. Lisäksi 1:2 kattokaltevuus istuu visuaalisesti asiakkaan kiinteistön muiden rakennusten kanssa paremmin.

Päätykolmiot ja sitä kautta kurkihirren kannatus rakennetaan pystyrankarakenteisena. Pystyrankarakenne vähentää painumisesta johtuvaa hirsiseinien ulostyöntymistä verrattuna hirsirakenteiseen päätykolmioon, kuten kohdassa 3.6.1 kuvassa 6 on esitetty. Kurkihirren pystytuenta tapahtuu kolmesta kohdasta: etu- ja päätyseinien sekä katetun terrassin päädyn kohdalta. Kurkihirsi muodostaa näin kaksiaukkoisen palkin, joka on tuettu nivelellisesti.

5.3 Pohjaratkaisu

Asiakkaan toiveena oli, että saunaan saadaan mahdollisimman paljon laudepaikkoja, mutta kuitenkin järjestettynä siten, että kiukaan sytyttämiselle ja puiden lisäämiselle on riittävästi tilaa. Lisäksi veden otto kiukaan päälle hormiputkeen asennettavasta vesipadasta tuli järjestää turvallisesti. Muutoin pohjaratkaisuun ei suunnitteluvaiheen alussa otettu kantaa.

Pohjapiirustus määräytyi isolta osin hirsikehikon ovi- ja ikkuna-aukkojen perusteella. Käytännössä näiden ennalta määrättyjen aukkojen vuoksi lauteet asemoituvat joko ovelta katsottuna takaseinälle tai oikealle sivuseinälle. Lauteiden sijainti puolestaan määrää kiukaan ja savupiipun paikan, kuitenkin siten, että kurkihirsi kulkee keskellä rakennusta ja estää piipun muurauksen keskelle harjaa. Tein luonnosvaiheessa neljä erilaista pohjaratkaisua asiakkaalle esitettäväksi ja kommentoitavaksi. Pohjaratkaisun luonnokset on esitetty kuviossa 10.



Kuva 10. Pohjaratkaisun luonnokset 1-4.

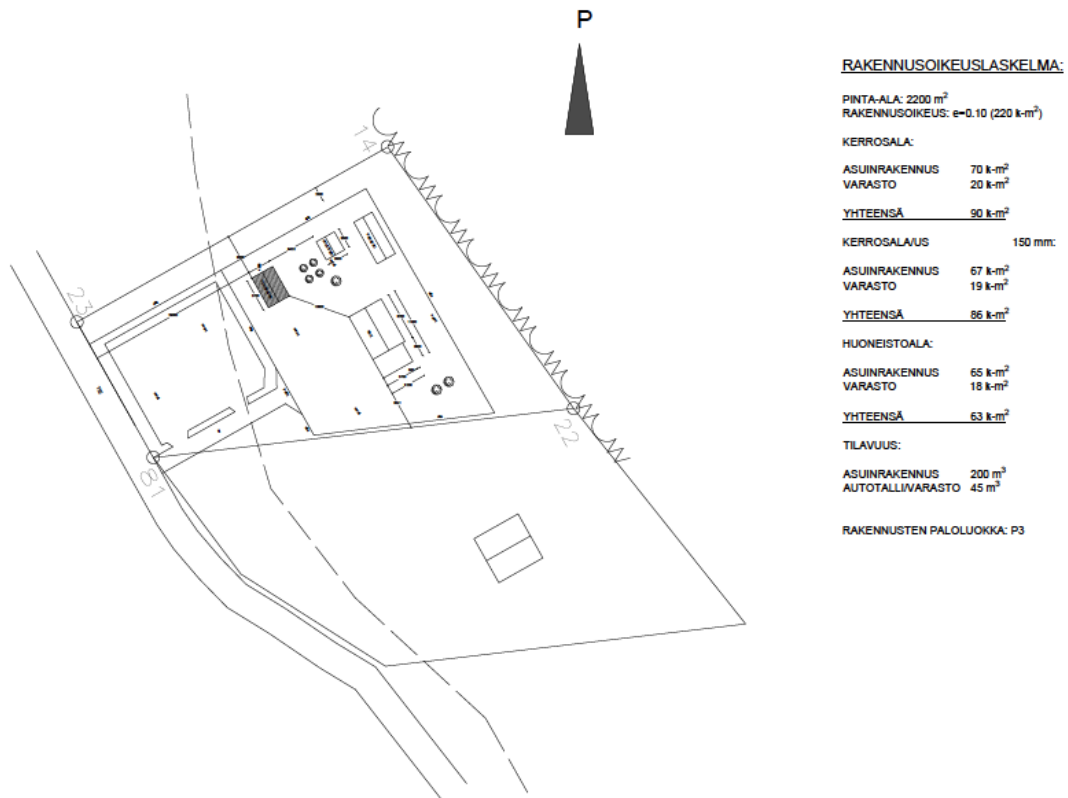
Esitetyistä luonnoksista tilaaja päätyi valitsemaan pohjaratkaisumallin 4. Tässä pohjaratkaisussa savupiippu asettuu kurkiharjapalkin viereen, mikä on usein pa-

ras vaihtoehto muun muassa siitä syystä, että lumikuormaa kertyy vähiten savupiippua vasten. Myös katteen tiivistyksen näkökulmasta ratkaisu on hyvä, eikä erillisiä pitkiä lappeelle tulevia pellityksiä tarvita. Kiukaan paikka on savupiipun vieressä yksinkertaisen muuratun suojan edessä, jolloin suojaetäisyyksiä sivuille ja taakse saadaan pienennettyä. Muuratun suojan sijasta voidaan myös käyttää sementti- tai metallilevyä kiuasvalmistajan ohjeiden mukaisesti.

5.4 Pääpiirustukset

5.4.1 Asemapiirustus

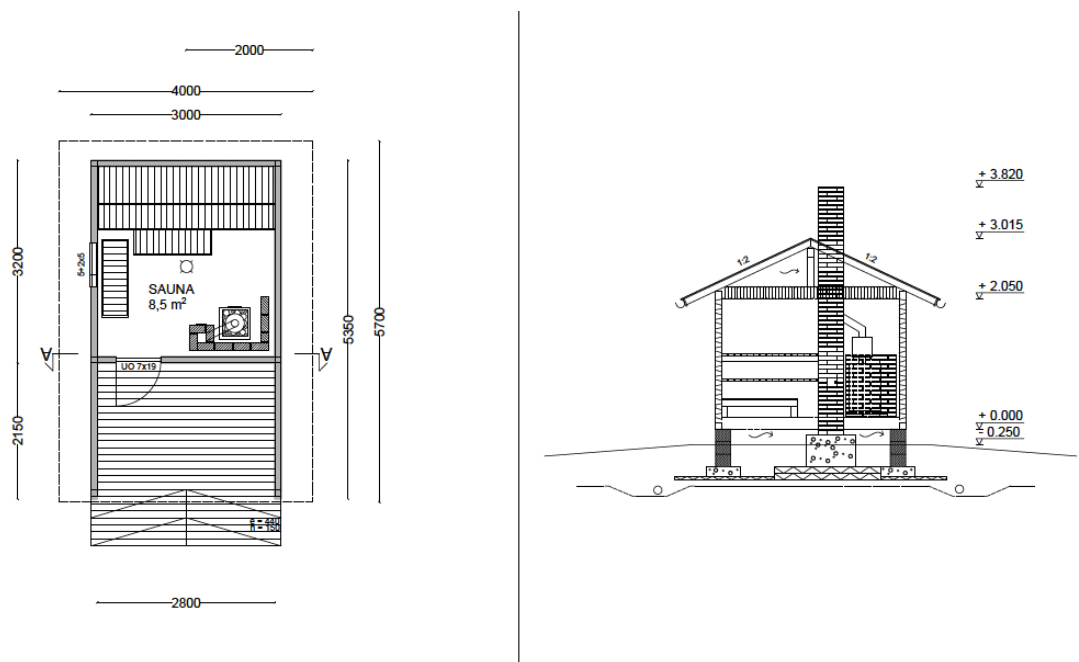
Asemapiirros on esitetty kuviossa 11. Toteutin asemapiirroksen mittakaavassa 1:500 tontin koosta johtuen. Asemapiirros nimiölettineen löytyy liitteestä 1.



Kuvio 11. Asemapiirros. Uuden saunarakennuksen sijainti merkitty tummemmalla harmaalla.

5.4.2 Pohja- ja leikkauspiirros

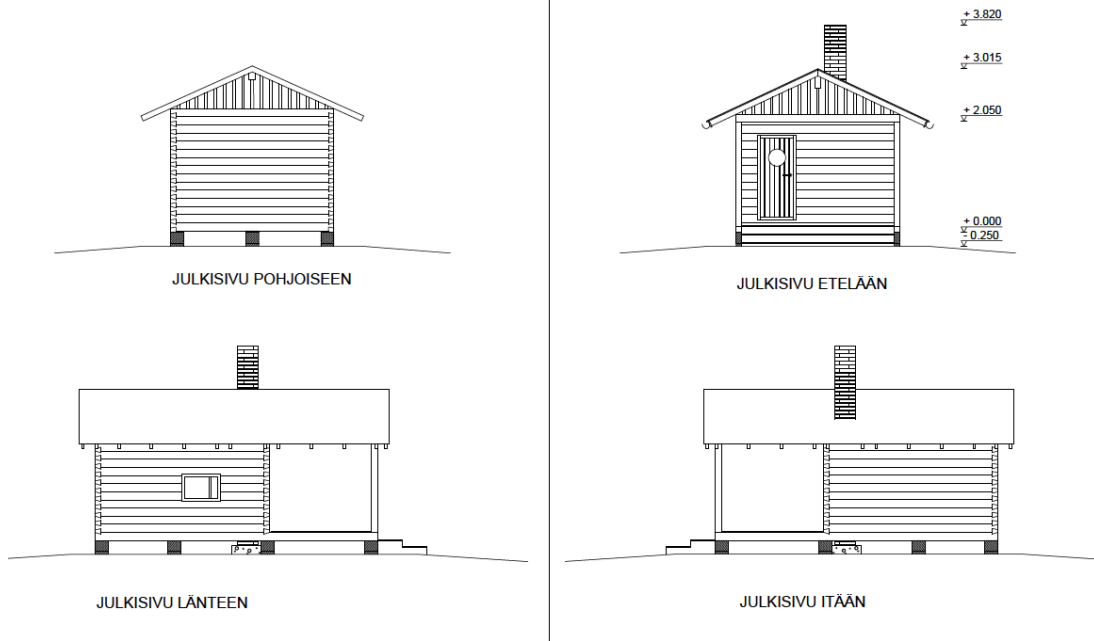
Pohja- ja leikkauspiirrokset on esitetty kuviossa 12. Isommissa kohteissa on suotavaa esittää leikkauskuva erillisessä piirroksessa, mutta tämänkokoisessa kohteessa ulkosaunan pohja- ja leikkauskuvat mahtuvat helposti samaan piirrokseen 1:50 mittakaavassa. Pohja- ja leikkauspiirros nimiölehtineen löytyy liitteestä 2.



Kuva 12. Pohja- ja leikkauspiirrokset.

5.4.3 Julkisivupiirustukset

Julkisivupiirrokset on esitetty kuviossa 13. Toteutin julkisivupiirrokset pohja- ja leikkauspiirrosten mukaisesti mittakaavassa 1:50. Julkisivupiirrokset nimiölehtineen löytyvät liitteestä 3.



Kuva 13. Julkisivupiirroksset.

6 HIRSISAUNAN RAKENNESUUNNITTELU

6.1 Laskennassa käytetyt kuormat

Rakennus ja rakenteiden osat tulee mitoittaa kuormille, jotka muodostuvat pysyvistä ja muuttuvista kuomista. Pysyviä kuormia ovat rakenteiden omapainot ja muuttuvia kuomia lumi-, tuuli- ja hyötykuormat. Seuraavissa kappaleissa on esitetty mitoituslaskemissa käytetyt kuormat eri rakenneosille. Kuormakertoimena K_{fi} on käytetty seuraamusluokan CC2 mukaista arvoa 1,0. Ulkosauna kuuluisi todellisuudessa seuraamusluokkaan CC1 (1-2-kerroksiset rakennukset, joissa vain tilapäisesti oleskelee ihmisiä), mutta mitoittamalla rakennus CC2-luokan mukaisesti laskenta on niin sanotusti varmalla puolella.

Lumikuorman ominaisarvo määräytyy Eurokoodi 1 Rakenteiden kuormat ja sen Suomen kansallisen liitteen mukaan. RIL 201-1-2017 maanpinnan lumikuormien ominaisarvo on tässä tapauksessa rakennuspaikalla 3,0 kN/m². Hyötykuorma on alapohjassa RIL 201-1-2017 mukaisesti 2 kN/m².

Rakenteiden omapaino määräytyy niin ikään Eurokoodi 1 mukaisesti tilavuuspainojen perusteella. Taulukoissa 6-7 on esitetty pysyvien kuormien eri rakenneosissa. Kurkihirren omapainoa ei ole huomioitu taulukko 6:ssä, mutta se on huomioitu kurkihirren mitoituslaskelmissa.

Taulukko 6. Yläpohjan kuormat. Pysyvät kuormat.

Rakenne: yläpohja		
Materiaali	Poikkileikkaus (mm)	Paino (kN/m ²)
Kattolaatta ja aluskermi	-	0,12
OSB-levy	15 x 1200 x 2700	0,1
Kattoniskat	48 x 98 k600	0,04
Sisäkaton kannattimet	48 x 98 k600	0,04

Eristevilla	150	0,05
Kattopaneeli	15 x 95	0,01
Yht.		= 0,36 ≅ 0,5 (huomioi kurkihirren omapainon)

Taulukko 7. Alapohjan kuormat. Pysyvät kuormat. Alapohja on eristämätön.

Rakenne: alapohja		
Materiaali	Poikkileikkaus (mm)	Paino (kN/m²)
Lattialauta	28 x 95	0,12
Lattian kannattimet	48 x 123 k600	0,04
Yht.		= 0,16

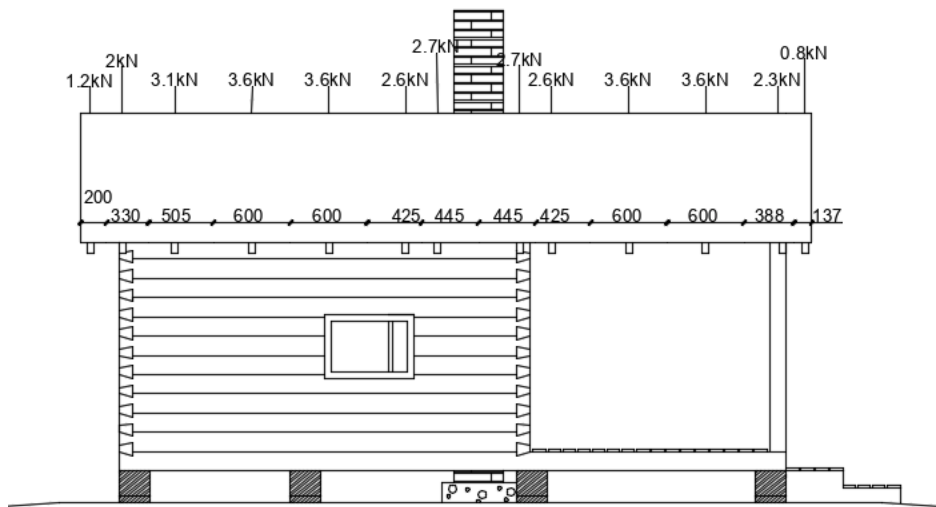
6.2 Puurakenteiden mitoituksen tulokset

6.2.1 Kurkihirsi

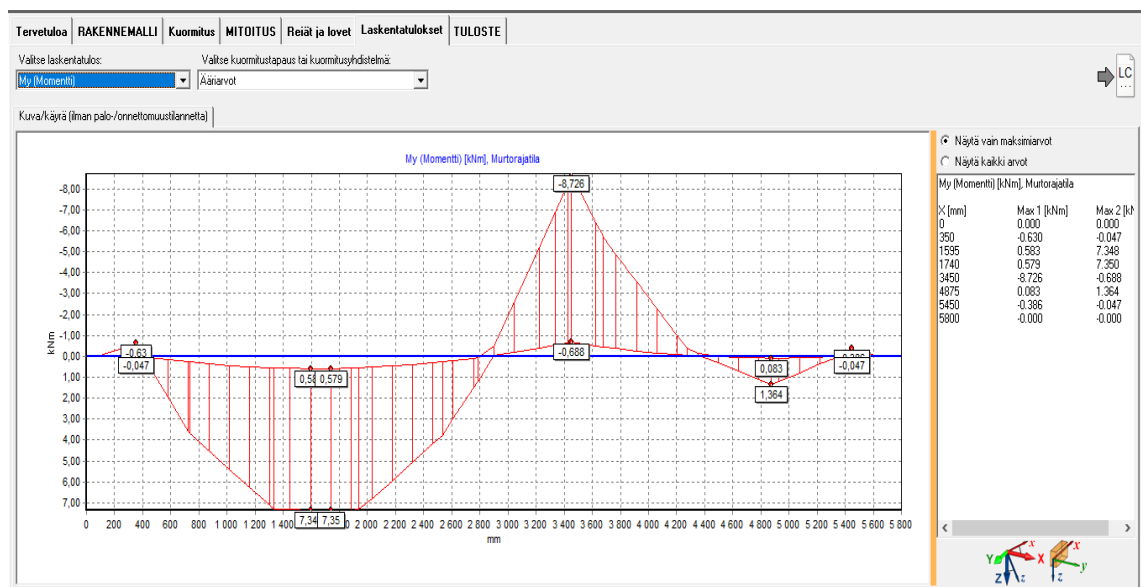
Kurkihirren mitoituksen lähtökohtana oli laskea asiakkaan jo etukäteen hankkimien materiaalien kestävyys ja kelpaavuus harjapalkiksi. Asiakkaan hankkiman hirsikehikon mukana toimitettiin halkaisijaltaan 130 millimetriä vahva pyöröhirsinen kurkihirsi ja lisäksi asiakkaalla oli jo etukäteen hankittuna muuhun käyttöön 51x200 millimetriä poikkileikkaukseltaan oleva Kerto-S -palkki.

Lumikuorma rasittaa tässä tapauksessa kurkihirttä pistemäisinä kuormina. Yleensä lumikuorma lasketaan viiva- eli jatkuvana kuormana katolle, mutta koska katoniskat asettuvat pistemäisesti kurkihirren päälle ja se antoi laskentaohjelmassa määräävämmän tuloksen, toteutin lumikuorman rasitukset laskennassa

pistekuormina suunniteltujen kattoniskojen kohdille kuvion 14 mukaisesti. Lumi-
kuorman pistekuormat harjapalkissa aiheutti maksimitaivutusmomentiksi noin 8,7
kNm, kun taas lumikuorma viivakuormana pienensi taivutusmomentin noin 6,23
kNm:iin. Käytin kurkihirren laskelmissa mitoittavana taivutusmomenttina piste-
kuormien aiheuttamaa momenttia 8,7 kNm. Mitoittava taivutusmomentti sijaitsee
ulkosaunan etuseinällä eli keskimmaisella tuella kuvion 15 mukaisesti.



Kuvio 14. Kattoniskojen sijainti ja lumikuorman pistekuormat (MRT).



Kuvio 15. Mitoitusmomentti kurkihirrelle, kun kuormat pistekuormina.

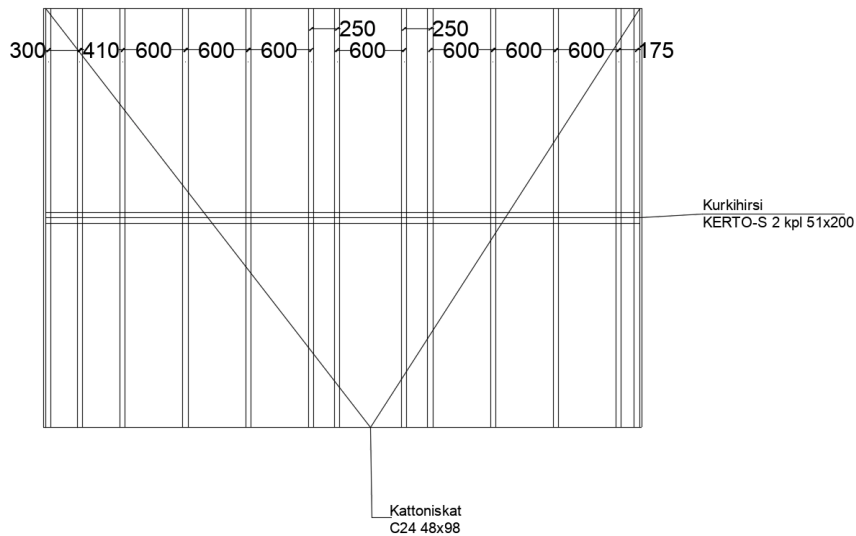
Käytin mitoituksissa Finnwood 2.4 -laskentaohjelmaa. Ohjelma tunnistaa useimmat Suomessa käytössä olevat puiset rakennusmateriaalit, mutta ei pyöreänä poikkileikkauksena. Tästä syystä lähdin laskemaan pyöröhirsisen kurkihirren mitoitusta aluksi käsin. Heti kurkihirren mitoituksen alkuvaiheessa selvisi, että hirsi-kehikon mukana toimitettu pyöröhirsinen 130 mm halkaisijaltaan oleva palkki ei sovellu käyttöön. Jo ensimmäistä mitoitusta tehdessä, eli taivutusmitoitusta murtorajatilassa, totesin, ettei palkki kestä taivutusta annetuilla kuormilla (liite 4). Mitoitustaivutusmomentti oli n. 8,7 kNm. Kun kurkihirttä rasittaa lumikuorma sekä rakenteen omapaino keskipitkässä aikaluokassa ja käyttöluokassa 2, on hirren murtorajatilasta taipuma lähes kolminkertainen sallittuun nähden, käyttöasteen ollessa 270 %. Näin ollen 130 millimetrin pyöröhirttä ei voi missään tapauksessa käyttää kurkihirtenä. Laskennallisesti Lapin suurille lumikuormille pyöröhirsisen kurkihirren tulisi olla halkaisijaltaan vähintään 182 millimetriä (liite 5).

Seuraavaksi tarkistin Finnwood 2.4 -ohjelmalla asiakkaan omistaman 51 x 200 Kerto-S -palkin soveltuvuuden harjapalkiksi. Tällä poikkileikkauksella oleva palkki soveltuu harjapalkiksi, kun palkkeja asennetaan kaksi vierekkäin. Tällöin murtorajatilassa käyttöasteeksi muodostui 74 % ja käyttörajatilassa 66 %. Mitoitustulokset on esitetty liitteessä 6.

Näiden tulosten valossa suunnittelussa edettiin siten, että kurkihirren materiaalina käytettiin LVL Kerto-S-palkkia.

6.2.2 Kattopalkit eli kattoniskat

Kattoniskat välittävät kuormia sekä kurkihirrelle että sivuseinille. Suunnittelukohteessa kattopalkkien eli kattoniskojen jako on suurimmillaan k600. Edullinen mitallistettu C-24 lujuusluokan 48x98mm runkopuutavara oli Finnwood 2.4 -mitoitushjelman mukaan riittävä materiaali kattoniskoiksi. Kokonaiskäyttöaste jäi noin 45 %:iin. Mitoitustulokset on esitetty liitteessä 7. Kattoniskojen palkkijako on esitetty kuviossa 16.

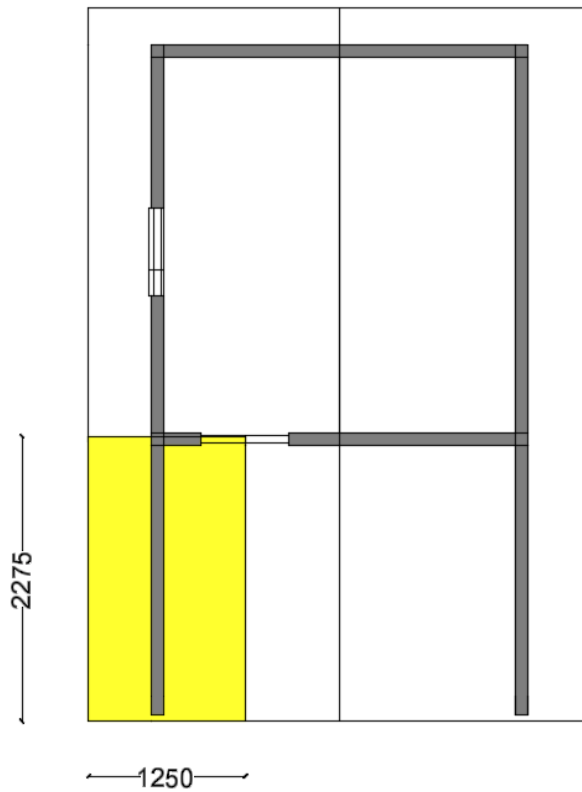


Kuvio 16. Tasokuva kattoriskojen palkkijaosta.

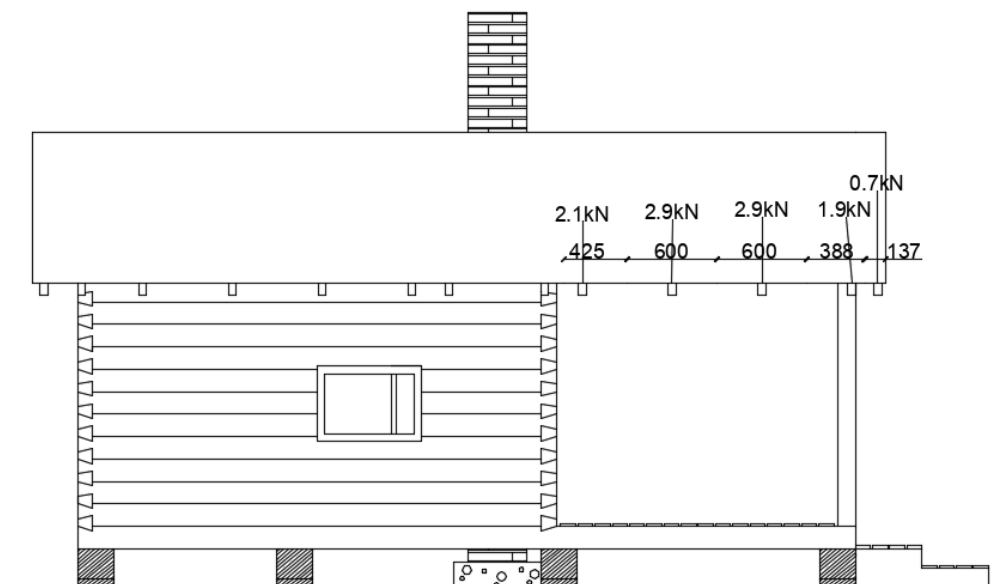
Tällä k600 kattoriskavälillä vesikaton alla voidaan käyttää 15 millimetrin sääsuo-
jattua OSB-levyä.

6.2.3 Sivuseinän ylityspalkit

Suunnittelukohteessa sivuseinien ylimmät hirret jatkuvat ulokkeena terassin ka-
tokseksi tukeutuen päistään pystypilarien varaan. Nämä ylimmät hirret toimivat
palkkeina. Laskennan yksinkertaistukseksi mitoitin hirret 1-aukkoisena palkkina,
jotka keräävät lumikuormaa räystäään mitalta sekä puoleen väliin kattoriskoja kur-
kihirsien suuntaan. Pistekuormien määräytymisen laskentapohja on esitetty liit-
teessä 8. Kuorman kertymisalue on esitetty kuviossa 17 ja yksittäiset pistemäiset
kuormat kuviossa 18.



Kuvio 17. Kuorman kertyminen ulokepalkille yhdellä seinälinjalla.



Kuvio 18. Ylityspalkkia rasittavien pistekuormien suuruudet ja sijainti.

Suunnitteluhetkellä ei ole tiedossa ylimpien hirsien poikkileikkauksen tietoja. Mikäli hirret ovat samaa kokoluokkaa muiden seinähirsien kanssa, jotka ovat pienimmillään noin 150 millimetriä korkeita ja 100 millimetriä leveitä, on käyttöaste

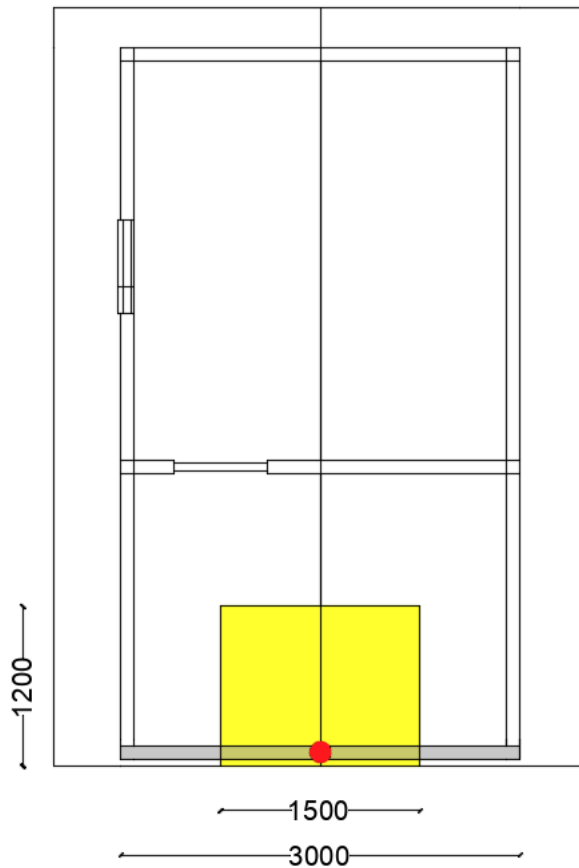
murtorajatilassa taivutuksen osalta 63 % eli kapasiteettia on vielä paljon jäljellä. Mitoitustulokset on esitetty liitteessä 9. Jos hirret ovat olennaisesti pienempiä, tulee mitoitus tarkistaa. Katos on siinäkin tapauksessa toteutettavissa esimerkiksi tukemalla hirsii pystypilareilla.

Rakenne ei ole altis kiepahdukselle. Kiepahduksen mitoitusehto on $\sigma_{m,d} \leq k_{crit} f_{m,d}$ ja tässä tapauksessa taivutetun sauvan kiepahduksen osalta käyttöaste on 48 %.

6.2.4 Vaakapalkki

Terassin puoleisessa päädyssä kurkihirttä ja sitä kautta katon kuormituksia kannattelee rakennuksen poikkisuunnassa kulkeva hirsipalkki. Palkki asennetaan kohdassa 6.2.3 esitettyjen hirsiseinästä tulevien ylimpien hirsien päälle, jotka puolestaan tukeutuvat alaosistaan pystypilareihin, joiden mitoitus on laskettu kohdassa 6.2.6.

Katon kuormitukset tulevat kurkihirren kannatinpilarin kautta pistekuormana keskelle tätä poikkisuunnassa kulkevaa palkkia. Tämän hirren tulee kestää noin 5,5 kNm taivutusmomentti, joka muodostuu rakenteen omapainosta ja lumikuormasta. Kuorman kertymisalue on osoitettu kuviossa 19.

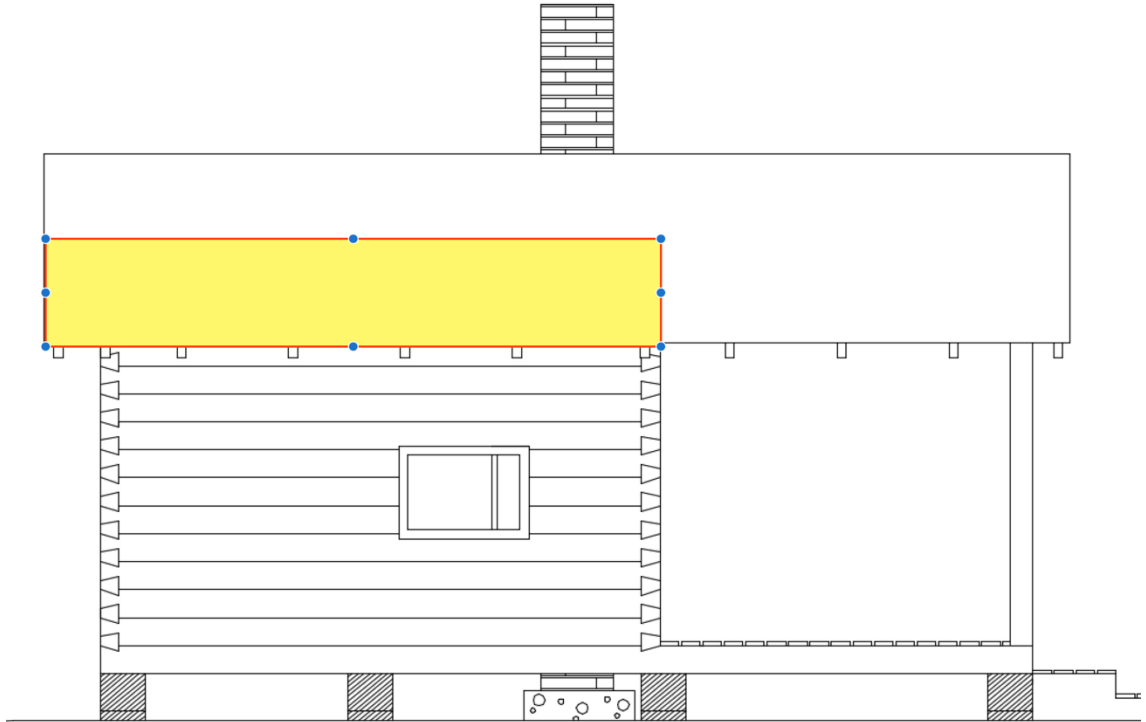


Kuvio 19. Poikkipalkin (harmaa väri) ja pistekuorman sijainti (punainen piste). Kuormankertymisalue on osoitettu keltaisella värillä.

Mikäli kyseinen hirsi löytyy ostetusta hirsikehikosta pyöröhirsisenä, tulee sen laskennallisesti olla vähintään 156 millimetriä halkaisijaltaan. Jos hirttä ei ole, soveltuu materiaaliksi esimerkiksi C24 2x48x220 (käyttöaste 98 %) tai 1x75x225 (käyttöaste 89 %) puutavara. Vaihtoehtoinen tuote on esimerkiksi GL30c liimapuupalkki koossa 90x225 (käyttöaste 65 %). Kuormitukset sekä pyöröhirren mitoitus on esitetty liitteessä 10. Mitoitustulokset eri materiaaleille esitetty liitteissä 11 ja 12.

6.2.5 Hirsiseinän kestävyys

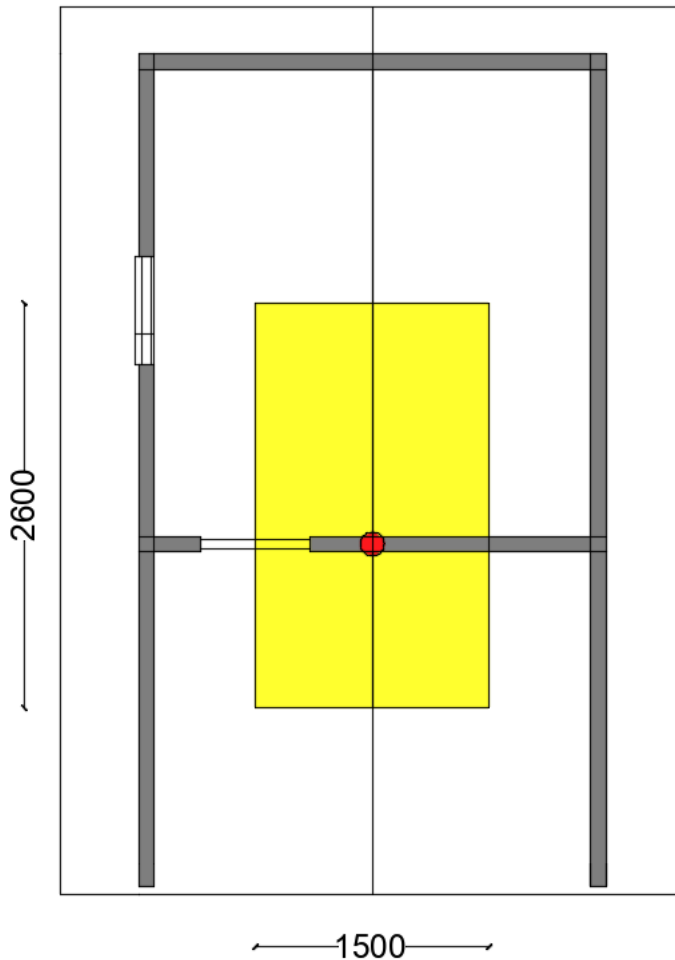
Hirsiseinän kantavuus laskettiin käyttäen RT 82-11168 (2014) esitettyä hirsiseinän kantavuusmitoitussuositusta, joka on Eurokoodin mukainen. Ulkosaunan hirsiseinän kantavuus on tuloksien perusteella riittävä. Tulokset on esitetty liitteessä 13.



Kuvio 20. Kuormitusleveys rakennuksen sivuseinille.

Ensimmäisenä laskin ulkosaunan sivuseinien kestävyys, jossa lumikuorman vaikutus on suurin. Kuviossa 20 osoitetulla kuormankertymisleveydellä täydellä lumikuormalla kokonaiskuorman suuruudeksi tuli noin 5 kN/m. Kyseisellä seinäosuudella murtokuorman suuruus on 26.4 kN/m. Käyttöaste on näin ollen noin 19 %.

Seuraavaksi laskin suurimman pistekuorman seinälle, joka aiheutuu kurkihirren tukien välityksellä rakennuksen etuseinälle. Täydellä lumikuormalla pistekuorman suuruus on noin 16 kN, kun seinän murtokestävyys on lähes 85 kN. Käyttöaste on noin 19 %. Kuorman kertymisalue on osoitettu kuviossa 21. Punainen piste osoittaa pistekuorman paikan hirsiseinällä.



Kuvio 21. Kuormitustapaus 2 kuormankertymisalue. Omapainon ja lumikuorman aiheuttama pistekuorma kurkien tuen välityksellä hirsiseinälle.

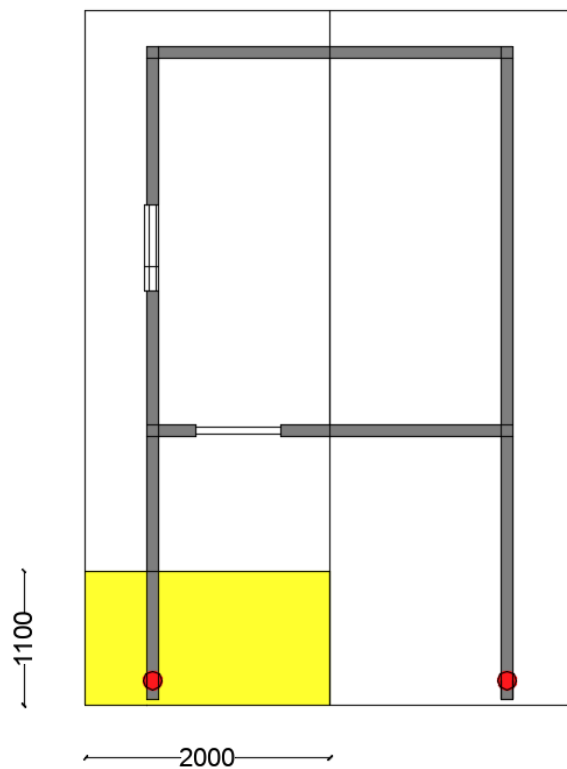
Tulokset osoittavat hirsiseinän kantavan sekä pistemäisenä kuormana että viivakuormana kuormitusten aiheuttamat rasitukset.

6.2.6 Pystypilarit

Ulkosaunan terassikatoksen pilarin mitoituksessa pilarin pituus on arvio, koska niin sanotun tasakerran tarkka korkeus ei ole tiedossa. Arvio kokonaiskorkeudesta on kuitenkin suhteellisen lähellä todellisuutta hirsien laskennallisen korkeuden myötä. Mutta koska pilarin tarkka korkeus ei ole tiedossa, tein laskelmat varmalle puolelle ja korotin pilarin arvioitua pituutta 10 %. Pilarin arvioitu todellinen pituus on 2 metriä, mutta 10 % korotuksella laskennassa käytin arvoa 2,2 metriä.

Hirsirakenteissa joudutaan huomioimaan painumat, jotka voivat olla suuriakin. Tästä syystä etenkin pilareiden kiinnityksessä käytetään yleisesti säädettäviä pilarijalkoja, joiden avulla seinien painuman myötä pilareita voidaan säätää siten, että rakennus pysyy suorassa. Tästä syystä pilarit voidaan mitoittaa hieman lyhyemmiksi, kun huomioon otetaan pilarijalat.

Kuormitusalue on esitetty kuviossa 22. Tältä alueelta pilaria rasittaa omapainona yläpohjan rakenteet – pois lukien eristeet ja sisäkaton rakenteet – sekä lumi-kuorma. Punainen piste osoittaa pilarin sijainnin.

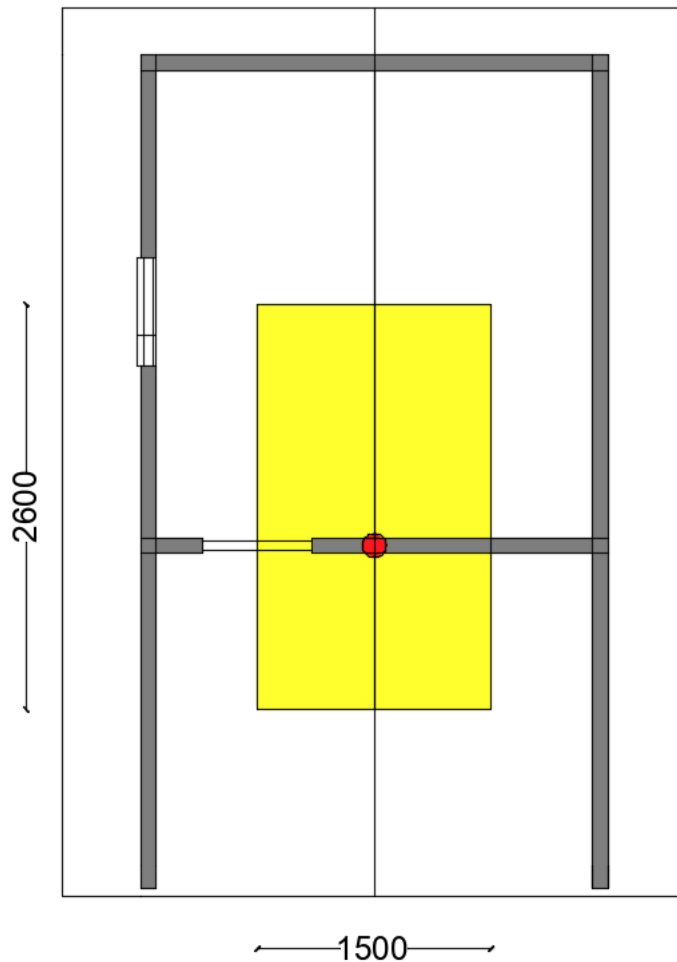


Kuvio 22. Pystypilarien sijainti ja yksittäisen pilarin kuormitusalue.

Päädyin valitsemaan pilarin materiaaliksi sahatavaran lujuusluokassa C24. Visuaalisesti pilariksi sopii saman vahvuinen puutavara hirren kanssa, jonka vuoksi valitsin pilariksi 100 x 100 millimetrin C24 tolpan. Mitoituksen osalta kokonaiskäyttöasteeksi jää noin 45 %, joten pilari kestää helposti kaikki rasitukset ja todellista tilannetta pidempänä rakenteena. Laskelmat on esitetty liitteessä 14.

Ulkosaunan päätykolmiot rakennetaan rankarakenteisina, jolloin kurkihirttä kannattelevat pystypilarit täytyy mitoittaa rakenteen omapainolle ja lumikuormalle.

Kohdassa 6.2.5 osoitin, että hirsiseinä kestää noin 16 kN rasituksen määrävässä kohdassa, eli kurkihirren keskituella, joka sijaitsee saunarakennuksen sisäänkäynnin vieressä kuvion 23 mukaisesti.

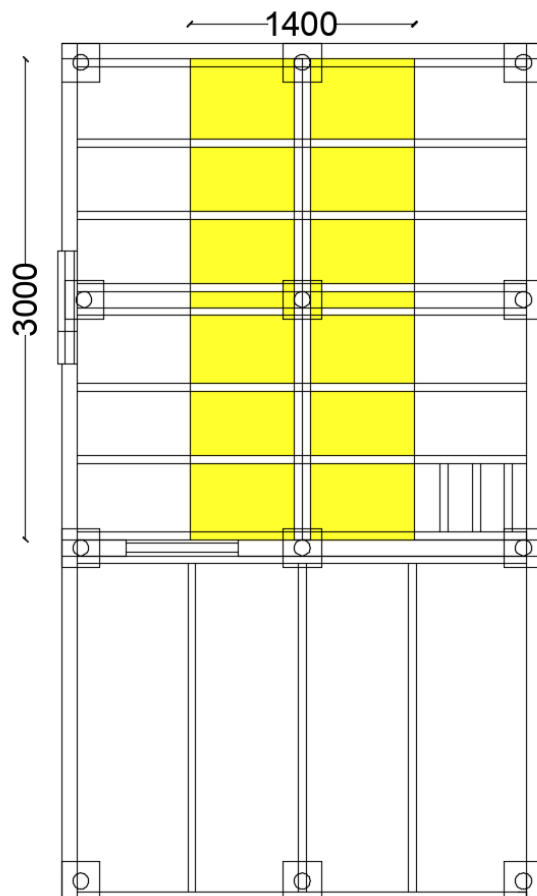


Kuvio 23. Pilarin sijainti (punainen piste) sekä kuormankertymisalue (keltaisella merkitty).

Päätykolmiossa sijaitsevat pilarit ovat lyhyitä, tässä tapauksessa noin 700 millimetriä pitkiä. Kuormat ovat kuitenkin suhteellisen suuria johtuen Lapin lumikuormista. Päädyin valitsemaan pilarimateriaaliksi C24 100x100 millimetrin puutavaran, josta myös terassin pystypilarit rakennetaan. Käyttöaste on tällöin noin 64 % murtorajatilassa. Laskelmat on esitetty liitteessä 15.

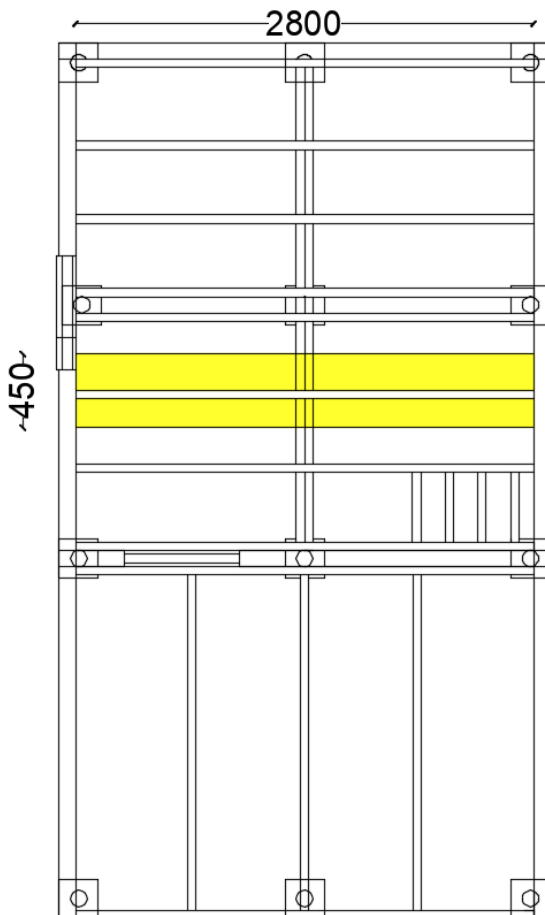
6.2.7 Lattian kannatinpalkit

Primääripalkkeina lattiassa käytetään kahta 48x197 millimetrin C24-lujuusluokan puutavaraa. Primääripalkit kulkevat pituussuunnassa keskellä saunan lattiaa ja tukevat sekundaaripalkkeja. Primääripalkkien sijainti on esitetty tasokuvassa liitteessä 16. Primääripalkiksi valitsin poikkileikkaukseltaan 197 mm korkean puutavaran siitä syystä, että se on kutakuinkin saman korkuinen kuin mahdollisesti perustuksessa käytettävät pilariharkot. Leveyssuunnassa keskelle saunaraken- nusta tuleviin pilariharkkoihin voidaan loveta kolo primääripalkeille. Vaihtoehtoi- sesti myös käyttää sopivia palkkikenkiä ja kiinnitystapaa tai asentaa toinen pila- riharkkorivi palkkeja varten. Etuna tässä on se, että koko perustus voidaan tällöin perustus asentaa kaikki samaan korkoon, mikä helpottaa perustusten tekoa työ- maalla huomattavasti. Omapainon ja hyötykuorman yhdistelyillä primääripalkkien C24 2x48x197 kokonaiskäyttöaste jää 21 %:iin. Määrävä mitoitus oli värähtely- mitoitus. Primääripalkkien kuormitusleveys on esitetty kuviossa 24 ja mitoitus- kokset liitteessä 17.



Kuvio 24. Primääripalkkien kuormitusalue.

Sekundaaripalkit asennetaan rakennuksen poikkisuunnassa siten, että ne tukeutuvat keskeltä primääripalkkeihin. Sekundaaripalkit asennetaan niin sanotusti kaatoon eli viettämään saunan keskiosan suuntaan, jotta sekundaaripalkkien päälle asennettavat lattialaudat viettävät vedenpoistokouruun päin. Sopiva kaato on noin 50 millimetriä 1500 millimetrin matkalla. Tällöin vesi poistuu lattialautoja pitkin riittävän tehokkaasti kouruun, mutta lattia ei vielä ole liian kalteva ja liukas ihmisten peseytyessä. Sekundaaripalkkeina käytetään samaa 48x147 C24-lujuusluokan puutavaraa. Palkkijako on 450 millimetriä toteutettuna siten, että keskelle saunaa jää leveyssuunnassa tila vedenkeräyskourulle. Kokonaiskäyttöaste on C24 48x147 k450 palkeille noin 91 % värähtelymitoituksen ollessa jälleen määräävin.



Kuvio 25. Sekundaaripalkkien kuorman kertyminen. Keltaisella merkitty yksittäisen palkin kuormankertymisalue.

Pohjakuvassa esitellyn kiukaan sijainnin kohdalle on tasokuvassa esitetty asennettavaksi jäykistyslinjana poikittaista 48x147 C24 puutavaraa. Tällä varmistetaan kiukaan alustan kesto. Kiuas yksistään painaa noin 0,65 kN ja kivien kanssa noin 1,25 kN. Lisäksi kiukaan päälle asennetaan noin 25 litran vesipata, jolloin pistekuorma laidassa kasvaa noin 1,5 kN normaalin 2 kN/m² hyötykuorman lisänä. Kiukaan aiheuttama pistekuorma on huomioitu laskelmissa. Sekundaaripalkkien kuorman kertyminen yksittäiselle palkille on esitetty kuviossa 25 ja mitoituslaskelmat liitteessä 18. Palkkijako ja sijainnit on esitetty tasokuvassa liitteessä 16.

6.2.8 Hirsiseinien jäykistys

Hirsiseinän jäykistys voidaan toteuttaa esimerkiksi käyttämällä vaarnauksessa perinteisiä puutappeja tai nykyisin yleistyviä ruuveja. Vaarnaus tulee toteuttaa siten, että vaarnatapit tunkeutuvat riittävän syvälle edelliseen hirsikertaan, mutta kuitenkin siten, ettei vaarnan kumpikaan pää jää kantamaan joko alempaa tai ylempää hirttä. Vaarnauksen tulee siis sallia hirsien eläminen ja painuminen.

Hirsiseinien jäykistykseen vaikuttaa olennaisesti tuulikuorman suuruus, jonka suuruus riippuu rakennuksen projektion pinta-alasta. Laskin tuulikuorman suuruuden sekä sivu- että päätyseinille. Laskelmat on esitetty liitteissä 15 ja 16.

Tuulikuorman määrittämisen jälkeen laskin Puuinfo.fi -sivustolta löytyvän ”Jäykistävän hirsiseinän mitoitusohjelman” avulla tuulikuorman aiheuttaman leikkausvoiman rakenteisiin. Kyseisellä mitoitusohjelmalla pystyy myös laskemaan vaarnaukseen tarvittavien ruuvien koko ja määrä. Laskelmat on esitetty liitteissä 19 ja 20.

Mikäli suunnittelun kohteena olevan ulkosaunan vaarnaus toteutetaan ruuveilla, tulee sekä sivu- että päätyseinien jokaiseen hirteen yhteensä kaksi kappaletta ruuviryhmiä, joissa molemmissa on neljä ruuvia. Soveltuva ruuvi on esimerkiksi Wurth Assy 3.0 SK, jonka halkaisija $d=8$ mm. Ruuvien pituus tulee mitoittaa siten, että ruuvi tunkeutuu vähintään 100 millimetriä edelliseen hirteen. Laskenta myös osoittaa, että hirsiseinät tulee ankkuroida perustukseen. Ankkurointitapa riippuu perustustavasta, jota ei tässä opinnäytetyössä käsitellä.

Mikäli vaarnauksessa halutaan käyttää puutappeja, tulee jokaiseen hirsikertaan sijoittaa seitsemän puutappia, joiden poikkileikkaus on 32x30 mm. Mitoituksen osalta sekä pääty- että sivuseinät edellyttävät saman määrän vaarnatappeja, joihin tuen kutakuinkin yhtä suurista seinien pituuksista. Puisten vaarnatappien mitoitus on esitetty liitteissä 21 ja 22.

7 POHDINTA

Opinnäytetyössäni sain suunniteltua ja mitoitettua puurakenteiden osalta hirsisen ulkosaunan. Tämä sauna on ensimmäinen tilaustyöni ja prosessi tuntui sen myötä merkitykselliseltä, mutta kohtalaisen raskaalta. Kävin opinnäytetyön aikana läpi suuren määrän Suomessa rakentamista ohjaavaa lainsäädäntöä ja rakenteiden mitoituksen osalta puhdasta suunnittelun teoriaa. Kun lopulta pääsin varsinaiseen suunnittelutyöhön, koin olevani siihen valmis, mutten lainkaan varma. Työn edetessä eteeni tuli useita tilanteita, joissa jouduin palaamaan taakse päin huomatessani, ettei jokin rakenne toimikaan ensin ajattelemani tavalla. Tai jokin mitoitus ei mennyt laskennallisesti läpi, kuten olin mieltänyt. Oman haasteensa ja toisaalta lisäsuolansa soppaan toi se, että saunan varsinainen kantava seinärunko on vanha hirsikehä, jonka mitoista ei ole aivan tarkkaa tietoa. Tästä syystä ulkosaunan rakentamisvaiheessa palkkien ja pilarien mitoitus on syytä tarkistaa ja varmistaa, kun päästään näkemään, millainen hirsikehä tekijällä on puoli vuosisataa sitten todellisuudessa syntynyt.

Joka tapauksessa opinnäytetyöprosessi oli kohdallani nimensä kaltainen osoitus siitä, mitä insinööriopinnoissa mukaan on tarttunut. Samalla se oli minulle valtava oppimistilaisuus, kun kokonaisuuden hallinta - asioiden koostaminen ja tiivistäminen - oli pakko saada puristettua suhteellisen pieneen tilaan, mutta kuitenkin sitten, ettei mitään oleellista saa jäädä pois.

Yllätyksenä opinnäytetyötä tehdessä vastaan tuli se, etteivät laskentaohjelmat tai muutoin saatavilla oleva teoriamateriaali tunne juurikaan pyöreän puutavaran käyttöä esimerkiksi kurkihirsimateriaalina. Tänä päivänä rakentamisessa käytetään lähestulkoon yksinomaan rautakaupoista saatavia materiaaleja, jotka pääsääntöisesti ainakin puurakenteiden osalta on suorakaiteen mallisia. Pyöreää puutavaraa käytettiin kuitenkin vain muutamia vuosikymmeniä sitten vielä erittäin paljon, kun rakentamisessa hyödynnettiin metsien antimia lähes sellaisenaan. Käsien veistämisen taito ja omien metsien puutavaran käyttö on jäänyt taka-alalle. Tämän vuoksi ei näin jälkikäteen ajatellen ehkä se ei olekaan niin yllättävää, ettei teoriamateriaali tunne pyöreää puutavaraa.

Tällä hetkellä rakentamista ohjaa maankäyttö- ja rakennuslaki, joka on peräisin vuodelta 1999. Hallitus on kuitenkin jättänyt eduskunnalle esityksen uudesta maankäyttö- ja rakennuslakia muuttavasta rakentamislainista, joka on tarkoitettu tulemaan voimaan 1.1.2025. Uudessa rakentamislainissa rakennusluvan ja toimenpideluvan tilalle tulisi rakentamislupa ja samalla lupaa edellyttävien rakentamishankkeiden kynnystä nostettaisiin. Asuinrakennus vaatii uudessakin rakentamislainissa aina rakentamisluvan, mutta samalla vähäisemmille rakentamistoimenpiteille rakennuslupatarvetta pienennetään, mikä voi tuoda kustannussäästöjä rakennushankkeeseen ryhtyville. Tämä rakennuslupamenettelyä koskeva esitetty muutos poistaa viranomaishyväksynnästä koko Suomessa alle 30 neliömetrin tai 120 kuutiometrin, muuhun kuin asumiseen tarkoitettut rakennukset. Niin ikään alle 50 neliömetrin katokset jäisivät lupamenettelyn ulkopuolelle. Esimerkiksi tämän opinnäytetyön suunnittelutyön kohteena olevan kaltaisen pihasaunan voi uuden rakentamislain myötä rakentaa ilman lupamenettelyä edellyttäen, että rakentamis- ja kaavamääräykset sekä rantarakentamisen säännökset täyttyvät.

Tämä mahdollisesti jo puolentoista vuoden päästä voimaan astuva muutos herättää väistämättä kysymyksen, kannattaako tässä opinnäytetyössä suunnittelun kohteena olevaa ulkosaunaa alkaa rakentaa vielä ensi kesänä. Rakennuslupaprosessi on usein aikaa vievä ja joka tapauksessa synnyttää kustannuksia jopa useiden tuhansien eurojen edestä. Odottamalla vielä yhden vuoden voi ulkosaunan rakentaa kokonaisuudessaan ilman lupamenettelyä. Näin kohta valmistuvan rakennusinsinöörin näkökulmasta asetelma on haastava. Haluan olla edistämässä turvallista ja terveellistä rakentamista, jossa asiakkaan tarpeet ja suunnittelun kokonaisvaltaisuus kohtaavat. Ymmärrän, että pienten rakennusten kohdalla rakennuslupamenettely sekä pääsuunnittelijan ja vastaavan työnjohtajan palkkaaminen ja nimeäminen voi tuntua turhalta lisäkululta, mutta toisaalta asiakas saa vastineeksi nukkua yönsä hyvin ilman pelkoa mahdollisista vastuukysymyksistä, jos jotain menee pieleen. Viime kädessä asian ratkaisee tässäkin tapauksessa opinnäytetyön toimeksiantaja sekä se, kuinka kova kiire ulkosaunan rakentamisella on – kiire vai rahallinen säästö. Mikäli rakentamisprosessia voidaan venyttää seuraavan vuoden puolelle, on mahdollista, että rakennuslupamenettelyä ei tarvita, vaan uuden rakentamislain myötä ulkosauna on mahdollista

rakentaa niin sanotusti vähäisenä rakentamisena asuinkäytön ulkopuolelle jäävänä rakennuksena.

Miettiessäni tätä vapautuvaa rakentamislakia, päätin opinnäytetyön ohessa luoda pyöreiden kurkihirsien mitoitus Excel-laskentapohjan, jonka olen ajatellut julkaista yleiseen käyttöön. Laskentaohjelma osaa laskea vaadittavan kurkhirren halkaisijan suuruuden, kun siihen syöttää alkutietoina tarvittavan kurkhirren pituuden, päätyseinän leveyden ja alueella vallitsevan lumikuorman suuruuden. Uskoisin, että laskentaohjelman julkaisu vapaaseen käyttöön lisää tulevaisuudessa turvallista rakentamistapaa, mikäli lupamenettely tosiaan katoaa pienten rakennusten osalta. Tällöin juurikin sellainen rakennushankkeeseen ryhtyvä, mutta ei asiaa sen tarkemmin ymmärtävä voi varmistua, että - kenties oman metsän puutavarasta toteutettava - ulkosauna tai varasto on kestävä ja turvallinen käyttää.

LÄHTEET

Hallituksen esitys eduskunnalle rakentamislaki ja siihen liittyviksi laeiksi 2022. Viitattu 5.6.2023 <https://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2022/20220139>.

Katepal 2023. Katepal-bitumikattolaatat. Tuotetieto & asennusohjeet. Viitattu 26.6.2023 https://katepal.fi/wp-content/uploads/2023/03/Katepal_kattolaattojen_asennusohje.pdf.

Löf, Mikko 2016. Puunet Teemakoulutus; Hirsirakentamisen uudet ohjeistukset julkiseen rakentamiseen. Viitattu 8.6.2023 https://www.tts.fi/files/659/kontio_m_lof_puunet20160923.pdf.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132. Viitattu 2.6.2023 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>.

Narvi 2020. Aito 16/20/24/16VS/20VS/24VS. Asennus-, käyttö ja hoito-ohje. Viitattu 26.6.2023 https://narvi.fi/wp-content/uploads/2020/03/ce_aito_16-24_kayttoohje_140321_fi_lowres.pdf.

Puuinfo 2020. Hirsirakenteet. Hirsirakentamisen määritelmiä. Viitattu 6.6.2023 <https://puuinfo.fi/rakenteet/hirsirakenteet/ominaispiirteita/>.

Puuinfo 2020. Hirsirakenteet. Ominaispiirteitä. Viitattu 6.6.2023 <https://puuinfo.fi/rakenteet/hirsirakenteet/ominaispiirteita/>.

Puuinfo 2020. Hirsirakenteiden yksityiskohtia. Viitattu 16.6.2023 <https://puuinfo.fi/rakenteet/hirsirakenteet/hirsirakenteiden-yksityiskohtia/>.

Ratu S1232 2013. Rakennustyömaan sääsuojaus. Rakennustieto Oy.

RIL 195-3-2022. Rakenteellinen paloturvallisuus. Asuinrakennukset – kerrostalot ja pientalot. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL Oy.

RIL 201-1-2017. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Eurokoodit EN 1990, EN 1991-1-1, EN 1991-1-3, EN 1991-1-4. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL Oy.

RIL 205-1-2017. Puurakenteiden suunnitteluohje. Eurokoodi EN 1995-1-1. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL Oy.

RIL 205-2-2019. Puurakenteiden palomitoitus. Eurokoodi EN 1995-1-2. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL Oy.

RIL 229-1-2020. Rakennesuunnittelun asiakirjaohje. Tekstiosa. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL Oy.

RT 10-11224 2016. Talonrakennushankkeen kulku. Rakennushankkeen vaiheet ja osittelu. Rakennustieto Oy.

RT 10-11255 2017. Talonrakennushankkeen kulku. Riskien- ja laadunhallinta. Rakennustieto Oy.

RT 10-11107 2013. Hankkeen johtamisen ja rakennuttamisen tehtäväluettelo HJR12. Rakennustieto Oy.

RT 10-10387 1989. Talonrakennushankkeen kulku. Rakennustieto Oy.

RT 10-11222 2016. Talonrakennushankkeen kulku. Rakennushankkeen osapuolet. Rakennustieto Oy.

RT 103398 2021. Asemapiirustuksen laatiminen. Rakennustieto Oy.

RT 103397 2021. Pääpiirustusten laatiminen. Rakennustieto Oy.

RT 82-11168 2014. Hirsitalon suunnitteluperusteet. Rakennustieto Oy.

SFS 7011:2020. Metallisavuhormiputkille ja yhdysputkille eri käyttökohteissa ilmoitettavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot. Suomen Standardoimisliitto SFS.

SFS-EN 15821 2011. Jatkuvalämmitteiset saunan puukiukaat, vaatimukset ja testausmenetelmät. Suomen Standardoimisliitto SFS.

SFS-EN 1990. Eurokoodi. Rakenteiden suunnitteluperusteet. Suomen Standardoimisliitto SFS.

SFS-EN 1995-1-1. Eurokoodi 5. Puurakenteiden suunnittelu. Osa 1-1. Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. Suomen Standardoimisliitto SFS.

SFS-EN ISO 128-1:2020. Tekninen tuotedokumentointi. Yleiset esittämisperiaatteet. Osa 1: Johdanto ja perusvaatimukset. Suomen Standardoimisliitto SFS.

Suomen Rakentamismääräyskokoelma 2002. Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat A2. Määräykset ja ohjeet 2002.

Suomen Rakentamismääräyskokoelma 2011. Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2011.

Valtioneuvoston asetus rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokkien määräytymisestä 214/2015. Viitattu 26.6.2023
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150214#Pidm45843169951488>.

Ympäristöministeriö 2023. Eduskunta hyväksyi rakentamisen päästöjä pienentävät ja digitalisaatiota edistävät lait. Viitattu 28.7.2023 <https://ym.fi/-/eduskunta-hyvakysi-rakentamisen-paastoja-pienentavat-ja-digitalisaatiota-edistavat-lait>.

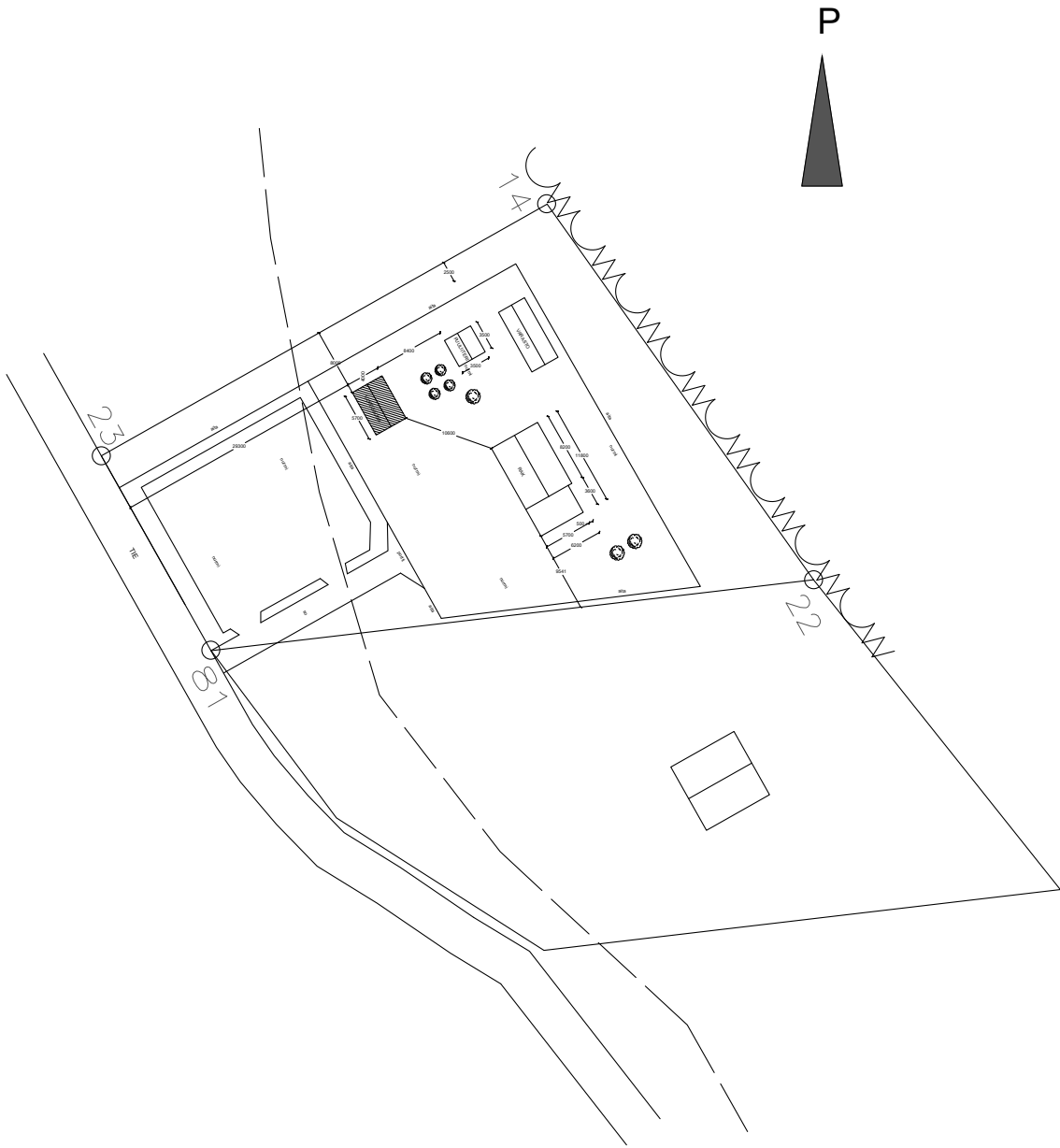
Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017. Viitattu 2.6.2023
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170848#Pidm45843168196000>.

Ympäristöministeriön asetus savupiippujen rakenteista ja paloturvallisuudesta 745/2017. Viitattu 7.6.2023
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170745#Pidm45843170483808>.

LIITTEET

- Liite 1. Asemapiirros
- Liite 2. Pohja- ja leikkauspiirros
- Liite 3. Julkisivupiirrokset
- Liite 4. Halkaisijaltaan 130 mm kurkihirren mitoitus
- Liite 5. Kurkihirren mitoitus. Riittävä halkaisija.
- Liite 6. Kurkihirren mitoitus. Materiaalina KERTO-S 2x51x200
- Liite 7. Kattoniskojen mitoitus. Tulokset.
- Liite 8. Ylityspalkin pistekuormien laskenta
- Liite 9. Ylityspalkin mitoitus
- Liite 10. Terassin vaakapalkin kuormitus ja mitoitus
- Liite 11. Terassin vaakapalkin mitoitus C24 puutavaralle
- Liite 12. Terassin vaakapalkin mitoitus GL24c liimapuutavaralle
- Liite 13. Hirsiseinän kantavuusmitoitus
- Liite 14. Terassin pilarien mitoitus
- Liite 15. Kurkihirren kannatinpilarin mitoitus
- Liite 16. Tasokuva. Lattian primääri- ja sekundääripalkit
- Liite 17. Lattian primääripalkkien mitoitus
- Liite 18. Lattian sekundääripalkkien mitoitus
- Liite 19. Sivuseinän tuulikuorma ja puisten vaarnatapppien mitoitus
- Liite 20. Päätyseinän tuulikuorma ja puisten vaarnatapppien mitoitus
- Liite 21. Sivuseinän mitoitusleikkausvoima ja jäykistys ruuveilla
- Liite 22. Päätyseinän mitoitusleikkausvoima ja jäykistys ruuveilla

Liite 1. Asemapiirros.



RAKENNUSOIKEUSLASKELMA:

PINTA-ALA: 2200 m²
RAKENNUSOIKEUS: e=0.10 (220 k-m²)

KERROSALA:

ASUINRAKENNUS 70 k-m²
VARASTO 20 k-m²

YHTEENSÄ 90 k-m²

KERROSALA/US 150 mm:

ASUINRAKENNUS 67 k-m²
VARASTO 19 k-m²

YHTEENSÄ 86 k-m²

HUONEISTOALA:

ASUINRAKENNUS 65 k-m²
VARASTO 18 k-m²

YHTEENSÄ 63 k-m²

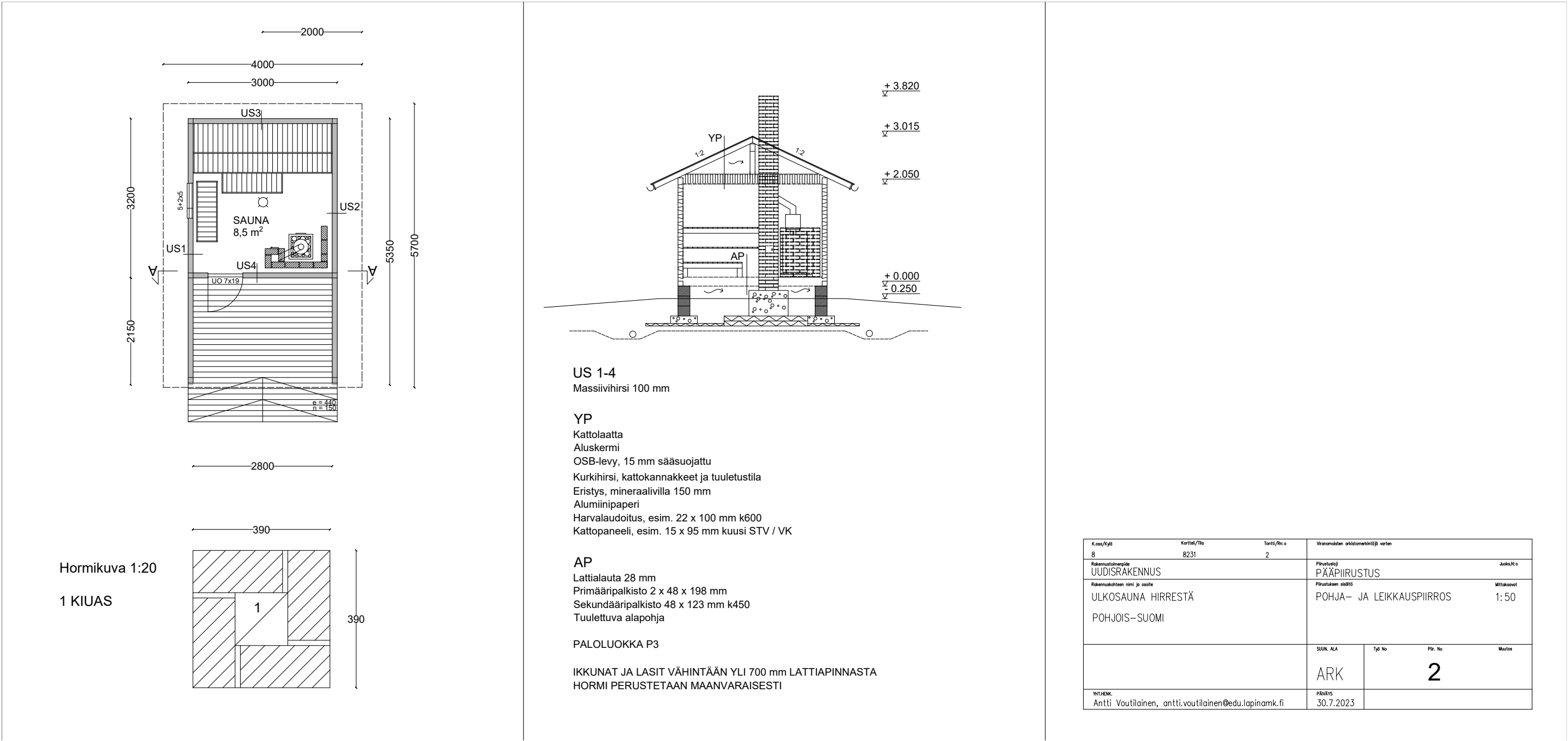
TILAVUUS:

ASUINRAKENNUS 200 m³
AUTOTALLI/VARASTO 45 m³

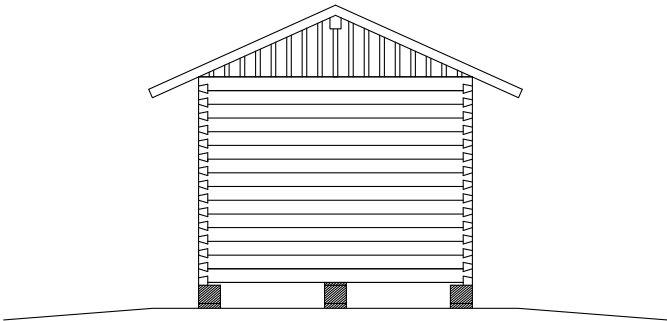
RAKENNUSTEN PALOLUOKKA: P3

K.osa/Kylä	Korttel/Itä	Tontti/Itä o	Viranomaisen arviomerkintä varten	
8	8231	2		
Rakennustyyppi			Pääpiirustus	
UUDISRAKENNUS			Julkaisu	
Rakennuksen nimi ja osoite			Piirustuksen sisältö	Mittakaava
ULKOSAUNA HIRRESTÄ			ASEMAPIIRROS	1:500
POHJOIS-SUOMI, ITÄ-LAPPI				
			SUUN. ALA	Työ No
			ARK	1
YHTIENK.			Päiväys	Muutos
Antti Voutilainen, antti.voutilainen@edu.lapinamk.fi			30.7.2023	

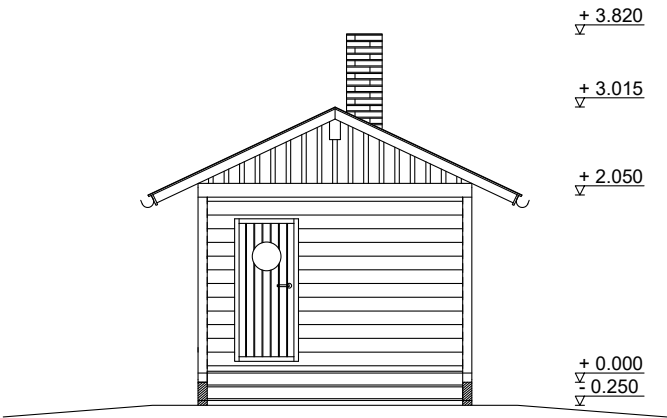
Liite 2. Pohja- ja leikkauspiirros.



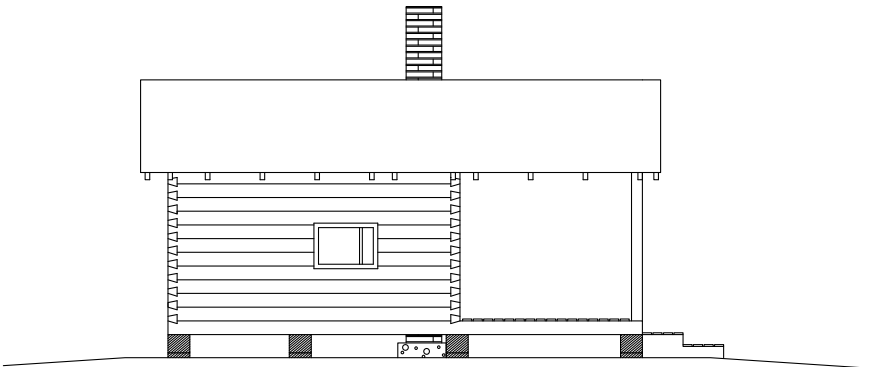
Liite 3. Julkisivupiirrokset.



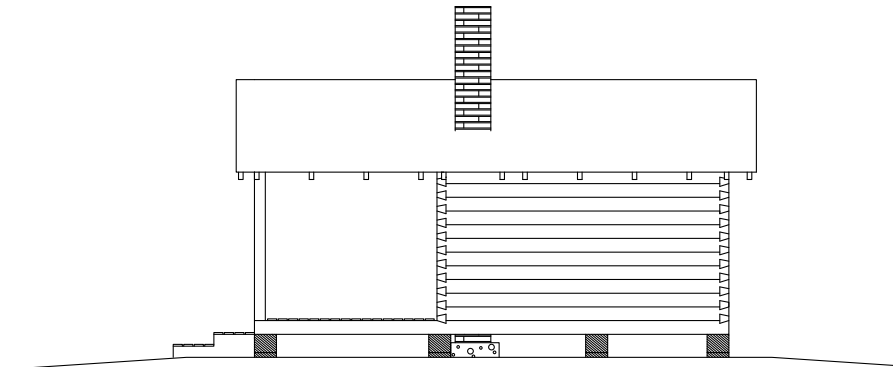
JULKISIVU POHJOISEEN



JULKISIVU ETELÄÄN



JULKISIVU LÄNTEEN



JULKISIVU ITÄÄN

JULKISIVUMATERIAALIT

- 1. KATTOLAATTA KATEPAL CLASSIC KL, MUSTA
- 2. HIRSI 150x100: PEITTÄVÄ PUUNSUOJAMAALI KARTANONKELTAINEN
- 3. IKKUNAT, OVET: VAALEANRUSKEA
- 4. VESIPELLIT, RÄNNIT JA SYÖKSYTORVET: VALKOINEN T1327
- 5. RÄYSTÄSLAUDAT JA OTSALAUDAT: VALKOINEN T1327

Kassa/Kyö	Kortti/Ita	Taritti/Ita o	Vierailijien arkistointi/Ita varten	
XX	XX	XX		
Rakennuslupa/Ita			Piirustus/Ita	Juoksa/Ita
UUDISRAKENNUS			PÄÄPIIRUSTUS	
Rakennuksen nimi ja osat			Piirustuksen sisältö	Mittakaavat
ULKOSAUNA HIRRESTÄ			JULKISIVUPIIRROS	1:50
POHJOIS-SUOMI				
			SUUN. ALA	Työ No
			ARK	3
YHT. HENK.			PÄIVÄYS	
Antti Voutilainen, antti.voutilainen@edu.lapinamk.fi			30.7.2023	

Liite 4. Halkaisijaltaan 130 mm kurkihirren mitoitus

Kurkihirren mitoitus:

- aikaluokka: keskipitkä
- käyttöluokka: 2
- Max. taivutusmomentti: 8,7 kNm

Mitoitusehdot:

$$\sigma_{m.d} = F_{m.d}$$

$$\sigma_{m.d} = M_d / W$$

$$F_{m.d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot (\gamma_m \cdot k)$$

Lähtötiedot:

$$d := 130 \text{ mm}$$

$$k_{mod} := 0.8$$

$$f_{m.k} := 24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\gamma_m := 1.3$$

$$k_h := 1.0$$

$$k_m := 1$$

$$F_{m.d} := k_{mod} \cdot k_h \cdot \frac{f_{m.k}}{\gamma_m} = 14.769 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$M_d := 8.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W := \frac{\pi \cdot d^3}{32} = 1.2157 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m.d} := \frac{M_d}{W} = 40.336 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\sigma_{m.d}}{F_{m.d}} = 2.731 \quad \text{Käyttöaste} := \frac{\sigma_{m.d}}{F_{m.d}} \cdot 100 = 273.106$$

Liite 5. Kurkihirren mitoitus. Riittävä halkaisija.

Kurkihirren mitoitus:

- aikaluoikka: keskipitkä
- käyttöluokka: 2
- Max. taivutusmomentti: 8,7 kNm

Mitoitusehdot:

$$\sigma_{m.d} = F_{m.d}$$

$$\sigma_{m.d} = M_d / W$$

$$F_{m.d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot (f_{m.k} / \gamma_m)$$

Lähtötiedot:

$$d := 182 \text{ mm}$$

$$k_{mod} := 0.8$$

$$f_{m.k} := 24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\gamma_m := 1.3$$

$$k_h := 1.0$$

$$k_m := 1$$

$$F_{m.d} := k_{mod} \cdot k_h \cdot \frac{f_{m.k}}{\gamma_m} = 14.769 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$M_d := 8.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W := \frac{\pi \cdot d^3}{32} = 15.919 \cdot 10^5, \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m.d} := \frac{M_d}{W} = 14.7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\sigma_{m.d}}{F_{m.d}} = 0.995 \quad \text{Käyttöaste} := \frac{\sigma_{m.d}}{F_{m.d}} \cdot 100 = 99.528$$

Liite 6 1(6). Kurkihirren mitoitus. Materiaalina KERTO-S 2x51x200

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

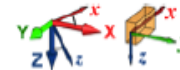
6.8.2023

Laskelmat on tehty alla olevilla lähtötiedoilla vain kyseiselle rakenneosalle. Laskelmissa esitetty rakenneosan pituus ei ole tilausmitta. Tilauksmitassa on otettava huomioon esim. tuennan vaatima lisäpituus.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

RIL 205-1-2017 (30.12.2021)

Rakennemitoitus ilman onnettomuus-/palotilannetta



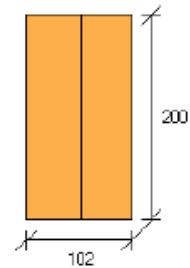
PROJEKTITIEDOT:

Nimi: ?

C:\Users\antti\Desktop\Opinnäytetyö Antti\Mitoitus pistekuormina.s01

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Kattopalkki/laatta
 Materiaali: KERTO-S syrjällään
 Poikkileikkaus: 2x51x200 (varastokoko)
 Lisätietoja: Vakiokoko
 (B=102 mm, H=200 mm, A=20400 mm², I_y=68000000 mm⁴, W_y=680000 mm³)
 Käyttöluokka: 2
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)
 Jako/kuormituslev.: 1500 mm (pintakuormille)



Uloke-/jännevälipituudet:

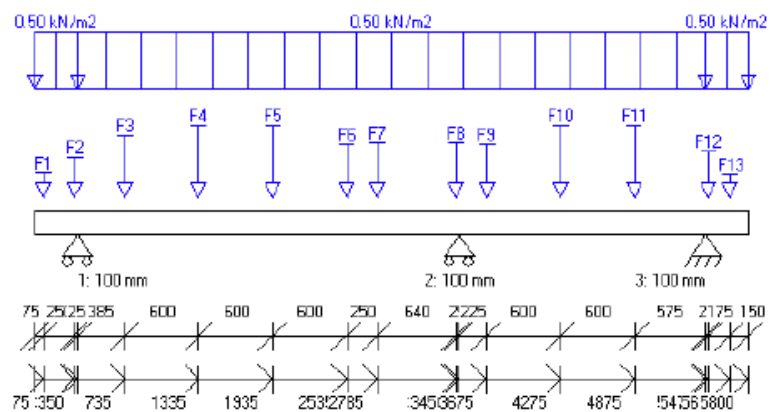
Uloke/jänneväli: Vaakamitta [mm]:
 Vasen uloke 350.0
 Jänneväli 1 3100.0
 Jänneväli 2 2000.0
 Oikea uloke 350.0
 Yhteensä: 5800.0

Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	350	100	Liukutuki (Z)
2:	3450	100	Liukutuki (Z)
3:	5450	100	Kiinteä niveltuki (X,Z)

f_{m,k} (M_y): 46.19 N/mm²
 f_{m,k} (M_z): 50.00 N/mm²
 f_{c,0,k}: 29.17 N/mm²
 f_{c,90,k}: 6.00 N/mm²
 f_{t,0,k}: 33.64 N/mm²
 f_{t,90,k}: 0.80 N/mm²
 f_{v,k} (V_z): 4.20 N/mm²
 f_{v,k} (V_y): 2.30 N/mm²

Liite 6 2(6). Kurkihirren mitoitus. Materiaalina KERTO-S 2x51x200

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)	© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood
	?
	6.8.2023
E _{mean} :	13800 N/mm ²
G _{mean} :	600 N/mm ²
E 0.05:	11600 N/mm ²
G 0.05:	400 N/mm ²
Tilavuuspaino:	5.10 kN/m ³ (omapainon laskentaa varten)
km-kerroin:	0.70
kcr-kerroin:	1.00
Osavarmuusluku:	1.20
Aikaluokka:	kmod:
Pysyvä:	0.600
Pitkäaikainen:	0.700
Keskipitkä:	0.800
Lyhytaikainen:	0.900
Hetkellinen:	1.100
kdef:	0.800



KUORMITUSTIEDOT:

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):
Rakennesan paino: QZ = 0.104 kN/m x = 0 - 5800 mm
Pintakuorma: 1: QZ = 0.500 kN/m² x = 0 - 350 mm

Liite 6 3(6). Kurkihirren mitoitus. Materiaalina KERTO-S 2x51x200

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

6.8.2023

Pintakuorma: 2: QZ = 0.500 kN/m² x = 350 - 5450 mmPintakuorma: 3: QZ = 0.500 kN/m² x = 5450 - 5800 mmLumikuorma (Lumikuorma Sk<=2.75 kN/m², Keskipitkä):

Pistekuorma: 1: FZ = 1.20 kN x = 75.0 mm (F1)

Pistekuorma: 2: FZ = 2.00 kN x = 325.0 mm (F2)

Pistekuorma: 3: FZ = 3.10 kN x = 735.0 mm (F3)

Pistekuorma: 4: FZ = 3.60 kN x = 1335.0 mm (F4)

Pistekuorma: 5: FZ = 3.60 kN x = 1935.0 mm (F5)

Pistekuorma: 6: FZ = 2.60 kN x = 2535.0 mm (F6)

Pistekuorma: 7: FZ = 2.70 kN x = 2785.0 mm (F7)

Pistekuorma: 8: FZ = 2.70 kN x = 3425.0 mm (F8)

Pistekuorma: 9: FZ = 2.60 kN x = 3675.0 mm (F9)

Pistekuorma: 10: FZ = 3.60 kN x = 4275.0 mm (F10)

Pistekuorma: 11: FZ = 3.60 kN x = 4875.0 mm (F11)

Pistekuorma: 12: FZ = 2.30 kN x = 5475.0 mm (F12)

Pistekuorma: 13: FZ = 0.80 kN x = 5650.0 mm (F13)

KUORMITUSYHDISTELMÄT:

Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.35*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Lumikuorma

Yhdistelmä 4 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Lumikuorma

Yhdistelmä 7 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.15*Omapaino

Yhdistelmä 9 (MRT, Pysyvä)

0.90*Omapaino

Yhdistelmä 12 (KRT)

1.00*Omapaino

Yhdistelmä 13 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Lumikuorma

Yhdistelmä 15 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Lumikuorma

MITOITUS:

Liite 6 4(6). Kurkihirren mitoitus. Materiaalina KERTO-S 2x51x200

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

6.8.2023

Mitoitusstandardi: EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + A2:2014 + RIL 205-1-2017
 Kokonaiskäyttöaste: 74.3 %

MITOITUSPARAMETRIT:

Taipumaraja $W_{net,fin}$: L/300
 Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00
 Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00
 Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)
 Kiepahdus taivutuksesta M_y (y-askelin suhteen):
 Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella: $L_{k1} = 600.00$ mm
 Kiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: $L_{k2} =$ Päätukien välimatka
 $L_{ef1} = L_{k1}$ ja $L_{ef2} = L_{k2}$ (Esim. kuormitus neutraaliakselilla/kiepahdustukien kautta)
 HUOM! L_{k1} ta käytetään, kun $M_y > 0$ ja L_{k2} ta, kun $M_y < 0$

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *)	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	19.14 kN	38.08 kN	50.3 %	3450 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Taivutus (M_y):	8.73 kNm	11.74 kNm	74.3 %	3450 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
(ilman kiepahdusta):	8.73 kNm	20.94 kNm	41.7 %	3450 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipaine, tuki 1:	16.50 kN	53.04 kN	31.1 %	350 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.30					
Tukipaine, tuki 2:	32.47 kN	53.04 kN	61.2 %	3450 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.30					
Tukipaine, tuki 3:	8.32 kN	53.04 kN	15.7 %	5450 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.30					
Vasen uloke, $W_{z,fin}$:	-2.3 mm	- mm	- %	0 mm	Yhdistelmä 13/1
Vasen uloke, $W_{z,net,fin}$:	-2.3 mm	- mm	- %	0 mm	Yhdistelmä 13/1
jänneväli 1, $W_{z,fin}$:	6.8 mm	- mm	- %	1740 mm	Yhdistelmä 13/1
jänneväli 1, $W_{z,net,fin}$:	6.8 mm	10.3 mm	66.3 %	1740 mm	Yhdistelmä 13/1
jänneväli 2, $W_{z,fin}$:	0.3 mm	- mm	- %	4875 mm	Yhdistelmä 13/1
jänneväli 2, $W_{z,net,fin}$:	0.3 mm	6.7 mm	5.1 %	4875 mm	Yhdistelmä 13/1
Oikea uloke, $W_{z,fin}$:	-0.1 mm	- mm	- %	5800 mm	Yhdistelmä 13/1
Oikea uloke, $W_{z,net,fin}$:	0.0 mm	2.3 mm	0.0 %	5475 mm	Yhdistelmä 13/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Lumikuorma

Yhdistelmä 13/1 :

1.00*Omapaino + 1.00*Lumikuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimi-arvo:	Sijainti x:
$V_{z,max}$	19.14 kN	3450 mm
$M_{y,max}$	8.73 kNm	3450 mm

TUKIREAKTIOT:

Liite 6 5(6). Kurkihirren mitoitus. Materiaalina KERTO-S 2x51x200

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

6.8.2023

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	16.50 kN	1.25 kN	11.33 kN	1.39 kN
2:	32.47 kN	2.49 kN	22.29 kN	2.76 kN
3:	8.32 kN	0.72 kN	5.73 kN	0.80 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapaus:	Omapaino
Tuki:	FZ [kN]:
1:	1.39
2:	2.76
3:	0.80

Kuormitustapaus:	Lumikuorma
Tuki:	FZ [kN]:
1:	9.93
2:	19.53
3:	4.94

HUOMIOT:

- EN 1995-1-1-standardin, sen täydennysosien A1:2008, A2:2014 ja Suomen kansallisten liitteiden sekä RIL 205-1-2017 -suunnitteluohjeen mukainen laskenta
 - VTT on tehnyt kolmannen osapuolen tarkistuksen ohjelmalle (VTT-S-03665-17 ja VTT-S-05393-17)
 - MRT = Murtorajatila, KRT = Käyttörajatila
 - *) Yhteisvaikutustarkasteluissa %-luku tarkoittaa mitoitusarvon ja raja-arvon suhdetta, ei todellista käyttöastetta
 - Liittyvän alapuolisen rakenteen tukipainekestävyys tulee tarkistaa erikseen
 - Mitoituksessa ei huomioida ulokkeiden alle 20 mm taipumaa ylöspäin
 - Värähtely- ja taipumatarkastelua ei tehdä alle 200 mm pituisille ulokkeille
 - Leikkausmuodonmuutos on mukana käyttörajautilamitoituksessa
 - Leikkausmuodonmuutos ei ole mukana voimasuureiden laskennassa
 - Rakenneseosan koon vaikutus lujuuteen on otettu huomioon ominaisarvoissa kertoimilla kh ja kl
 - Suunnittelijan tulee kiinnittää huomiota myös rakennedetailleihin ja varmistaa, ettei rakenteisiin muodostu vesitaskuja
 - Kuormitustiedoissa esitetään lumikuorman ominaisarvo katolla.
- Tämä on saatu kertomalla maassa oleva ominaislumikuorma katon muotokertoimella

Laskelmissa ei ole huomioitu rakennusaikaisia kuormia eikä kosteusolosuhteita. Mahdolliset rakennusaikaiset lisätuennat on mitoitettava erikseen. Rakennuksen kokonaisjäykistystä ja siitä johtuvia vaakavoimia ei ole huomioitu. Rakenneseosan (palkki, pilari, laatta) soveltuvuus kokonaisuuteen on päärakennesuunnittelijan tarkistettava erikseen.

Finnwood-ohjelmistolla tehdyt laskelmat ja tulosteet ovat voimassa vain ohjelmistoon tallennettujen Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Woodin tuotteiden kanssa. Nämä tuotteet on tarvittaessa osoitettava rakennuspaikalla hankkeen

Liite 6 6(6). Kurkihirren mitoitus. Materiaalina KERTO-S 2x51x200

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

6.8.2023

osapuolille sekä viranomaisille. Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood tai sen tytäryhtiöt eivät vastaa käyttäjälle tai kolmannelle osapuolelle muiden valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä Finnwood-ohjelmistossa, ohjelmiston perusteella näin tehdyistä laskelmista ja tulosteista tai kolmansien valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä aiheutuneista virheistä, menetyksistä tai vahingoista. Näitä ehtoja ei saa poistaa tulosteesta.

Liite 7 1(6). Kattoniskojen mitoitus. Tulokset.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

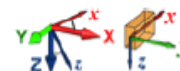
6.8.2023

Laskelmat on tehty alla olevilla lähtötiedoilla vain kyseiselle rakenneosalle. Laskelmissa esitetty rakenneosan pituus ei ole tilausmitta. Tilausmitassa on otettava huomioon esim. tuennan vaatima lisäpituus.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

RIL 205-1:2017 (30.12.2021)

Rakennemitoitus ilman onnettomuus-/palotilannetta



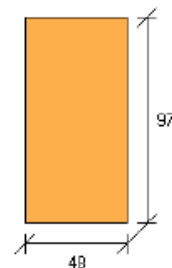
PROJEKTITIEDOT:

Nimi: ?

C:\Users\antti\Desktop\Opinnäytetyö Antti\Kattoniskat.s01

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Kattopalkki/laatta
 Materiaali: C24
 Poikkileikkaus: 48x97
 (B=48 mm, H=97 mm, A=4656 mm², I_y=3650692 mm⁴, W_y=75272 mm³)
 Käyttöluokka: 2
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)
 Kulma: 26.6 astetta
 Jako/kuormituslev.: 600 mm (pintakuormille)



Uloke-/jännävälipituudet:

Uloke-/jännäväli:	Vaakamitta [mm]:	Pystymitta [mm]:	Aksiaalinen [mm]:
Vasen uloke	505.0	252.9	564.8
Jännäväli 1	1495.0	748.6	1672.0
Yhteensä:	2000.0	1001.5	2236.8

Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	565	95	Liukutuki (Z)
2:	2237	25	Kiinteä niveltuki (X,Z)

f _{m,k} (M _y):	26.19 N/mm ²
f _{m,k} (M _z):	30.14 N/mm ²
f _{c,0,k} :	21.00 N/mm ²
f _{c,90,k} :	2.50 N/mm ²
f _{t,0,k} :	15.82 N/mm ²
f _{t,90,k} :	0.40 N/mm ²
f _{v,k} (V _z):	4.00 N/mm ²
f _{v,k} (V _y):	4.00 N/mm ²
E _{mean} :	11000 N/mm ²
G _{mean} :	690 N/mm ²
E 0.05:	7400 N/mm ²

Liite 7 2(6). Kattoniskojen mitoitus. Tulokset.

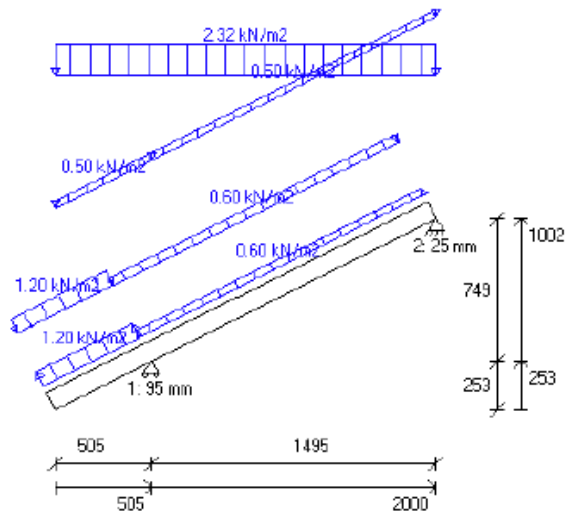
Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

6.8.2023

G 0.05:	460 N/mm ²
Tilavuuspaino:	5.00 kN/m ³ (omapainon laskentaa varten)
km-kerroin:	0.70
kcr-kerroin:	1.00
<hr/>	
Osavarmuusluku:	1.30
<hr/>	
Aikaluokka:	kmod:
Pysyvä:	0.600
Pitkäaikainen:	0.700
Keskipitkä:	0.800
Lyhytaikainen:	0.900
Hetkellinen:	1.100
<hr/>	
kdef:	0.800
<hr/>	

**KUORMITUSTIEDOT:**

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Rakenneosan paino: QZ = 0.023 kN/m x = 0 - 2237 mm

Pintakuorma 1: QZ = 0.500 kN/m² x = 0 - 565 mm

Pintakuorma 2: QZ = 0.500 kN/m² x = 565 - 2237 mm

Lumikuorma (Lumikuorma Sk>=2.75 kN/m², Keskipitkä):

Liite 7 3(6). Kattoniskojen mitoitus. Tulokset.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

6.8.2023

 Pintakuorma: 1: $Q_Z = 2.320 \text{ kN/m}^2$ $x = 0 - 2237 \text{ mm}$

Tuulikuorma (alas) (Tuulikuorma, Hetkellinen):

Pintakuorma: 1: $Q_z = 1.200 \text{ kN/m}^2$ $x = 0 - 565 \text{ mm}$ Pintakuorma: 2: $Q_z = 0.600 \text{ kN/m}^2$ $x = 565 - 2237 \text{ mm}$

Tuulikuorma (ylös) (Tuulikuorma, Hetkellinen):

Pintakuorma: 1: $Q_z = -1.200 \text{ kN/m}^2$ $x = 0 - 565 \text{ mm}$ Pintakuorma: 2: $Q_z = -0.600 \text{ kN/m}^2$ $x = 565 - 2237 \text{ mm}$

KUORMITUSYHDISTELMÄT:

Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.35*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Lumikuorma

Yhdistelmä 3 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Lumikuorma + 1.00*1.50*0.60*Tuulikuorma (alas)

Yhdistelmä 4 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Lumikuorma + 1.00*1.50*Tuulikuorma (alas)

Yhdistelmä 5 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Lumikuorma + 1.00*1.50*0.60*Tuulikuorma (ylös)

Yhdistelmä 6 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Lumikuorma + 1.00*1.50*Tuulikuorma (ylös)

Yhdistelmä 7 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Tuulikuorma (alas)

Yhdistelmä 8 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Tuulikuorma (ylös)

Yhdistelmä 9 (MRT, Hetkellinen)

0.90*Omapaino + 1.00*1.50*Tuulikuorma (ylös)

Yhdistelmä 10 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.15*Omapaino

Yhdistelmä 11 (MRT, Pysyvä)

0.90*Omapaino

Yhdistelmä 12 (KRT)

Liite 7 4(6). Kattoniskojen mitoitus. Tulokset.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

6.8.2023

1.00*Omapaino

Yhdistelmä 13 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Lumikuorma

Yhdistelmä 14 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Tuulikuorma (alas)

Yhdistelmä 15 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Lumikuorma + 1.00*Tuulikuorma (alas)

Yhdistelmä 16 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Tuulikuorma (ylös)

Yhdistelmä 17 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Lumikuorma + 1.00*Tuulikuorma (ylös)

MITOITUS:

Mitoitusstandardi:

EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + A2:2014 + RIL 205-1:2017

Kokonaiskäyttöaste:

45.3 %

MITOITUSPARAMETRIT:Taipumaraja $W_{net,fin}$: L/200

Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00

Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00

Nurjahdus z-suuntaan: $L_c = 1.00 \cdot L$ Nurjahdus y-suuntaan: $L_c = 400.00 \text{ mm}$ Kiepahdus taivutuksesta M_y (y-askelin suhteen):Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella: $L_{k1} = 400.00 \text{ mm}$ Kiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: $L_{k2} = 600.00 \text{ mm}$ $L_{ef1} = L_{k1}$ ja $L_{ef2} = L_{k2}$ (Esim. kuormitus neutraaliakselilla/kiepahdustukien kautta)HUOM! L_{k1} :ta käytetään, kun $M_y > 0$ ja L_{k2} :ta, kun $M_y < 0$ **MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:**

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste %:	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	1.86 kN	7.64 kN	24.4 %	565 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Veto:	1.14 kN	62.33 kN	1.8 %	2237 mm	Yhdistelmä 6/1, Hetkellinen
Puristus:	0.93 kN	40.92 kN	2.3 %	565 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Taivutus (M_y):	0.55 kNm	1.21 kNm	45.2 %	1510 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
(ilman kiepahdusta):	0.55 kNm	1.21 kNm	45.2 %	1510 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Taivutus+veto:	0.45	1.00	45.3 %	1510 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
($M_y=0.55 \text{ kNm}$, $M_z=0.00 \text{ kNm}$, $N_x=0.01 \text{ kN}$)					
Taivutus+puristus:	0.45	1.00	45.2 %	1454 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
($M_y=0.55 \text{ kNm}$, $M_z=0.00 \text{ kNm}$, $N_x=0.04 \text{ kN}$)					
Tukipaine, tuki 1:	2.99 kN	17.17 kN	17.4 %	565 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Liite 7 5(6). Kattoniskojen mitoitus. Tulokset.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

6.8.2023

Tukipainekerroin = 2.45

Tukipaine, tuki 2: 1.48 kN 5.54 kN 26.8 % 2237 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Tukipainekerroin = 3.00

Vasen uloke, Wz,inst: -1.5 mm -- mm -- % 0 mm Yhdistelmä 13/1

Vasen uloke, Wz,net,fin: -2.0 mm -- mm -- % 0 mm Yhdistelmä 13/1

jänneväli 1, Wz,inst: 2.8 mm -- mm -- % 1454 mm Yhdistelmä 13/1

jänneväli 1, Wz,net,fin: 3.6 mm 8.4 mm 42.8 % 1454 mm Yhdistelmä 13/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):

1.15°Omapaino + 1.50°Lumikuorma

Yhdistelmä 6/1 (Hetkellinen):

1.15°Omapaino + 1.05°Lumikuorma + 1.50°Tuulikuorma (ylös)

Yhdistelmä 13/1 :

1.00°Omapaino + 1.00°Lumikuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
Nx,max	1.28 kN	565 mm
Vz,max	2.20 kN	565 mm
My,max	0.62 kNm	1510 mm

TUKIREAKTIOT:

FX:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	0.00 kN	0.00 kN	0.00 kN	0.00 kN
2:	0.68 kN	-0.68 kN	0.45 kN	-0.45 kN

FZ:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	4.13 kN	-0.87 kN	2.66 kN	-0.38 kN
2:	1.69 kN	0.17 kN	1.16 kN	0.21 kN

- Tukipisteisiin syntyy nostetta, varmista ankkurointi

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapaus: Omapaino

Tuki: FZ [kN]:

1: 0.48

2: 0.24

Kuormitustapaus: Lumikuorma

Tuki: FZ [kN]:

1: 1.86

Liite 7 6(6). Kattoniskojen mitoitus. Tulokset.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

6.8.2023

2:	0.92	
<hr/>		
Kuormitustapaus:	Tuulikuorma (alas)	
Tuki:	FX [kN]:	FZ [kN]:
1:	0.00	0.87
2:	-0.45	0.03

Kuormitustapaus:	Tuulikuorma (ylös)	
Tuki:	FX [kN]:	FZ [kN]:
1:	0.00	-0.87
2:	0.45	-0.03

HUOMIOT:

- EN 1995-1-1-standardin, sen täydennysosien A1:2008, A2:2014 ja Suomen kansallisten liitteiden sekä RIL 205-1-2017 -suunnitteluohjeen mukainen laskenta
- VTT on tehnyt kolmannen osapuolen tarkistuksen ohjelmalle (VTT-S-03665-17 ja VTT-S-05393-17)
- MRT = Murtorajatila, KRT = Käyttörajatila
- *) Yhteisvaikutustarkasteluissa %-luku tarkoittaa mitoitusarvon ja raja-arvon suhdetta, ei todellista käyttöastetta
- Liittyvän alapuolisen rakenteen tukipainekestävyys tulee tarkistaa erikseen
- Mitoituksessa ei huomioida ulokkeiden alle 20 mm taipumaa ylöspäin
- Värähtely- ja taipumatarkastelua ei tehdä alle 200 mm pituisille ulokkeille
- Leikkausmuodonmuutos on mukana käyttöraja-tilamitoituksessa
- Leikkausmuodonmuutos ei ole mukana voimasuureiden laskennassa
- Rakenneosan koon vaikutus lujuuteen on otettu huomioon ominaisarvoissa kertoimilla kh ja kl
- Suunnittelijan tulee kiinnittää huomiota myös rakennedetailleihin ja varmistaa, ettei rakenteisiin muodostu vesitaskuja
- Kuormitustiedoissa esitetään lumikuorman ominaisarvo katolla.

Tämä on saatu kertomalla maassa oleva ominaislumikuorma katon muotokertoimella

Laskelmissa ei ole huomioitu rakennusaikaisia kuormia eikä kosteusolosuhteita. Mahdolliset rakennusaikaiset lisätuennat on mitoitettava erikseen. Rakennuksen kokonaisjäykistystä ja siitä johtuvia vaakavoimia ei ole huomioitu. Rakenneosan (palkki, pilari, laatta) soveltuvuus kokonaisuuteen on päärakennesuunnittelijan tarkistettava erikseen.

Finnwood-ohjelmistolla tehdyt laskelmat ja tulosteet ovat voimassa vain ohjelmistoon tallennettujen Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Woodin tuotteiden kanssa. Nämä tuotteet on tarvittaessa osoitettava rakennuspaikalla hankkeen osapuolille sekä viranomaisille. Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood tai sen tytäryhtiöt eivät vastaa käyttäjälle tai kolmannelle osapuolelle muiden valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä Finnwood-ohjelmistossa, ohjelmiston perusteella näin tehdyistä laskelmista ja tulosteista tai kolmansien valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä aiheutuneista virheistä, menetyksistä tai vahingoista. Näitä ehtoja ei saa poistaa tulosteesta.

Liite 8. Ylityspalkin pistekuormien laskenta

Pistekuormat seinän ylityspalkki

$$Kuormaleveys = 1.25 \text{ m}$$

Pysyvät kuormat:

$$Osb = 0.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Kattohuopa = 0.08 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Aluskermi = 0.03 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Puurakenteet = 0.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Eristeet = 0.05 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Ylityspalkki = 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 51 \text{ mm} \cdot 200 \text{ mm} = 0.051 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Pysyvät kuormat yhteensä:

$$gk = (Osb + Kattohuopa + Aluskermi + Puurakenteet + Eristeet) \cdot Kuormaleveys = 0.45 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$gk = gk = 0.45 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Muuttuvat kuormat:

$$sk = 2.9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$qk = sk \cdot 0.8 \cdot Kuormaleveys = 2.9 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Pistekuorman suuruus:

$$L = 425 \text{ mm}$$

$$F = (1.15 \cdot gk + 1.5 \cdot qk) \cdot L = 2.069 \text{ kN}$$

Liite 9. Ylityspalkin mitoitus.

Seinän ylityspalkin mitoitus

- aikaluokka: keskipitkä
- käyttöluokka: 2
- Max. taivutusmomentti: 8,7 kNm

Mitoitusehdot:

$$m.d = Fm.d$$

$$m.d = Md/W$$

$$Fm.d = k_{mod} \cdot k_h \cdot (f_m \cdot k)$$

Lähtötiedot:

$$b := 100 \text{ mm}$$

$$h := 150 \text{ mm}$$

$$k_{mod} := 0.8$$

$$f_m \cdot k := 24 \frac{N}{mm^2}$$

$$\gamma_m := 1.3$$

$$k_h := 1.0$$

$$k_m := 1$$

$$Fm.d := k_{mod} \cdot k_h \cdot \frac{f_m \cdot k}{\gamma_m} = 14.769 \frac{N}{mm^2}$$

$$Md := 3.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W := \frac{b \cdot h^2}{6} = 13.75 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m.d} := \frac{Md}{W} = 9.333 \frac{N}{mm^2}$$

$$\frac{\sigma_{m.d}}{Fm.d} = 0.632 \quad \text{Käyttöaste} := \frac{\sigma_{m.d}}{Fm.d} \cdot 100 = 63.194$$

Liite 10. Terassin vaakapalkin kuormitus ja mitoitus.

Terassin poikittaispalkin kuormitus ja mitoitus

Palkin pituus: 3m

Palkin oletettu halkaisija: 130mm

Lähtötiedot:

$$sk := 2.9 \frac{kN}{m^2}$$

$$gk := 0.5 \frac{kN}{m^2}$$

$$L := 3 \text{ m}$$

$$d := 130 \text{ mm}$$

$$kmod := 0.8$$

$$fm.k := 24 \frac{N}{mm^2}$$

$$\gamma_m := 1.3$$

$$kh := 1$$

$$Fm.d := kmod \cdot kh \cdot \left(\frac{fm.k}{\gamma_m} \right) = 14.769 \frac{N}{mm^2}$$

$$A := 1.2 \text{ m} \cdot 1.5 \text{ m} = 1.8 \text{ m}^2$$

$$F := (1.15 \cdot gk + 1.5 \cdot (sk \cdot 0.8)) \cdot A = 7.299 \text{ kN}$$

$$Md := \frac{F \cdot L}{4} = 5.474 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W := \frac{\pi \cdot d^3}{32} = 1.2157 \cdot 10^5, \text{ mm}^3$$

$$\sigma_m.d := \frac{Md}{W} = 25.38 \frac{N}{mm^2}$$

$$\frac{\sigma_m.d}{Fm.d} = 1.718$$

$$Käyttöaste := \frac{\sigma_m.d}{Fm.d} \cdot 100 = 171.845$$

Selvitetään riittävä halkaisija:

$$dl := 156 \text{ mm}$$

$$Wl := \frac{\pi \cdot dl^3}{32} = 1.3727 \cdot 10^5, \text{ mm}^3$$

$$\sigma_m.d.l := \frac{Md}{Wl} = 14.688 \frac{N}{mm^2}$$

$$\frac{\sigma_m.d.l}{Fm.d} = 0.994$$

$$Käyttöaste.l := \frac{\sigma_m.d.l}{Fm.d} \cdot 100 = 99.45$$

Liite 11 1(5). Terassin vaakapalkin mitoitus C24 puutavarakke.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

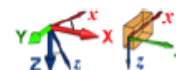
13.8.2023

Laskelmat on tehty alla olevilla lähtötiedoilla vain kyseiselle rakenneosalle. Laskelmissa esitetty rakenneosan pituus ei ole tilausmitta. Tilausmitassa on otettava huomioon esim. tuennan vaatima lisäpituus.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

RIL 205-1:2017 (30.12.2021)

Rakennemitoitus ilman onnettomuus-/palotilannetta



PROJEKTITIEDOT:

Nimi: ?

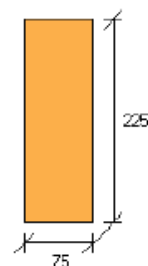
C:\Users\antti\Desktop\Opinnäytetyö Antti\Laskentatulokset\Terassin yläosan vaakapalkki.s01

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Kattopalkki/laatta
 Materiaali: C24
 Poikkileikkaus: 75x225
 (B=75 mm, H=225 mm, A=16875 mm², I_y=71191406 mm⁴, W_y=632812 mm³)
 Käyttöluokka: 2
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)

Uloke-/jännevälipituudet:

Uloke/jänneväli: Vaakamitta [mm]:
 Jänneväli 1: 3000.0
 Yhteensä: 3000.0



Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	0	100	Liukutuki (Z)
2:	3000	100	Kiinteä niveltuki (X,Z)

f _{m,k} (M _y):	24.00 N/mm ²
f _{m,k} (M _z):	27.57 N/mm ²
f _{c,0,k} :	21.00 N/mm ²
f _{c,90,k} :	2.50 N/mm ²
f _{t,0,k} :	14.50 N/mm ²
f _{t,90,k} :	0.40 N/mm ²
f _{v,k} (V _z):	4.00 N/mm ²
f _{v,k} (V _y):	4.00 N/mm ²
E _{mean} :	11000 N/mm ²
G _{mean} :	690 N/mm ²
E 0.05:	7400 N/mm ²
G 0.05:	460 N/mm ²
Tilavuuspaino:	5.00 kN/m ³ (omapainon laskentaa varten)
km-kerroin:	0.70

Liite 11 2(5). Terassin vaakapalkin mitoitus C24 puutavaraalle.

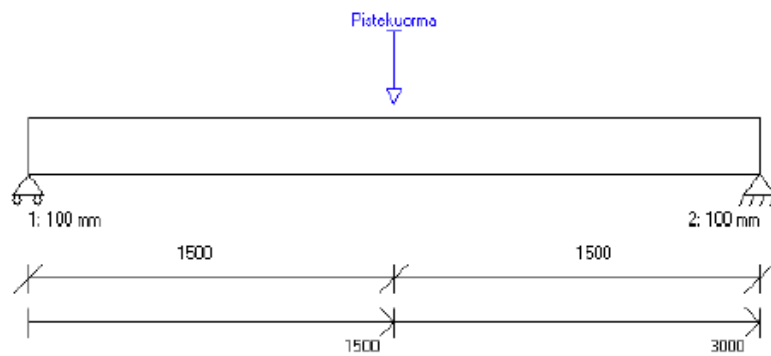
Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

13.8.2023

kcr-kerroin:	1.00
Osavarmuuskertoimen:	1.30
Aikaluokka:	kmod:
Pysyvä:	0.600
Pitkäaikainen:	0.700
Keskipitkä:	0.800
Lyhytaikainen:	0.900
Hetkellinen:	1.100
kdef:	0.800

**KUORMITUSTIEDOT:**

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Rakennesan paino: $QZ = 0.084 \text{ kN/m}$ $x = 0 - 3000 \text{ mm}$ Lumikuorma (Lumikuorma $Sk < 2.75 \text{ kN/m}^2$, Keskipitkä):Pistekuorma: 1: $FZ = 7.30 \text{ kN}$ $x = 1500.0 \text{ mm}$ (Pistekuorma)**KUORMITUSYHDISTELMÄT:**

Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)

Liite 11 3(5). Terassin vaakapalkin mitoitus C24 puutavaralle.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

13.8.2023

1.00*1.35*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Lumikuorma

Yhdistelmä 4 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Lumikuorma

Yhdistelmä 7 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.15*Omapaino

Yhdistelmä 9 (MRT, Pysyvä)

0.90*Omapaino

Yhdistelmä 12 (KRT)

1.00*Omapaino

Yhdistelmä 13 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Lumikuorma

Yhdistelmä 15 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Lumikuorma

MITOITUS:

Mitoitusstandardi:

EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + A2:2014 + RIL 205-1:2017

Kokonaiskäyttöaste:

89.0 %

MITOITUSPARAMETRIT:Taipumaraja $W_{net,fin}$: L/300

Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00

Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00

Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)

Kiepahdus taivutuksesta M_y (y-askelin suhteen):Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella: L_{k1} = Päätukien välimatkaKiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: L_{k2} = Päätukien välimatka $L_{ef1} = L_{k1}$ ja $L_{ef2} = L_{k2}$ (Esim. kuormitus neutraaliakselilla/kiepahdustukien kautta)HUOM! L_{k1} :ta käytetään, kun $M_y > 0$ ja L_{k2} :ta, kun $M_y < 0$ **MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:**

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste %):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	5.62 kN	27.69 kN	20.3 %	3000 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Taivutus (M_y):	8.32 kNm	9.35 kNm	89.0 %	1500 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
(ilman kiepahdusta):	8.32 kNm	9.35 kNm	89.0 %	1500 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipaine, tuki 1:	5.62 kN	22.50 kN	25.0 %	0 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipaine kerroin = 1.95					

Liite 11 4(5). Terassin vaakapalkin mitoitus C24 puutavaraalle.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

13.8.2023

Tukipaine, tuki 2:	5.62 kN	22.50 kN	25.0 %	3000 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.95					
jänneväli 1, Wz,fin:	7.0 mm	– mm	– %	1500 mm	Yhdistelmä 13/1
jänneväli 1, Wz,net,fin:	7.0 mm	10.0 mm	69.6 %	1500 mm	Yhdistelmä 13/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Lumikuorma

Yhdistelmä 13/1 :

1.00*Omapaino + 1.00*Lumikuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
Vz,max	5.62 kN	3000 mm
My,max	8.32 kNm	1500 mm

TUKIREAKTIOT:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	5.62 kN	0.11 kN	3.78 kN	0.13 kN
2:	5.62 kN	0.11 kN	3.78 kN	0.13 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapa:	Omapaino
Tuki:	FZ [kN]:
1:	0.13
2:	0.13

Kuormitustapa:	Lumikuorma
Tuki:	FZ [kN]:
1:	3.65
2:	3.65

HUOMIOT:

- EN 1995-1-1-standardin, sen täydennysosien A1:2008, A2:2014 ja Suomen kansallisten liitteiden sekä RIL 205-1-2017 -suunnitteluohjeen mukainen laskenta
- VTT on tehnyt kolmannen osapuolen tarkistuksen ohjelmalle (VTT-S-03665-17 ja VTT-S-05393-17)
- MRT = Murtorajatila, KRT = Käyttörajatila
- *) Yhteisvaikutustarkasteluissa %-luku tarkoittaa mitoitusarvon ja raja-arvon suhdetta, ei todellista käyttöastetta
- Liittyvän alapuolisen rakenteen tukipainekestävyys tulee tarkistaa erikseen
- Mitoituksessa ei huomioida ulokkeiden alle 20 mm taipumaa ylöspäin
- Värähtely- ja taipumatarkastelua ei tehdä alle 200 mm pituisille ulokkeille

Liite 11 5(5). Terassin vaakapalkin mitoitus C24 puutavaralle.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

13.8.2023

-
- Leikkausmuodonmuutos on mukana käyttörajatilamitoituksessa
 - Leikkausmuodonmuutos ei ole mukana voimasuureiden laskennassa
 - Rakennneosan koon vaikutus lujuuteen on otettu huomioon ominaisarvoissa kertoimilla kh ja kl
 - Suunnittelijan tulee kiinnittää huomiota myös rakennedetaljeihin ja varmistaa, ettei rakenteisiin muodostu vesitaskuja
 - Kuormitustiedoissa esitetään lumikuorman ominaisarvo katolla.
Tämä on saatu kertomalla maassa oleva ominaislumikuorma katon muotokertoimella
-

Laskelmissa ei ole huomioitu rakennusaikaisia kuormia eikä kosteusolosuhteita. Mahdolliset rakennusaikaiset lisätuennat on mitoitettava erikseen. Rakennuksen kokonaisjäykistystä ja siitä johtuvia vaakavoimia ei ole huomioitu. Rakennneosan (palkki, pilari, laatta) soveltuvuus kokonaisuuteen on päärakennesuunnittelijan tarkistettava erikseen.

Finnwood-ohjelmistolla tehdyt laskelmat ja tulosteet ovat voimassa vain ohjelmistoon tallennettujen Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Woodin tuotteiden kanssa. Nämä tuotteet on tarvittaessa osoitettava rakennuspaikalla hankkeen osapuolille sekä viranomaisille. Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood tai sen tytäryhtiöt eivät vastaa käyttäjälle tai kolmannelle osapuolelle muiden valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä Finnwood-ohjelmistossa, ohjelmiston perusteella näin tehdyistä laskelmista ja tulosteista tai kolmansien valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä aiheutuneista virheistä, menetyksistä tai vahingoista. Näitä ehtoja ei saa poistaa tulosteesta.

Liite 12 1(5). Terassin vaakapalkin mitoitus GL24c liimapuutavaralle.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

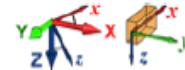
13.8.2023

Laskelmat on tehty alla olevilla lähtötiedoilla vain kyseiselle rakenneosalle. Laskelmissa esitetty rakenneosan pituus ei ole tilausmitta. Tilausmitassa on otettava huomioon esim. tuennan vaatima lisäpituus.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

RIL 205-1:2017 (30.12.2021)

Rakennemitoitus ilman onnettomuus-/palotilannetta



PROJEKTITIEDOT:

Nimi: ?

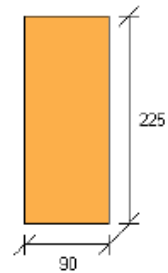
C:\Users\antti\Desktop\Opinnäytetyö Antti\Laskentatulokset\Terassin yläosan vaakapalkki.s01

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Kattopalkki/laatta
 Materiaali: GL24c
 Poikkileikkaus: 90x225
 (B=90 mm, H=225 mm, A=20250 mm², I_y=85429688 mm⁴, W_y=759375 mm³)
 Käyttöluokka: 2
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)

Uloke-/jännevälipituudet:

Uloke-/jänneväli: Vaakamitta [mm]:
 Jänneväli 1: 3000.0
 Yhteensä: 3000.0



Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	0	100	Liukutuki (Z)
2:	3000	100	Kiinteä niveltuki (X,Z)

f_{m,k} (M_y): 26.40 N/mm²
 f_{m,k} (M_z): 24.00 N/mm²
 f_{c,0,k}: 21.50 N/mm²
 f_{c,90,k}: 2.50 N/mm²
 f_{t,0,k}: 18.70 N/mm²
 f_{t,90,k}: 0.50 N/mm²
 f_{v,k} (V_z): 3.50 N/mm²
 f_{v,k} (V_y): 3.50 N/mm²
 E_{mean}: 11000 N/mm²
 G_{mean}: 650 N/mm²
 E 0.05: 9100 N/mm²
 G 0.05: 540 N/mm²
 Tilavuuspaino: 5.00 kN/m³ (omapainon laskentaa varten)
 km-kerroin: 0.70

Liite 12 2(5). Terassin vaakapalkin mitoitus GL24c liimapuutavaralle.

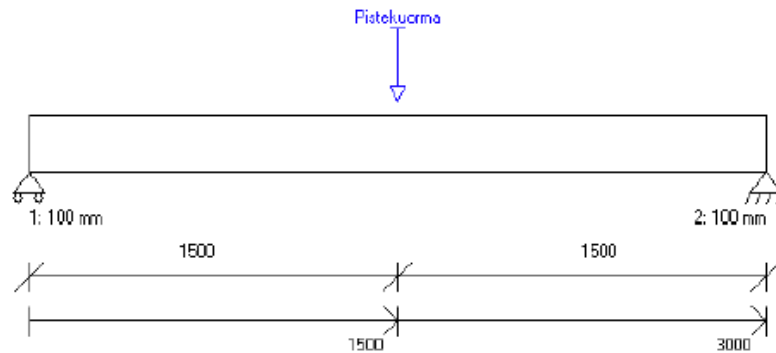
Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

13.8.2023

kcr-kerroin:	1.00
Osavarmuusluku:	1.25
Aikaluokka:	kmod:
Pysyvä:	0.600
Pitkäaikainen:	0.700
Keskipitkä:	0.800
Lyhytaikainen:	0.900
Hetkellinen:	1.100
kdef:	0.800



KUORMITUSTIEDOT:

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Rakenneosan paino: $QZ = 0.101 \text{ kN/m}$ $x = 0 - 3000 \text{ mm}$

Lumikuorma (Lumikuorma $Sk < 2.75 \text{ kN/m}^2$, Keskipitkä):

Pistekuorma: 1: $FZ = 7.30 \text{ kN}$ $x = 1500.0 \text{ mm}$ (Pistekuorma)

KUORMITUSYHDISTELMÄT:

Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)

Liite 12 3(5). Terassin vaakapalkin mitoitus GL24c liimapuutavaralle.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

13.8.2023

1.00*1.35*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Lumikuorma

Yhdistelmä 4 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Lumikuorma

Yhdistelmä 7 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.15*Omapaino

Yhdistelmä 9 (MRT, Pysyvä)

0.90*Omapaino

Yhdistelmä 12 (KRT)

1.00*Omapaino

Yhdistelmä 13 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Lumikuorma

Yhdistelmä 15 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Lumikuorma

MITOITUS:

Mitoitusstandardi: EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + A2:2014 + RIL 205-1:2017

Kokonaiskäyttöaste: 65.0 %

MITOITUSPARAMETRI:Taipumaraja $W_{net,fin}$: L/300

Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00

Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00

Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)

Kiepahdus taivutuksesta M_y (y-askelin suhteen):Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella: L_{k1} = Päätukien välimatkaKiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: L_{k2} = Päätukien välimatka L_{ef1} = L_{k1} ja L_{ef2} = L_{k2} (Esim. kuormitus neutraaliakselilla/kiepahdustukien kautta)HUOM! L_{k1} :ta käytetään, kun $M_y > 0$ ja L_{k2} :ta, kun $M_y < 0$ **MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:**

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste %:	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	5.65 kN	30.24 kN	18.7 %	3000 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Taivutus (M_y):	8.34 kNm	12.83 kNm	65.0 %	1500 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
(ilman kiepahdusta):	8.34 kNm	12.83 kNm	65.0 %	1500 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipaine, tuki 1:	5.65 kN	32.76 kN	17.2 %	0 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipaine kerroin = 2.27					

Liite 12 4(5). Terassin vaakapalkin mitoitus GL24c liimapuutavaralle.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

13.8.2023

Tukipaine, tuki 2:	5.65 kN	32.76 kN	17.2 %	3000 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipaine kerroin = 2.27					
jänneväli 1, Wz,fin:	5.9 mm	– mm	– %	1500 mm	Yhdistelmä 13/1
jänneväli 1, Wz,net,fin:	5.9 mm	10.0 mm	58.7 %	1500 mm	Yhdistelmä 13/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):

1.15°Omapaino + 1.50°Lumikuorma

Yhdistelmä 13/1 :

1.00°Omapaino + 1.00°Lumikuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
Vz,max	5.65 kN	3000 mm
My,max	8.34 kNm	1500 mm

TUKIREAKTIOT:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	5.65 kN	0.14 kN	3.80 kN	0.15 kN
2:	5.65 kN	0.14 kN	3.80 kN	0.15 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapaus:	Omapaino
Tuki:	FZ [kN]:
1:	0.15
2:	0.15
Kuormitustapaus:	Lumikuorma
Tuki:	FZ [kN]:
1:	3.65
2:	3.65

HUOMIOT:

- EN 1995-1-1-standardin, sen täydennysosien A1:2008, A2:2014 ja Suomen kansallisten liitteiden sekä RIL 205-1-2017 -suunnitteluohjeen mukainen laskenta
- VTT on tehnyt kolmannen osapuolen tarkistuksen ohjelmalle (VTT-S-03665-17 ja VTT-S-05393-17)
- MRT = Murtorajatila, KRT = Käyttörajatila
- *) Yhteisvaikutustarkasteluissa %-luku tarkoittaa mitoitusarvon ja raja-arvon suhdetta, ei todellista käyttöastetta
- Liittyvän alapuolisen rakenteen tukipainekestävyys tulee tarkistaa erikseen
- Mitoituksessa ei huomioida ulokkeiden alle 20 mm taipumaa ylöspäin
- Värähtely- ja taipumatarkastelua ei tehdä alle 200 mm pituisille ulokkeille

Liite 12 5(5). Terassin vaakapalkin mitoitus GL24c liimapuutavaralle.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

13.8.2023

-
- Leikkausmuodonmuutos on mukana käyttörajatilamitoituksessa
 - Leikkausmuodonmuutos ei ole mukana voimasuureiden laskennassa
 - Rakenneosan koon vaikutus lujuteen on otettu huomioon ominaisarvoissa kertoimilla kh ja kl
 - Suunnittelijan tulee kiinnittää huomiota myös rakennedetailleihin ja varmistaa, ettei rakenteisiin muodostu vesitaskuja
 - Kuormitustiedoissa esitetään lumikuorman ominaisarvo katolla.
Tämä on saatu kertomalla maassa oleva ominaislumikuorma katon muotokertoimella
-

Laskelmissa ei ole huomioitu rakennusaikaisia kuormia eikä kosteusolosuhteita. Mahdolliset rakennusaikaiset lisätuennat on mitoitettava erikseen. Rakennuksen kokonaisjäykistystä ja siitä johtuvia vaakavoimia ei ole huomioitu. Rakenneosan (palkki, pilari, laatta) soveltuvuus kokonaisuuteen on päärakennesuunnittelijan tarkistettava erikseen.

Finnwood-ohjelmistolla tehdyt laskelmat ja tulosteet ovat voimassa vain ohjelmistoon tallennettujen Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Woodin tuotteiden kanssa. Nämä tuotteet on tarvittaessa osoitettava rakennuspaikalla hankkeen osapuolille sekä viranomaisille. Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood tai sen tytäryhtiöt eivät vastaa käyttäjälle tai kolmannelle osapuolelle muiden valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä Finnwood-ohjelmistossa, ohjelmiston perusteella näin tehdyistä laskelmista ja tulosteista tai kolmansien valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä aiheutuneista virheistä, menetyksistä tai vahingoista. Näitä ehtoja ei saa poistaa tulosteesta.

Liite 13 1(2). Hirsiseinän kantavuusmitoitus.

Hirsiseinän kantavuusmitoitus

Höylähirrestä valmistetun hirsiseinän ja nurkkien kantavuusmitoitus.

Lähtöarvot ja käytön edellytykset hirsiseinän kantavuusmitoitukselle (RT 82-11168):

$$f_{c,90,k} := 1.0 \frac{N}{mm^2}$$

ominaispuristuslujuus

$$h_{max} := 3 \text{ m} = 3 \text{ m}$$

hirsiseinän maksimikorkeus

$$b_{nurkka} := 600 \text{ mm}$$

Ristinurkkan minimipituus. Laskelmissa ei saa hyödyntää suurempaa pituutta.

$$nurkkaväli_{max} := 8 \text{ m}$$

Ristinurkkien väli ei saa ylittää 8m. Kun ristinurkkien väli on 4...8m on seinän kapasiteetti sama kuin 4m pitkällä seinällä.

$$L := 3.2 \text{ m}$$

Hirren pituus kuormitetuimmalla seinällä

$$b_{hirsi.min} := 70 \text{ mm}$$

höylähirren minimipaksuus

$$b_{hirsi} := 100 \text{ mm}$$

hirren paksuus

$$b_{ef} := 0.75 \cdot b_{hirsi}$$

puristetun sauvan mitoitussleveys, höylähirrelle kerroin=0,75

Ristinurkka:

$$F_{ristinurkka} := b_{nurkka} \cdot f_{c,90,k} \cdot b_{ef} = 45 \text{ kN}$$

Seinähirsi:

$$F_{seinähirsi} := f_{c,90,k} \cdot L \cdot b_{ef} = 240 \text{ kN}$$

Ristinurkallinen seinä:

$$F_{seinä} := 2 \cdot F_{ristinurkka} + F_{seinähirsi} = 330 \text{ kN}$$

Liite 13 2(2). Hirsiseinän kantavuusmitoitus.

Seinälle vaikuttavan ominaiskuorman suurin arvo murtorajatilassa (seinän murtokuorma):

$$k_{mod} := 0.5$$

Materiaalin käyttö- ja aikaluokan mukainen kerroin. Tässä käyttöluokka 3 ja aikaluokka pysyvä

$$\gamma_M := 1.3$$

Materiaalin osavarmuusluku

$$F_k := \frac{(k_{mod} \cdot F_{seinä})}{1.5 \cdot \gamma_M} = 84.615 \text{ kN}$$

$$q_{k,max,seinä} := \frac{F_k}{L} = 26.442 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Laskennallisesti seinän murtokuorma on noin 85 kN ja 26 kN/m tilanteessa, jossa hirsisaunan seinähirret altistuvat sateelle ja vaihteleville sääolosuhteille.

Seinälle tuleva kuormitus katolta:

Omapaino ja hyötykuorma:

$$Kuorma.leveys := 1.25 \text{ m}$$

kuorman kertymisleveys

$$O_{sb} := 0.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Kattohuopa := 0.08 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Aluskermi := 0.03 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Puurakenteet := 0.15 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$g_k := (O_{sb} + Kattohuopa + Aluskermi + Puurakenteet) \cdot Kuorma.leveys = 0.45 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$s_k := 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_k := s_k \cdot 0.8 \cdot Kuorma.leveys = 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Sivuseinän kuormitus murtorajatilassa (omapaino ja lumikuorma):

$$MRT1 := 1.15 \cdot g_k + 1.5 \cdot q_k = 5.018 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Täyttyykö_mitoitusehto1 := \text{if}(MRT1 < q_{k,max,seinä}, \text{"ok"}, \text{"virhe"}) = \text{"ok"}$$

Tulos: Ulkosaunan hirsiset sivuseinät kestävät täyden lumikuorman ja rakenteen omapainon.

Liite 14 1(5). Terassin pilarien mitoitus.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

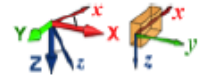
6.8.2023

Laskelmat on tehty alla olevilla lähtötiedoilla vain kyseiselle rakenneosalle. Laskelmissa esitetty rakenneosan pituus ei ole tilausmitta. Tilausmitassa on otettava huomioon esim. tuennan vaatima lisäpituus.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

RIL 205-1-2017 (30.12.2021)

Rakennemitoitus ilman onnettomuus-/palotilannetta



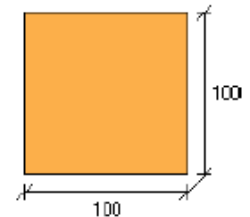
PROJEKTITIEDOT:

Nimi: ?

C:\Users\antti\Desktop\Opinnäytetyö Antti\Pilarin mitoitus.s01

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Pilari
 Materiaali: C24
 Poikkileikkaus: 100x100
 (B=100 mm, H=100 mm, A=10000 mm², I_y=8333333 mm⁴, W_y=166667 mm³)
 Käyttöluokka: 2
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)
 Kulma: 90.0 astetta



Uloke-/jännevälipituudet:

Uloke/jänneväli: Pystymitta [mm]:
 Jänneväli 1: 2200.0
 Yhteensä: 2200.0

Tuki: Sijainti x [mm]: Tyyppi:
 1: 0 Kiinteä niveltuki (X,Z)
 2: 2200 Liukutuki (X)

f_{m,k} (M_y): 26.03 N/mm²
 f_{m,k} (M_z): 26.03 N/mm²
 f_{c,0,k}: 21.00 N/mm²
 f_{c,90,k}: 2.50 N/mm²
 f_{t,0,k}: 15.72 N/mm²
 f_{t,90,k}: 0.40 N/mm²
 f_{v,k} (V_z): 4.00 N/mm²
 f_{v,k} (V_y): 4.00 N/mm²
 E_{mean}: 11000 N/mm²
 G_{mean}: 690 N/mm²
 E 0.05: 7400 N/mm²
 G 0.05: 460 N/mm²
 Tilavuuspaino: 5.00 kN/m³ (omapainon laskentaa varten)

Liite 14 2(5). Terassin pilarien mitoitus.

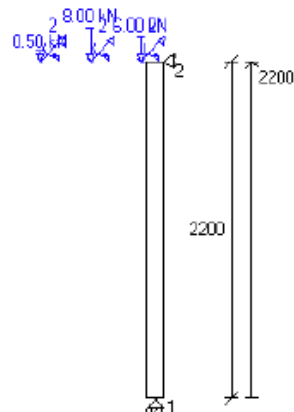
Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

6.8.2023

km-kerroin:	0.70
kcr-kerroin:	1.00
Osavarmuusluku:	1.30
Aikaluokka:	kmod:
Pysyvä:	0.600
Pitkäaikainen:	0.700
Keskipitkä:	0.800
Lyhytaikainen:	0.900
Hetkellinen:	1.100
kdef:	0.800

**KUORMITUSTIEDOT:**

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Pistekuorma: 1:	FZ = 0.50 kN	x = 2200.0 mm
Pistekuorma: 2:	My = -0.025 kNm	x = 2200.0 mm
Rakenneosan paino:	QZ = 0.050 kN/m	x = 0 - 2200 mm

Lumikuorma (Lumikuorma $S_k \geq 2.75$ kN/m², Keskipitkä):

Pistekuorma: 1:	FZ = 8.00 kN	x = 2200.0 mm
Pistekuorma: 2:	My = -0.400 kNm	x = 2200.0 mm

Liite 14 3(5). Terassin pilarien mitoitus.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

6.8.2023

 Tuulikuorma (Tuulikuorma, Hetkellinen):

Pistekuorma: 1: FZ = 6.00 kN x = 2200.0 mm

Pistekuorma: 2: My = -0.300 kNm x = 2200.0 mm

KUORMITUSYHDISTELMÄT:

Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)

0.90*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.35*Omapaino

Yhdistelmä 3 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.15*Omapaino

Yhdistelmä 4 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Lumikuorma

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Lumikuorma

Yhdistelmä 6 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Lumikuorma + 1.00*1.50*0.60*Tuulikuorma

Yhdistelmä 7 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Lumikuorma + 1.00*1.50*0.60*Tuulikuorma

Yhdistelmä 8 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Lumikuorma + 1.00*1.50*Tuulikuorma

Yhdistelmä 9 (KRT)

1.00*Omapaino

Yhdistelmä 10 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Lumikuorma

Yhdistelmä 11 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Lumikuorma

Yhdistelmä 12 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Lumikuorma + 1.00*Tuulikuorma

MITOITUS:

Mitoitusstandardi:

EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + A2:2014 + RIL 205-1:2017

Liite 14 4(5). Terassin pilarien mitoitus.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

6.8.2023

Kokonaiskäyttöaste: 45.3 %

MITOITUSPARAMETRIT:

Taipumaraja $W_{net,fin}$: L/300
 Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00
 Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00
 Nurjahdus z-suuntaan: $L_c = 1.00 \cdot L$
 Nurjahdus y-suuntaan: $L_c = 1.00 \cdot L$
 Kiepahdus on estetty

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste %:	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	0.41 kN	22.56 kN	1.8 %	90 mm	Yhdistelmä 7/1, Hetkellinen
Puristus:	18.10 kN	86.41 kN	20.9 %	0 mm	Yhdistelmä 7/1, Hetkellinen
Taivutus (My):	0.90 kNm	3.67 kNm	24.5 %	2200 mm	Yhdistelmä 7/1, Hetkellinen
Taivutus+puristus:	0.45	1.00	45.3 %	2200 mm	Yhdistelmä 7/1, Hetkellinen
(My=0.90 kNm, Mz=0.00 kNm, Nx=17.97 kN)					
jänneväli 1, $W_{z,inst}$:	-2.0 mm	-- mm	-- %	1265 mm	Yhdistelmä 12/1
jänneväli 1, $W_{z,net,fin}$:	-2.3 mm	7.3 mm	31.8 %	1265 mm	Yhdistelmä 12/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 7/1 (Hetkellinen):

1.15*Omapaino + 1.50*Lumikuorma + 0.90*Tuulikuorma

Yhdistelmä 12/1 :

1.00*Omapaino + 0.70*Lumikuorma + 1.00*Tuulikuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
$N_{x,max}$	18.10 kN	0 mm
$V_{z,max}$	0.41 kN	90 mm
$M_{y,max}$	0.90 kNm	2200 mm

TUKIREAKTIOT:

FX:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	0.41 kN	0.01 kN	0.28 kN	0.01 kN
2:	-0.01 kN	-0.41 kN	-0.01 kN	-0.28 kN

FZ:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	18.10 kN	0.55 kN	12.21 kN	0.61 kN
2:	0.00 kN	0.00 kN	0.00 kN	0.00 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Liite 14 5(5). Terassin pilarien mitoitus.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

6.8.2023

Kuormitustapaus:	Omapaino	
Tuki:	FX [kN]:	FZ [kN]:
1:	0.01	0.61
2:	-0.01	0.00
Kuormitustapaus:	Lumikuorma	
Tuki:	FX [kN]:	FZ [kN]:
1:	0.18	8.00
2:	-0.18	0.00
Kuormitustapaus:	Tuulikuorma	
Tuki:	FX [kN]:	FZ [kN]:
1:	0.14	6.00
2:	-0.14	0.00

HUOMIOT:

- EN 1995-1-1-standardin, sen täydennysosien A1:2008, A2:2014 ja Suomen kansallisten liitteiden sekä RIL 205-1-2017 -suunnitteluohjeen mukainen laskenta
- VTT on tehnyt kolmannen osapuolen tarkistuksen ohjelmalle (VTT-S-03665-17 ja VTT-S-05393-17)
- MRT = Murtorajatila, KRT = Käyttörajatila
- *) Yhteisvaikutustarkasteluissa %-luku tarkoittaa mitoitusarvon ja raja-arvon suhdetta, ei todellista käyttöastetta
- Liittyvän alapuolisen rakenteen tukipainekestävyys tulee tarkistaa erikseen
- Mitoituksessa ei huomioida ulokkeiden alle 20 mm taipumaa ylöspäin
- Värähtely- ja taipumatarkastelua ei tehdä alle 200 mm pituisille ulokkeille
- Leikkausmuodonmuutos on mukana käyttöraja-tilamitoituksessa
- Leikkausmuodonmuutos ei ole mukana voimasuureiden laskennassa
- Rakennesan koon vaikutus lujuuteen on otettu huomioon ominaisarvoissa kertoimilla kh ja kl
- Suunnittelijan tulee kiinnittää huomiota myös rakennedetailihin ja varmistaa, ettei rakenteisiin muodostu vesitaskuja

Laskelmissa ei ole huomioitu rakennusaikaisia kuormia eikä kosteusolosuhteita. Mahdolliset rakennusaikaiset lisätuennat on mitoitettava erikseen. Rakennuksen kokonaisjäykistystä ja siitä johtuvia vaakavoimia ei ole huomioitu. Rakennesan (palkki, pilari, laatta) soveltuvuus kokonaisuuteen on päärakennesuunnittelijan tarkistettava erikseen.

Finnwood-ohjelmistolla tehdyt laskelmat ja tulosteet ovat voimassa vain ohjelmistoon tallennettujen Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Woodin tuotteiden kanssa. Nämä tuotteet on tarvittaessa osoitettava rakennuspaikalla hankkeen osapuolille sekä viranomaisille. Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood tai sen tytäryhtiöt eivät vastaa käyttäjälle tai kolmannelle osapuolelle muiden valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä Finnwood-ohjelmistossa, ohjelmiston perusteella näin tehdyistä laskelmista ja tulosteista tai kolmansien valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä aiheutuneista virheistä, menetyksistä tai vahingoista. Näitä ehtoja ei saa poistaa tulosteesta.

Liite 15 1(5). Kurkihirren kannatinpilarin mitoitus.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

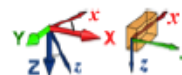
6.8.2023

Laskelmat on tehty alla olevilla lähtötiedoilla vain kyseiselle rakenneosalle. Laskelmissa esitetty rakenneosan pituus ei ole tilausmitta. Tilausmitassa on otettava huomioon esim. tuennan vaatima lisäpituus.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

RIL 205-1-2017 (30.12.2021)

Rakennemitoitus ilman onnettomuus-/palotilannetta



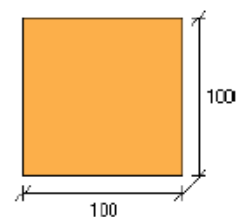
PROJEKTITIEDOT:

Nimi: ?

C:\Users\antti\Desktop\Opinnäytetyö Antti\Pystypilari_kurkihirren kannatin.s01

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Pilari
 Materiaali: C24
 Poikkileikkaus: 100x100
 (B=100 mm, H=100 mm, A=10000 mm², I_y=8333333 mm⁴, W_y=166667 mm³)
 Käyttöluokka: 2
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)
 Kulma: 90.0 astetta



Uloke-/jännevälipituudet:

Uloke/jänneväli: Pystymitta [mm]:
 Jänneväli 1: 700.0
 Yhteensä: 700.0

Tuki:	Sijainti x [mm]:	Tyyppi:
1:	0	Kiinteä niveltuki (X,Z)
2:	700	Liukutuki (X)

f _{m,k} (M _y):	26.03 N/mm ²
f _{m,k} (M _z):	26.03 N/mm ²
f _{c,0,k} :	21.00 N/mm ²
f _{c,90,k} :	2.50 N/mm ²
f _{t,0,k} :	15.72 N/mm ²
f _{t,90,k} :	0.40 N/mm ²
f _{v,k} (V _z):	4.00 N/mm ²
f _{v,k} (V _y):	4.00 N/mm ²
E _{mean} :	11000 N/mm ²
G _{mean} :	690 N/mm ²
E 0.05:	7400 N/mm ²
G 0.05:	460 N/mm ²
Tilavuuspaino:	5.00 kN/m ³ (omapainon laskentaa varten)

Liite 15 2(5). Kurkihirren kannatinpilarin mitoitus.

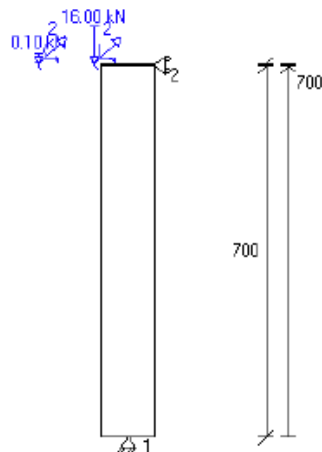
Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

6.8.2023

km-kerroin:	0.70
kcr-kerroin:	1.00
Osavarmuusluku:	1.30
Aikaluokka:	kmod:
Pysyvä:	0.600
Pitkäaikainen:	0.700
Keskipitkä:	0.800
Lyhytaikainen:	0.900
Hetkellinen:	1.100
kdef:	0.800

**KUORMITUSTIEDOT:**

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Pistekuorma: 1:	FZ = 0.10 kN	x = 700.0 mm
Pistekuorma: 2:	My = -0.005 kNm	x = 700.0 mm
Rakenneseosan paino:	QZ = 0.050 kN/m	x = 0 - 700 mm

Hyötykuorma (Hyötykuorma A, Keskipitkä, MRT/KRT-liikkuvuus = 100.0 %):

Pistekuorma: 1:	FZ = 16.00 kN	x = 700.0 mm
Pistekuorma: 2:	My = -0.800 kNm	x = 700.0 mm

KUORMITUSYHDISTELMÄT:

Sivu 2

Liite 15 3(5). Kurkihirren kannatinpilarin mitoitus.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

6.8.2023

Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)

0.90*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.35*Omapaino

Yhdistelmä 3 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Hyötykuorma

Yhdistelmä 9 (KRT)

1.00*Omapaino

Yhdistelmä 10 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma

Yhdistelmä 11 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Hyötykuorma

MITOITUS:

Mitoitusstandardi:

EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + A2:2014 + RIL 205-1:2017

Kokonaiskäyttöaste:

64.3 %

MITOITUSPARAMETRIT:Taipumaraja $W_{net,fin}$: L/300

Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00

Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00

Nurjahdus z-suuntaan: $L_c = 1.00 \cdot L$ Nurjahdus y-suuntaan: $L_c = 1.00 \cdot L$

Kiepahdus on estetty

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste %):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	1.72 kN	16.41 kN	10.5 %	630 mm	Yhdistelmä 3/1, Keskipitkä
Puristus:	24.16 kN	125.88 kN	19.2 %	0 mm	Yhdistelmä 3/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	1.21 kNm	2.67 kNm	45.2 %	700 mm	Yhdistelmä 3/1, Keskipitkä
Taivutus+puristus:	0.64	1.00	64.3 %	700 mm	Yhdistelmä 3/1, Keskipitkä
(My=1.21 kNm, Mz=0.00 kNm, Nx=24.11 kN)					
Jänneväli 1, $W_{z,inst}$:	-0.3 mm	— mm	— %	402 mm	Yhdistelmä 10/1
Jänneväli 1, $W_{z,net,fin}$:	-0.3 mm	2.3 mm	14.7 %	402 mm	Yhdistelmä 10/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Liite 15 4(5). Kurkihirren kannatinpilarin mitoitus.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

6.8.2023

Yhdistelmä 3/1 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 10/1 :

1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
N _{x,max}	24.16 kN	0 mm
V _{z,max}	1.72 kN	630 mm
M _{y,max}	1.21 kNm	700 mm

TUKIREAKTIOT:

FX:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	1.72 kN	0.01 kN	1.15 kN	0.01 kN
2:	-0.01 kN	-1.72 kN	-0.01 kN	-1.15 kN

FZ:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	24.16 kN	0.12 kN	16.13 kN	0.13 kN
2:	0.00 kN	0.00 kN	0.00 kN	0.00 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapaus:	Omapaino	
Tuki:	FX [kN]:	FZ [kN]:
1:	0.01	0.13
2:	-0.01	0.00

Kuormitustapaus:	Hyötykuorma	
Tuki:	FX [kN]:	FZ [kN]:
1:	1.14	16.00
2:	-1.14	0.00

HUOMIOT:

- EN 1995-1-1-standardin, sen täydennysosien A1:2008, A2:2014 ja Suomen kansallisten liitteiden sekä RIL 205-1-2017 -suunnitteluohjeen mukainen laskenta
- VTT on tehnyt kolmannen osapuolen tarkistuksen ohjelmalle (VTT-S-03665-17 ja VTT-S-05393-17)
- MRT = Murtorajatila, KRT = Käyttörajatila
- *) Yhteisvaikutustarkasteluissa %-luku tarkoittaa mitoitusarvon ja raja-arvon suhdetta, ei todellista käyttöastetta
- Liittyvän alapuolisen rakenteen tukipainekestävyys tulee tarkistaa erikseen
- Mitoituksessa ei huomioida ulokkeiden alle 20 mm taipumaa ylöspäin

Liite 15 5(5). Kurkihirren kannatinpilarin mitoitus.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

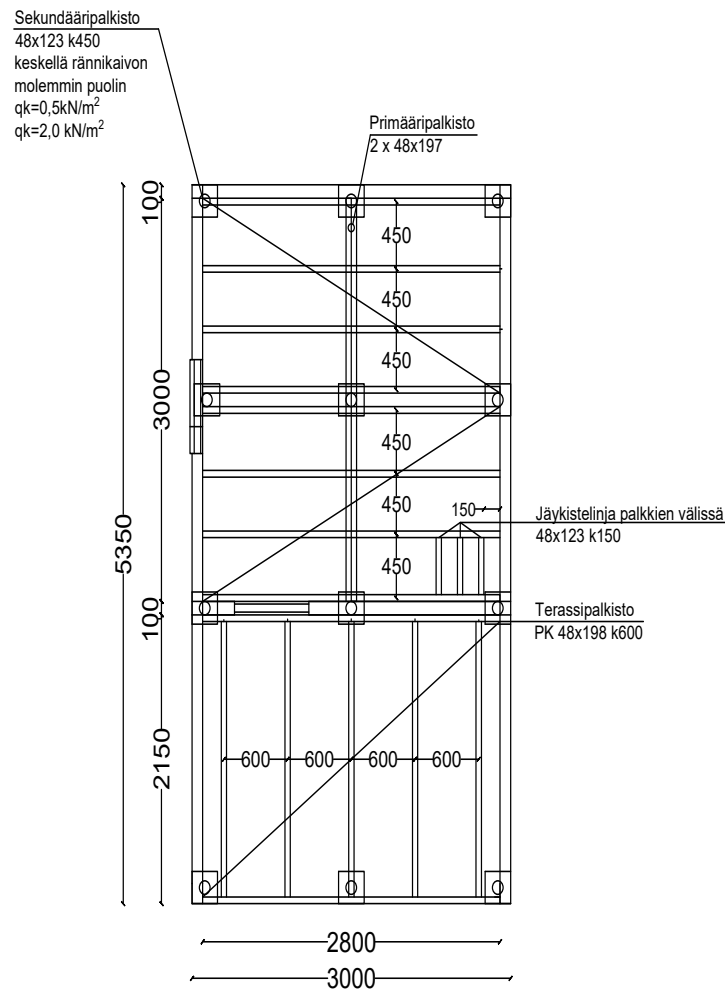
6.8.2023

-
- Värähtely- ja taipumatarkastelua ei tehdä alle 200 mm pituisille ulokkeille
 - Leikkausmuodonmuutos on mukana käyttörajatilamitoituksessa
 - Leikkausmuodonmuutos ei ole mukana voimasuureiden laskennassa
 - Rakenneosan koon vaikutus lujuuteen on otettu huomioon ominaisarvoissa kertoimilla kh ja kl
 - Suunnittelijan tulee kiinnittää huomiota myös rakennedetailjeihin ja varmistaa, ettei rakenteisiin muodostu vesitaskuja
-

Laskelmissa ei ole huomioitu rakennusaikaisia kuormia eikä kosteusolosuhteita. Mahdolliset rakennusaikaiset lisätuennat on mitoitettava erikseen. Rakennuksen kokonaisjäykistystä ja siitä johtuvia vaakavoimia ei ole huomioitu. Rakenneosan (palkki, pilari, laatta) soveltuvuus kokonaisuuteen on päärakennesuunnittelijan tarkistettava erikseen.

Finnwood-ohjelmistolla tehdyt laskelmat ja tulosteet ovat voimassa vain ohjelmistoon tallennettujen Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Woodin tuotteiden kanssa. Nämä tuotteet on tarvittaessa osoitettava rakennuspaikalla hankkeen osapuolille sekä viranomaisille. Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood tai sen tytäryhtiöt eivät vastaa käyttäjälle tai kolmannelle osapuolelle muiden valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä Finnwood-ohjelmistossa, ohjelmiston perusteella näin tehdyistä laskelmista ja tulosteista tai kolmansien valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä aiheutuneista virheistä, menetyksistä tai vahingoista. Näitä ehtoja ei saa poistaa tulosteesta.

Liite 16. Tasokuva. Lattian primääri- ja sekundääripalkit



Mitat tarkistettava työmaalla. Kaikki mitat sidottu julkisivumittoihin.

- Sahapuu: C24-2
- Primääripalkisto 2 x 48x198
 - Sekundääripalkisto 48x123 k450
 - Terassipalkisto painekyllästetty 48x198 k600

K.osa/Kylä	Kortteli/Tila	Tontti/Rt:o	Viranomaisien arkistomerkitöksi varten	
8	8231	2		
Rakennustöiden nimi		Pirustustöiden nimi		Juoks.No
UUDISRAKENNUS		RAKENNEPIIRUSTUS		
Rakennuskohteen nimi ja osoite		Pirustuksen sisältö		Mittakaavat
ULKOSAUNA HIRRESTÄ		Alapohjan tasopiirustus		1:50
POHJOIS-SUOMI				
		SUUN. ALA	Työ No	Piir. No
		ARK		4
YHT:HENK.		PÄIVÄYS		
Antti Voutilainen, antti.voutilainen@edu.lapinamk.fi		30.7.2023		

Liite 17 1(6). Lattian primääripalkkien mitoitus.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

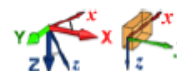
6.8.2023

Laskelmat on tehty alla olevilla lähtötiedoilla vain kyseiselle rakenneosalle. Laskelmissa esitetty rakenneosan pituus ei ole tilausmitta. Tilausmitassa on otettava huomioon esim. tuennan vaatima lisäpituus.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

RIL 205-1-2017 (30.12.2021)

Rakennemitoitus ilman onnettomuus-/palotilannetta

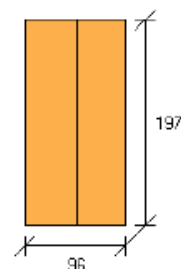


PROJEKTITIEDOT:

C:\Users\antti\Desktop\Opinnäytetyö Antti\Lattiapalkki mitoitus_primääri.s01

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Lattiapalkki/laatta
 Materiaali: C24
 Poikkileikkaus: 2x48x197
 (B=96 mm, H=197 mm, A=18912 mm², I_y=61162984 mm⁴, W_y=620944 mm³)
 Käyttöluokka: 2
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)
 Jako/kuormituslev.: 1400 mm (pintakuormille)



Uloke-/jännevälipituudet:

Uloke/jänneväli: Vaakamitta [mm]:
 Jänneväli 1: 1500.0
 Jänneväli 2: 1500.0
 Yhteensä: 3000.0

Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	0	50	Kiinteä niveltuki (X,Z)
2:	1500	240	Liukutuki (Z)
3:	3000	50	Liukutuki (Z)

f _{m,k} (M _y):	24.00 N/mm ²
f _{m,k} (M _z):	26.24 N/mm ²
f _{c,0,k} :	21.00 N/mm ²
f _{c,90,k} :	2.50 N/mm ²
f _{t,0,k} :	14.50 N/mm ²
f _{t,90,k} :	0.40 N/mm ²
f _{v,k} (V _z):	4.00 N/mm ²
f _{v,k} (V _y):	4.00 N/mm ²
E _{mean} :	11000 N/mm ²
G _{mean} :	690 N/mm ²
E 0.05:	7400 N/mm ²
G 0.05:	460 N/mm ²

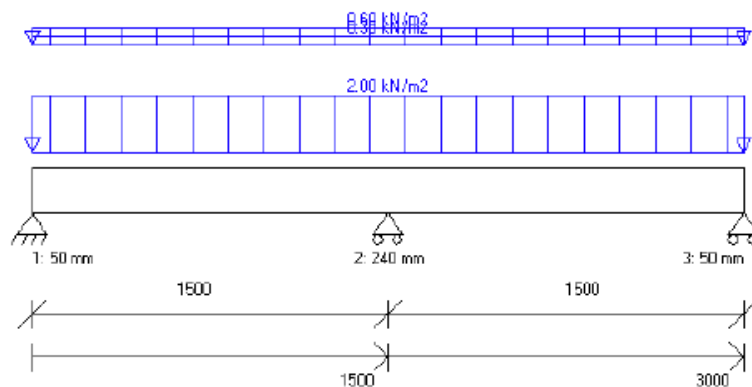
Liite 17 2(6). Lattian primääripalkkien mitoitus.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

6.8.2023

Tilavuuspaino:	5.00 kN/m ³ (omapainon laskentaa varten)
km-kerroin:	0.70
kcr-kerroin:	1.00
<hr/>	
Osavarmuusluku:	1.30
<hr/>	
Aikaluokka:	kmod:
Pysyvä:	0.600
Pitkäaikainen:	0.700
Keskipitkä:	0.800
Lyhytaikainen:	0.900
Hetkellinen:	1.100
<hr/>	
kdef:	0.800

**KUORMITUSTIEDOT:**

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Rakenneosan paino: QZ = 0.095 kN/m x = 0 - 3000 mm

Pintakuorma: 1: QZ = 0.600 kN/m² x = 0 - 3000 mmPintakuorma: 2: QZ = 0.300 kN/m² x = 0 - 3000 mm

Hyötykuorma (Hyötykuorma A, Keskipitkä, MRT/KRT-liikkuvuus = 100.0 %):

Pintakuorma: 1: QZ = 2.000 kN/m² x = 0 - 3000 mm**KUORMITUSYHDISTELMÄT:**

Liite 17 3(6). Lattian primääripalkkien mitoitus.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

6.8.2023

Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.35*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 3 (MRT, Keskipitkä)

0.90*Omapaino + 1.00*1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Hyötykuorma

Yhdistelmä 9 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.15*Omapaino

Yhdistelmä 10 (MRT, Pysyvä)

0.90*Omapaino

Yhdistelmä 13 (KRT)

1.00*Omapaino

Yhdistelmä 14 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma

Yhdistelmä 16 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Hyötykuorma

MITOITUS:

Mitoitusstandardi:

EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + A2:2014 + RIL 205-1-2017

Kokonaiskäyttöaste:

21.0 %

MITOITUSPARAMETRIT:

Taipumaraja Winst: L/400

Taipumaraja Wnet,fin: L/300

Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00

Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00

Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)

Kiepahdus taivutuksesta My (y-askelin suhteen):

Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella: Lk1 = 300.00 mm

Kiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: Lk2 = Päätukien välimatka

Lef1 = Lk1 ja Lef2 = Lk2 (Esim. kuormitus neutraaliakselilla/kiepahdustukien kautta)

HUOM! Lk1:ta käytetään, kun My>0 ja Lk2:ta, kun My<0

VÄRÄHTELYN LASKENTA-ASETUKSET:

Liite 17 4(6). Lattian primääripalkkien mitoitus.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

6.8.2023

Huoneen suurin mitta L [m]:	6.0
Lattiarakenteen leveys B [m]:	5.0
Välipohjan tuentatapa:	2 reunaa tuettu
Ulokkeen lyhennys [mm]:	0.0
Poikittaisjäykisteet:	Ei jäykisteitä
Yläpuolinen lattialevy / rakenne:	Ei huomioida
Liittorakennevaikutus:	Ei liittovaikutusta
Kelluva rakenne / poikittaiskoolaus+levytys:	Ei kelluvaa rakennetta
Alapuoliset poikittaiskoolaukset:	Ei alapuolista poikittaiskoolautusta
Pinta-alayksikön massa [kg/m ²]:	127
HUOM! Lattiapalkin jatkuvuus on huomioitu laskelmissa käyttämällä ekvivalentteja jännevälejä seuraavasti:	
Reunajännevälit 0.90xL	

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste %:	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	5.40 kN	31.04 kN	17.4 %	1500 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	1.62 kNm	9.17 kNm	17.7 %	1500 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
(ilman kiepahdusta):	1.62 kNm	9.17 kNm	17.7 %	1500 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipaine, tuki 1:	3.63 kN	17.72 kN	20.5 %	0 mm	Yhdistelmä 2/3, Keskipitkä
Tukipaine kerroin = 2.40					
Tukipaine, tuki 2:	10.80 kN	66.46 kN	16.2 %	1500 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipaine kerroin = 1.88					
Tukipaine, tuki 3:	3.63 kN	17.72 kN	20.5 %	3000 mm	Yhdistelmä 2/4, Keskipitkä
Tukipaine kerroin = 2.40					
jänneväli 1, Wz _{inst} :	0.4 mm	3.7 mm	9.7 %	675 mm	Yhdistelmä 14/2
jänneväli 1, Wz _{net,fin} :	0.5 mm	5.0 mm	10.1 %	675 mm	Yhdistelmä 14/2
jänneväli 2, Wz _{inst} :	0.4 mm	3.8 mm	9.7 %	2325 mm	Yhdistelmä 14/3
jänneväli 2, Wz _{net,fin} :	0.5 mm	5.0 mm	10.1 %	2325 mm	Yhdistelmä 14/3
Taipuma U:	0.1 mm	0.5 mm	15.2%	(Värahtelytarkastelu)	
Taajuus f1:	42.9 Hz	9.0 Hz	21.0%	(Värahtelytarkastelu)	

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Hyötykuorma, jänneväli 1 + 1.50*Hyötykuorma, jänneväli 2

Yhdistelmä 2/3 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Hyötykuorma, jänneväli 1

Yhdistelmä 2/4 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Hyötykuorma, jänneväli 2

Yhdistelmä 14/2 :

1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma, jänneväli 1

Yhdistelmä 14/3 :

1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma, jänneväli 2

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimi-arvo:	Sijainti x:
Vz _{max}	5.40 kN	1500 mm

Liite 17 5(6). Lattian primääripalkkien mitoitus.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

6.8.2023

My,max	1.62 kNm	1500 mm
--------	----------	---------

TUKIREAKTIOT:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	3.63 kN	0.29 kN	2.60 kN	0.50 kN
2:	10.80 kN	2.29 kN	7.79 kN	2.54 kN
3:	3.63 kN	0.29 kN	2.60 kN	0.50 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapa:	Omapaino
Tuki:	FZ [kN]:
1:	0.76
2:	2.54
3:	0.76

Kuormitustapa:	Hyötykuorma, jänneväli 1
Tuki:	FZ [kN]:
1:	1.84
2:	2.63
3:	-0.26

Kuormitustapa:	Hyötykuorma, jänneväli 2
Tuki:	FZ [kN]:
1:	-0.26
2:	2.62
3:	1.84

HUOMIOT:

- EN 1995-1-1-standardin, sen täydennysosien A1:2008, A2:2014 ja Suomen kansallisten liitteiden sekä RIL 205-1-2017 -suunnitteluohjeen mukainen laskenta
- VTT on tehnyt kolmannen osapuolen tarkistuksen ohjelmalle (VTT-S-03665-17 ja VTT-S-05393-17)
- MRT = Murtorajatila, KRT = Käyttörajatila
- *) Yhteisvaikutustarkasteluissa %-luku tarkoittaa mitoitusarvon ja raja-arvon suhdetta, ei todellista käyttöastetta
- Liittyvän alapuolisen rakenteen tukipainekestävyys tulee tarkistaa erikseen
- Mitoituksessa ei huomioida ulokkeiden alle 20 mm taipumaa ylöspäin
- Värähtely- ja taipumatarkastelua ei tehdä alle 200 mm pituisille ulokkeille
- Leikkausmuodonmuutos on mukana käyttörajaatilamitoituksessa
- Leikkausmuodonmuutos ei ole mukana voimasuureiden laskennassa
- Värähtelyn minimoimiseksi tulee varmistaa ankkurointi myös välituella/tuilla
- Rakenneosan koon vaikutus lujuuteen on otettu huomioon ominaisarvoissa kertoimilla kh ja kl
- Suunnittelijan tulee kiinnittää huomiota myös rakennedetaljeihin ja varmistaa,

Liite 17 6(6). Lattian primääripalkkien mitoitus.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

6.8.2023

ettei rakenteisiin muodostu vesitaskuja

Laskelmissa ei ole huomioitu rakennusaikaisia kuormia eikä kosteusolosuhteita. Mahdolliset rakennusaikaiset lisätuennat on mitoitettava erikseen. Rakennuksen kokonaisjäykistystä ja siitä johtuvia vaakavoimia ei ole huomioitu. Rakenneosan (palkki, pilari, laatta) soveltuvuus kokonaisuuteen on päärakennesuunnittelijan tarkistettava erikseen.

Finnwood-ohjelmistolla tehdyt laskelmat ja tulosteet ovat voimassa vain ohjelmistoon tallennettujen Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Woodin tuotteiden kanssa. Nämä tuotteet on tarvittaessa osoitettava rakennuspaikalla hankkeen osapuolille sekä viranomaisille. Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood tai sen tytäryhtiöt eivät vastaa käyttäjälle tai kolmannelle osapuolelle muiden valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä Finnwood-ohjelmistossa, ohjelmiston perusteella näin tehdyistä laskelmista ja tulosteista tai kolmansien valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä aiheutuneista virheistä, menetyksistä tai vahingoista. Näitä ehtoja ei saa poistaa tulosteesta.

Liite 18 1(6). Lattian sekundääripalkkien mitoitus.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

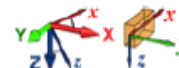
6.8.2023

Laskelmat on tehty alla olevilla lähtötiedoilla vain kyseiselle rakenneosalle. Laskelmissa esitetty rakenneosan pituus ei ole tilausmitta. Tilausmitassa on otettava huomioon esim. tuennan vaatima lisäpituus.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

RIL 205-1-2017 (30.12.2021)

Rakennemittoitus ilman onnettomuus-/palotilannetta

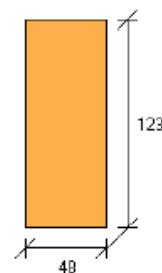


PROJEKTITIEDOT:

C:\Users\antti\Desktop\Opinnäytetyö Antti\Lattiapalkki_mitoitus_sekundaari.s01

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Lattiapalkki/laatta
 Materiaali: C24
 Poikkileikkaus: 48x123
 (B=48 mm, H=123 mm, A=5904 mm², I_y=7443468 mm⁴, W_y=121032 mm³)
 Käyttöluokka: 2
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)
 Jako/kuormituslev.: 450 mm (pintakuormille)



Uloke-/jännevälipituudet:

Uloke/jänneväli: Vaakamitta [mm]:
 Jänneväli 1: 1350.0
 Jänneväli 2: 1350.0
 Yhteensä: 2700.0

Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	0	45	Kiinteä niveltuki (X,Z)
2:	1350	97	Liukutuki (Z)
3:	2700	45	Liukutuki (Z)

f_{m,k} (M_y): 24.97 N/mm²
 f_{m,k} (M_z): 30.14 N/mm²
 f_{c,0,k}: 21.00 N/mm²
 f_{c,90,k}: 2.50 N/mm²
 f_{t,0,k}: 15.09 N/mm²
 f_{t,90,k}: 0.40 N/mm²
 f_{v,k} (V_z): 4.00 N/mm²
 f_{v,k} (V_y): 4.00 N/mm²
 E_{mean}: 11000 N/mm²
 G_{mean}: 690 N/mm²
 E 0.05: 7400 N/mm²
 G 0.05: 460 N/mm²

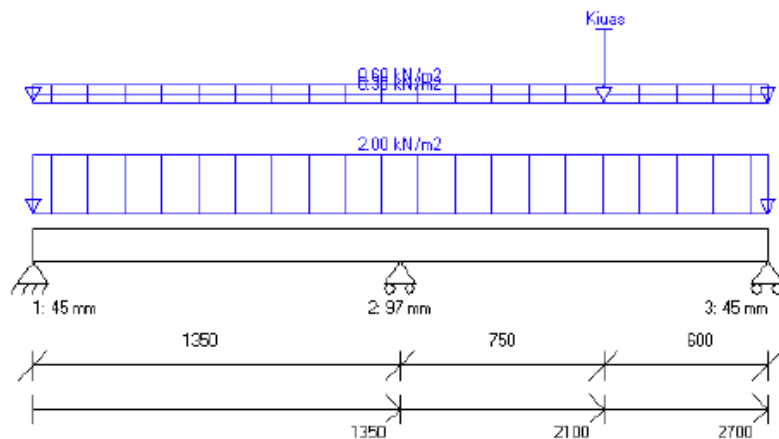
Liite 18 2(6). Lattian sekundäärripalkkien mitoitus.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

6.8.2023

Tilavuuspaino:	5.00 kN/m ³ (omapainon laskentaa varten)
km-kerroin:	0.70
kcr-kerroin:	1.00
Osavarmuusluku:	1.30
Aikaluokka:	kmod:
Pysyvä:	0.600
Pitkäaikainen:	0.700
Keskipitkä:	0.800
Lyhytaikainen:	0.900
Hetkellinen:	1.100
kdef:	0.800

**KUORMITUSTIEDOT:**

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Pistekuorma: 1: FZ = 1.50 kN x = 2100.0 mm (Kiuas)

Rakenneosan paino: QZ = 0.030 kN/m x = 0 - 2700 mm

Pintakuorma: 1: QZ = 0.600 kN/m² x = 0 - 2700 mm

Pintakuorma: 2: QZ = 0.300 kN/m² x = 0 - 2700 mm

Hyötykuorma (Hyötykuorma A, Keskipitkä, MRT/KRT-liikkuvuus = 100.0 %):

Liite 18 3(6). Lattian sekundääripalkkien mitoitus.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

6.8.2023

 Pintakuorma: 1: $QZ = 2.000 \text{ kN/m}^2$ $x = 0 - 2700 \text{ mm}$

KUORMITUSYHDISTELMÄT:

Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.35*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 3 (MRT, Keskipitkä)

0.90*Omapaino + 1.00*1.50*Hyötykuorma

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Hyötykuorma

Yhdistelmä 9 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.15*Omapaino

Yhdistelmä 10 (MRT, Pysyvä)

0.90*Omapaino

Yhdistelmä 13 (KRT)

1.00*Omapaino

Yhdistelmä 14 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma

Yhdistelmä 16 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Hyötykuorma

MITOITUS:

Mitoitusstandardi:

EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + A2:2014 + RIL 205-1:2017

Kokonaiskäyttöaste:

91.2 %

MITOITUSPARAMETRIT:

Taipumaraja Winst: L/400

Taipumaraja Wnet,fin: L/300

Korotuserroin, vasen uloke: 2.00

Korotuserroin, oikea uloke: 2.00

Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)

Kiepahdus taivutuksesta My (y-askelin suhteen):

Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella: Lk1 = 300.00 mm

Kiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: Lk2 = Päätukien välimatka

Lef1 = Lk1 ja Lef2 = Lk2 (Esim. kuormitus neutraaliakselilla/kiepahdustukien kautta)

Liite 18 4(6). Lattian sekundääripalkkien mitoitus.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

6.8.2023

HUOM! Lk1:ta käytetään, kun $My > 0$ ja Lk2:ta, kun $My < 0$

VÄRÄHTELYN LASKENTA-ASETUKSET:

Huoneen suurin mitta L [m]:	6.0
Lattiarakenteen leveys B [m]:	5.0
Välipohjan tuentatapa:	2 reunaa tuettu
Ulokkeen lyhennys [mm]:	0.0
Poikkittaisjäykisteet:	Ei jäykisteitä
Yläpuolinen lattialevy / rakenne:	Ei huomioida
Liittorakennevaikutus:	Ei liittoaikutusta
Kelluva rakenne / poikittaiskoolaus+levytys:	Ei kelluvaa rakennetta
Alapuoiset poikittaiskoolaukset:	Ei alapuolista poikittaiskoolautusta
Pinta-alayksikön massa [kg/m ²]:	127

HUOM! Lattiapalkin jatkuvuus on huomioitu laskelmissa käyttämällä ekvivalenteja jännevälejä seuraavasti:

Reunajänneväli 0.90xL

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste %):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	2.48 kN	9.69 kN	25.6 %	1350 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	0.64 kNm	1.39 kNm	45.8 %	2100 mm	Yhdistelmä 1/1, Pysyvä
(ilman kiepahdusta):	0.64 kNm	1.39 kNm	45.8 %	2100 mm	Yhdistelmä 1/1, Pysyvä
Tukipaine, tuki 1:	0.90 kN	8.31 kN	10.8 %	0 mm	Yhdistelmä 2/3, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 2.50					
Tukipaine, tuki 2:	4.20 kN	17.39 kN	24.1 %	1350 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 2.43					
Tukipaine, tuki 3:	1.85 kN	8.31 kN	22.3 %	2700 mm	Yhdistelmä 2/4, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 2.50					
jänneväli 1, Wz,inst:	0.3 mm	3.4 mm	8.9 %	540 mm	Yhdistelmä 14/2
jänneväli 1, Wz,net,fin:	-0.4 mm	4.5 mm	9.5 %	878 mm	Yhdistelmä 14/3
jänneväli 2, Wz,inst:	1.4 mm	3.4 mm	40.3 %	2100 mm	Yhdistelmä 14/3
jänneväli 2, Wz,net,fin:	2.2 mm	4.5 mm	49.5 %	2100 mm	Yhdistelmä 14/3
Taipuma U:	0.5 mm	0.5 mm	91.2%		(Värähtelytarkastelu)
Taajuus f1:	32.6 Hz	9.0 Hz	27.6%		(Värähtelytarkastelu)

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Hyötykuorma, jänneväli 1 + 1.50*Hyötykuorma, jänneväli 2

Yhdistelmä 1/1 (Pysyvä):

1.35*Omapaino

Yhdistelmä 2/3 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Hyötykuorma, jänneväli 1

Yhdistelmä 2/4 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Hyötykuorma, jänneväli 2

Yhdistelmä 14/2 :

1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma, jänneväli 1

Yhdistelmä 14/3 :

Liite 18 5(6). Lattian sekundääripalkkien mitoitus.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

6.8.2023

1.00*Omapaino + 1.00*Hyötykuorma, jänneväli 2

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
V _{z,max}	2.48 kN	1350 mm
M _{y,max}	0.78 kNm	2100 mm

TUKIREAKTIOT:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	0.90 kN	-0.04 kN	0.62 kN	0.01 kN
2:	4.20 kN	1.50 kN	3.19 kN	1.67 kN
3:	1.85 kN	0.71 kN	1.45 kN	0.84 kN

- Tukipisteisiin syntyy nostetta, varmista ankkurointi

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapaus: Omapaino

Tuki: FZ [kN]:

1:	0.09
2:	1.67
3:	0.92

Kuormitustapaus: Hyötykuorma, jänneväli 1

Tuki: FZ [kN]:

1:	0.53
2:	0.76
3:	-0.08

Kuormitustapaus: Hyötykuorma, jänneväli 2

Tuki: FZ [kN]:

1:	-0.08
2:	0.76
3:	0.53

HUOMIOT:

- EN 1995-1-1-standardin, sen täydennysosien A1:2008, A2:2014 ja Suomen kansallisten liitteiden sekä RIL 205-1:2017 -suunnitteluohjeen mukainen laskenta
- VTT on tehnyt kolmannen osapuolen tarkistuksen ohjelmalle (VTT-S-03665-17 ja VTT-S-05393-17)
- MRT = Murtorajatila, KRT = Käyttörajatila
- *) Yhteisvaikutustarkasteluissa %-luku tarkoittaa mitoitusarvon ja raja-arvon suhdetta, ei todellista käyttöastetta
- Liittyvän alapuolisen rakenteen tukipainekestävyys tulee tarkistaa erikseen
- Mitoituksessa ei huomioida ulokkeiden alle 20 mm taipumaa ylöspäin

Liite 18 6(6). Lattian sekundääripalkkien mitoitus.

Finnwood 2.4.3 (2.4.090)

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

6.8.2023

-
- Värähtely- ja taipumatarkastelua ei tehdä alle 200 mm pituisille ulokkeille
 - Leikkausmuodonmuutos on mukana käyttörajatilamitoituksessa
 - Leikkausmuodonmuutos ei ole mukana voimasuureiden laskennassa
 - Värähtelyn minimoimiseksi tulee varmistaa ankkurointi myös välituella/tuilla
 - Rakenneosan koon vaikutus lujuuteen on otettu huomioon ominaisarvoissa kertoimilla kh ja kl
 - Suunnittelijan tulee kiinnittää huomiota myös rakennedetailjeihin ja varmistaa, ettei rakenteisiin muodostu vesitaskuja
-

Laskelmissa ei ole huomioitu rakennusaikaisia kuormia eikä kosteusolosuhteita. Mahdolliset rakennusaikaiset lisätuennat on mitoitettava erikseen. Rakennuksen kokonaisjäykistystä ja siitä johtuvia vaakavoimia ei ole huomioitu. Rakenneosan (palkki, pilari, laatta) soveltuvuus kokonaisuuteen on päärakennesuunnittelijan tarkistettava erikseen.

Finnwood-ohjelmistolla tehdyt laskelmat ja tulosteet ovat voimassa vain ohjelmistoon tallennettujen Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Woodin tuotteiden kanssa. Nämä tuotteet on tarvittaessa osoitettava rakennuspaikalla hankkeen osapuolille sekä viranomaisille. Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood tai sen tytäryhtiöt eivät vastaa käyttäjälle tai kolmannelle osapuolelle muiden valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä Finnwood-ohjelmistossa, ohjelmiston perusteella näin tehdyistä laskelmista ja tulosteista tai kolmansien valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä aiheutuneista virheistä, menetyksistä tai vahingoista. Näitä ehtoja ei saa poistaa tulosteesta.

Liite 19 1(2) Sivuseinän tuulikuorma ja puisten vaarnatappien mitoitus

Tuulikuorman määrittäminen

$$F_w = C_s C_d C_f q_p(h) A_{ref}$$

$$C_s C_d := 1$$

rakennekerroin, rakennuksen korkeus alle 15m

$$q_p(h) := 0.45 \frac{kN}{m^2}$$

nopeuspaine, maastoluokka 2, tasainen maasto

$$\lambda := \frac{3.2 \text{ m}}{3 \text{ m}} = 1.067$$

sivusuhte

$$c_{f.1} := \frac{\lambda - 1}{2 - 1} \cdot (0.99 - 1.28) + 1.28 = 1.261$$

$$c_f := 1.26$$

voimakkeroin, interpoloiden

$$A_{ref} := 3.2 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} = 9.6 \text{ m}^2$$

tuulikuorman vaikutusala

$$q_{w.k} := C_s C_d \cdot c_f \cdot q_p(h) = 0.567 \frac{kN}{m^2}$$

kokonaistuulikuorman ominaisarvo neliökuormana

$$F_w := C_s C_d \cdot c_f \cdot q_p(h) \cdot A_{ref} = 5.443 \text{ kN}$$

rakennukseen kohdistuva kokonaisvoima

$$P_{w.k} := (3.2 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}) \cdot q_{w.k} = 1.814 \text{ kN}$$

katon ominaiskuorma

$$q_{w.k_seinä} := (3.2 \text{ m} \cdot 2 \text{ m}) \cdot q_{w.k} = 3.629 \text{ kN}$$

sivuseinän ominaiskuorma

Liite 19 2(2) Sivuseinän tuulikuorma ja puisten vaarnatapppien mitoitus

Vaarnauksen leikkausvoimakkestävyys

vaarnauksen materiaalina suorakaiteen malliset puutapit, 32x30 mm

$$k_{mod} := 1.1$$

$$\gamma_m := 1.3$$

$$f_{v,k} := 4 \frac{N}{mm^2}$$

$$b := 32 \text{ mm}$$

$$h := 30 \text{ mm}$$

$$A := b \cdot h = 960 \text{ mm}^2$$

vaarnan poikkileikkauksen pinta-ala

$$f_{v,d} := k_{mod} \cdot \left(\frac{f_{v,k}}{\gamma_m} \right) = 3.385 \frac{N}{mm^2}$$

materiaalin leikkauskestävyys

$$V_d := 14.76 \text{ kN}$$

tuulikuorman aiheuttama leikkausvoima

$$\sigma_{v,d} := \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot A} = 23.063 \frac{N}{mm^2}$$

leikkausjännitys

$$vaarnojen_määrä := \frac{\sigma_{v,d}}{f_{v,d}} = 6.814$$

Vaarnaus edellyttää 7 kpl 32x30 mm puutappia 3,2 metriä pitkälle sivuseinälle.

Liite 20 1(2) Päätyseinän tuulikuorma ja puisten vaarnatappien mitoitus

Tuulikuorman määrittäminen

$$F_w = C_s C_d C_f q_p(h) A_{ref}$$

$$C_s C_d := 1$$

rakennekerroin, rakennuksen korkeus alle 15m

$$q_p(h) := 0.45 \frac{kN}{m^2}$$

nopeuspaine, maastoluokka 2, tasainen maasto

$$\lambda := \frac{3 \text{ m}}{3.2 \text{ m}} = 0.938$$

sivusuhte

$$c_{f,1} := \frac{\lambda - 0.7}{1 - 0.7} \cdot (1.28 - 1.44) + 1.44 = 1.313$$

$$c_f := 1.313$$

voimakertoimen, interpoloiden

$$A_{ref} := 3 \text{ m} \cdot 2 \text{ m} + \left(\frac{3 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}}{2} \right) = 7.5 \text{ m}^2$$

tuulikuorman vaikutusala

$$q_{w,k} := C_s C_d \cdot c_f \cdot q_p(h) = 0.591 \frac{kN}{m^2}$$

kokonaistuulikuorman ominaisarvo neliökuormana

$$F_w := C_s C_d \cdot c_f \cdot q_p(h) \cdot A_{ref} = 4.431 \text{ kN}$$

rakennukseen kohdistuva kokonaisvoima

$$P_{w,k} := \left(\frac{3 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}}{2} \right) \cdot q_{w,k} = 0.886 \text{ kN}$$

katon ominaiskuorma

$$q_{w,k_seinä} := (3.2 \text{ m} \cdot 2 \text{ m}) \cdot q_{w,k} = 3.781 \text{ kN}$$

päätyseinän ominaiskuorma

Liite 20 2(2) Päätyseinän tuulikuorma ja puisten vaarnatappien mitoitus

Vaarnauksen leikkausvoimakkestävyys

vaarnauksen materiaalina suorakaiteen malliset puutapit, 32x30 mm

$$k_{mod} := 1.1$$

$$\gamma_m := 1.3$$

$$f_{v,k} := 4 \frac{N}{mm^2}$$

$$b := 32 \text{ mm}$$

$$h := 30 \text{ mm}$$

$$A := b \cdot h = 960 \text{ mm}^2$$

vaarnan poikkileikkauksen pinta-ala

$$f_{v,d} := k_{mod} \cdot \left(\frac{f_{v,k}}{\gamma_m} \right) = 3.385 \frac{N}{mm^2}$$

materiaalin leikkauskestävyys

$$V_d := 13.87 \text{ kN}$$

tuulikuorman aiheuttama leikkausvoima

$$\sigma_{v,d} := \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot A} = 21.672 \frac{N}{mm^2}$$

leikkausjännitys

$$vaarnojen_määrä := \frac{\sigma_{v,d}}{f_{v,d}} = 6.403$$

Vaarnaus edellyttää 7 kpl 32x30 mm puutappia 3 metriä pitkälle päätyseinälle.

Liite 21 1(3) Sivuseinän mitoitusleikkausvoima ja jäykistys ruuveilla

Versio 1.2	
Suunnittelija Antti Voutilainen, opinnäytetyö	Työn nro <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> Päiväys 19.8.2023 </div> <div> Tekijä </div> </div>
Rakennuskohte Peikoseniemmi	Sisäilma Jäykistävän hirsiseinän mitoitusohjelma (EC 5)

1.0 RAKENTEEN TIEDOT

Info

Käyttöluokka 2 / Hetkellinen aika

Hirsiprofiili: Höylähirsi 95x170

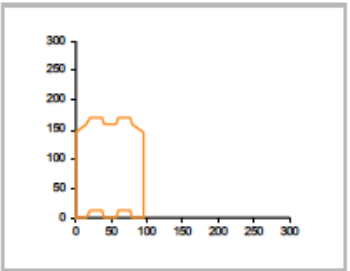
Hirsikertoja 14 kpl

Vaakarakenteita 0 kpl

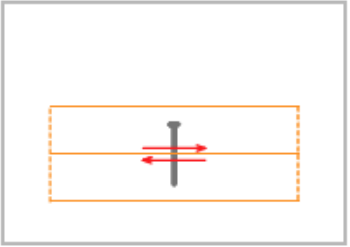
Ruuviryhmiä 2 kpl

Ruuviryhmässä 4 kpl ruuveja

Würth ASSY SK 3.0 / d = 8,0



Ruuvien tunkeuma hirsiin $\ell_{ef} = 100 \text{ mm}$
 Seinän pituus $L = 3200 \text{ mm}$
 Seinän korkeus $H = 2212 \text{ mm}$



Ruuvien pituus (min.) = 200 mm

2.0 KUORMITUS

Seinän yläpään sallittu siirtymä käyttörajalla
 Kuormakerroin seuraamusluokan mukaan
 Katon projektion ominaistuulikuorma
 Seinän ominaistuulikuorma
 Seinän ominaistuulikuorman resultantti

$\omega = 25 \text{ mm}$

->

$h / 88$

$K_{en} = 1,0$

$P_{w,k} = 1,8 \text{ kN}$

$Q_{w,k} = 3,63 \text{ kN/m}$

$R_{e,w,k} = 8,0 \text{ kN}$

3.0 MITOITUSTULOKSET

Paneelileikkauskestävyys	Vaarnauksen kestävyys	Ankkurointi	Yläpään vaakasiirtymä
T_d	$\Sigma V_{R,d}$	F_d	u_{inst}
OK	17,3 kN	4,6 kN	3,3 mm
2 %	85 %	Seinä ankkuroitava	13 %

Liite 21 3(3) Sivuseinän mitoitusleikkausvoima ja jäykistys ruuveilla

Versio 1.2

Suunnittelija Antti Voutilainen, opinnäytetyö	Työn nro 0	Sivu 3 / 3
Rakennuskohde Pelkosenniemi	Päiväys 19.8.2023	Tekijä 0
	Sisältö Jäykistävän hirsiseinän mitoitusohjelma (EC 5)	

Hirren paneelileikkauskestävyys

K_{mod}	1,10		Muunnoskerroin
Y_M	1,30		Hirren osavarmuusluku
V_d	14,76	N	Leikkausvoima (max)
L_v	3010,00	mm	Hirren leikkautuva pituus
t_{edv}	95,00	mm	Hirren leikkautuva leveys
k_{cr}	1,00		Halkeilukerroin
A_v	285950,00	mm ²	Hirren leikkautuva pinta-ala
T_d	0,05	N/mm ²	Leikkausjännitys
$f_{v,d}$	3,38		Leikkauslujuus
EHTO	0,02	< 1	

Ruuviiliitoksen leikkausvoimakkestävyys (ETA-11/0190)

K_{mod}	1,10		Muunnoskerroin
Y_M	1,30		Ruuviiliitoksen osavarmuusluku
V_d	14,76	kN	Leikkausvoima (max)
Σn	8	kpl	Ruuvien yhteismäärä
d	8,00	mm	Ruuvin halkaisija (kierteen päättää)
ℓ_{ef}	100,00	mm	Ruuvin tunkeumasyvyys hirsissä
α	90,00	astetta	Ruuvin kulma syysuuntaan nähden
ρ_k	350,00	kg/m ³	Hirren ominaistiheys
$f_{t,k}$	15,38	N/mm ²	Reunapuristuslujuuden ominaisarvo
M_{t,y,t_k}	20000,00	Nmm	Ruuvin myötömomentin ominaisarvo
k_{acc}	-		Ruuvin ja syysuunnan huomioiva kerroin
$f_{ax,k}$	-	N/mm ²	Ulosvetoparametri
$f_{tens,k}$	-	N	Ruuvin vetomurtokestävyys
n_{ef}	-	kpl	Ruuvien tehollinen määrä
Y_{M2}	-		Ruuvien osavarmuusluku
F_{ax,d,t_d}	-	kN	Tehollisten ruuvien ulosvetokestävyys
$V_{R,d}$	-	kN	Tehollisten ruuvien leikkausvoimakkestävyys
μ	-		Kitkakerroin hirsien välillä
$V_{R,\mu,d}$	-	kN	Kitkan aiheuttama leikkausvoimakkestävyys
$\Sigma V_{R,d}$	17,27	kN	Ruuviryhmien leikkausvoimakkestävyys
EHTO	0,85	< 1	

Seinän leikkaussiirtymä

G_{mean}	690	N/mm ²	Hirren liukumoduuli
ρ_{mean}	420,00	kg/m ³	Hirren keskitiheys
A_v	285950,00	mm	Hirren leikkautuva pinta-ala
t_{ef}	158,00	mm	Hirren tehollinen korkeus
C_v	1248768,987	N/mm	Hirren leikkausjäykkyys
K_{ser}	2993,89	N/mm	Ruuvien siirtymäkerroin (aksaalinen)
$u_{inst,0g}$	0,07	mm	Hirsien aiheuttama seinän leikkaussiirtymä
u_{inst}	3,24	mm	Ruuviiliitoksen aiheuttama seinän leikkaussiirtymä
Σu_{inst}	3,31	mm	Seinän yläpään vaakasuuntainen leikkaussiirtymä
EHTO	0,13	< 1	

Liite 22 1(3) Päätyseinän mitoitusleikkausvoima ja jäykistys ruuveilla

Versio 1.2	
Suunnittelutoimisto Antti Voutilainen, opinnäytetyö	Työn nro. <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Päiväys 19.8.2023</div> <div>Tekijä</div> </div>
1 / 3	
Rakennuskohde Pelkosenniemi	Seisä Jäykistävän hirsiseinän mitoitusohjelma (EC 5)

1.0 RAKENTEEN TIEDOT

Info

Käyttöluokka 2 / Hetkellinen aika

Hirsiprofiili: Höylähirsi 95x170

Hirsikertoja 14 kpl

Vaakarakenteita 0 kpl

Ruuviyhmiä 2 kpl

Ruuviyhmissä 4 kpl ruuveja

Wurth ASSY SK 3.0 / d = 8,0

Ruuvin pituus (min.) = 300 mm

2.0 KUORMITUS

Seinän yläpään sallittu siirtymä käyttörajatilassa
 Kuormakerroin seuraamuluokan mukaan
 Katon projektion ominaistuuikuorma
 Seinän ominaistuuikuorma
 Seinän ominaistuuikuorman resultantti

ω =	25 mm	-> h / 88
K_{m1} =	1,0	
P_{wk} =	0,9 kN	
q_{wk} =	3,78 kN/m	
R_{wk} =	8,4 kN	

3.0 MITOITUSTULOKSET

Paneelileikkauskestävyys T_d	Vaarauksen kestävyys $\Sigma V_{R,d}$	Ankkurointi F_d	Yläpään vaakasiirtymä u_{inst}
OK	17,3 kN	3,8 kN	2,8 mm
1 %	80 %	Seinä ankkuroitava	11 %

Liite 22 2(3) Päätyseinän mitoitusleikkausvoima ja jäykistys ruuveilla

Suunnittelutila:		Työn nro		Sivu	
Antti Voutilainen, opinnäytetyö		0		2 / 3	
		Päiväys			
Rakennuskohde		Tarkitus			
Pelkosenlempi		0			
		Jäykistävän hirsiseinän mitoitusohjelma (EC 5)			

Tukireaktiot			
$A_{d,max}$	3,79	kN	Tukireaktioiden A_d ja B_d välisellä etäisyydellä 3176 mm
$B_{d,max}$	7,25	kN	Tukireaktioiden A_d ja B_d välisellä etäisyydellä 3175 mm
$C_{d,max}$	13,87	kN	Ulkoisista kuormista $P_{w,d}$ ja $R_{q,w,d}$

Liite 22 3(3) Päätyseinän mitoitusleikkausvoima ja jäykistys ruuveilla

Versio 1.2	
Suunnittelutietä	Työn nro
Antti Voutilainen, opinnäytetyö	0
	Päiväys
	19.8.2023
	Tarkk.
	0
3 / 3	
Rakennuskohde	Seinän
Pelkosenniemi	Jäykistävän hirsiseinän mitoitusohjelma (EC 5)

Hirren paneelileikkauskestävyys			
k_{mod}	1,10		Muunnoskerroin
Y_M	1,30		Hirren osavarmuusluku
V_d	13,87	N	Leikkausvoima (max)
L_v	3010,00	mm	Hirren leikkautuva pituus
t_{edv}	95,00	mm	Hirren leikkautuva leveys
k_{cr}	1,00		Halkkeilukerroin
A_v	285960,00	mm ²	Hirren leikkautuva pinta-ala
τ_d	0,05	N/mm ²	Leikkajännitys
$f_{v,d}$	3,38		Leikkajuujuus
EHTO	0,01	< 1	

Ruuviiliitoksen leikkausvoimakkestävyys (ETA-11/0190)			
k_{mod}	1,10		Muunnoskerroin
Y_M	1,30		Ruuviiliitoksen osavarmuusluku
V_d	13,87	kN	Leikkausvoima (max)
Σn	8	kpl	Ruuvien yhteismäärä
d	8,00	mm	Ruuvien halkaisija (kierteen päätt)
ℓ_{ef}	150,00	mm	Ruuvien tunkeumasyyvyys hirsissä
α	90,00	astetta	Ruuvien kulma syysuuntaan nähden
ρ_k	350,00	kg/m ³	Hirren ominaistiheys
$f_{v,k}$	15,38	N/mm ²	Reunapuristuslujuuden ominaisarvo
$M_{y,Rk}$	20000,00	Nmm	Ruuvien myötömomentin ominaisarvo
k_{ax}	-		Ruuvien ja syysuunnan huomioiva kerroin
$f_{ax,k}$	-	N/mm ²	Ulosvetoparametri
$f_{v,Rk}$	-	N	Ruuvien vetomurtokestävyys
n_{ef}	-	kpl	Ruuvien tehollinen määrä
Y_{M2}	-		Ruuvien osavarmuusluku
$F_{ax,Rd}$	-	kN	Tehollisten ruuvien ulosvetokestävyys
$V_{R,d}$	-	kN	Tehollisten ruuvien leikkausvoimakkestävyys
μ	-		Kittakerroin hirsien välillä
$V_{R,\mu,d}$	-	kN	Kittan aiheuttama leikkausvoimakkestävyys
$\Sigma V_{R,d}$	17,27	kN	Ruuviryhmien leikkausvoimakkestävyys
EHTO	0,80	< 1	

Seinän leikkaussiiirtymä			
G_{mean}	690	N/mm ²	Hirren liukumoduuli
ρ_{mean}	420,00	kg/m ³	Hirren keskitiheys
A_v	285960,00	mm	Hirren leikkautuva pinta-ala
h_{ef}	158,00	mm	Hirren tehollinen korkeus
C_v	1248768,987	N/mm	Hirren leikkajäykkyys
K_{ax}	2993,89	N/mm	Ruuvien siirtymäkerroin (aksiaalinen)
$U_{n,diag}$	0,06	mm	Hirsien aiheuttama seinän leikkaussiiirtymä
$U_{n,sta}$	2,79	mm	Ruuviiliitoksen aiheuttama seinän leikkaussiiirtymä
$\Sigma U_{n,sta}$	2,85	mm	Seinän yläpään vaakasuuntainen leikkaussiiirtymä
EHTO	0,11	< 1	