

Tuomas Havunen

## **Asuin-liikerakennuksen liiketilan saneeraus**

Kantavien rakenteiden suunnittelu ja mitoitus

Opinnäytetyö

Syksy 2016

SeAMK Tekniikka

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

**SeAMK** 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Tuomas Havunen

Työn nimi: Asuin-liikerakennuksen liiketilan saneeraus: kantavien rakenteiden suunnittelu ja mitoitus

Ohjaaja: Martti Perälä

Vuosi: 2016

Sivumäärä: 79

Liitteiden lukumäärä: 13

---

Opinnäytetyössä käsitellään puurakenteisen asuin-liikerakennuksen liiketilan saneerausta. Pääpaino opinnäytetyössä on uusien ja olemassa olevien kantavien rakenteiden mitoittamisessa.

Opinnäytetyön ensisijaisena tavoitteena oli toteutuskelpoisten suunnitelmien tuottaminen saneerausta varten. Toissijaisena tavoitteena oli tarkastella saneerausta rakentamisen näkökulmasta. Saneerausprojekti pyrittiin tuomaan esiin mahdollisimman kattavasti.

Suunnitteluun kuului rakenteiden mitoittamisen ohella piirustusten laadinta. Opinnäytetyön liitteissä on pohjapiirustuksia, leikkauskuvia sekä liitosdetaljeja. Käsintehdyt rakennelaskelmat ovat myös työn liitteenä.

Kantavat rakenteet mitoitettiin rakennusalan normien mukaan käyttäen Eurokoodijärjestelmää. Rakenteiden mitoittaminen tehtiin käsin. Käsinelaskennan tukena käytettiin Finnwood-laskentaohjelmaa, jonka antamia tuloksia myös verrattiin käsinelaskennan tuloksiin. Piirustukset tehtiin Vertex BD -rakennussuunnitteluohjelmalla. Samaa ohjelmaa käytettiin rakennelaskelmissa esiintyvän graafisen sisällön tuottamiseen.

Saneerauksessa vanha liiketila jaettiin kahtia. Pohjaratkaisu suunniteltiin uudelleen. Lopputuloksena syntyi kaksi uutta huoneistoa valmiina vuokrattavaksi. Välipohjan rakentamisen myötä rakennuksen toiseen kerrokseen saatiin mahdollisuus uusien asuinneliöiden toteuttamiseksi.

Avainsanat: saneeraaminen, korjausrakentaminen, Eurokoodi, rakennelaskelmat, puurakenteiden mitoittaminen, välipohja, momenttijäykkyä jatkosliitos

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Tuomas Havunen

Title of thesis: Renovation of commercial premises in a residential-commercial building: planning and design of load-bearing members

Supervisor: Martti Perälä

Year: 2016

Number of pages: 79

Number of appendices: 13

---

The thesis deals with a renovation of commercial premises in a timber-framed residential-commercial building. The essence of the thesis is the design of load-bearing members concerning new and existing structures.

The primary objective of the thesis was to make suitable plans for the renovation. The secondary objective was to examine the renovation from the standpoint of implementing the plans. The aim was to bring the renovation project to light in its totality.

In addition to the design of load-bearing members, the design process involved making drawings. Floor plan drawings, cross-sections and junction details have been included in the appendices. Hand-made structural design calculations can be found in the appendices as well.

The load-bearing members were designed according to the industry standards using the Eurocode system. The structural design calculations were made by hand. In addition, a Eurocode-based timber structural designing software, Finnwood, was used. The results from hand-made calculations and Finnwood were compared to each other. For the making of drawings, Vertex BD building design software was used. The software was also used in the creation of graphical content for the structural design calculations.

In the renovation, the old commercial premises was divided into two separate spaces, independent from each other. The floor plan of the premises was completely redesigned. As a result, two separate commercial premises, ready to be rented out, were born. As a part of the renovation project, a floor was built between the first and second floor. Thereby, a new opportunity to build an apartment on the second floor in this part of the building was created.

Keywords: renovation, Eurocode, structural design calculations, design of timber structures, timber floor, rigid moment-resisting joint

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract .....	2
SISÄLTÖ .....	3
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	8
1 JOHDANTO .....	12
2 KOHTEEN ESITTELY.....	13
2.1 Tietoja kiinteistöstä .....	13
2.2 Kantavat rakenteet.....	13
2.3 Perustukset.....	14
2.4 Saneeraus .....	14
2.4.1 Saneerauksen taustoista .....	15
2.4.2 Saneerauksen aikataulu ja ydinkohdat .....	17
2.4.3 Saneerauspinta-ala.....	18
2.4.4 Rakennusoikeus .....	18
2.4.5 Saneerauksen valmistelu.....	19
3 KÄYTETYT MENETELMÄT .....	20
3.1 Eurokoodi.....	20
3.1.1 Yleistä tietoa eurokoodeista.....	20
3.1.2 Eurokoodien soveltaminen eri maissa .....	21
3.1.3 Eurokoodien sisältö .....	21
3.1.4 Eurokoodit tässä projektissa .....	22
3.1.5 Rajatilamenettely .....	23
3.1.5.1 Murtorajatila .....	23
3.1.5.2 Käyttörajatila .....	23
3.1.6 Rakennemalli .....	24
3.2 Suunnittelu- ja mitoitusohjelmat .....	25
3.2.1 Vertex BD .....	25
3.2.1.1 BIM-tietomalli .....	26
3.2.1.2 Vertex BD:n hyödyntäminen saneerauskohteessa.....	27

3.2.1.3	Suunnittelijan kokemus Vertex BD:stä .....	28
3.2.2	Finnwood .....	29
3.2.2.1	Välipohjan värähtelymitoitus.....	31
3.2.2.2	Finnwood ja BIM.....	31
<b>4</b>	<b>TOTEUTUS .....</b>	<b>32</b>
4.1	Pohjan suunnittelu .....	32
4.2	LVI-suunnittelu .....	36
4.3	Sähkösuunnittelu .....	38
4.4	Kantavien rakenteiden suunnittelu ja mitoitus.....	39
4.4.1	Välipohja .....	40
4.4.1.1	Värähtely .....	41
4.4.1.2	Taipuma .....	43
4.4.1.3	Taivutuskestävyys .....	43
4.4.1.4	Leikkausvoimakestävyys.....	44
4.4.1.5	Tukipainekestävyys.....	45
4.4.1.6	Välipohjapalkin jatkosliitos.....	46
4.4.1.7	Äänieristys.....	48
4.4.2	LP-pilarit.....	48
4.4.2.1	Nurjahduskestävyys .....	48
4.4.3	LP-palkit.....	49
4.4.3.1	Taivutuskestävyys .....	50
4.4.3.2	Kiepahduskestävyys.....	50
4.4.3.3	Leikkausvoimakestävyys.....	51
4.4.3.4	Tukipainekestävyys .....	51
4.4.4	Ulkoseinä .....	52
4.4.4.1	Runkotolpan nurjahduskestävyys.....	53
4.4.4.2	Alasidepuun kiskopainekestävyys .....	54
4.5	Väliseinien suunnittelu .....	54
4.5.1	Kaksoisrunkoseinä.....	55
4.5.1.1	Kaksoisrunkoseinän ja välipohjan liitos .....	55
4.5.1.2	Kaksoisrunkoseinän ja maanvaraisen laatan liitos .....	56
4.5.2	Kevyt väliseinä.....	57
4.5.3	Märkätilan seinät.....	57

4.5.4 Olemassa olevien väliseinien lisä-ääneneristys.....	58
4.6 Valokuvia työmaalta.....	59
5 YHTEENVETO.....	69
5.1 Rakentamisen näkökulmasta.....	69
5.2 Suunnittelun näkökulmasta.....	70
5.3 Loppusanat.....	73
LÄHTEET.....	74
LIITTEET.....	79

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo

Kuva 1. Koivikko-Lisälä Topeakalta päin .....	13
Kuva 2. Saneerausalue.....	15
Kuva 3. Rakennemalli. Välipohja. ....	24
Kuva 4. Vertex BD 2016. Koivikko-Lisälän 3D-malli.....	25
Kuva 5. Finnwood 2.3 SR1. Kuormitus-välilehti .....	30
Kuva 6. Lähtötilanne. ....	32
Kuva 7. Pohjapiirustus. ....	34
Kuva 8. LVI-piirustus.....	36
Kuva 9. Sähköpiirustus (ryhmityspiirustus). ....	38
Kuva 10. Välipohja.....	40
Kuva 11. Välipohjapalkin jatkosliitos. ....	47
Kuva 12. Kaksoisrunkoseinä.....	55
Kuva 13. Yleisnäkymää saneerattavasta tilasta ennen toimenpiteisiin ryhtymistä. .	59
Kuva 14. LP-palkin ja -pilarin liitos. ....	60
Kuva 15. Välipohjapalkin jatkosliitos asennettuna.....	61
Kuva 16. Poikittaisjäykistelinja. ....	62
Kuva 17. Kaksoisrunkoseinän yläpää. ....	63
Kuva 18. Kaksoisrunkoseinää villoitettuna.....	64
Kuva 19. Viemärivetoja suuremman huoneiston puolella. ....	65
Kuva 20. Pienemmän huoneiston vesiputki- ja viemäriasennuksia.....	65

Kuva 21. Pienemmän huoneiston kylpyhuone valmiina. ....	66
Kuva 22. Suurempi huoneisto saneerauksen loppuvaiheilla. ....	67
Kuva 23. Suuremman huoneiston keittiö valmiina. ....	68



## Käytetyt termit ja lyhenteet

Rakennelaskelmissa käytetyt merkinnät löytyvät liitteestä 7.

<b>Askelääni</b>	Muihin tiloihin kuuluva runkoääni, jonka aiheuttaa esimerkiksi kulkeminen portaissa tai lattialla tai esineiden siirtely (Wood Focus Oy 2004, 8).
<b>e-luku</b>	Tontin tehokkuusluku eli kerrosalan suhde tontin pinta-alaan. Ilmaisee kaavan salliman rakennusoikeuden. (Haapanala ym. 2003, 78.)
<b>FEM-laskenta</b>	FEM tulee sanoista Finite Element Method, suomeksi elementtimenetelmä (Hietikko 2015, 169). Kyseessä on numeerinen menetelmä, jolla etsitään likimääräisiä ratkaisuja osittaisdifferentiaaliyhtälöille sekä integraaliyhtälöille variaatiomenetelmällä. FEM-laskentaa käytetään mm. monimutkaisten rakennejärjestelmien simuloinnissa ja mallintamisessa. (Vaara 2012, 14; Wikipedia-projektin osanottajat 11.10.2016.)
<b>Hankesuunnitelma</b>	Tarveselvityksen jälkeen laadittavassa hankesuunnitelmassa esitetään hankkeen toteuttamistapa, rakennukselle asetetut laajuus- ja laatutavoitteet sekä määritellään hankkeen alustavat kokonaiskustannukset ja aikataulu. Hankesuunnitelmaan sisältyy mm. tilaohjelman laatiminen, jossa listataan tulevat tilat, niiden koot ja vaadittavat yhteydet. Hankesuunnitelmaan kuuluu toiminnan asettamien tavoitteiden selvittäminen. Hankesuunnitelman pohjalta tehdään investointipäätös. (Liuksiala & Stoor 2014, 34–36; Prodeco Oy [Viitattu 15.10.2016].)

<b>Ilmanvaihtokerroin</b>	Tunnin kuluessa huonetilaan tai -tilasta virrannut ulkoilmavirta huonetilan ilmatilavuutta kohti. Hieman yksinkertaistettuna, ilmanvaihtokerroin ilmoittaa sen, montako kertaa huoneen ilma vaihtuu tunnissa. Ilmanvaihtokertoimen yksikkö on 1/h. (D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma, kohta 1.3.1.)
<b>Ilmaääni</b>	Äänilähteestä ympäristöön ilman välityksellä leviävä ääni (Wood Focus Oy 2004, 8).
<b>IV-kone</b>	Ilmanvaihtokone
<b>K</b>	Kelvin. SI-järjestelmän perusyksikkö.
<b>k-m<sup>2</sup></b>	Kerrosalaneliömetri. Yleisesti käytössä oleva lyhenne, joka ei kuulu SI-järjestelmään. (Maanmies 1996; RT 12-11055, 11.)
<b>k/k-jako</b>	Luetaan ”keskeltä keskelle -jako”. Ilmaisee, kuinka pitkä etäisyys on rakenneosan keskeltä keskelle. Käytetään säännöllisesti toistuvien rakenneosien kohdalla. Paljon käytetään myös lyhennettyä ilmaisua, k-jako.
<b>Kapasiteetti</b>	Rakenteen tai poikkileikkauksen kyky vastustaa voimia ja muodonmuutoksia (RT RakMK-21183, kohta 1.3).
<b>LP-palkki</b>	Liimapuupalkki
<b>LP-pilari</b>	Liimapuupilari
<b>M-kuvio</b>	Momenttikuvio
<b>Momenttimenetelmä</b>	Menetelmä, jota käytetään staattisesti määräämättömän rakenteen voimasuureiden ratkaisemiseksi. Momenttimenetelmä on perinteinen kehärakenteiden voimatilan analysointimenetelmä. Menetelmää voidaan käyttää myös palkkirakenteiden yhteydessä. (Perälä 2012, 45.)

## **Osavarmuuslukumenetelmä**

Osavarmuuslukumenetelmä erottaa kestävyiden ja kuormien tai kuormien vaikutusten osavarmuusluvut toisistaan. Eri osavarmuuslukujen avulla otetaan huomioon niin materiaali- tai tuoteominaisuuden mahdollisuus poiketa epäedulliseen suuntaan ominaisarvostaan kuin epävarmuudet liittyen kuormien tai kuormien vaikutusten mallintamiseen (SFS-EN 1990 + A1 + AC, kohdat 6.3.2 ja 6.3.3). Osavarmuuslukumenetelmää käytettäessä tulee osoittaa, että mitään rajatilaa ei ylitetä missään kyseeseen tulevassa mitoitustilanteessa, kun mitoitusmalleissa käytetään kestävyysien ja kuormien tai kuormien vaikutusten mitoitusarvoja (SFS-EN 1990 + A1 + AC, kohta 6.1).

### **Q-kuvio**

Leikkausvoimakuvio

### **Ryhmäkeskus**

Sähköpääkeskuksen alikeskus, josta jaetaan sähköt tietyille alueelle tai ryhmälle. Ryhmäkeskuksia voi olla useita, tai sitten ryhmäkeskus voi olla osa pääkeskusta, kuten pientalojen kohdalla monesti on. Kansankielessä ryhmäkeskusta kutsutaan usein sulakekaapiksi tai -tauluksi. (Tu-kes 2015, 6; Wikipedia-projektin osanottajat 16.8.2016.)

### **Saneeraus**

Korjausrakentaminen eli saneeraus tarkoittaa olemassa olevan rakennuksen tai muun rakennelman mittavaa yhdellä kertaa tapahtuvaa korjaamista tai muuttamista. Rakennuksen kestoajan aikana näin laajoja toimia tehdään vain muutaman kerran. (Wikipedia-projektin osanottajat 18.2.2016.)

### **Tarveselvitys**

Selvitys, joka tehdään rakennushankkeen alussa. Tarveselvityksen perusteella päätetään, onko hanke tarpeellinen ja tarkoituksenmukainen. Eri tilanhankintavaihtoehdot sekä

niiden kelpoisuus ja edullisuus tutkitaan. Rakennushankkeen tavoitteet määritellään. (Liuksiala & Stoor 2014, 34–35; Prodeco Oy [Viitattu 15.10.2016].)

Tarveselvitykseen kuuluu alustava rakennusohjelma, aikataulu sekä kustannus- ja kannattavuusarvio. Tarvittavat tilat, rakenteet ja niille asetettavat vaatimukset kuvataan alustavasti. (Liuksiala & Stoor 2014, 34–35; Prodeco Oy [Viitattu 15.10.2016].)

**VTT**

Valtion teknillinen tutkimuskeskus

**YM**

Ympäristöministeriö

## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään Kauhajoen keskustassa sijaitsevan asuin-liikerakennuksen saneerausta. Rakennus sijaitsee keskustan läpi kulkevan pääkadun, Topeekan, varrella.

Saneerauksen tarkoituksena oli jakaa rakennuksen ensimmäisessä kerroksessa sijaitseva liiketila kahtia sekä synnyttää täysin uusia kerrosalaneliöitä toiseen kerrokseen. Saneeraus koskee sisäpuolisia rakenteita, joten se ei näy ulospäin.

Tämän opinnäytetyön tekijä toimi projektin rakennesuunnittelijana. Jo etukäteen oli tiedossa, että tiukasti rakennesuunnittelijan toimenkuvassa ei tulaisi pysymään, projektiin kun ei otettu muita suunnittelijoita. Tämä tarkoittaa, että tekijän täytyi ottaa vastuulleen muun muassa sellaisia tehtäviä, jotka kuuluvat normaalisti pääsuunnittelijalle. Opinnäytetyön tekijä arvioi saneerauskohteen vaatimustason olleen sopiva osaamisensa kehittämiseksi.

Opinnäytetyön pääpaino on kohteeseen liittyvien kantavien rakenteiden suunnittelussa ja mitoituksessa. Suuri osa mitoitetuista rakenteista on olemassa olevia. Olemassa olevien rakenteiden kantavuus täytyi tarkistaa niille aiheutuneen lisääntyneen kuormituksen seurauksena. Lisääntynyt kuormitus johtuu saneerauksen myötä rakennetusta välipohjasta.

Projekti pyrittiin tuomaan esiin kokonaisuudessaan, vaikkakin huomattava osa opinnäytetyön sisällöstä liittyy kantavien rakenteiden mitoitukseen.

## 2 KOHTEEN ESITTELY

### 2.1 Tietoja kiinteistöstä

Saneerattava asuin-liikerakennus kuuluu kahden vierekkäisen tontin muodostamaan rakennuskortteliin, pinta-alaltaan 1474 m<sup>2</sup>. Näiden kahden tontin nimeksi on merkitty kiinteistörekisterissä Koivikko ja Lisälä. Rakentamisestaan lähtien tätä asuin-liikerakennusta on kutsuttu nimellä Koivikko-Lisälä, edellä mainittujen tonttien mukaan. Koivikko-Lisäläksi sitä kutsutaan myös tässä työssä. Tämän 1½-kerroksisen rakennuksen kerrosala on saneerausprojektia aloitettaessa 895 m<sup>2</sup>.



Kuva 1. Koivikko-Lisälä Topeakalta päin (Havunen 2012).

### 2.2 Kantavat rakenteet

Rakennus on toteutettu pilari-palkkirungolla ja kantavilla ulkoseinillä. Kaikki kantavat rakenteet ovat puuta. Myös ulkoverhouksen materiaalina on puu. Rakennus on rakennettu pitkästä tavarasta. Pilari-palkkirunko koostuu liimapuupilareista ja -palkeista, jotka on asennettu paikoilleen määrämittäisenä. Asennuksessa on käytetty

nosturia. Rakennuksen vanhemmassa osassa käytetään sahatavarasta tehtyjä pilareita.

### **2.3 Perustukset**

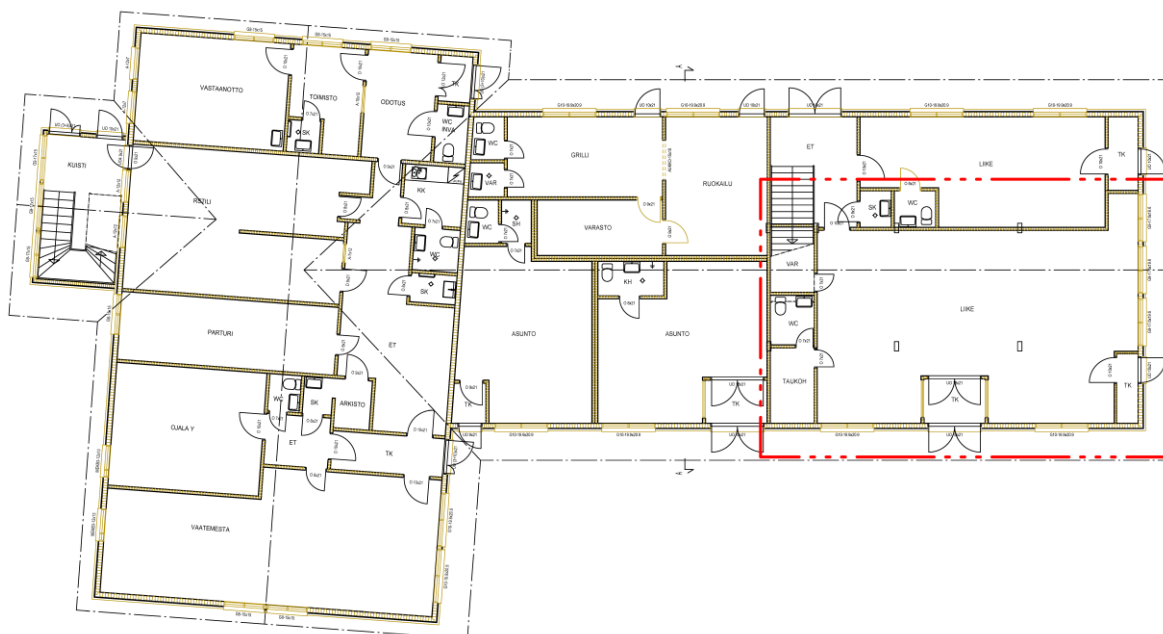
Rakennuksen perustuksena toimii maanvarainen anturaperustus. Perusmuuri anturoineen on valettu betonista. Betoni on vahvistettu harjateräksillä. Perusmuuri kulkee ulkoseinien kohdalla sekä kahtena yhtenäisenä linjana liimapuupilareiden alla rakennuksen pituussuunnassa harjalinjan suuntaisesti. Perusmuurin anturan leveys on 800 mm, ulkoseinien kohdalla 700 mm. Korkeutta perusmuurin anturalla on 300...350 mm, riippuen sijainnista.

Rakennuksen vanhemmassa osassa perusmuurilinjoja on kolme kappaletta ja ne kulkevat poikkipäin harjalinjaan nähden. Myös perusmuurin dimensioissa on eroavaisuuksia uudempaan osaan nähden.

Mitä mitoittamiseen tulee, tässä työssä keskitytään maanpäällisiin rakenteisiin. Joka tapauksessa, maaperän ja perustusten kantokyky on otettu saneerauksen kannalta huomioon.

### **2.4 Saneeraus**

Oheisessa kuvassa on Koivikko-Lisälän 1. kerros ennen saneerausta (kuva 2). Saneerausalue on merkitty punaisella.



Kuva 2. Saneerausalue.

#### 2.4.1 Saneerauksen taustoista

Menemättä sen syvemmin Koivikko-Lisälän historiaan, rakennus koostuu kahdesta osasta, joista uudempi on rakennettu vuosina 1988–1989. Saneeraus tehtiin tähän uudempaan osaan. Vanhemman osan erottaa uudemmassa osasta siitä, että se liittyy siihen ”hieman vinosti”, kuten kuvasta 2 voidaan todeta, vanhemman osan ollessa vasemmalla ja uudemman oikealla.

Valmistumisensa jälkeen Koivikko-Lisälään on tehty erikokoisia korjaus- ja muutostöitä läpi 1990- ja 2000-luvun. Näihin kuuluu muun muassa entisen kenkäkaupan jakaminen kahtia asunnoksi ja grillin asiakastiloiksi. Viimeisin toimenpide, joka koskee entisen kangaskaupan tilojen saneeraamista, on suurin ja haasteellisin tähänastisista korjaus- ja muutostöistä.

Saneeraustarve tuli eteen, kun pitkäaikainen vuokralainen, vuodesta 1989 lähtien rakennuksen itäisessä päädyssä noin 100 m<sup>2</sup> tiloissa toiminut kangaskauppa Palakulma, irtisanoutui. Tilat sijaitsivat juurikin rakennuksen uudemmassa osassa, kuvassa 2 merkityllä alueella. Irtisanoutuminen astui voimaan vuoden lopussa 2012.



Irtisanoutumisen seurauksena liiketilalle täytyi keksiä uutta käyttöä. Samalla tilan tarvitsi remontoida nykypäivän vaatimusten tasolle niin LVIS-järjestelmien, tietoliikenneyhteyksien, valaistuksen, äänieristyksen kuin pintojen osalta.

Entisen kangaskaupan tilat päädyttiin jakamaan kahtia. Ensimmäisen ja toisen kerroksen väliin päätettiin tehdä välipohja. Tähän asti kangaskaupan tilat olivat olleet auki vesikattoon asti, rakennuksen muista tiloista poiketen. Välipohjan ansiosta toiseen kerrokseen voitaisiin tehdä asunto.

Välipohjan rakentaminen oli luonnollinen vaihtoehto, sillä ilman sitä tilaa ei oltaisi mitenkään järkevästi saatu jaettua kahtia. Väliseinistä olisi tullut paikoin jopa kuusi metriä korkeat ja tiloista kuilumaiset. Lisäksi, hyvin asutokäyttöön sopivat toisen kerroksen neliöt olisivat jääneet hyödyntämättä. Suurempi kuutiomäärä yhdessä ai-noassa kerroksessa ei olisi palvellut kahtiajaon jälkeen etuaan.

Se, miksi välipohjaa ja yläkerran asuntoa ei ole rakennettu jo aiemmin, liittyy lähinnä tontin rakennusoikeuteen. Toki myös kangaskauppa on hyötynyt avarista liiketiloista. Rakennusoikeuteen palataan myöhemmin.

Saneeraus jaettiin kahteen vaiheeseen:

- Ensimmäisessä vaiheessa tehtäisiin valmiiksi ensimmäiseen kerrokseen liittyvä rakentaminen.
- Toisessa vaiheessa tehtäisiin valmiiksi toiseen kerrokseen liittyvä rakentaminen.

Tässä työssä keskitytään saneerausprojektin ensimmäiseen vaiheeseen liittyviin suunnitelmiin. Painotus on kantavissa rakenteissa, vaikkakin koko projekti pyritään tuomaan esiin mahdollisimman kattavasti. Tutustumaan päästään muun muassa työmaalta otettuihin valokuviin, joita löytyy luvun 4 lopusta. Valokuvat auttavat tuomaan esiin rakentamisen näkökulmaa projektissa.

Toiseen kerrokseen liittyvä rakentaminen otettiin huomioon jo projektin ensimmäisessä vaiheessa. Muun muassa 2. kerrokseen rakennettavasta asunnosta tuleva viemäriputki asennettiin valmiiksi seinän sisään 1. kerroksessa. Kylpyhuoneen

paikka 2. kerroksessa mietittiin valmiiksi, vaikkei sitä vielä rakennettu. Välipohja mitoitettiin kestävästi asuinhuoneiston kuormat murto- ja käyttörajatilassa Eurokoodi 5:n mukaisesti. Myös välipohjan ilma- ja askeläänieristävyyteen tulevaa asuinkäyttöä ajatellen kiinnitettiin huomiota projektin ensimmäisessä vaiheessa.

Toiseen kerrokseen tehtiin alustava pohjapiirustus ja LVI-piirustus. Ne päätettiin rajata tämän työn ulkopuolelle, sillä niillä ei ole varsinaista merkitystä kantaviin rakenteisiin liittyviin suunnitelmiin ja laskelmiin. Rakennesuunnittelun kannalta riittää tässä tapauksessa tieto, että yläkertaan tulee asunto. Rakennesuunnittelua helpottaa se, että tiedetään suunnilleen, mihin kylpyhuone ja keittiö viemäröinteineen 2. kerroksessa tulevat, sekä se, että niin 1. kuin 2. kerroksen IV-kanavien viennit on otettu valmiiksi huomioon. Näin vältetään myöhemmiltä yllätyksiltä läpivientien suhteen.

Välipohjapalkkeihin tehtävien läpivientien kanssa pitää olla tarkkana. Väärään kohtaan tehty läpivienti voi vaarantaa välipohjan rakenteellisen turvallisuuden, koska läpiviennit heikentävät poikkileikkauksen kapasiteettia. Kantaviin rakenteisiin tehdyt läpiviennit tulee aina ottaa huomioon laskelmissa.

#### **2.4.2 Saneerauksen aikataulu ja ydinkohdat**

Saneerauksen ensimmäisen vaiheen rakentaminen tapahtui aikavälillä syyskuu 2013 – kesäkuu 2014. Ensimmäisen vaiheen olennaisimmat asiat olivat välipohjan rakentaminen ja alakerran liiketilan jakaminen kahtia. Kahtiajaon seurauksena syntyi huoneistoaloiltaan 41,5 m<sup>2</sup> ja 53 m<sup>2</sup> toimistotilat, joista suurempi valmistui ensin.

Muutamia neliöitä entiseen nähden menetettiin toimistotilojen välille tehdyn väliseinän sekä olemassa olevien huoneistojen välisten seinien paksuntamisen takia. Huoneistojen välisiä seiniä paksunnettiin äänieristyksen parantamiseksi.

Saneerauksen toisen vaiheen rakentamisen aikataulua ei ole tätä kirjoitettaessa lyöty lukkoon. Toisessa vaiheessa yläkertaan tehdään asunto, jonka huoneistoala tulee olemaan arviolta 45,5 m<sup>2</sup>.

### 2.4.3 Saneerauspinta-ala

Kohteen saneerauspinta-ala on kerrosalassa mitattuna kokonaisuudessaan 148 neliötä. Ensimmäisessä vaiheessa saneerattiin 99 k-m<sup>2</sup>, ja toisessa tullaan saneeraamaan 49 k-m<sup>2</sup>. Rakennuksen kerrosala kasvaa toimenpiteiden myötä 895 m<sup>2</sup>:stä 944 m<sup>2</sup>:iin. Kerrosalan kasvu johtuu yläkertaan rakennettavasta 49 uudesta kerrosalaneliöstä.

### 2.4.4 Rakennusoikeus

Rakennuksen kerrosalan kasvun seurauksena jouduttiin tarkistamaan, ettei tontin rakennusoikeutta ylitetä. Laskelmat tähän liittyen löytyvät liitteestä 1. Laskelmissa todetaan, että käytetty rakennusoikeus kasvaa 93 %:sta 99 %:iin. Käytetty rakennusoikeus pysyy siis sallituissa rajoissa.

Saneerauksen kannalta merkittävä tekijä on tontin e-luku, jota on kasvatettu paikallisen asemakaavan muutoksen myötä vuonna 2001 0,5:stä 0,65:een. Asemakaavan muutoksessa myös tontin koko muuttui. Sitä pienennettiin uusien paikoitusjärjestelyjen vuoksi 1758 m<sup>2</sup>:stä 1474 m<sup>2</sup>:iin.

Vuotta 2001 edeltävällä asemakaavalla saneerattavan tilan 2. kerrokseen ei voitaisi rakentaa asuntoa ilman että käytetty rakennusoikeus ylittää 100 % rajan. Tällöin rakennusoikeudesta oltaisiin käytetty saneerauksen toisen vaiheen jälkeen 107 %.

Vähäistä suurempi poikkeaminen asemakaavassa osoitetusta rakennusoikeudesta vaatii poikkeamispäätöksen hakemista (Uudenmaan ELY-keskus, 1). Myönteisen päätöksen saaminen ei ole varmaa. Tästä johtuen välipohja jätettiin toteuttamatta uudemman osan rakentamisvaiheessa vuosina '88-'89.

#### 2.4.5 Saneerauksen valmistelu

Saneeraukseen valmistauduttiin laatimalla vapaamuotoinen tarveselvitys ja hanke-suunnitelma. Tätä seurasi varsinainen suunnittelu eri vaiheineen. Projektin suunta-viivoihin vaikutti alusta alkaen merkittävästi se, että kahtiajaon seurauksena synty-vistä toimitusaloista suurempaan oli tiedossa vuokralainen.

Vuokrasopimus allekirjoitettiin sen jälkeen, kun tuleva vuokralainen oli hyväksynyt kohteen pohjapiirustuksen luonnoksen. Luonnos tehtiin kuunnellen asiakkaan toi-veita. Vuokrasopimukseen merkitty sisäänmuuttopäivä, 1. toukokuuta 2014, asetti sopivan paineen projektin etenemiselle niin suunnittelun kuin rakennustoimenpitei-den suhteen.

Saneerausprojektin suunnitelmien tekeminen alkoi elokuussa 2013 ja jatkui maalisi-kuuhun 2014, jolloin projektin 1. vaiheen suunnitelmien katsottiin olevan valmiita. Tämän jälkeen suunnitelmiin on tehty lähinnä kosmeettisia muutoksia. Suurin osa suunnitelmista tehtiin vuoden 2013 puolella. Projektin 2. vaiheen suunnitelmat ovat tätä kirjoitettaessa osittain tekemättä.

Kuten päivämääristä huomaa, suunnittelu ja rakentaminen menivät saneerauksen ensimmäisessä vaiheessa osittain päällekkäin. Tämä ei ole tavatonta rakennuspro-jekteissa, eikä varsinkaan korjausrakentamisessa, jossa malli on olemassa jo val-miiksi 1:1 mittakaavassa.

On huomionarvoista, että kun suunnitelmia laaditaan vielä rakentamisen aikana, projektin virhe-, aikataulu- ja kustannusriskit kasvavat. Tämä johtuu siitä, että raken-taminen voi olla niin pitkällä mahdollisen suunnitteluvirheen ilmetessä, että sen kor-jaaminen vaatii esimerkiksi juuri pystytettyjen rakenteiden purkamista. Arvatenkin, tämä vie ylimääräistä aikaa ja nostaa kustannuksia.

## 3 KÄYTETYT MENETELMÄT

### 3.1 Eurokoodi

Eurokoodisuunnittelustandardien esittely on tarpeen, koska niitä käytettiin tässä projektissa kantavien rakenteiden suunnittelun yhteydessä. Eurokoodit edustavat tämän työn teoreettista pohjaa. Eurokoodien perusteella määräytyivät kantaviin rakenteisiin kohdistuvat kuormat. Myös kantavien rakenteiden kapasiteetti määräytyi eurokoodien perusteella. Näin laskennallisesti.

”Eurokoodit edustavat tämän työn teoreettista pohjaa.”

Perusideana rakenteita mitoitettaessa on se – oli käytössä sitten Eurokoodi tai jokin muu suunnittelustandardi – että rakenteisiin kohdistuvat laskentakuormat eivät saa ylittää rakenteiden laskennallista kantokykyä. On tärkeää, että laskelmiin sisällytetään riittävä virhemarginaali. Eurokoodin tapauksessa tähän käytetään osavarmuuslukumenetelmää (SFS-EN 1990 + A1 + AC, luku 6). Näin pyritään varmistamaan rakennuksen rakenteellinen turvallisuus.

#### 3.1.1 Yleistä tietoa eurokoodeista

Eurokoodit ovat kantavien rakenteiden suunnittelua koskevia eurooppalaisia standardeja (Rakennusteollisuus RT ry [Viitattu 13.10.2016]). Eurokoodien laadinnasta vastaa eurooppalaisen standardisointijärjestön CEN:n tekninen komitea TC250 (Joint Research Centre [Viitattu 13.10.2016]).

Eurokoodit on luotu rakennesuunnittelua varten. Niitä tulee käyttää rakennusten ja muiden rakenteiden suunnittelussa ja mitoituksessa. Ne kattavat myös rakenteiden palosuunnittelun, rakenteiden maanjäristysmitoituksen, geoteknisen suunnittelun, toteuttamisen aikaisen suunnittelun, väliaikaisten rakenteiden suunnittelun, ja niin edelleen. (Joint Research Centre [Viitattu 16.10.2016].)

Eurokoodit perustuvat EU-maiden teknillisissä yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa tehtyihin tutkimuksiin sekä niihin perustuviin mitoitusmenetelmiin (Sumkin, 2015).

Eurokoodit mahdollistavat yhtenäisen luotettavuustason eurooppalaisessa rakentamisessa, tarjotessaan yhdenmukaisen säännöstön, jota kaikkien toimijoiden on noudatettava. Yhden ja saman Eurokoodi-järjestelmän käyttäminen koko Euroopan laajuisesti helpottaa rakennusalan palveluiden vaihtoa jäsenmaiden välillä sekä laajentaa eri materiaalien ja rakenneosien käyttöä. (Danish Standards [Viitattu 13.10.2016].)

### **3.1.2 Eurokoodien soveltaminen eri maissa**

Eurokoodisuunnittelustandardien soveltaminen eri maissa vaatii kansallisten liitteiden laatimista. Suomessa kyseisten liitteiden laatimisesta vastaa ympäristöministeriö lukuun ottamatta muille hallinnonaloille kuuluvia osia, kuten siltarakenteita. (Ympäristöministeriö 22.7.2016.) Siltarakenteiden kansallisten liitteiden laatimisesta vastaa Liikennevirasto (Rakennusteollisuus RT ry [Viitattu 13.10.2016]).

### **3.1.3 Eurokoodien sisältö**

Eurokoodisarja koostuu tällä hetkellä 58 osasta. Eurokoodi-standardeihin kuuluu seuraavat kymmenen pääosaa:

- EN 1990 Eurokoodi 0: Suunnittelun perusteet
- EN 1991 Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormitukset
- EN 1992 Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu
- EN 1993 Eurokoodi 3: Teräsrakenteiden suunnittelu
- EN 1994 Eurokoodi 4: Teräs-betoniliittorakenteiden suunnittelu
- EN 1995 Eurokoodi 5: Puurakenteiden suunnittelu
- EN 1996 Eurokoodi 6: Muurattujen rakenteiden suunnittelu
- EN 1997 Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu
- EN 1998 Eurokoodi 8: Rakenteiden suunnittelu kestävyys suhteen maanjäristyksessä

- EN 1999 Eurokoodi 9: Alumiinirakenteiden suunnittelu

(Suomen Standardisoimisliitto SFS ry [Viitattu 13.10.2016].)

Suomessa eurokoodit julkaisee Suomen Standardisoimisliitto SFS ry (Ympäristöministeriö 22.7.2016). SFS ry on standardisoinnin keskusjärjestö maassamme.

### 3.1.4 Eurokoodit tässä projektissa

Tässä projektissa käytettiin seuraavia eurokoodeja:

- SFS-EN 1990 + A1 + AC: Eurokoodi. Rakenteiden suunnitteluperusteet
- SFS-EN 1991-1-1 + AC: Eurocode 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-1: Yleiset kuormat. Tilavuuspainot, oma paino ja rakennusten hyötykuormat
- SFS-EN 1991-1-3 + AC: Eurocode 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-3: Yleiset kuormat. Lumikuormat
- SFS-EN 1991-1-4 + AC + A1: Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-4: Yleiset kuormat. Tuulikuormat
- SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: Eurokoodi 5: Puurakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt

Näiden kanssa käytettiin ympäristöministeriön 15. lokakuuta 2007 vahvistamia kansallisia liitteitä, jotka ovat saatavilla YM:n verkkosivuilta (Ympäristöministeriö 29.9.2016). Varsinaisten eurokoodien tukena käytettiin RIL 205-1-2009 puurakenteiden suunnitteluohjetta, jossa Eurokoodissa esitetyt asiat ovat käyttäjäystävällisessä tiiviissä muodossa. RIL 205-1-2009 perustuu standardiin EN 1995-1-1 ja tämän Suomen kansallisiin liitteisiin (RIL 205-1-2009, 3).

Edellä mainitut eurokoodit koskettavat käytännössä kaikkea talorakentamista, pois lukien Eurokoodi 5, jota käytetään vain puurakenteille. Tässä projektissa Eurokoodi 5 oli avainasemassa, sillä kohteen kantavat rakenteet ovat puuta.

Etuliite SFS merkitsee sitä, että Suomen Standardisoimisliitto SFS ry on vahvistanut kyseisen eurooppalaisen standardin suomalaisiksi kansalliseksi standardiksi (Vir-

tanen & Majamaa 2014, 7). Tunnusyhdistelmä SFS-EN tarkoittaa, että sama standardi on voimassa sekä Suomessa että Euroopassa (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry [Viitattu 14.10.2016]).

### **3.1.5 Rajatilamenettely**

Eurokoodien suunnittelujärjestelmä perustuu rajatilamenetelmään ja sen yhteydessä käytettävään osavarmuuslukumenettelyyn (SFS-EN 1990 + A1 + AC, 16). Eurokoodin rajatilamitoituksen periaatteet on esitetty SFS-EN 1990 luvussa kolme (SFS-EN 1990 + A1 + AC, luku 3). Rajatilamenettelyllä tarkistetaan, että määrättyjä rajatiloja ei ylitetä missään tilanteessa. Rajatilamenettely sisältää murto- ja käyttö-rajatilatarkastelun. Murtorajatilat ja käyttörajatilat on käsiteltävä erikseen. (SFS-EN 1990 + A1 + AC, luku 3; Viljasen 2010, 50 mukaan.)

#### **3.1.5.1 Murtorajatila**

Eurokoodi-standardin SFS-EN 1990 mukaan kaikki ihmisten turvallisuuteen tai rakenteiden varmuuteen liittyvät rajatilat tulee luokitella murtorajatiloiksi. Murtorajatiloina voidaan käsitellä rakenteen sortumista edeltäviä tiloja, joita yksinkertaisuuden vuoksi tarkastellaan itse sortuman sijaan. (SFS-EN 1990 + A1 + AC, kohta 3.3.) Murtorajatilain ylittyminen tarkoittaa, että rakenne menettää kantokykynsä tai muutoin käyttökelpoisuutensa kantavana rakenteena (RT RakMK-21183, kohta 1.3).

#### **3.1.5.2 Käyttörajatila**

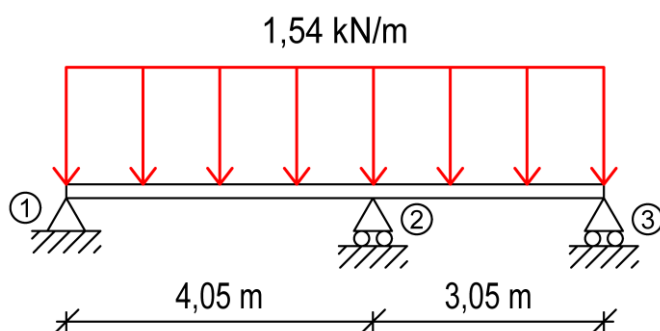
Käyttörajatilaksi luokitellaan SFS-EN 1990:n mukaan tilanteet, jotka liittyvät rakenteen tai rakenneosien toimintaan normaalikäytössä, ihmisten mukavuuteen ja rakennuskohteen ulkonäköön. Käyttörajatilojen tarkastelukriteerejä ovat värähtelyt ja siirtymät. Muita tarkastelukriteerejä ovat vauriot, jotka todennäköisesti vaikuttavat kielteisesti ulkonäköön, säilyvyyteen tai rakenteen toimivuuteen. (SFS-EN 1990 + A1 + AC, kohta 3.4.) Käyttörajatilain ylittyminen tarkoittaa, että rakenne lakkaa täyttämästä sille käytössä asetetut vaatimukset (RT RakMK-21183, kohta 1.3).



### 3.1.6 Rakennemalli

On huomionarvoista, että ennen kuin eurokoodeja voidaan käyttää rakenneosien mitoittamiseen, täytyy tarkasteltavista rakenteista luoda todellista tilannetta riittävän tarkasti kuvaava rakennemalli. Laskenta suoritetaan käyttäen tätä mallia. Poikkeuksena tähän ovat tilanteet, jotka voidaan ratkaista ilman erityistä rakennemallia.

[Rakennemallia] käytetään analyysiä, suunnittelua ja vaatimustenmukaisuuden osoittamista varten (SFS-EN 1990 + A1 + AC, kohta 1.5.1.10).



Kuva 3. Rakennemalli. Välipohja.

Rakennemalli voi koostua niin 1-, 2- kuin 3-ulotteisista osista. 1-ulotteisina osina käsitellään yleensä sauvarakenteita, jolloin sauvat piirretään painopisteakselin mukaan viivoina (Saarinen 2001, 486). Rakennemalliin sisällytetään muun muassa rakenneseisiin vaikuttavat ulkoiset voimat. Rakennemallissa rakenneseosat luokitellaan niiden tyypin ja toiminnan mukaan (Aho 1995, 23; Torisevan, 18 mukaan). Tyypillisiä rakenneseosia ovat pilarit, palkit ja laatat sekä niihin liittyvät rakenneseosat, kuten esimerkiksi seinät ja perustukset. Rakennemallin laadintaan pureudutaan tämän työn 4. luvussa varsinaisten laskelmien muodossa.

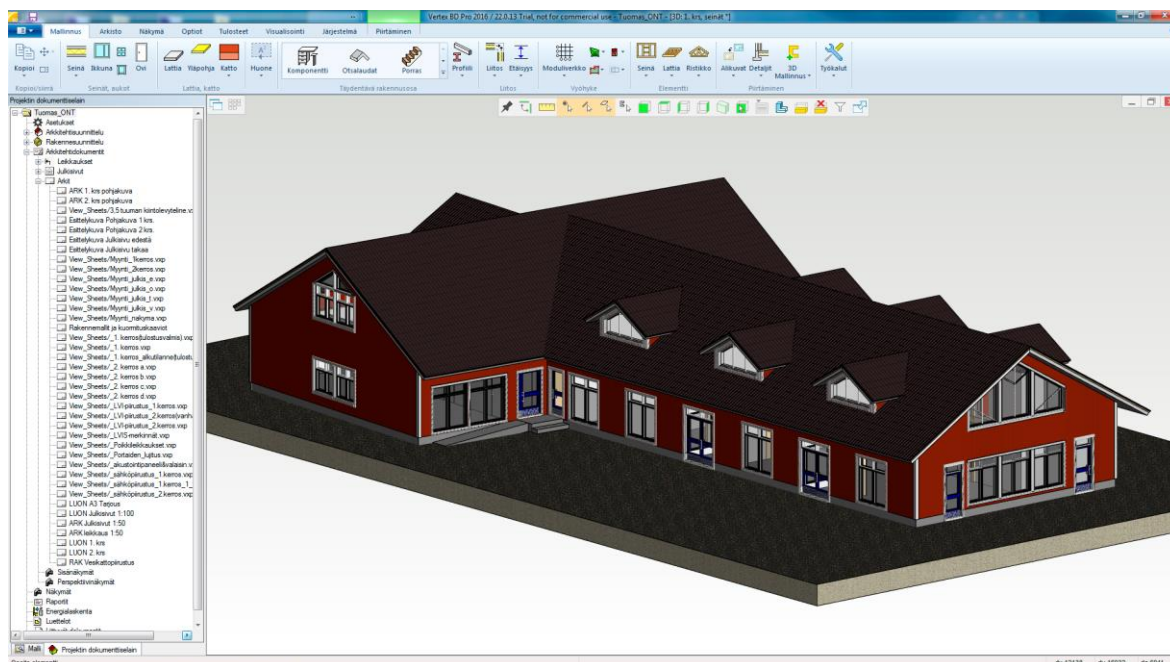
## 3.2 Suunnittelu- ja mitoitushjelmat

### 3.2.1 Vertex BD

Vertex BD on suomalaisen Vertex Systems Oy:n kehittämä rakennussuunnitteluohjelmisto. Vertex BD perustuu yhtiön markkinointimateriaalin mukaan BIM-tietomallin käyttöön. Samaa tietomallia voidaan hyödyntää rakennuksen ja rakennusprosessin koko elinkaaren ajan. Tähän kuuluu:

- myynti ja markkinointi
- arkkitehtisuunnittelu
- rakennesuunnittelu
- LVIS-suunnittelu
- tuotanto
- toimitus ja asennus
- rakennuksen ylläpito.

(Vertex Systems Oy 2016.)



Kuva 4. Vertex BD 2016. Koivikko-Lisälän 3D-malli (Vertex Systems Oy 13.9.2016).

### 3.2.1.1 BIM-tietomalli

BIM-tietomalli tulee sanoista Building Information Modeling. Termi on erittäin laaja. Sen kokonaisvaltainen avaaminen vaatisi melkeinpä erillisen tutkielman tekemistä, joten sitä tyydytään käsittelemään nyt vain pintapuolisesti. Seuraavat lainaukset valottavat BIM:n ydintä niin hyvin, että oli parasta jättää ne omaan muotoonsa:

Tietomalli on tuotteen (rakennuksen tai infrakohteen) ja rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa. Tämän kolmiulotteisen tietokonemallin tarkoituksena on koota kaikki tarvittava tieto yhteen, jotta tiedon hyödyntäminen on helppoa. Kukin yksittäinen tieto tallennetaan vain yhteen kertaan ja sitä voi hyödyntää koko suunnittelu- ja toteutusketju aina ylläpitoon saakka. Malli mahdollistaa erilaisten analyysien ja simulointien tekemisen jo hankkeen varhaisessa vaiheessa. Tämä edesauttaa vaatimukset ja suunnittelunormit täyttävien, hyvin toimivien ja helposti rakennettavien kohteiden suunnittelua. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry [Viitattu 15.10.2016].)

BIM-tekniikalla (Building Information Modeling, BIM, rakennuksen tietomalli) rakennuksesta luodaan digitaalisesti yksi tai useampi todellisuutta vastaava virtuaalimalli. Nämä mallit tukevat rakennuksen ja rakentamisen suunnittelua kaikissa vaiheissa ja mahdollistavat paremman analytiikan ja hallinnan kuin manuaaliset prosessit. Digitaalisesti koostetut mallit sisältävät rakennuksen täsmällisen geometrian ja tiedot, joita tarvitaan rakentamisen, osien valmistuksen ja hankintatoimen tukena rakennusvaiheessa. (Trimble Solutions Oy [Viitattu 15.10.2016].)

Rakennuksen tietomalli syntyy vaiheittain, iteratiivisissa suunnittelusyksyksissä tarkentuen. Malli aloitetaan karkeasta tietosisällöstä, vaatimuksista kohti toteutettavaa rakennusmallia. Oleellinen tieto siirtyy aina seuraavalle portaalle, ja jokainen vaihe tallennetaan lisäksi versiotietona. (Wikipedia-projektin osanottajat 15.10.2016.)

Hieman kerraten, BIM-tietomalli mahdollistaa muun muassa seuraavat asiat:

- Tieto ei häviä siirryttäessä suunnitteluvaiheesta toiseen. Samaa mallia käytetään alusta loppuun. Tietoja ei kopioida useaan eri paikkaan.
- Tietomallin sisältämään 3D-malliin tehty muutos päivittyy automaattisesti joka paikkaan, mukaan lukien 2D-näkymään, leikkauskuviin ja määräluetteloihin (Vertex Systems Oy 13.9.2016).

- Tietomallissa käytettyjen eri materiaalien tyyppi- ja määrätiedot voidaan saada mallista ulos jokaista runkotolppaa ja seinätiiltä myöten (Ruukki Construction 2012, Vertex Systems Oy 13.9.2016). Tämä auttaa automatisoimaan määrälaskentaa.
- Tietomallin osille voidaan liittää tietoa mm. aikataulusta, hinnoista ja hankinnoista. Näiden tietojen avulla esivalmistus-, valmistus- ja rakentamisprosessit voivat hyödyntää mallin tietoja prosessin hallinnassa. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry [Viitattu 15.10.2016].)
- Talotekniikan osalta törmäykset saadaan eliminoitua tehokkaasti jo suunnitteluvaiheessa, kun kaikki suunnittelutieto on yhdessä ja samassa tietomallissa (Trimble Solutions Oy 2012).
- Samaa tietomallia voidaan käyttää FEM-laskennassa ilman, että kohteesta joudutaan luomaan manuaalisesti uusi malli, joka keskittyy vain FEM-laskentaan (Jablonskis 2012). On ohjelmistokohtaista, kuinka hyvin tätä mahdollisuutta tuetaan, jos tuetaan ollenkaan.

On hyvä tuoda esiin, että kaikki BIM-ohjelmistot eivät ole samantasoisia. Toiset ohjelmistot hyödyntävät BIM:n tuomia mahdollisuuksia laajemmin kuin toiset. Alati kehittyvälle BIM:lle on määritelty tällä hetkellä neljä eri kypsyystasoa: Taso 0, Taso 1, Taso 2 ja Taso 3 (NBS 2014). Kehittyneintä kypsyystasoa, Tasoa 3, jossa integraatio ja kollaboraatio on viety tähänastisista pisimmälle, ei tiettävästi noudata vielä yksikään ohjelmisto. Terminä BIM elää ja kehittyy varmasti jatkossakin, kuten myös sitä tukevat ohjelmistot.

### **3.2.1.2 Vertex BD:n hyödyntäminen saneerauskohteessa**

Tässä projektissa Vertex BD:stä käytettiin lähinnä arkkitehtisuunnittelutyökaluja. Tämä käsittää 3D-mallin luomisen rakennuksesta sekä 2D-piirustustyökalujen käytön. 2D-piirustustyökaluja käytettiin lisäksi rakennelaskelmissa esiintyvän graafisen sisällön tuottamiseen. 3D-mallin tekeminen ei olisi ollut välttämätöntä saneerauksen onnistumisen kannalta. Tosin, se helpotti hahmottamaan tilaratkaisuja. Samaa 3D-mallia voidaan hyödyntää kohteessa myös jatkossa.

Vertex BD:ssä 3D-malli syntyy suurelta osin 2D-mallin kylkiäisenä. Kun 2D-malliin piirretään pysty- tai vaakarakenteita, piirtyvät ne samalla kertaa 3D-malliin. Näin päästään hyötymään hieman BIM:n mahdollisuuksista, vaikkakin kyseinen toiminnallisuus on löytynyt jo aikaisemmista 3D-CAD-ohjelmistoista, jotka eivät BIMiä tunne.

3D-malli ei synny ilman lisävaivannäköä. 3D-malliin joutuu syöttämään rakennusosien korkeusasemat, katon kaltevuuden ja monta muuta pienempää asiaa, jos haluaa saada sen kuvaamaan todellista kohdetta. Laajamittaisemmassa suunnittelussa, vakioituja ratkaisuja käytettäessä, rakennusosien, esimerkiksi ulkoseinien ja ikkunoiden, korkeusasemat voidaan syöttää ohjelman tietokantaan valmiiksi, jolloin näitä asioita ei jouduta syöttämään jokaiseen kohteeseen erikseen.

3D-malli ei tullut lähellekään ilmaiseksi tässä saneerausprojektissa. Rakennuksen eri osia jouduttiin menemään mittaamaan paikan päälle useampaan kertaan. Kohteesta löytyy vanhat 90-luvulta peräisin olevat DWG-muotoiset piirustukset, jotka olivat mallintamisessa suureksi avuksi, paperisten piirustusten ohella. DWG-muotoisia piirustuksia käytettiin 2D-mallin pohjana. DWG-muotoiset piirustukset eivät kuitenkaan vastaa kaikilta osin varsinaista rakennusta. Projektin edetessä havaittiin, että kaikkia väliseiniä ei ole rakennettu juuri piirustuksissa osoitettuun paikkaan. Lisäksi, rakennuksen sisätiloihin on tehty muutoksia DWG-muotoisten piirustusten laatimisen jälkeen, eikä piirustuksia ole sen jälkeen päivitetty. Tämä tarkoittaa, että 2D-mallin mittoja jouduttiin saneerauskohteessa tarkistelemaan.

Tämän opinnäytetyön tekijän oman kokemuksen perusteella korjaus- tai saneerausrakentamisessa 3D-mallin käyttö on hyvin aikaa vievää, verrattuna uudisrakentamiseen, jos kohteesta ei ole ajankohtaista 3D-mallia valmiiksi saatavilla – BIM-mallin käytöstä puhumattakaan. Voi olla erittäin työlästä lähteä paikan päälle mittailemaan yhtään suurempaa ja monimuotoisempaa rakennusta, ainakin käsin.

### **3.2.1.3 Suunnittelijan kokemus Vertex BD:stä**

Opinnäytetyön tekijällä on tätä kirjoittaessa Vertex BD:n käytöstä kokemusta versiosta 15 lähtien, versioon 22 saakka, joka kulkee myös nimellä Vertex BD 2016. Eniten hän on käyttänyt versiota 17.

Ennen tätä projektia tämän opinnäytetyön tekijä on käyttänyt ohjelmistoa viitenä vuotena kesätöissä, toimien pienelementeistä rakennettavien P3-paloluokan rakennusten rakennesuunnittelijana. Tehtäviin on sisältynyt lisäksi mm. määrälaskentaa, arkkitehtisuunnittelua ja luonnossuunnittelua. Määrälaskennassa Vertex BD:n BIM-tietomalli auttaa merkittävästi, kun esimerkiksi tarvittavan puutavaran dimensiot ja juoksumetrimäärät on mahdollista saada ohjelmasta ulos käden käänteessä. Tämä edellyttää, että suunnittelija osaa käyttää tätä tietomallipohjaista suunnittelutyökalua.

### 3.2.2 Finnwood

Finnwood® on Metsä Woodin omistama puurakenteiden mitoitukseen tarkoitettu laskentaohjelma. Finnwoodilla voidaan mitoittaa muun muassa välipohjan palkkeja, kattopalkkeja ja pilareita. Myös hirsitalon kattovasaa ja A-kehän yläpaarten mitoittaminen onnistuu. (Metsä Wood 2.7.2012, Metsä Wood 2015.)

Tässä projektissa Finnwoodia käytettiin uutena rakenteena toteutettavan välipohjan mitoittamiseen. Olemassa olevien rakenteiden kohdalla Finnwoodia käytettiin LP-pilareiden, LP-palkkien ja ulkoseinän mitoituksessa, siltä osin kuin se oli mahdollista. Tulokset varmennettiin käsinlaskentamenetelmin. Finnwoodilla ja käsin tehtyjä laskelmia myös vertailtiin keskenään.

Finnwood mitoittaa rakenteet Eurokoodi 5:n EN 1995-1-1:2004, sen täydennysosan A1:2008, Suomen kansallisten liitteiden sekä RIL 205-1-2009 -suunnitteluohjeen mukaan. VTT on tehnyt kolmannen osapuolen tarkastuksen Finnwood 2.3 SR1 -ohjelmaversiolle, jota käytettiin tässä työssä. (Metsä Wood 2012, Metsä Wood 2.7.2012.) Ohjelmasta on kehitetty paikallinen versio yhdeksään eri maahan. Joulukuussa 2015 Finnwoodilla oli ympäri maailman 50 000 käyttäjää. (Metsä Wood 2015.)

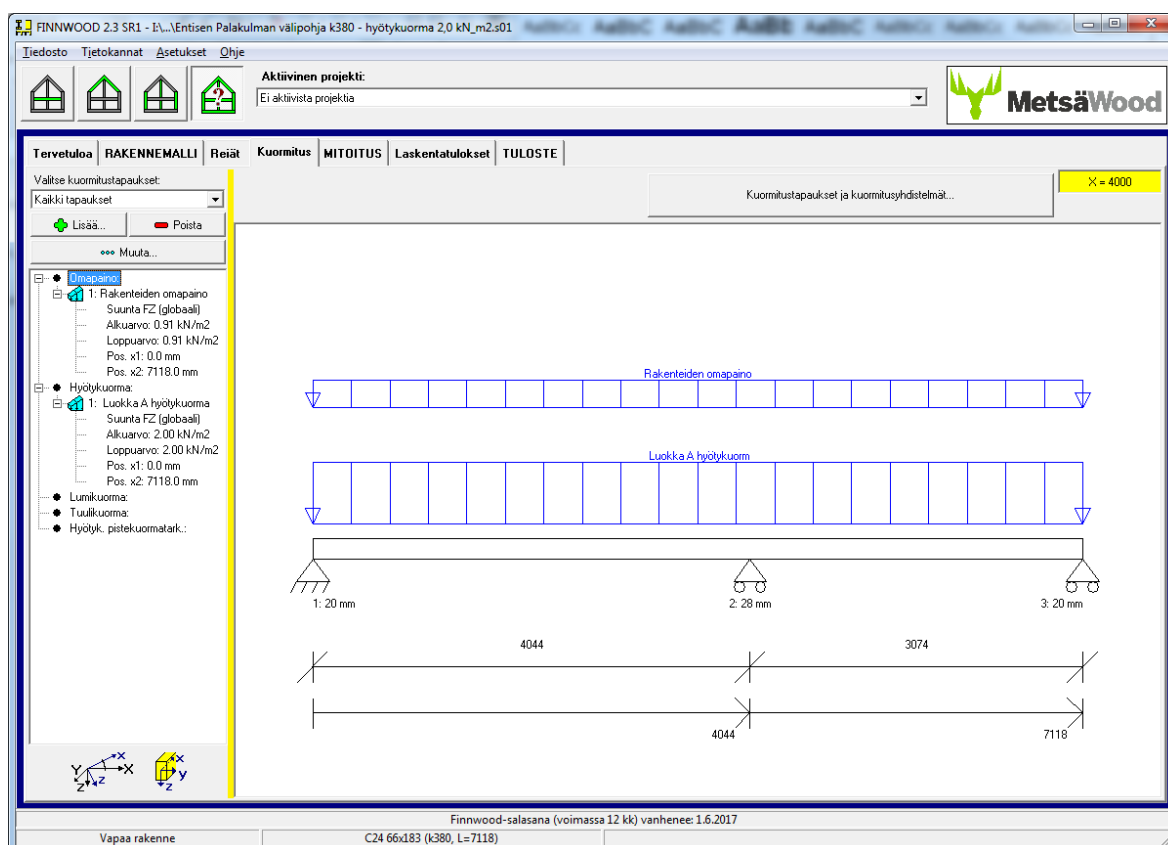
”Finnwoodilla ja käsin tehtyjä laskelmia myös vertailtiin keskenään.”

Finnwood on ladattavissa ilmaiseksi Metsä Woodin verkkosivuilta. Ohjelman lataaminen vaatii rekisteröitymisen ja sisäänkirjautumisen. (Metsä Wood [Viitattu 15.10.2016].)

Finnwoodin valinta puurakenteiden mitoitusohjelmaksi tässä projektissa oli luonteva johtuen sen ilmaisuudesta, tunnettavuudesta ja koetelluista laskenta-algoritmeista. Eikä suomenkielisestä käyttöliittymästä ohjekirjoineen päivineen ollut haittaa.

Metsä Wood on tarkoittanut Finnwoodin tukemaan omien tuotteidensa myyntiä, joihin kuuluu Spruce®-havuvaneri, Kerto-Q®-levy, Kerto-QP®-kattopalkit, Kerto-S®-palkit, Kerto-T®-tolpat, Kerto-Ripa®-elementit, liimapuu sekä sahatavara. Näitä kaikkia tuotteita voidaan mitoittaa Finnwoodilla. (Metsä Wood 2012, Metsä Wood 2.7.2012, Metsä Wood 2015, Metsä Wood [Viitattu 15.10.2016].)

Tämän opinnäytetyön tekijän arvion mukaan mikään ei estä käyttämästä Finnwoodia myös muiden kuin Metsä Woodin tuotteiden kanssa, ainakin sahatavaran ja liimapuun kohdalla. Tärkeää on varmistua siitä, että korvaavan tuotteen lujuustekniset ominaisuudet ovat yhtenevät Metsä Woodin tuotteen kanssa.



Kuva 5. Finnwood 2.3 SR1. Kuormitus-välilehti (Metsä Wood 2.7.2012).

### **3.2.2.1 Välipohjan värähtelymitoitus**

Erityisen hyödylliseksi Finnwood osoittautui tässä projektissa välipohjan värähtelymitoituksen kohdalla. Ohjelmalla voitiin etsiä välipohjan palkeille sopiva k/k-jako sekä kokeilla, montako poikittaisjäykistelinjaa vaaditaan. Lisäksi voitiin tarkistaa, onko alapuolinen poikittaiskoolaus tarpeellinen, ja tarvitseeko hyödyntää liittorakennevaikutusta välipohjapalkkien yläpuolisen lattialevyn kiinnityksessä. Olisi erittäin työlästä lähteä optimoimaan välipohjarakennetta puhtaasti käsinlaskennan menetelmin, ilman mitään tietokoneavustusta. Finnwoodin avulla säästettiin suunnittelu-prosessissa aikaa, kun sopivat arvot voitiin etsiä ohjelmallisesti.

### **3.2.2.2 Finnwood ja BIM**

Finnwoodin tämänhetkinen tuorein versio, 2.3 SR1, ei mahdollista BIM-tietomallin hyödyntämistä suoraan ohjelmassa. Esimerkiksi, rakennuksen välipohjaa mitoitettaessa mittatiedot täytyy syöttää ohjelmaan käsin. (Metsä Wood 2012, Metsä Wood 2.7.2012.)



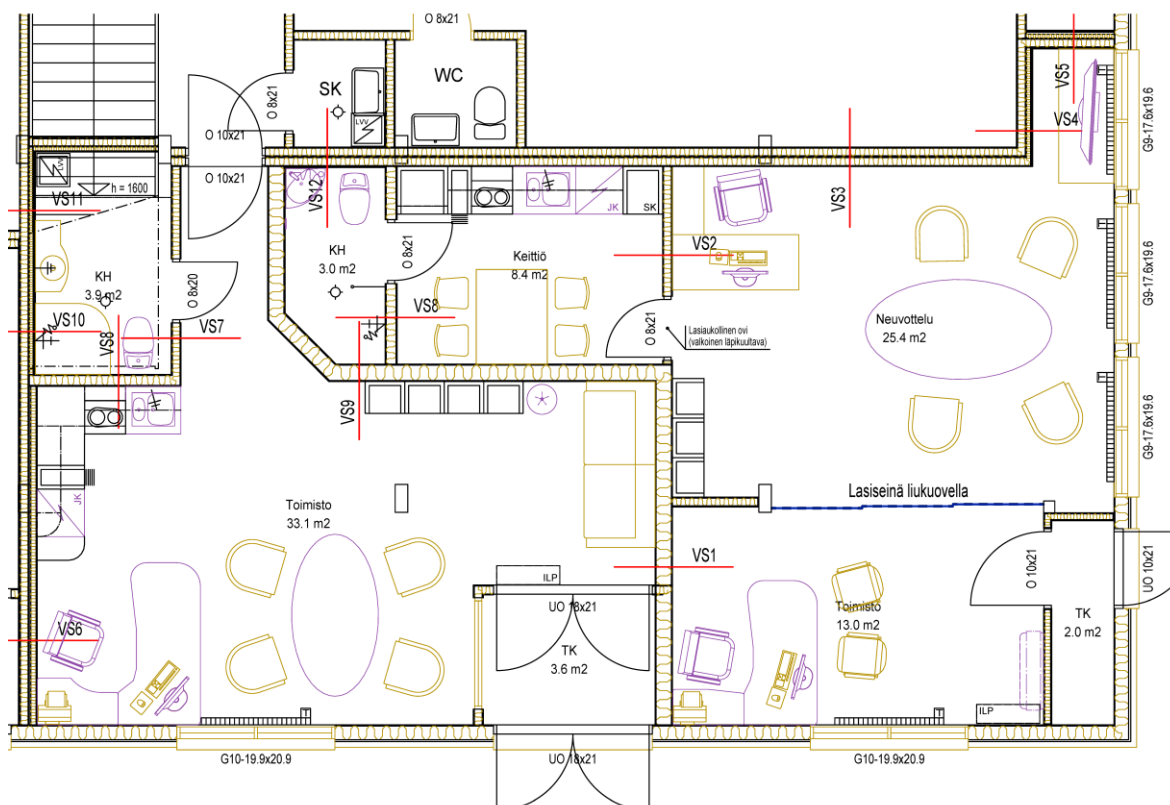


tulisi muuttumaan lähitulevaisuudessa. Tästä syystä iso tila päädyttiin jakamaan kahtia, kahdeksi erilliseksi huoneistoksi. Näistä suurempi tulisi olemaan rakennuksen päädyssä, pohjan oikeassa reunassa. Sopivasti, sisäänkäyntejä tuulikaappeineen löytyi jo valmiiksi kaksin kappalein, molemmille huoneistoille omansa. Tämän ansiosta rakennuksen ulkoseinään ei tarvinnut lähteä puhkomaan uutta sisäänkäyntiä.

Kuten aiemmin tuli mainittua, tilaa kahtia jaettaessa, suurempaan tilaan oli jo tiedossa vuokralainen. Tulevan vuokralaisen toiveet vaikuttivat pohjan suunnitteluun. Eritoten tulevaa vuokralaista kuunneltiin luonnossuunnitteluvaiheessa, jolloin lyötiin lukkoon pohjaratkaisun ”isot suuntaviivat”.

Saneeraukseen liittyi vanhojen rakenteiden purkamista. Muun muassa kaikki saneerattavan liiketilan WC:hen, taukahuoneeseen ja portaiden alle rakennettuun varastotilaan liittyvät väliseinärakenteet purettiin. Suuremmasta tuulikaapista jouduttiin purkamaan yksi seinä. Puretun seinän tilalle rakennettiin huoneistojen välinen seinä. Vanhoja LVIS-asennuksia purettiin myös.

Olemassa olevia huoneistojen välisiä seiniä vahvennettiin äänieristyksen parantamiseksi. Vahvennettuja sekä uutena rakennettavia seiniä tuli yhteensä 12 erilaista. Jokaisen erilaisen poikkileikkauksen paikka merkittiin pohjapiirustukseen (kuva 7). Poikkileikkauksia käsitellään myöhempänä väliseinien suunnittelu -kappaleessa.



Kuva 7. Pohjapiirustus.

Pitkällisen viilailun jälkeen päädyttiin yllä esitettyyn pohjaratkaisuun (kuva 7). Isommat suuntaviivat, kuten väliseinien paikat, saatiin hahmoteltua jo luonnossuunnittelun aikana. Pienempää viilailua mm. kiintokalusteisiin liittyen tapahtui tämän jälkeen vielä moneen otteeseen. Myös väliseiniä saatettiin hivuttaa suuntaan tai toiseen sen jälkeen, kun niiden summittaiset paikat oli jo päätetty.

Pohjapiirustus löytyy suurempana versiona liitteestä 2. Mittamerkitöjä ei pohjapiirustukseen sisällytetty. Ne piilotettiin tulosteesta selkeyden vuoksi. Kalusteet jätettiin näkyviin, että päästäisiin paremmin sisään siihen, mitä ajatuksia pohjaratkaisun taustalla on. Toki vuokralainen päättää lopullisen kalustuksen itse.

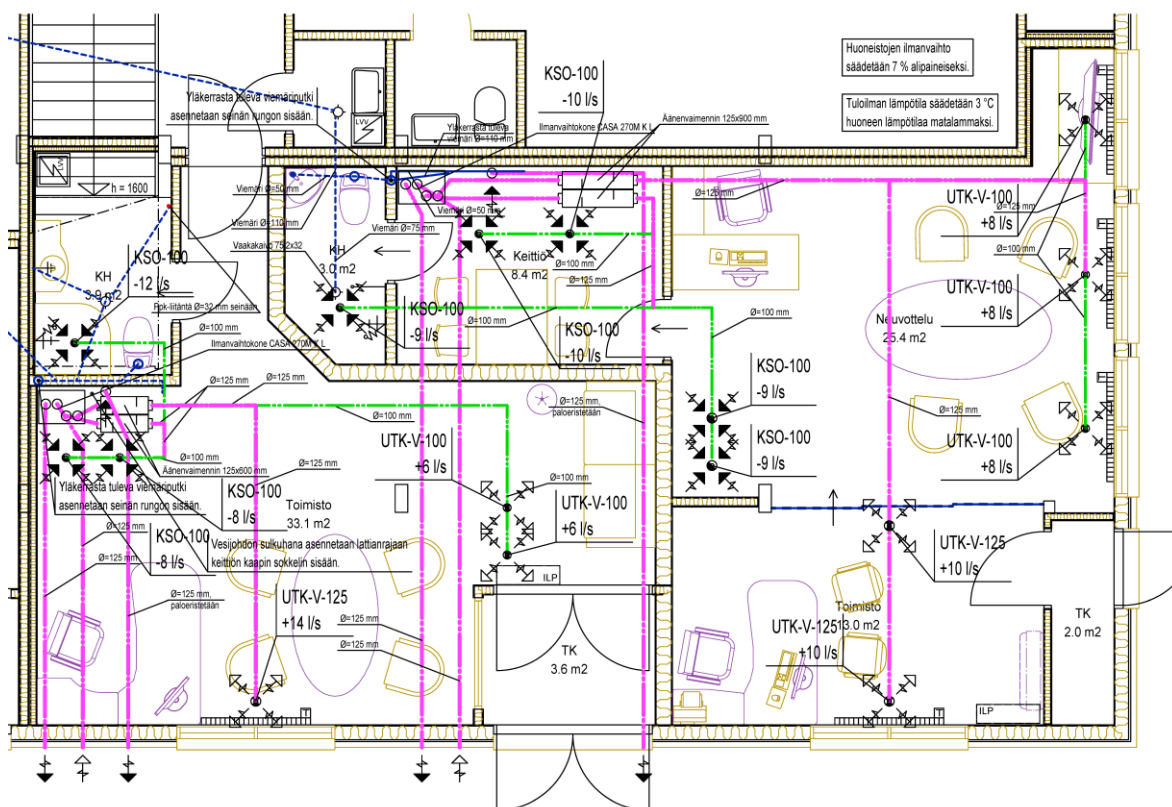
Muutamia huomioita liittyen pohjan suunnitteluun:

- Pienempi huoneisto suunniteltiin niin, että se käy tarvittaessa myös asunoksi.
- Pienemmästä huoneistosta löytyvä käynti rappukäytävään jätettiin auki. Käyntiin lisättiin väliovi äänieristysten parantamiseksi.

- Suurempaan huoneistoon sijoitettiin lasiseinä liukuovella, tulevan vuokralaisen toiveiden mukaisesti. Näin saatiin luotua äänieristyksellisesti kaksi itsenäistä tilaa, esimerkiksi puhelinkeskusteluja varten, hukkaamatta tilan avaruutta.
- Suuremman tilan keittiön oveksi valittiin valkoisella läpikuultavalla lasilla varustettu malli, että luonnonvalo pääsisi myös sinne. Tilankäyttöä optimoitaessa päädyttiin 9x21 oven sijaan 8x21 oveen.
- Uutena rakennettavaan huoneistojen väliseen seinään tehtiin viistetty nurkka, 45 asteen kulmaan. Tämä paransi tilankäyttöä, ollen samalla esteettisesti miellyttävämpi vaihtoehto kuin suora ”pitkälle työntävä” 90 asteen nurkka.
- Keittiöiden pääpiirteittäisen suunnittelun hoiti projektin rakennesuunnittelija, eli tämän opinnäytetyön tekijä. Toteutuksesta tarkempine yksityiskohdineen vastasi rakennuttajalle ennestään tuttu pitkään alalla ollut keittiötoimittaja.
- Laskutilaa pyrittiin saamaan keittiöihin niin paljon kuin mitä rajallisten seinämien puitteissa oli mahdollista.

## 4.2 LVI-suunnittelu

Saneeraukseen liittyi uusien ilmanvaihtokanavien, viemäriputkien ja vesijohtojen vetämistä, minkä vuoksi LVI-piirustuksen laadinta tuli tarpeeseen. Rakennesuunnittelijan oli siis aika ”vaihtaa saappaita”.



Kuva 8. LVI-piirustus.

Kohteen LV- ja IV-merkinnät päätettiin esittää yhdessä ja samassa piirustuksessa (kuva 8). Vesijohdot jätettiin tästä LVI-piirustuksesta pois. Ne osattiin asentaa työmaalla ilman piirustuksia. Vesijohdot asennettiin suurelta osin pintatyönä, mikä vähensi etukäteissuunnitelmien tarvetta. Rakenteisiin piilotettujen vesijohtojen reitit kannattaa miettiä jo suunnittelupöydällä mm. siitä syystä, ettei niiden asentaminen pääse unohtumaan työmaalla silloin, kun rakenteisiin on vielä pääsy. Tämä edellyttää tietenkin sitä, että nämä johdot merkitään piirustukseen.

LVI-puolen asiat eivät kuulu tämän opinnäytetyön tekijän ydinosaamiseen. Valmisteluihin kului useita tunteja, ennen kuin ensimmäistäkään ilmanvaihtokanavaa oli piirretty. Valmistelut pitivät sisällään mm. alan kirjallisuuteen tutustumista ja LVI-

suunnittelijan kanssa keskustelemista. LVI-suunnittelijalta saatiin niin näkemystä kuin arvokkaita neuvoja liittyen IV-ratkaisuihin.

Lopulta kädessä oli piirustus, jonka avulla asennukset saatiin hoidettua sujuvasti. Ilmanvaihtokanavien asennuksesta vastasi kokenut IV-asentaja, joka osasi suhtautua suunnitelmiin sopivan kriittisesti ja tehdä omia ratkaisuja tarvittaessa. Esimerkiksi, ilmanvaihtokanavien reitteihin tuli joitakin muutoksia alkuperäisiin suunnitelmiin nähden. Työn edetessä piirustusta päivitettiin, että se pysyisi ”työmaan perässä”.

LVI-piirustuksen laadintaan liittyviä huomioita:

- Yläkerrasta tulevat viemäröinnit merkittiin piirustukseen.
- Suuremman huoneiston lämminvesivaraaja päätettiin sijoittaa huoneiston ulkopuolelle, seinän takana olevaan siivousvarastoon. Ratkaisua pidettiin tilankäytön kannalta edullisena, kuten myös esteettisenä. ”Kaunein lämminvesivaraaja on se, joka on poissa silmistä.”
- Ilmanvaihtokoneet sijoitettiin molemmissa huoneistoissa sellaiseen paikkaan, että ne voitiin piilottaa keittiön kaapin sisään. Näin koneet saatiin pois näkyvistä ja niiden aiheuttamaa melua vähennettyä.
- Suuremman huoneiston ilmanvaihtokertoimeksi tuli piirustukseen merkityillä litramäärillä 1,10 l/h. Pienemmässä huoneistossa vastaavaksi lueksi saatiin 0,84 l/h.
- Huoneistojen ilmanvaihto mitoitettiin 7 % alipaineiseksi ulkoilmaan nähden. Alipaine estää kostean sisäilman tunkeutumisen vaipparakenteisiin (Leivo & Rantala, 384).
- Oikosulkuvirtausta, eli tilannetta, jossa ilma virtaa tuloilmaventtiilistä suoraan poistoilmaventtiiliin, vältettiin parhaan mukaan.

LVI-piirustuksen laadinta haluttiin tuoda esiin tässä työssä, että projektista saataisiin parempi kokonaiskuva. LVI-piirustus löytyy täysikokoisena versiona liitteestä 3.



kaapeleiden johdinmäärän päättäminen. Johdinmääriä ei ole esitetty tähän työhön sisällytetyssä ryhmityspiirustuksessa.

Ryhmityspiirustuksen laadintaan liittyviä huomioita:

- Pistorasiat ja kytkimet yritettiin sijoittaa niin, että ne olisivat käytön kannalta järkevässä paikassa.
- Valaisimia pyrittiin sijoittamaan kattoon riittävästi. Valaisimien ohjaus toteutettiin niin, että käyttäjä pystyy vaikuttamaan monipuolisesti siihen, mitkä valaisimet ovat päällä ja mitkä pois.
- Kummankin huoneiston sähkövedot kytkettiin omaan ryhmäkeskukseensa.
- Tietoliikenneyhteydet huomioitiin suunnitelmissa. RJ45-liittimillä varustettuja seinärasioita sijoitettiin useaan eri pisteeseen molemmissa huoneistoissa. Johdotuksissa käytettiin Cat 6 -tietoverkkokaapelia.
- Molempiin huoneistoihin tehtiin varaus ilmalämpöpumpulle. Pumpun arvioitu ottoteho huomioitiin jaettaessa sähkökuormaa sulakkeiden kesken.

Ryhmityspiirustus löytyy suurempana versiona liitteestä 4. LVI-piirustuksen ohella, ryhmityspiirustus tuotiin esiin tässä työssä, koska se on olennainen osa saneerausprojektia. Projektin koko kirjo haluttiin tuoda esiin sen sijaan, että valokeila oltaisiin suunnattu ainoastaan kantavien rakenteiden suunnitteluun ja mitoitukseen. Toki kantavat rakenteet edustavat opinnäytetyön tärkeintä osa-aluetta. Siihen päästäänkin seuraavaksi.

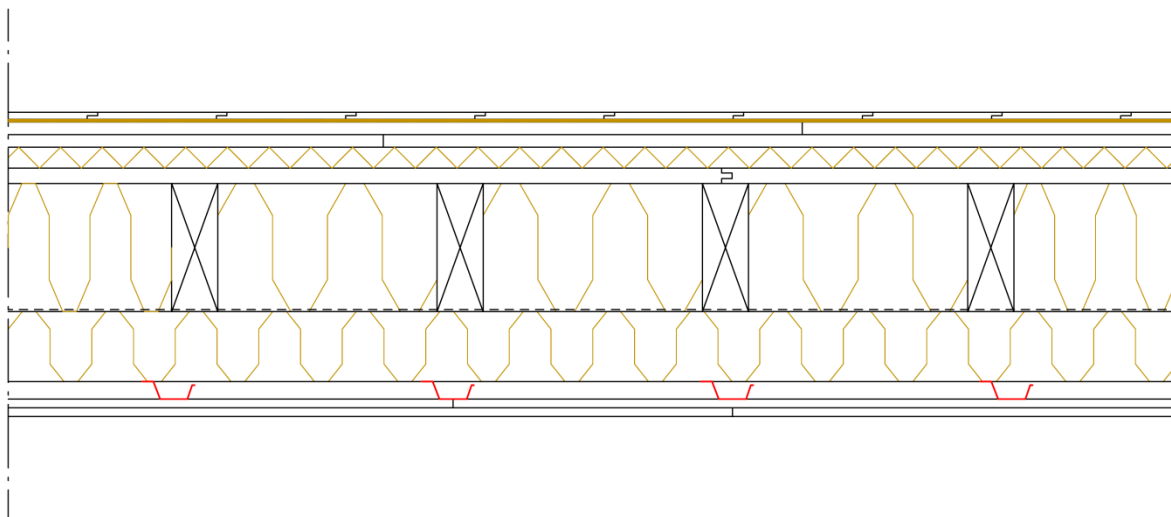
#### **4.4 Kantavien rakenteiden suunnittelu ja mitoitus**

Tässä kohtaa alkaa työn varsinainen laskentaosuus. Saneerauksen aiheuttaman lisääntyneen kuormituksen seurauksena, olemassa olevien rakenteiden kantavuus jouduttiin tarkistamaan. Näihin kuuluvat LP-pilarit, LP-palkit ja ulkoseinät. Lisäksi mitoitettiin välipohja, joka toteutettiin uutena rakenteena. Kappaleessa viitataan runsaasti liitteisiin sisällytettyihin rakennelaskelmiin ja piirustuksiin, joita kannattaakin ehkä pitää esillä samaan aikaan itse tekstin kanssa parhaan käsityksen saamiseksi siitä, mitä kantavien rakenteiden suunnitteluun ja mitoitukseen kuului.



#### 4.4.1 Välipohja

Eurokoodi 5:n mukaisesti saneerauskohteeseen toteutettu välipohja mitoitettiin murto- ja käyttörajatilassa. Mitoitus tehtiin RIL 205-1-2009 -suunnitteluohjeeseen sisältyvän palkin mitoitus-kaavion mukaisessa järjestyksessä. Kyseinen kaavio löytyy kirjan liitteestä E.2.



Kuva 10. Välipohja.

Välipohjan kohdalla päädyttiin ylläolevan kuvan mukaiseen poikkileikkaukseen (kuva 10). 1:10 mittakaavassa oleva versio viiteteksteineen löytyy liitteestä 5. Kantavat palkit ovat mitoiltaan 66x183 mm ja lujuusluokaltaan C24. Palkkien dimensiot ja lujuusluokan määräsi se, että niitä löytyi rakennuttajalta valmiiksi varastosta. Rakennesuunnittelijan tehtäväksi jäi valita sopiva palkkijako ja poikittaisjäykistelinjojen määrä.

Välipohjan palkistossa päädyttiin hieman epätyypilliseen 380 mm k/k-jakoon. Tämä johtuu siitä, että

- näin välttyttiin tiettyjen olemassa olevien rakenteiden purkamiselta
- suuremmalla k/k-jaolla mitoitus ehdot eivät olisi täyttyneet käyttörajatilassa
- pienempi k/k-jako olisi aiheuttanut ahtausongelmia asentamiseen liittyen.

Asian taustoja käsitellään tämän luvun lopussa valokuvia työmaalta -kappaleessa.

Taipumien minimoimiseksi välipohjan palkistossa päädyttiin käyttämään kaksiaukoista rakennetta. Riittävän jäykkyyden aikaansaamiseksi, välipohjan pidemmän jännevälin osuudelle valittiin kaksi poikittaisjäykistelinjaa.

Välipohjan mitoitus meni käyttörajatilassa niin kireälle, että lattialastulevyjen asennuksessa päädyttiin käyttämään työmaaliimausta. Lisäjäykkyyttä haettiin vielä alapuolisella poikittaiskoolauksella. Tässä päädyttiin 50x100 mm runkopuuhun 600 mm k/k-jaolla, syrjälleen asennettuna. Tätä vaihtoehtoa ei ollut suoraan valittavissa Finnwoodissa, minkä vuoksi ohjelmasta valittiin poikittaiskoolauksen dimensioksi 48x48 mm. Näin ollen, Finnwoodin laskelmat ovat varmemmalla puolella.

Syrjälleen asennetun 50x100 mm runkopuun käyttöön alapuolisessa poikittaiskoolauksessa päädyttiin myös sen takia, että näin välipohjan rakenteisiin saatiin mahtumaan ilmanvaihtokanavat niin pituus- kuin poikkisuunnassa. Joissakin kohdissa jouduttiin työmaalla hieman jyrsimään välipohjapalkkeja, että IV-kanavat mahtuisivat välipohjarakenteiden sisään. Rakennesuunnittelija piti huolen, että jyrsiminen tapahtui alueella, missä palkkien reunajännitykset ovat kaukana huippuarvoista.

Poikittaiskoolauksen suuntaisesti saatiin mahtumaan halkaisijaltaan 100 mm IV-kanava. Pituussuunnassa, välipohjapalkkien suuntaisesti, voitiin käyttää suurempaa halkaisijaltaan 125 mm IV-kanavaa. Silloin IV-kanava asennettiin välipohjapalkkien väliin.

#### **4.4.1.1 Värähtely**

Käsinlaskentaan liittyen, käyttörajatilassa RIL 205-1-2009 mukaan suoritettu välipohjan värähtelymitoitus antoi tulokseksi 8,3 Hz, mikä ei täytä 9 Hz:n vähimmäisvaatimusta (liite 8, 4–5). Finnwood 2.3 SR1:llä tehdyssä tarkemmassa mitoituksessa päästiin 9,8 Hz lukemaan, jolloin käyttöasteeksi tulee 92 % (liite 13, 4).

1 kN:n pistekuormasta aiheutuvan taipuman osalta värähtelymitoitus antoi käsinlaskennassa tuloksen 1,2 mm, mikä ei täytä 0,5 mm mitoitusarvoa, käyttöasteen ollessa hyllyä 247 % (liite 8, 5). Näin suuri käyttöasteen ylitys johtuu muun muassa

siitä, että RIL 205-1-2009 värähtelymitoitushje on tarkoitettu yksiaukkoiselle rakenteelle. Rakenteen ominaistaajuuteen aukkojen lukumäärä ei vaikuta, mutta 1 kN:n pistekuormasta aiheutuvaan taipumaan tällä on merkitystä.

Vastaavasti, Finnwood, jossa kaksiaukkoinen rakenne huomioitiin, antoi 1 kN:n pistekuormasta aiheutuvan taipuman arvoksi 0,5 mm, käyttöasteen ollessa 107 % (liite 13, 4). Pyöristettyjä arvoja katsottaessa taipuma pysyy sallituissa rajoissa, mutta tarkasti laskettuna käyttöaste ylittyy 7 %:lla. Joka tapauksessa, mitoitusehdon täyttymistä päästiin paljon lähemmäksi.

Mitoitusehdon ylitys ei tässä tapauksessa vaaranna välipohjan rakenteellista turvallisuutta, mutta käyttömukavuuteen sillä on merkitystä. Välipohjan käyttömukavuuden katsottiin olevan riittävä, käyttöasteen lievästä ylityksestä huolimatta. Eurokoodin mukaan käyttörajatilavaatimukset voidaan sopia hankekohtaisesti (SFS-EN 1990 + A1 + AC, kohta 3.4).

Kaksiaukkoisen rakenteen lyhemmällä jännevälillä ei tarvittu ollenkaan poikittaisjäykistelinjoja. Mitoitusehdot täyttyivät selvällä marginaalilla. Käyttöaste oli 1 kN:n pistekuormasta aiheutuvan taipuman suhteen 88 prosenttia, ja värähtelyn 53, kun laskenta suoritettiin ilman poikittaisjäykistelinjoja. Käsin tehdyissä laskelmissa lyhemmän jännevälin osuus jätettiin tarkastelematta, sillä tarkastelukohteessa pidempi jänneväli on määräävä. Lyhemmällä jännevälillä Finnwoodilla tehdyn tarkastelun katsottiin riittävän.

Lyhemmän jännevälin Finnwood-laskennan tulokset jätettiin pois liitteistä, sillä ohjelman antamasta tulosteesta selviää vain mitoituksen ääriarvot, tässä tapauksessa pidemmän jännevälin värähtelymitoituksen arvot.

Täsmällisesti ajateltuna: Kun palkkia käsitellään jatkuvana rakenteena, toisella aukolla tehtävät jäykistykset vaikuttavat koko palkin toimintaan. Tässä tapauksessa, poikittaisjäykistelinjojen pois jättäminen lyhemmällä jännevälillä ei katsottu oleellisesti heikentävän pidemmän jännevälin värähtelytekniisiä ominaisuuksia.

#### 4.4.1.2 Taipuma

Käyttörajatilassa suoritettu taipumamitoitus antoi hetkellisen taipuman osalta tulokseksi 10,5 mm. Mitoitusehdon mukaan hetkellinen taipuma sai olla enintään 10,1 mm. Käyttöasteeksi tuli 104 %. (liite 8, 6.)

Lopputaipuman arvoksi saatiin samaisissa käsin tehdyissä laskelmissa 13,8 mm, mitoitusehdon ollessa 13,5 mm. Käyttöasteeksi tuli 102 %. (liite 8, 7.)

Finnwoodilla suoritettussa tarkemmassa mitoituksessa hetkellisen taipuman käyttöasteeksi tuli 67 %, ja vastaavasti lopputaipuman 65 % (liite 13, 4). Käsin tehdyistä laskelmista poiketen, Finnwoodissa huomioitiin välipohjan kaksiaukkoinen rakenne, mikä selittää poikkeavuudet tuloksissa.

#### 4.4.1.3 Taivutuskestävyys

Välipohjan kantavien palkkien taivutuskestävyyttä tarkasteltiin murtorajatilassa. Käyttöasteeksi todettiin 40 % (liite 8, 14). Tarkastelu suoritettiin pidemmän jännevälillä taivutusmomentin huippuarvon kohdalla, jossa se on käsin tehtyjen laskelmien mukaan 2,0 kNm (liite 8, 13). Näissä laskelmissa huomioitiin välipohjapalkiston kaksiaukkoinen rakenne, joten tulokset vastannevat todellisuutta hyvin.

Pienenä kuriositeettina, Finnwood antoi tällä kertaa käyttöasteeksi 51 % (liite 13, 4). Tämä johtuu siitä, että Finnwoodin antama taivutusmomentin huippuarvo tulee eri kohdasta, välipohjapalkiston keskimmäisen tuen kohdalta. Finnwoodissa ei pystytty ottamaan huomioon välipohjapalkkien jatkosliitoksia. Jatkosliitoksien ansiosta suurimmat välipohjapalkistoon kohdistuvat reunajännitykset löytyvät läheltä pidemmän jännevälillä keskiosaa. Asia voidaan todeta tarkastelemalla välipohjapalkiston 2-ulotteisen rakennemallin pohjalta luotua M-kuviota (liite 8, 13).

Jatkosliitoksen kohdalla välipohjapalkin poikkileikkauksen leveys on kaksinkertainen, kun kaksi palkkia limittyy keskenään. Tämä tarkoittaa reunajännityksen puolittumista. Piirustusten mukaan, jatkosliitoksen vaikutuksen voidaan katsoa ulottuvan 300 mm keskituen molemmin puolin (liite 6; liite 8, 17).

Vertailun vuoksi, kun käsin tehtyihin laskentakaavoihin sijoitettiin Finnwoodista otettu taivutusmomentin maksimiarvo, 2,57 kNm, käyttöasteeksi saatiin täsmälleen sama 51 %.

Kiepahduskestävyyden tarkastelua ei välipohjan palkeille tarvinnut tehdä, koska palkkien sivusiirtymät on estetty. Sivusiirtymät on estetty alapuolisella poikittaiskoolauksella sekä yläpuolisilla lattialastulevyillä. Myös poikittaisjäykistelinjat toimivat sivusiirtymän estäjinä. Edellä mainittujen kiinnityksessä käytettiin ruuveja ja liimaa. Alapuolisessa poikittaiskoolauksessa käytettiin vain ruuveja.

Välipohjapalkiston kaksiaukkoisen rakenteen huomioimisesta käsinlaskennassa: Mitoitetun välipohjan tapauksessa, kyseessä on staattisesti määräämätön rakenne. Tämä tarkoittaa, että rakenteeseen liittyviä tuntemattomia voimasuureita ei voida ratkaista perinteisin tasapainoyhtälöin (Perälä 2012, 1). Välipohjapalkistoon liittyvät taivutus- ja leikkausvoimat ratkaistiin käyttäen momenttimenetelmää (liite 8, 9–10).

#### **4.4.1.4 Leikkausvoimakestävyys**

Välipohjapalkkien leikkausvoimakestävyyttä tarkasteltiin murtorajatilassa. Käyttöasteeksi todettiin 30 % (liite 8, 15). Välipohjapalkiston kaksiaukkoisen rakenteen huomioitiin.

Tarkastelukohta valikoitui välipohjapalkiston 2-ulotteisen rakennemallin pohjalta luodun Q-kuvion mukaan. Q-kuvio löytyy liitteestä 8 sivulta 11. Q-kuviosta etsittiin suurin leikkausvoima. Tarkastelukohdaksi tuli pidemmän jännevälin ja keskituen yhtymäkohta. Laskelmissa ei huomioitu välipohjapalkin jatkosliitosta, minkä ansiosta ne ovat varmemmalla puolella. Nimittäin, tarkastelukohdassa poikkileikkaus on todellisuudessa kaksi kertaa leveämpi.

Finnwood ilmoitti välipohjapalkin käyttöasteeksi leikkausvoimakestävyyden suhteen 31 % (liite 13, 4). Tarkempi arvo oli 30,5 %. Marginaalinen ero käsinlaskennan kanssa selittyikin lukujen pyöristelyllä.

#### 4.4.1.5 Tukipainekestävyys

Välipohjapalkkien tukipainekestävyyttä tarkasteltiin murtorajatilassa. Käyttöasteeksi saatiin tarkastelupisteessä 21 % (liite 8, 16).

Tarkastelupisteeksi otettiin reunimmaisen tuen ja välipohjapalkin liittymäkohta, pidemmällä jännevälillä. Tarkastelupiste valittiin sen mukaan, missä tukireaktio aiheuttaa suurimman puristusjännityksen. Suurempi tukireaktio olisi Q-kuvion perusteella löytynyt keskituelta. Pelkkä tukireaktioon tuijottaminen ei tässä tapauksessa kuitenkaan riitä. Täytyy ottaa huomioon, missä kohtaa puristusjännitys on suurimmillaan. Puristusjännitys määräytyy tukireaktion suuruuden ja tukipinnan alan funktiona.

Keskimmaisellä tuella puristusjännitys ei ole tarkastelukohteessa suurimmillaan, koska kosketuspinta-alaa on välipohjapalkkien liittymisestä johtuen enemmän.

Välipohjapalkkien alapuolista liimapuupalkkia ei tarvinnut tukipainekestävyyden osalta tässä yhteydessä tarkastella, sillä tehollista kosketuspinta-alaa kertyy sille välipohjapalkkeja enemmän, mikä johtaa pienempään puristusjännitykseen. Lisäksi, LP-palkki on tehty puutavarasta, joka on lujuusluokaltaan välipohjan palkkeja suurempaa, mikä nostaa sen tukipainekestävyyttä. Näin ollen, LP-palkki ei ole tukipainetta tarkasteltaessa määräävä rakenneosa.

Finnwoodilla suoritettu laskenta tuotti tukipainekestävyyden osalta hyvin poikkeavia tuloksia verrattuna käsinlaskentaan, käyttöasteen ollessa tarkastelupisteessä 56 % (liite 13, 4). Tämä johtuu siitä, että Finnwoodissa tukien leveys asetettiin tarkoituksella todellista pienemmäksi. Näin voitiin pelata hieman tukien keskeltä keskelle -etäisyyksillä, pysyttäessä kuitenkin varsinaisten tukipintojen sisäpuolella.

Tukien keskeltä keskelle -etäisyyttä lyhennettiin pidemmällä jännevälillä. Lyhemmällä jännevälillä tämä tarkoitti vastaavasti tukien keskeltä keskelle -etäisyyden kasvamista. Toimenpiteellä haluttiin hienosäätää rakennemalli mahdollisimman otolliseksi värähtelymitoitusta varten. Toki kyse oli vain muutamasta senttimetristä, eikä tällä säätämällä ollut lopputulokseen vaikutusta kuin hyvin marginaalisesti.

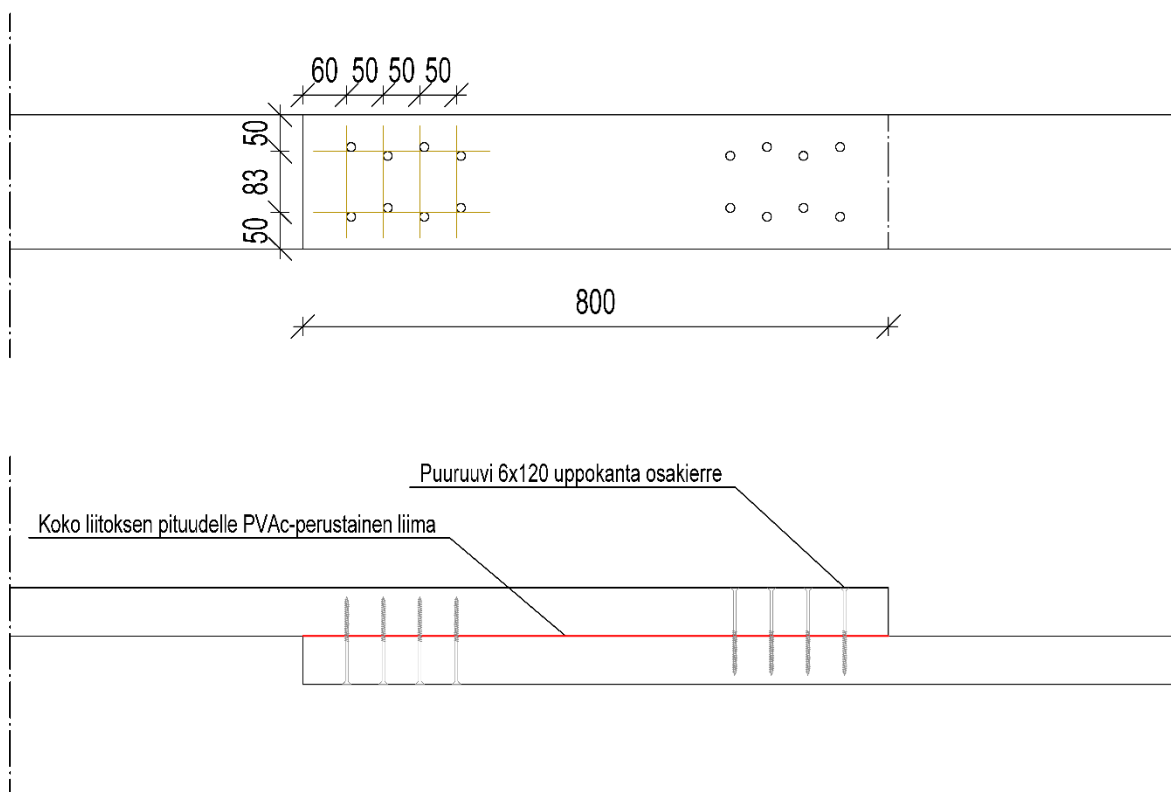
#### 4.4.1.6 Välipohjapalkin jatkosliitos

Välipohjapalkin jatkosliitos mitoitettiin murtorajatilassa. Eurokoodi 5:n tukena käytettiin Metsä Woodin Kerto®-käsikirjaa, joka on saatavilla Metsä Woodin verkkosivuilta (Metsä Wood [Viitattu 17.10.2016]). Jatkosliitoksella liitettiin yhteen kaksi erillistä palkkia, jotka limittyvät keskenään. Liitoksesta tehtiin momenttijäykkä.

Jatkosliitos sijaitsee suoraan keskituen päällä. Koska välipohja on rakenteeltaan kaksiaukkoinen, keskituen kohdalla vaikuttaa taivutusmomentti. Määräävän kuormitusyhdistelmän pohjalta laaditusta M-kuviosta on nähtävissä, että taivutusmomentti saavuttaa huippuarvonsa, 2,57 kNm, juuri jatkosliitoksen kohdalla, keskituen päällä (liite 8, 13).

Kummaltakin reunatuelta tulevat palkit yltyvät keskituen päälle. Näin ollen, välipohjan leikkausvoimat välittyvät suoraan keskituella eivätkä rasita jatkosliitosta.

Suunnitelmissa päädyttiin käyttämään yhteensä 16 osakierteistä 6x120 mm puuruuvia yhtä jatkosliitosta kohti, esiporauksella. Ruuvit jaettiin kahteen kahdeksan kappaleen ryhmään. Ruuviryhmät sijoitettiin toisistaan 530 mm etäisyydelle, niiden keskipisteestä mitattuna.



Kuva 11. Välipohjapalkin jatkosliitos.

Koko liitoksen pituudelle levitettiin asennusvaiheessa puuliimaa, kuten suunnitelmiin on merkitty. Näin ollen, liitos ei ole pelkästään ruuvien varassa. Asennuksessa käytettiin apuna ruuvipuristimia, mahdollisimman hyvän kontaktin aikaansaamiseksi. Liimausta ei huomioitu laskelmissa, joten lienee turvallista olettaa, että ne ovat varmemmalla puolella.

Laskelmien perusteella jatkosliitoksen käyttöasteeksi tuli 52 %. Vielä matalampaan käyttöasteeseen oltaisiin päästy kasvattamalla momenttivarren pituutta sijoittamalla ruuviryhmät etäämmälle toisistaan ja limittämällä välipohjapalkkeja enemmän. Tällä kertaa siihen ei ollut tarvetta.

Entä, mitä tuloksia Finnwood antoi? Finnwood 2.3 SR1:llä ei voi mitoittaa liitoksia, joten vertailulaskelmia ei tältä osin ole.

Välipohjapalkin jatkosliitoksen laskelmat löytyvät liitteestä 8 sivuilta 17–19. Samasta liitteestä löytyvät kaikki muutkin välipohjan mitoittamiseen liittyvät laskelmat. Kuvassa 11 näkyvä jatkosliitos löytyy 1:10 mittakaavassa liitteestä 6.



#### **4.4.1.7 Äänieristys**

Välipohjan suunnittelussa kiinnitettiin huomiota myös äänieristykseen. Askeläänien minimoimiseksi välipohjassa päädyttiin käyttämään kelluvaa lattiarakennetta, kuten liitteessä 5 on esitetty. Käytännössä tämä tarkoitti Paroc SSB 2tj -askeläänieristele-  
vyn asentamista lattialastulevyn päälle.

Alakattolevytykseksi valittiin kaksi kerrosta Gyproc GEK 13 -kipsilevyä. Kaksinker-  
taisen kipsilevytyksen käyttäminen parantaa äänieristyksen lisäksi välipohjan palon-  
kestävyyttä. Alakattolevytyksen kanssa päädyttiin käyttämään Gyproc AP 25 -akus-  
tista jousirankaa.

Akustinen jousiranka on peltiprofiili, jonka avulla rankaan kiinnitetystä alakaton le-  
vytyksestä saadaan erittäin joustava. Tällöin välipohjan askel- ja ilmaääneneristä-  
vyys paranevat, koska jousirangat tekevät rakenteesta lähes ideaalisen kaksinker-  
taisen rakenteen. (Wood Focus Oy 2004, 29.)

#### **4.4.2 LP-pilarit**

Olemassa olevana rakenteena kohteesta löytyvien liimapuupilareiden kantavuus  
jouduttiin tarkistamaan lisääntyneen kuormituksen seurauksena. Lisääntynyt kuor-  
mitus johtuu saneerauksen myötä rakennetusta välipohjasta, jonka kuormat välitty-  
vät LP-pilareiden kautta perustuksiin.

Hieman tarkentaen, välipohjan kuormat välittyvät LP-pilareille niiden kylkeen lovet-  
tujen LP-palkkien kautta, joiden päälle välipohja rakennettiin. Kuormat ovat pysty-  
suuntaisia, mutta niissä on mukana epäkeskisyyden aiheuttamaa taivutusmoment-  
tia.

##### **4.4.2.1 Nurjahduskestävyys**

Mitoittavaksi tekijäksi tulee LP-pilareiden kohdalla nurjahduskestävyys. Tästä joh-  
tuen LP-pilareille tehtiin nurjahdustarkastelu. Tarkastelu suoritettiin murtorajati-  
lassa.

Nurjahduksessa pilari menettää kuormankantokykynsä ”pullahtamalla” sivuun alkuperäisestä asemastaan. Vain puristetut rakenneosat voivat nurjahtaa. (Perälä 2010, 84.)

Saneerattavan alueen kaikki pilarit ovat poikkileikkaukseltaan ja lujuusluokaltaan samanlaisia. Alueelta etsittiin pilari, joka joutuu suurimmalle kuormitukselle. Nurjahduskestävyyden suhteen mitoittava osa pilarista on 1. ja 2. kerroksen välissä. Tästä osasta laadittiin rakennemalli.

Rakennemallissa käytettiin molemmista päistä nivelöityä pilaria. Todellisuudessa pilari on yläpästä jatkuva, sillä se jatkuu yhtenäisenä vesikattoon asti. Lisäksi, rakennemallissa pilarin pituutena käytettiin tasan 3,0 metriä, mikä on hieman yläkanttiin. Näin ollen, laskelmat ovat varmemmalla puolella.

LP-pilariin lovetun LP-palkin kautta välittyvän epäkeskisen kuorman aiheuttama taivutusmomentti huomioitiin laskelmissa. Tuulen aiheuttama voima hetkellisessä aikaluokassa jätettiin tarkastelematta, sillä se ei tule määrääväksi kuormitusyhdistelmäksi. Suhteellisen pieni osa tuulikuormista muuttuu katon kautta pystysuuntaiseksi voimaksi muutenkin, jota tarkasteltava pilari ottaa vastaan.

Käyttöasteeksi tuli nurjahdustarkastelussa 28 % (liite 9, 6). Mielenkiintoisena yksityiskohtana, käyttöaste oli poikkileikkauksen heikomman ja vahvemman akselin suhteen lähes sama, sen ollessa marginaalisesti 0,2 % korkeampi vahvemman akselin suhteen. Yleensä nurjahdustarkastelussa käy niin, että käyttöaste on heikomman akselin suhteen merkittävästi korkeampi. Tässä tapauksessa, vahvemman akselin suhteen vaikuttava taivutusmomentti muuttaa tilanteen ”hyvin tasaväkiseksi”. LP-pilareiden nurjahduskestävyyden laskelmat löytyvät liitteestä 9.

Laskenta suoritettiin myös Finnwoodilla. Finnwoodin tulokset olivat yhtenevät käsinelaskennan tulosten kanssa (liite 13, 10).

#### **4.4.3 LP-palkit**

Samoin kuin LP-pilareiden kohdalla, LP-palkkien kantavuus jouduttiin tarkistamaan välipohjan aiheuttaman lisääntyneen kuormituksen seurauksena. Saneerattavalta

alueelta etsittiin LP-palkki, joka joutuu suurimmalle kuormitukselle taivutuksen ja leikkausvoiman suhteen. Lisäksi tarkistettiin, ettei LP-palkkien tukipainekestävyyttä ylitetä.

#### **4.4.3.1 Taivutuskestävyys**

Tarkasteltava LP-palkki on asennettu kolmen liimapuupilarin välille, joten rakenne on kaksiaukkoinen. Liimapuupilarit ovat yhtä kaukana toisistaan, mikä mahdollistaa rakennemallin yksinkertaistamisen käyttämällä symmetriaa. Palkki päädyttiinkin esittämään yksiaukkoisena, ”keskeltä katkaistuna”, symmetriaa käyttäen. Symmetrian toteutumiseksi rakennemallissa käytettiin toisesta päästään jäykästi ja toisesta nivelellisesti kiinnitettyä sauvaa.

Murtorajatilassa suoritettussa taivutusmitoituksessa käyttöasteeksi saatiin 94 % (liite 10, 4). Täten taivutuskestävyyttä ei ylitetä. Hieman kireälle mitoituksessa kylläkin menttiin.

Finnwood antoi taivutuskestävyyden osalta saman tuloksen, käyttöasteen ollessa 94 % (liite 13, 15).

#### **4.4.3.2 Kiepahduskestävyys**

LP-palkin kiepahduskestävyyttä tarkasteltiin tilanteessa, jossa momentti vaikuttaa vahvemman akselin suhteen ja aiheutuu tasaisesti jakautuneesta kuormasta. Poikkileikkauksen taivutusjännityksen ja taivutuslujuuden arvot saatiin suoraan edellä tehdystä taivutusmitoituksesta, koska kyseessä on sama tilanne.

Murtorajatilassa suoritettu kiepahdustarkastelu tehtiin olettaen, että palkin puristetun reunan poikittaista siirtymää ei ole estetty, paitsi tuilla. Todellisuudessa poikittainen siirtymä on estetty myös tukien välillä, joten laskelmat ovat varmemmalla puolella.

Tarkastelussa todettiin, että kiepahdusvaaraa ei ole. Käyttöasteeksi saatiin 94 % (liite 10, 6). Arvo on sama kuin mitä saatiin taivutusmitoituksessa.

Kiepahdustarkastelun mitoitusehdot on rakennettu niin, että ne ovat yhteydessä taipumusmitoituksen mitoitusehtoihin. Edellä mainittujen käyttöasteeksi tulee sama luku, jos kiepahdustarkastelussa kiepahduskertoimeksi  $k_{crit}$  tulee 1. (RIL 205-1-2009, 76–79.) Tällä kertaa kiepahduskertoimeksi saatiin 1 reilulla marginaalilla.

Kuten oli odotettavissa, Finnwood antoi kiepahduskestävyyden osalta käyttöasteeksi samaisen 94 % (liite 13, 15).

#### 4.4.3.3 Leikkausvoimakestävyys

Murtorajatilassa suoritettussa leikkausmitoituksessa käyttöasteeksi saatiin 73 % (liite 10, 7). Näin ollen leikkausvoimakestävyyttä ei ylitetä.

Leikkausmitoituksessa käytettiin leikkausvoiman pienentämisen kaavaa RIL 205-1-2009 mukaan. Leikkausvoiman pienentäminen on mahdollista tasaisella kuormalla kuormitetun palkin kohdalla (RIL 205-1-2009, 70). Tarkastelukohteessa tämä ehto toteutuu.

Leikkausvoimakestävyyttä tarkasteltaessa Finnwoodilla, käyttöasteeksi saatiin 86 % (liite 13, 14). Nähtävästi Finnwood ei ota huomioon leikkausvoiman pienentämistä. Nopealla laskimen käytöllä todettiin, että ilman leikkausvoiman pienentämistä käyttöasteeksi oltaisiin saatu käsinlaskennassa samaiset 86 %.

Leikkausmitoituksessa voitiin käyttää tehollisen leveyden kertoimena 0,67:n sijaan 1,0:a, sillä LP-palkki on suojattu kosteuden siirtymistä estävällä pintakäsittelyllä. Tällä oli huomattava vaikutus lopputulokseen. Ilman pintakäsittelyä käyttöaste olisi ylittänyt 100 % rajan ja täten leikkausvoimakestävyys ylittynyt.

#### 4.4.3.4 Tukipainekestävyys

Tukipainekestävyyden osalta keskityttiin LP-palkin ja LP-pilarin väliseen liitokseen. Liitos löytyy samasta pilarista, jolle tehtiin jo nurjahdustarkastelu. Tähän liitokseen todettiin kohdistuvan eniten tukipainetta. Liitos on toteutettu loveamalla LP-palkki

osittain LP-pilarin sisään. Näin ollen, LP-palkin alapintaan kohdistuu liitoskohdassa syitä vastaan kohtisuoraa puristusta.

LP-pilarin tukipainekestävyyttä ei tarvinnut tarkastella, sillä siihen kohdistuu puristusta syiden suuntaisesti. Tässä suunnassa liimapuu kestää puristusta lähes kymmenkertaisesti verrattuna syitä vastaan kohtisuoraan puristukseen (Puuinfo Oy 2011, 17). Leikkautumisvaaraa syiden suunnassa ei LP-pilarilla tarkastelupisteessä ole, joten myöskään sitä ei tarvinnut tarkastella.

Oman osansa kuormasta ottaa vastaan halkaisijaltaan 16 mm kierretanko, joka kulkee LP-palkin ja -pilarin läpi liitoskohdassa, molemmissa päissään pultti ja aluslevy. Kierretangon avulla varmistetaan, että LP-palkki pysyy paikallaan LP-pilarin kyljessä. Tukipainekestävyyttä tarkasteltaessa kierretangon vaikutus jätettiin huomioimatta.

Murtorajatilassa suoritettua mitoituksessa käyttöasteeksi tuli tukipainekestävyyden suhteen 87 % (liite 10, 10). Jos käyttöaste olisi ylittänyt 100 % rajan, tukipainetta oltaisiin tässä tapauksessa voitu pienentää kasvattamalla tukipinta-alaa esimerkiksi kulmarautoilla.

Finnwoodin ei todettu venyvän tukipainekestävyyden laskentaan edellä kuvatussa tilanteessa, joten tyytyminen on pelkästään käsin tehtyihin laskelmiin. Käsin tehdyt LP-palkkien tukipainekestävyyden laskelmat löytyvät liitteestä 10 sivuilta 8–10. Samasta liitteestä löytyy myös kaikki muu LP-palkkien mitoittamiseen liittyvä laskenta.

#### **4.4.4 Ulkoseinä**

Ulkoseinää jouduttiin tarkastelemaan lisääntyneen kuormituksen seurauksena. Lisääntynyt kuormitus johtuu välipohjan rakentamisesta. Välipohjalta koituvan hyötykuorman ohella ulkoseinän mitoituksessa huomioitiin rakenteiden omapaino, lumikuorma sekä tuulikuorma.

Jäsentelyn selkeyden vuoksi, lumikuorman laskelmat ryhmiteltiin omaksi kokonaisuudekseen, liitteeseen 12, johon laskelmissa viitataan. Kyseiseen liitteeseen viitataan myös LP-palkkien rakennelaskelmissa.

Ulkoseinään liittyvissä laskelmissa päädyttiin tarkastelemaan neljää eri kuormitusyhdistelmää, jotka jakautuivat kolmeen eri aikaluokkaan. Puulle on ominaista, että kuorman kesto vaikuttaa sen lujuus- ja jäykkyysominaisuuksiin (SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC, kohta 2.3.1.1). Tämän takia puurakenteiden mitoituksessa käytetään aikaluokkia.

#### **4.4.4.1 Runkotolpan nurjahduskestävyys**

Ulkoseinän runkona toimii 50x150 mm sahatavara 600 mm k/k-jaolla. Saneerattavan alueen ulkoseinärakenteista etsittiin runkotolppa, joka joutuu kovimmalle kuormitukselle. Mitoittava runkotolppa löytyi ikkuna-aukon vierestä. Tässä kohtaa matka seuraavaan tolppaan on pidempi ikkuna-aukon takia. Mitoituksessa oletettiin, että ikkuna-aukon vieressä on yksittäinen tolppa eikä tuplatolppaa. Asia oltaisiin voitu varmistaa seinärakenteita purkamalla, mutta siihen ei lähdetty.

Runkotolppa joutuu ottamaan vastaan yhtäaikaista puristusta ja taivutusta. Tämä tarkoittaa, että nurjahdus on mahdollinen. Mitoittavaksi tekijäksi runkotolpan kestävyiden kannalta tuleekin nurjahdus.

Nurjahduskestävyyttä tarkasteltaessa määrävän kuormitusyhdistelmän aikaluokaksi osoittautui hetkellinen. Hetkellisessä aikaluokassa on mukana tuulikuorman vaikutus. Käyttöasteeksi määrävässä kuormitusyhdistelmässä tuli 73 % (liite 11, 10). Mitoitus tehtiin murtorajatilassa.

Vastaavasti, Finnwood antoi runkotolpan käyttöasteeksi 67 % (liite 13, 20). Määrävä kuormitusyhdistelmä oli sama kuin käsin tehdyissä laskelmissa. Selvitystyön tuloksena tultiin siihen johtopäätökseen, että Finnwood laskee eri tavalla poikkileikkaukselle koituvan suurimman taivutusmomentin arvon ja eroavaisuus käyttöasteissa johtuu tästä. Ohjelmaan syötetyt kuormitustiedot tarkistettiin moneen kertaan, pystykuormien epäkeskisyys huomioiden, mutta suurin taivutusmomentti jäi silti pienemmäksi kuin käsin tehdyissä laskelmissa.

#### 4.4.4.2 Alasidepuun kiskopainekestävyys

Myös runkotolppien alla kulkevan alasidepuun kestävyttä oli syytä tarkastella. Alasidepuuhun kohdistuu puristusvoimaa syitä vastaan kohtisuoraan. Tässä suunnassa puu kestää puristusta vain noin kymmenesosan verrattuna syysuunnassa tapahtuvaan puristukseen (Puuinfo Oy 2011, 17). Sama pätee liimapuuhun, kuten aiemmin tuli todettua.

Murtorajatilassa suoritettussa mitoituksessa käyttöasteeksi tuli 72 %, keskipitkässä aikaluokassa (liite 11, 12). Alasidepuun kiskopainekestävyyttä ei siis ylitetty. Määrävä kuormitusyhdistelmä oli eri kuin runkotolpan nurjahduskestävyyttä tarkasteltaessa. Tämä oli odotettavissa, sillä alasidepuu ei ota vastaan tuulikuormaa.

Finnwoodista ei löydetty mahdollisuutta mitoittaa alasidepuun kiskopainekestävyyttä, joten tältä osin mentiin pelkästään käsin tehtyjen laskelmien varassa.

Ulkoseinän murtorajatilatarkastelun laskelmat löytyvät liitteestä 11. Laskelmissa on mukana niin runkotolpan nurjahduskestävyys kuin alasidepuun kiskopainekestävyys.

#### 4.5 Väliseinien suunnittelu

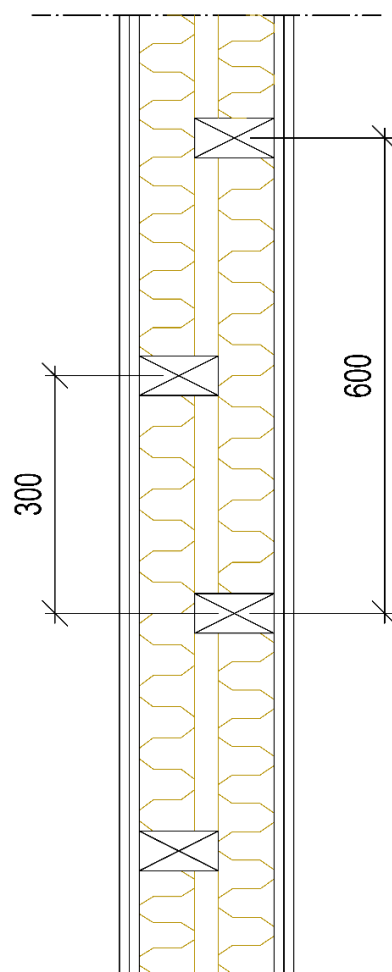
Saneerauksen tavoitteiden toteutumisen kannalta olennainen asia, väliseinien suunnittelu, päätettiin sisällyttää tähän työhön, vaikka siihen ei suoranaista kantavien rakenteiden mitoittamista kuulunut. Kohderakennuksen pilari-palkkirungosta ja kantavista ulkoseinistä koostuva rakennejärjestelmä on suunniteltu toimimaan ilman kantavia väliseiniä.

Saneerauksen 1. vaiheessa saneerauskohteeseen suunniteltiin ja toteutettiin yhteensä 12 erilaista poikkileikkausta. Poikkileikkauksien sijainnit on osoitettu saneerausalueen pohjapiirustuksessa (liite 2). Kaikki väliseinät toteutettiin kevytrakenteisena, sahatavarasta tehdyllä puurankarungolla. 50x100 mm sahatavaraa käytettiin paljon, sillä sitä löytyi rakennuttajalta omasta takaa varastosta. Väliseinien poikkileikkaukset löytyvät 1:10 mittakaavassa liitteestä 5.

#### 4.5.1 Kaksoisrunkoseinä

Eniten työtä, niin suunnittelupöydällä kuin työmaalla, aiheutti uutena rakenteena toteutettava huoneistojen välinen seinä VS1. Kyseinen seinä päätettiin tehdä äänieristyssyistä kaksirunkoisena, käyttäen limittäin asennettuja 50x100 mm runkotolppia. Molemmille puolille tuli kaksinkertainen kipsilevytyks. Kaksirunkoinen seinä vaimentaa tehokkaammin ääntä kuin samannamainen yksirunkoinen seinä. Runkoäänien vaimennuksen osalta kaksoisrunkoseinä on ylivoimainen, mutta myös ilmaäänien vaimennuksessa kaksoisrunkoseinä päihittää yksirunkoisen seinän. Tämä koskee eritoten matalampia, alle 500 Hz, taajuuksia. (Wood Focus Oy 2004, 23–25.) Runkoääniä voi aiheuttaa esimerkiksi seinään koputtaminen.

Huoneistojen välinen kaksoisrunkoseinä suunniteltiin niin, ettei suoraa runkoyhteyttä syntyisi seinän välityksellä huoneistojen välille. Kaksoisrunkoseinän toimintaperiaate edellyttää tätä.



Kuva 12. Kaksoisrunkoseinä.

##### 4.5.1.1 Kaksoisrunkoseinän ja välipohjan liitos

Haastavinta oli suunnitella, miten kaksoisrunkoseinä ja välipohja liitetään toisiinsa ilman että runkoyhteyttä syntyy huoneistojen välille. Tämän lisäksi liitoksesta haluttiin sellainen, että se joustaa tarvittaessa, mikäli välipohjapalkit taipuvat hetkellisen pistekuorman vaikutuksesta. Näin yläkerrassa kovin askelin kävely ei johdu kaksoisrunkoseinän runkoon ja siitä aina betonilaattaan asti.

Mekanismin kannalta keskiössä on Paroc ROB 80t -askeläänieristeen käyttö kaksoisrunkoseinän yläohjauspuiden päällä. Mekanismiin voi tutustua liitteestä 5 löytyvää liitosdetaljia, DET1, tutkimalla. Toki välipohjaan sisällytettiin myös varsinainen



askeläänieristekerros, jolloin askeläänien etenemisen katkaiseminen rakennuksen rungossa ei jää pelkän kaksoisrunkoseinän ja välipohjan liitoksen varaan.

Kaksoisrunkoseinän ja välipohjan liitoksesta haluttiin joustava senkin takia, koska kaksoisrunkoseinästä ei tehty kantavaa. Näin ollen, välipohja saa elää ”omaa elämänsä” kaksoisrunkoseinän yläpuolella, eikä kaksoisrunkoseinälle aiheudu kuin vähäisiä kuormia välipohjalta sen mukaan, kuinka suuria kuormia lievästi joustava ROB 80t välittää kaksoisrunkoseinän yläohjauspuulle muodonmuutoksen jälkeen.

Rakenteen monimutkaisuuden takia kaksoisrunkoseinän asennuksen työjärjestykseen kiinnitettiin erityistä huomiota. Työjärjestyksen ohje liitettiin itse detaljiin viereen piirustusarkille (liite 5).

#### **4.5.1.2 Kaksoisrunkoseinän ja maanvaraisen laatan liitos**

Edelliseen verrattuna, läheskään yhtä haastavaa ei ollut suunnitella kaksoisrunkoseinän ja maanvaraisen laatan liitosta. Kaksoisrunkoseinän ja maanvaraisen laatan liitos, DET2, löytyy liitteestä 5.

Runkotolppien alapääät viistettiin 50x75 mm kokoon, jolla ne saatiin sopimaan alaohjauspuun päälle ylitse menemättä. Sama tehtiin runkotolppien yläpään kohdalla.

Kaksoisrunkoseinän alaohjauspuu liitettiin kiila-ankkureilla alla olevaan betonilaataan. Välissä käytettiin EPDM-kumitiivistettä.

Kuten piirustusarkilta on nähtävissä, betonilaatan ja alaohjauspuun välissä oleva betonilattialevy jätettiin paikalleen. Ne olivat kiinni erittäin lujasti. Kyseessä on vanhan lattian pinta. Betonilattialevyn päälle tuli sementtiseidaininen itsetasoittuva lattiapinnoite. Kyseisellä pinnoitteella saadaan aikaan täysin tasainen alusta pintamateriaalia varten. Rakennuttaja valitsi pintamateriaaliksi laminaatin.

Rakenteellisista syistä liitosdetaljiin merkitty betonilattialevyn äänikatko jätettiin ”hyvin pinnalliseksi”. Äänikatko toimisi paremmin, jos betonilattialevyn alapuolella oleva betonilaatta oltaisiin katkaistu. Äänikatko suunniteltiin toteutettavaksi laikkaleikkurilla timanttilaikkaa käyttäen. Paikallisesta konevuokraamosta löytyi juuri sopivan tehokas laikkaleikkuri tähän tarkoitukseen.

#### 4.5.2 Kevyt väliseinä

Ainut uutena rakennettava kevyt väliseinä, VS2, päätettiin erotella tässä työssä omaksi kohdaksi. Muut piirustusarkille merkityt kevyet väliseinät liittyvät olemassa olevien väliseinien lisä-ääneneristykseen, josta lisää myöhempanä.

VS2 on tavanomainen 50x100 k600 rungolla varustettu väliseinä, molemmilla puolilla 13 mm kipsilevy. Kipsilevyn laaduksi valittiin erikoiskova; sama pätee muissa väliseinissä. Seinän ilmatila täytettiin kivivillalla.

VS2:lle laadittiin myös liitosdetalji: kevyen väliseinän ja välipohjan liitos, DET3. Lyhyesti sanottuna, liitoksessa sovellettiin samoja periaatteita kuin VS1:ssä vastaavan liitoksen kohdalla, kevennettynä versiona vain. Detalji löytyy samasta liitteestä kuin väliseinien poikkileikkaukset, eli liitteestä 5.

Alapään liitosdetaljia ei VS2:n kohdalla katsottu tarvittavan, väliseinän yksinkertaisen rakenteen vuoksi, joten se jätettiin tekemättä. Liitos osattiin tehdä työmaalla muutenkin.

#### 4.5.3 Märkätilan seinät

Märkätilan seiniin liittyen laadittiin yhteensä kuusi erilaista poikkileikkausta (liite 5). Näistä puolet toteutettiin uutena ja puolet olemassa oleviin väliseiniin.

Suihkun kohtiin valittiin Gyproc GRI 13 Kylppäri -märkätilalevy päällimmäiseksi levyksi. Märkätilalevyn katsottiin parantavan seinärakenteen kosteudenkestoa. Ohjeen mukaan tavallinenkin kipsilevy olisi riittänyt (RT 84-10793, 7). Levyn päälle tuli joka tapauksessa vedeneristekerros. GRI 13 Kylppäri -märkätilalevyn ydin on kylästetty veden imeytymisen minimoimiseksi. Lujuudeltaan ja jäykkyydeltään levy vastaa erikoiskovaa kipsilevyä. (Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy 2016.)

Pääosin märkätilan seinissä käytettiin 50x100 mm runkoa. VS8:n kohdalla päädyttiin käyttämään 50x125 mm runkoa, että väliseinärakenteen sisään saatiin mahtu-

maan 110 mm viemäriputki. Toki putki oltaisiin voitu myös koteloida erikseen. Kokonaan seinän sisään piilotettua ratkaisua pidettiin esteettisempänä, vaikkakin se syö huonepinta-alaa enemmän.

Märkätilojen seinien kohdalla käytettiin rungossa joko k400-jakoa tai k600-jakoa ja kaksinkertaista levytystä. Tämä siitä syystä, että keraamiset laatat vaativat tukevan ja taipumattoman alustan. Myös vedeneristeen kestävyys kannalta on suotavaa, että alusta elää mahdollisimman vähän.

Itse työmaan toteutuksesta sen verran, että märkätilojen asennustyöt aina runkorakenteista pintarakenteisiin hoiti ns. märkätilasertifikaatin suorittanut asentaja. Vedeneristeiden kohdalla saumakohtiin kiinnitettiin erityistä huomiota.

#### **4.5.4 Olemassa olevien väliseinien lisä-ääneneristys**

Olemassa olevat väliseinät eivät täyttäneet nykypäivän vaatimuksia ääneneristävyyden suhteen. Suurin osa liitteen 5 poikkileikkauksista koskeekin näiden seinien lisä-ääneneristämistä. Olemassa olevat seinärakenteet erottaa piirustusarkilla siitä, että niiden mittoja ei ole ilmoitettu eikä niitä ole merkitty viiteteksteillä. Tämä asia on mainittu myös itse arkilla.

Äänieristyksen parantamiseksi päädyttiin käyttämään joko lisäkoolausta tai erillistä runkoa. Lisäkoolausta tuli suoraan kiinni olemassa olevan seinän runkoon. Erillinen runko taas tuli omien ylä- ja alaohjauspuiden varaan. Runkojen väliin jätettiin ilmarako, etteivät ne kosketaisi toisiaan. Tämä estää runkoäänien johtumisen seinärakenteessa.

Lisäkoolauksen kanssa käytettiin kahta kerrosta kipsilevyä. Erillisen rungon kohdalla päädyttiin yhteen kipsilevykerrokseen.

Kuten kaikissa muissakin väliseinissä, seinän ilmatila täytettiin kivivillalla myös lisä-ääneneristykseen liittyvien rakenteiden kohdalla.

Jos äänieristys tuntuu riittämättömältä VS3:n kohdalla, on tulevaisuudessa mahdollista asentaa lisää kipsilevyjä seinän toiselle puolelle. Sillä puolella on huoneisto, joka niin ikään kaipaa saneeraamista jossain vaiheessa.

#### 4.6 Valokuvia työmaalta

Ennen loppuyhteenvettoa haluttiin valokuvien muodossa tuoda esiin, miltä saneerauskohteessa näytti ja mitä rakentamiseen kuului. Seuraavat valokuvat on otettu saneerauksen eri vaiheissa. Edustettuna ovat niin olemassa olevat kuin uutena toteutetut rakenteet. Kuvien ohessa tämän opinnäytetyön tekijä kertoo, mitä ajatuksia ne hänessä herättivät.



Kuva 13. Yleisnäkymää saneerattavasta tilasta ennen toimenpiteisiin ryhtymistä.



Kuva 14. LP-palkin ja -pilarin liitos.

LP-palkin ja -pilarin liitoksen kohdalla (kuva 14) rakennesuunnittelijaa, eli tämän opinnäytetyön tekijää, kiinnosti LP-palkin tukipainekestävyys. Tarkastelupisteenä oli LP-palkin alapinta, jonka kautta kuormat välittyvät LP-pilarille.

Kuvassa 13 kantavana rakenteena toimivat liimapuupilarit ja -palkit ovat hyvin nähtävissä. Harvalta välipohjan palkistolta näyttävät liimapuupalkkien päällä kulkevat rakenteet ovat tukisauvoja. Pääasiassa ne ottavat vastaan vetoa. Tukisauvat kulkevat koko rakennuksen leveydeltä, ulkoseinältä ulkoseinälle. Ne on kiinnitetty ulkoseinien yläpäähän, LP-pilareiden kylkeen, LP-palkkeihin sekä katkaisukohdissa toisiinsa. Kyseisten sauvojen avulla pidetään ulkoseinän yläpää paikallaan. Sauvat toimivat myös LP-pilareiden nurjahdustukena poikkileikkauksen vahvemman akselin suhteen.

Kuvassa 14 olevan LP-palkin ja -pilarin liitoksen vieressä kulkee yksi tällainen tukisauva. Tukisauvoina toimivia palkkeja on säännöllisin välein, kuten kuvasta 13 on nähtävissä. Näitä palkkeja hyödynnettiin välipohjaa rakennettaessa, ne kun olivat

lujuusluokaltaan ja dimensioiltaan yhteneviä rakennuttajalta omasta takaa löytyneiden palkkien kanssa. Saneerauksen myötä tukisauvoista tulikin välipohjan palkkeja. Ne toteuttavat edelleen myös aiemman tehtävänsä.

Juuri se, että tukisauvat haluttiin pitää paikoillaan, vaikutti hieman epätyypilliseen 380 mm k/k-jakoon päätymiseen välipohjan palkiston kohdalla. 380 mm k/k-jakoon päädyttiin, kun 1500 mm k/k-jaolla toistuvien tukisauvojen väliin asennettiin aina kolme välipohjapalkkia tasaisin välein.

Päätöksellä säästettiin aikaa ja rahaa, sillä näin välttyttiin rakenteiden purkamiselta niissä kohdissa, joissa tukisauvat yhtyvät ulkoseinään saneerausalueella. Myös lähempänä harjalinjaa oltaisiin mahdollisesti jouduttu purkamaan rakenteita siellä, missä tukisauvat menevät olemassa olevien välipohjarakenteiden sisään.

Rakennesuunnittelija tuli siihen johtopäätökseen, että tukisauvojen k/k-jaon muuttaminen saneerausalueella turvallisesti ei olisi ollut mitenkään helppoa ja suoraviivaista. Eikä siihen kaikkien helpotukseksi ollut lopulta tarvettakaan.



Kuva 15. Välipohjapalkin jatkosliitos asennettuna.

Välipohjapalkkien jatkosliitosten toteuttaminen (kuva 15) onnistui hyvin, erästä asiaa lukuun ottamatta. Nimittäin, peräkkäisiä ruuveja ei huomattu sijoittaa syyn suunnassa halkaisijansa verran sivuun toisiinsa nähden, jolloin samaan syyhyn tulevien ruuvien etäisyys olisi kaksinkertaistunut. Tämä aiheuttaa halkeiluvaaran ja pienentää liitoksen kapasiteettia. Tästä huolimatta, liitoksen kapasiteetin arveltiin olevan riittävä; mitoituksessa jatkosliitoksen käyttöasteeksi kun saatiin vähäiset 52 % (liite 8, 19). Halkeilua ei asennettaessa esiintynyt. Ilman ruuvireikien esiporausta tilanne olisi voinut olla toinen.

Kuvan 15 oikeassa alareunassa osittain näkyvässä hieman erilaisessa liitoksessa kaksi tukisauvaa on liitetty toisiinsa momenttijäykästi ”lastoittamalla” ne yhteen käyttämällä vaneria tukisauvojen molemmiin puolin. Kyseinen liitos laskelmiseen rajattiin tämän työn ulkopuolelle.



Kuva 16. Poikittaisjäykistelinja.

Viereisessä kuvassa näkyy välipohjan poikittaisjäykistelinja (kuva 16). On huomionarvoista, että poikittaisjäykistykset vaativat vähintään 22x100 C18 vetolaudan, joka kiinnitetään palkkeihin 2n2,8x75 ja välikapuloihin 2,8x75 k200. Kiinnitys tapahtuu poikittaisjäykisteen alapuolelle. (RIL 205-1-2009, 207.) Yläpuolella vetolaudan virkaa ajaa lattialastulevy. Kummankaan asennusta ei ole kuvan ottohetkellä toteutettu. Sitä paitsi, palkkien alapintaan kiinnitetty ilmansulkupaperi peittää kuvassa näkyvyyden. Poikittaisjäykisteen ja vetolaudan väliin asennettu ilmansulkupaperi ei häiritse jäykistelinjan toimintaa.



Kuva 17. Kaksoisrunkoseinän yläpää.

Kuvasta 17 on nähtävissä kaksoisrunkoseinän yläpään rakenne. Alakaton koolauksen väliin sovitettujen välikapuloiden tarkoituksena on vähentää äänen sivutiesiirtymiä ja toimia painetta tasaavana alustana alapuolisille rakenteille. Suunnitelmien mukaisesti, kaksoisrunkoseinän ja välipohjan liitoksesta tehtiin joustava. Tosin, Paroc ROB 80t -askeläänieristeen sijaan käytettiin solumuovia. Sitä oli paremmin saatavilla ja sen katsottiin olevan riittävän hyvä korvike askeläänieristelevylle. Solumuovia asennettiin kaksi 10 mm kaistaa päällekkäin, jolloin päästiin 20 mm kokonaispaksuuteen.

Liitoksen joustavuus näkyy siten, että solumuovin puristuessa kasaan välipohjan palkkien taipumisen seurauksena kansiruuvien kannat tulevat saman verran alas päin. Tämä on mahdollista, koska niissä ei ole kierteitä kaksoisrunkoseinän yläjuoksun kohdalla. Täten ne eivät pureudu yläjuoksuun ja estä mekanismia liikkumasta. Kierteet alkavat vasta solumuovikerroksen jälkeen, välipuoksi nimetyn rakenneosan kohdalla, johon kansiruuvit on ruuvattu. Yläjuoksusta esiin pilkistävät kansiruuvien kannat ovat nähtävissä kuvassa 17 ja 18. Kansiruuvit asennettiin enintään 600 mm



välein kaksoisrunkoseinän molempiin yläjuoksuihin. Katsottaessa kumpaakin yläjuoksua yhtä aikaa, tämä tarkoittaa kahta kansiruuvia 600 millimetrin matkalla.

Rakenteen tiiviiden varmistamiseksi, lähinnä äänieristysyistä, solumuovia käytettiin monessa paikassa, kuten alakaton koolauksen väliin sovitettujen välikapuloiden ja välipuun välissä. Myös tämä on nähtävissä kuvasta 17.



Kuva 18. Kaksoisrunkoseinää villoitettuna.

Kuva 18 on otettu villoituksen yhteydessä. Kaksoisrunkoseinän runkotolppien yläpäät viistettiin suunnitelmien mukaisesti, kuten kuvasta on nähtävissä. 50x100 mm runkotolpat asennettiin limittäin. Eivät ne muuten olisi mahtuneetkaan, rungon syvyyden ollessa 170 mm. Runkotolppiksi tarkoitettua sahatavaran varastoinnissa oltiin alkumetreillä voitu olla tarkempia. Kun sahatavara tuotiin kylmästä varastosta välisäilytykseen kuivalle ja lämpimälle työmaalle, sitä ei huomattu asetella niin, että lankut eivät pääsisi kieroutumaan kuivaessaan. Tämä johti siihen, että kaikkia lankkuja ei voitu käyttää runkotolppana. Onneksi niille löytyi muuta käyttöä.



Kuva 19. Viemärivetoja suuremman huoneiston puolella.



Kuva 20. Pienemmän huoneiston vesiputki- ja viemäriasennuksia.

Kuvassa 19 näkyvät vaakaviemärit asennettiin arviolta 10–30 ‰ kaltevuuteen. Viemäriputkien vähimmäiskaltevuus pienenee halkaisijan suurentuessa (D1 Suomen rakentamismääräyskokoelma, 50). Viemäriasennuksiin liittyi betonilaatan piikkausta. Auki piikatut kohdat täytettiin sementtipohjaisella lattiamassalla sen jälkeen, kun viemäriputket oli asennettu koloonsa.

Rakenteiden sisällä kulkevat käyttövesiputket asennettiin suojaputkeen, kuten kuvasta 20 on nähtävissä. Tällöin putket voidaan tarvittaessa vaihtaa, ja mahdollisen vuodon sattuessa vesi ei pääse rakenteisiin.

Kylpyhuoneen lattiakaivoa estettiin nousemasta ylös lattiamassan levityksen aikana tukipuun avulla (kuva 20). Tukipuu poistettiin, kun massa oli kuivunut.



Oheinen kuva on otettu pienemmän huoneiston kylpyhuoneesta, joka tehtiin suurelta osin portaikon alapuolelle (kuva 21). Lämminvesivaraaja sijoitettiin kylpyhuoneen matalaan päähän nurkkaan. Portaikon alapuolisen vinokaton poikileikkaus jätettiin pois tästä työstä. Höyrynsulkumuovia tuuletusrakoiheen ei kuitenkaan kyseisestä rakenteesta unohdettu. Pintamateriaaliksi valittiin kuusipaneeli, joka käsiteltiin kuultolakalla.

Kuva 21. Pienemmän huoneiston kylpyhuone valmiina.



Kuva 22. Suurempi huoneisto saneerauksen loppuvaiheilla.

Ensimmäisen kerroksen huonekorkeudeksi tuli 2,9 metriä välipohjan rakentamisen jälkeen. Lasiseinää ei ole vielä asennettu kuvan ottohetkellä (kuva 22). Lattiaan upotetut alakiskot ovat jo lähes paikallaan, apupalikoiden ohjastamana. Lisää säilytystilaa saatiin tuulikaapin yläpuolelle sijoitetulla seinään upotetulla laatikkorivistöllä. Laatikkorivistön toteutuksesta vastasi keittiökäytösten toimittaja. Laatikkorivistön idea pulpahti esiin siinä vaiheessa, kun rakennesuunnittelija pohti, mitä tuulikaapin yläpuoliselle tyhjälle tilalle tehtäisiin. Se oltaisiin voitu levyttää myös umpeen.

Kaiken kaikkiaan, suuremman huoneiston toimistotilasta tuli hyvin avara ja valoisa. Suuri ikkunapinta-ala, tilan avaruuden säilyttävä lasiseinä ja vaaleiden pintojen käyttö seinissä ja katossa varmistavat tämän. Lisäksi monet kokivat tilan valaistuksen onnistuneeksi. Kattovalaisimiin valittujen niin sanottujen päivänvaloloisteputkien tuottama valo tuskin erottuu päiväsaikaan ikkunasta tulevasta valosta värilämpötilaltaan. Ainakin tämän opinnäytetyön tekijän silmissä nämä täyden spektrin 5500 K putket tuntuivat miellyttävältä, mutta samalla työtehon parantamisen kannalta optimaaliselta valinnalta toimistotilaan.



Kuva 23. Suuremman huoneiston keittiö valmiina.

Ilmanvaihtokoneen kaappi näkyy kuvan vasemmassa yläreunassa (kuva 23). Kaapista jouduttiin IV-koneen mitoista johtuen tekemään muita keittiön kaappeja syvempi, jolloin syntyi uloke. Opinnäytetyön tekijän mielestä tämä yksityiskohta sulautui osaksi kokonaisuutta varsin kivuttomasti, tuoden siihen hieman persoonallisuutta ja polveilevuutta. Ulokkeen alareuna tuli sen verran korkealle, ettei siihen lyö ainaakaan keskimittainen mies päätänsä.

Kummassakin huoneistossa liedeksi valittiin valovirralla toimiva malli. Tähän ratkaisuun päädyttiin lähinnä siitä syystä, että talon pääsulakkeiden kapasiteettia ei ylitetäisi. Sulakkeiden täytyy riittää myös yläkertaan rakennettavalle asunnolle.

Pistorasioiden asentamista ei unohdettu, vaikka ne jäävät kuvassa näkymättömiin. On tärkeää, että keittiön työtason välittömässä läheisyydessä on vapaita pistorasioita, jotta työtasolla voidaan käyttää sähkölaitteita. Kaikki näkyviin jäävät pistorasiat, niin keittiössä kuin muualla, asennettiin vikavirtasuojakytkimen taakse. Vikavirtasuojaus tuli pakolliseksi kaikkiin tiloihin vuonna 2008 uudisrakentamisessa (Sähköala.fi 2008). Määräykset koskevat myös korjausrakentamista silloin, kun sähköjärjestelmään tehdään isompaa remonttia (Rytmi Rakennus Oy [Viitattu 15.10.2016]).

## 5 YHTEENVETO

Tässä luvussa saneerausprojektia tarkastellaan kokonaisuutena jäljestäpäin, niin suunnittelun kuin rakentamisen näkökulmasta. Luvussa arvioidaan projektin onnistumista, suunnittelutavoitteiden täyttymistä ja suunnittelijan toimintaa. Myös itse opinnäytetyön onnistumista arvioidaan. Sokerina pohjalla on loppusanat.

### 5.1 Rakentamisen näkökulmasta

Tämän opinnäytetyön tekijän mielestä saneerauksen ensimmäisen vaiheen toteuttaminen onnistui pääpiirteittäin odotusten mukaisesti. Kuten jo aiemmin tuli ilmi, toimomisen varaa jätti lähinnä välipohjapalkkien jatkosliitosten toteutus, jossa ruuveja ei huomattu limittää jatkosliitosta koskevan detaljin osoittamalla tavalla. Vastuun opinnäytetyön tekijä vierittää tästä omaan niskaansa...

Tämän opinnäytetyön tekijä olisi voinut olla valvomassa rakentamista enemmänkin. Toisaalta, poissa ollessaan hän ei ollut ainakaan käymässä työmiesten hermoille mittanauhansa kanssa.

Suunnitelmia ei noudatettu orjallisen tarkasti aivan joka asiassa, eikä niin ollut tarkoituskaan. Joidenkin kiinnikkeiden ja rakennusmateriaalien kohdalla päädyttiin korvaavaan tuotteeseen, kun suunnitelmiin merkittyä artikkelia ei ollut saatavilla riittävän nopeasti tai edullisesti.

Aikataulussa pysyttiin jokseenkin tyydyttävästi. Saneerauksen ensimmäisen vaiheen arvioidusta valmistumisajankohdasta myöhästettiin kuukauden verran. Tosin tämä arvio perustui hieman ylioptimistisesti laadittuun rakennusaikatauluun.

Saneerausprojektin tuloksena vanhan huoneiston tilalle syntyi kaksi uutta huoneistoa valmiina vuokrattavaksi, kuten oli tarkoituskin. Lisäksi luotiin pohja myöhempää rakentamista varten. Yläkerran asuntoon palataan saneerauksen toisessa vaiheessa.

## 5.2 Suunnittelun näkökulmasta

Projekti osoittautui lopulta niin laajaksi, että sitä ei meinattu saada mahtumaan ”yksiin kansiin”. Projektiin liittyvän materiaalin jäsentäminen yhdeksi selkeäksi opinnäytetyön muodossa esitettäväksi kokonaisuudeksi osoittautui tämän opinnäytetyön tekijän mielestä haastavammaksi tehtäväksi kuin suunnittelu itsessään. Varmasti helpommalla oltaisiin päästy, jos hän olisi ollut valmis tinkimään työssä esitettävän materiaalin laajuudesta.

Aivan kaikkia saneerausprojektia varten laadittuja detaljeja ja laskelmia ei tähän työhön sisällytetty, sivumäärän pitämiseksi edes jossain määrin aisoissa. Toki muualtakin kuin detaljeista ja laskemista oltaisiin voitu karsia. Tosin, silloin projektista saatava kokonaiskuva olisi saattanut kärsiä. Jos jostain lähdetäisiin karsimaan, niin tämän opinnäytetyön tekijä käsittelisi BIM:iä suppeammin, ehkä myös omasanaisemmin. Saneerauskohteeseen liittyvistä valokuvista kommentteineen olisi aina voinut karsia. Toki kaikista otetuista valokuvista valittiin nytkin esitettäväksi vain murtoosa. Saneerauksen taustoihin liittyvästä kerronnasta tekijä ei lähtisi karsimaan, koska kyseinen osa-alue on tärkeänä elementtinä synnyttämässä opinnäytetyön tarinaa.

Voi olla, että rakennuksesta laadittu 3D-malli osoittautui lähinnä pieneksi kuriositeetiksi yhden kuvankaappauksen muodossa tässä työssä. Totta puhuen, jos tämän opinnäytetyön tekijä joutuisi tekemään koko projektin uudelleen, hän luultavasti tyytyisi puhtaasti 2-ulotteisiin piirustuksiin. Näin säästettäisiin aikaa. Vaikka 3D-malli auttoi hahmottamaan tilaratkaisuja, se ei olisi ollut välttämätön. On hyvä muistaa, että kohteesta löytyi jo valmiiksi 1:1 malli varsinaisen rakennuksen muodossa. Uudisrakentamisessa tilanne olisi ollut toinen, sillä silloin 1:1 mallia ei ole valmiina olemassa. Näin jälkeen päin ajateltuna, tämä asettaa kyseenalaiseksi koko 3D-mallin laadinnan projektia varten. Tosin, nyt kun 3D-malli on tehtynä, sitä voidaan hyödyntää jatkossakin.

Välipohjan mitoituksen kohdalla laskelmissa jäi huomioimatta yläkertaan tulevien väliseinien omapaino. Äkkiseltään tämä saattaa kuulostaa pahalta. Tosi asiassa, väliseinät ovat hyvin kevyitä, eikä niillä ole mitoituksen lopputulokseen kuin vähän vaikutusta.

Väliseinien vaikutus arvioitiin jäljestäpäin Finnwoodilla, lisäämällä välipohjan omapainoon  $0,3 \text{ kN/m}^2$  neliökuorma. Välipohjapalkkien leikkausvoimakestävyyden osalta käyttöaste kasvoi 31 %:sta 33 %:iin. Taipumamitoituksessa noustiin lopputaipuman osalta 65 %:sta 72 %:iin. Kaikkein kireimmälle menneeseen värähtelymitoitukseen väliseinillä ei ollut vaikutusta.

Myös LP-pilareiden ja -palkkien todettiin pysyvän mitoitus ehdoissa väliseinien lisäämisestä huolimatta. Ulkoseinään väliseinien lisäämisellä ei ollut vaikutusta, ainakaan mitoittavan runkotolpan kohdalla. Nimittäin, väliseiniä ei tulla rakentamaan kyseisen runkotolpan vaikutusalueelle. Finnwood-laskelmat, joissa väliseinien vaikutus on huomioitu, jätettiin pois liitteistä opinnäytetyön kokonaissivumäärän pitämiseksi aisoissa.

Suurelta työmäärältä oltaisiin vältytty, jos kaikki laskenta oltaisiin suoritettu pelkästään Finnwoodilla – siltä osin kuin se oli mahdollista. Toisaalta, käsin tehdyt laskelmat, kuten myös niihin liittyvä kommentointi tässä työssä, toiminevat osoituksena tämän opinnäytetyön tekijän osaamisesta rakenteiden mitoittamisessa – ollen kenties samalla avuksi aiheesta kiinnostuneelle. Täten, ei tullut kysymykseen, että mutkia oltaisiin oiottu käsinlaskennassa. Myönnettäköön, että opinnäytetyön tekijä on vielä tämän työn tehtyäänkin kaukana kovan luokan osaajasta, mitä tulee rakenteiden mitoittamiseen.

Mielenkiintoista oli vertailla käsin tehtyjä laskelmia Finnwood-laskelmiin. Näin ei tarvinnut luottaa sokeasti Finnwoodin antamiin tuloksiin. Finnwoodin todettiin laskevan oikein – tai ainakin sen antamat tulokset olivat linjassa käsinlaskennasta saatujen tulosten kanssa. Välipohjan värähtely- ja taipumamitoituksen kohdalla tätä ei tosin pystytty varmentamaan. Käsinlaskennassa kun käytettiin yksiaukkoiselle rakenteelle tarkoitettuja kaavoja, siinä missä Finnwood osasi ottaa huomioon välipohjan kaksiaukkoisen rakenteen. Hieman auki jäi se, miten Finnwood laski suurimman taiputusmomentin ulkoseinän runkotolppaa mitoittaessa.

Tunnustettakoon, että tämän opinnäytetyön tekijällä oli jännimmät paikat niissä kohdissa, joissa Finnwoodia ei voitu käyttää. Tällöin oli syytä olla erityisen huolellinen laskennassa, koska vertailutulosta ei ollut saatavilla. Mitoitusehtojen sisällä pysymi-



nen selvisi vasta mahdollisesti pitkänkin laskennan jälkeen. Useimmat näistä laskelmista liittyivät olemassa oleviin rakenteisiin. Niihin puuttuminen olisi voinut tulla kalliiksi ja työlääksi, mikäli se olisi ollut ylipäätään mahdollista.

Suunnitelmissa esitettyihin ratkaisuihin oltiin tyytyväisiä, rakentamisen jälkeenkin. Voi olla, että kaksoisrunkoseinän ja välipohjan liitoksen kohdalla saatettiin suunnitelmissa mennä hieman "hifistelyn puolelle". Tuskin samanlaista rakennetta tulee ihan joka paikassa vastaan. Ainakaan työ- ja materiaalimenekin suhteen kyseinen rakenne ei ollut kovin edullinen.

On hyvä muistaa, että vaikka tässä työssä koitettiin lähestyä saneerausprojektia mahdollisimman kattavasti, paljon jäi käsittelemättä. Joko kokonaan huomiotta tai hyvin vähälle huomiolle jäivät muun muassa:

- rakennuslupa-asiat, paitsi käytetyn rakennusoikeuden osalta
- sisustussuunnittelu
  - tilan jäsentely
  - kiintokalusteiden valinta
  - värivalinnat
  - pintamateriaalivalinnat
- energiatehokkuus
- rakennusaikataulun laadinta
- työmaalogistiikka
- määrälaskenta
- kustannuslaskenta
- investoinnin kannattavuuden arviointi
- huoneakustiikka
- paloturvallisuus.

Totta puhuen, aivan näitä kaikkia osa-alueita ei käsitelty edes tämän työn ulkopuolella. Riippuu muun muassa rakennushankkeen toteutusmuodosta ja laajuudesta, kuinka syvällisesti mitäkin edellä mainituista osa-alueista on syytä käsitellä.

### 5.3 Loppusanat

Kaiken kaikkiaan, projekti tarjosi monipuolisesti haastetta tämän opinnäytetyön tekijälle. Hän tuntee osaamisensa kehittyneen projektin aikana. Kuten tuli jo todettua, haastetta eivät tarjonneet pelkästään saneeraukseen liittyvät asiat, vaan se, miten kaikki saatiin esitettyä opinnäytetyön muodossa.

Näin internet-aikana hakukoneen käyttö oli tärkeässä asemassa kirjoitusprosessin kannalta. Sellaisten ilmaisumuotojen kanssa oltiin tarkkana, joita ei havaittu käytettäneen missään muualla aiemmin. Hakukone oli muutenkin korvaamaton apu tietoa etsittäessä.

Tekijä pyrki käyttämään hyvää rakennusalan terminologiaa ja näin laajentamaan suomenkielistä rakentamisen kulttuuria. Nimittäin, tämän työn sisältö tulee näillä näkymin olemaan kenen tahansa löydettävissä hakukoneella.

Tekijä toivoo, että opinnäytetyö tarjosi avartavan katsauksen rakentamisen maailmaan. Hän kiittää kaikkia, jotka ovat olleet osallisena mahdollistamassa tämän työn syntymisen.

## LÄHTEET

Aho, T. 1995. Paikallavalurakentaminen, Osa 3: Paikallavalurakenteiden suunnittelu. Lahti: Rakennustuoteteollisuus RTT ry.

D1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2007. Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. Määräykset ja ohjeet 2007. [Verkkojulkaisu]. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. [Viitattu 15.10.2016]. Saatavana: [http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1\\_2007.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1_2007.pdf)

D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2002. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2003. [Verkkojulkaisu]. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. [Viitattu 16.10.2016]. Saatavana: <http://www.finlex.fi/data/normit/1921-D2s.pdf>

Danish Standards. Ei päivystä. Eurocodes FAQ. [Verkkosivu]. [Viitattu 13.10.2016]. Saatavana: <http://www.ds.dk/en/standards/eurocodes/eurocodes-faq>

Haapanala, A., Laine, R., Lunden, T., Pitkäranta, H., Raatikainen, E., Saarinen, T., Salmi, R-L. & Sippola-Alho, T. 2003. Maankäyttö- ja rakennuslaki 2000. Opas 12. [E-kirja]. Ympäristöministeriö. Helsinki: Edita publishing Oy. [Viitattu 16.10.2016]. Saatavana: <http://www.ym.fi/> (Etusivu | Maankäyttö ja rakentaminen | Lainsäädäntö ja ohjeet | Maankäyttö- ja rakennuslaki 2000 -sarja | Opas 12 Asemakaavamerkinnot ja -määräykset)

Havunen, T. 5.6.2012. Koivikko-Lisälä. [Valokuva]. Kauhajoki.

Hietikko, E. 2015. Palkki: Lujuuslaskennan perusteet. 3. painos. Helsinki: Books on Demand.

Jablonskis, M. 2012. SE1881: BIM Workflow with a Focus on Finite Element Method Analysis. [Video]. Autodesk University. [Viitattu 15.10.2016]. Saatavana: <http://au.autodesk.com/au-online/classes-on-demand/class-catalog/2012/autodesk-revit-for-structural-engineers/bim-workflow-with-a-focus-on-finite-element-method-analysis#chapter=0>

Joint Research Centre. Ei päivystä. About the EN Eurocodes. [Verkkosivu]. [Viitattu 16.10.2016]. Saatavana: <http://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/> (Homepage | About the EN Eurocodes)

Joint Research Centre. Ei päivystä. CEN/TC250. [Verkkosivu]. [Viitattu 13.10.2016]. Saatavana: <http://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/> (Homepage | CEN/TC250)

- Leivo, V. & Rantala, J. 2007. Rakenteiden ja liitosten rakennusfysiikkaa. [Verkkójulkaisu]. Rakentajain kalenteri 2007 -käsikirjan artikkeli sivuilla 383–391. Helsinki: Rakennustieto Oy. [Viitattu 16.10.2016]. Saatavana: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK070301.pdf>
- Liuksiala, A. & Stoor, P. 2014. Rakennussopimukset. [E-kirja]. 7. uudistettu painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Maanmies, S. 1996. Kerrosalaneliometri, k-m2. [Verkkosivu]. Kielikello. Helsinki: Stellatum Oy. [Viitattu 16.10.2016]. Saatavana: <http://www.kielikello.fi/> (Etusivu | Arkisto | 2/1996 | Kerrosalaneliometri, k-m2)
- Metsä Wood. 2.7.2012. Finnwood 2.3 SR1 v2.4.017. [Tietokoneohjelma]. [Viitattu 15.10.2016]. Saatavana: <http://www.metsawood.com/fi/> (Etusivu | Työkalut | Finnwood)
- Metsä Wood. 2012. Finnwood 2.3 SR1 -ohjelman esite. [Verkkójulkaisu]. [Viitattu 15.10.2016]. Saatavana: [http://www.metsawood.com/fi/tyokalut/Finnwood/Documents/Finnwood\\_2\\_3\\_SR1.pdf](http://www.metsawood.com/fi/tyokalut/Finnwood/Documents/Finnwood_2_3_SR1.pdf)
- Metsä Wood. 9.12.2015. Metsä Woodin Finnwood®-mitoitushjelmalla jo 50 000 käyttäjää. [Verkkolehtiartikkeli]. [Viitattu 15.10.2016]. Saatavana: <http://www.metsawood.com/fi/yritys/Uutiset/Pages/Metsa-Woodin-Finnwood-mitotusohjelmalla-jo-50000-kayttajaa.aspx>
- Metsä Wood. Ei päiväystä. Finnwood 2.3 SR1. [Verkkosivu]. [Viitattu 15.10.2016]. Saatavana: <http://www.metsawood.com/fi/> (Etusivu | Työkalut | Finnwood)
- Metsä Wood. Ei päiväystä. Kerto® -käsikirja. [Verkkosivu]. [Viitattu 17.10.2016]. Saatavana: <http://www.metsawood.com/fi/> (Etusivu | Tuotteet | Kerto® | Kerto® -käsikirja)
- NBS. 1.11.2014. BIM Levels explained. [Verkkosivu]. [Viitattu 15.10.2016]. Saatavana: <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-levels-explained>
- Perälä, M. 2010. Lujuusoppi. Opetusmateriaali. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Tekniikan yksikkö. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Julkaisematon.
- Perälä, M. 2012. Staattisesti määräämättömät sauvarakenteet. Opetusmateriaali. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Tekniikan yksikkö. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Julkaisematon.
- Prodeco Oy. Ei päiväystä. Rakennushankkeen hallinta. [Verkkosivu]. [Viitattu 15.10.2016]. Saatavana: <http://www.prodeco.fi/> (Etusivu | Rakennushankkeen hallinta)

- Puuinfo Oy. 2011. Puurakenteiden suunnittelu: Lyhennetty suunnitteluohje. 3. painos. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 15.10.2016]. Saatavana: <http://www.puuinfo.fi/eurokoodit/eurokoodi-5-lyhennetty-ohje-puurakenteiden-suunnittelu>
- Rakennusteollisuus RT ry. Ei päiväystä. Eurokoodi help desk. [Verkkosivusto]. [Viitattu 13.10.2016]. Saatavana: <http://www.eurocodes.fi/>
- RIL 205-1-2009. 2009. Puurakenteiden suunnitteluohje: Eurokoodi EN 1995-1-1. Hansaprint Oy: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RT 12-11055. 2011. Rakennuksen pinta-alat. RT-ohjekortti. Helsinki: Rakennustieto Oy. Saatavana RT Net -palvelusta. Vaatii käyttöoikeuden.
- RT 84-10793. 2003. Puutalon märkätilat. RT-ohjekortti. Helsinki: Rakennustieto Oy. Saatavana RT Net -palvelusta. Vaatii käyttöoikeuden.
- RT RakMK-21183. 2001. B10 Puurakenteet. Ohjeet 2001. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. Helsinki: Rakennustieto Oy. Saatavana RT Net -palvelusta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Ruukki Construction. 26.4.2012. Inline: BIM muutti ajattelun. [Verkkosivu]. [Viitattu 15.10.2016]. Saatavana: <http://www1.ruukki.fi/Uutiset-ja-tapahtumat/Uutiskisto/2012/Inline-BIM-muutti-ajattelun>
- Rytmi Rakennus Oy. Ei päiväystä. Asuntojen sähköjärjestelmät vuosikymmenittäin. [Verkkosivu]. [Viitattu 15.10.2016]. Saatavana: <http://www.rytmirakennus.fi/sisaremontit/sahkoremontti/asuntojen-sahkojarjestelmat-vuosikymmenittain/>
- Saarinen, E. 2001. Betonirakenteiden suunnittelu. [Verkkojulkaisu]. Rakentajain kalenteri 2001 -käsikirjan artikkeli sivuilla 485–545. Helsinki: Rakennustieto Oy. [Viitattu 14.10.2016]. Saatavana: <https://www.rakentajainkalenteri.fi> (Artikkeliaristo | Suunnittelu | Betonirakenteiden suunnittelu)
- Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy. 4.4.2016. Gyproc GRI 13 Kylppäri. [Verkkosivu]. [Viitattu 15.10.2016]. Saatavana: <http://www.gyproc.fi/> (Etusivu | Tuotteet | Levyt | Gyproc GRI 13 Kylppäri)
- SFS-EN 1990 + A1 + AC. 2006. Eurokoodi: Rakenteiden suunnitteluperusteet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC. 2008. Eurokoodi 5: Puurakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- Sumkin, H. 24.4.2015. Eurokoodit, rakennesuunnittelun hyvä työkalu. [Blogikirjoitus]. Rakennuslehti. Helsinki: Sanoma Tekniikkajulkaisut Oy. [Viitattu

13.10.2016]. Saatavana: <http://www.rakennuslehti.fi/blogit/eurokoodit-rakennesuunnittelun-hyva-tyokalu/>

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Ei päivystä. Tietomallinnus. [Verkkosivu]. [Viitattu 15.10.2016]. Saatavana: <http://www.ril.fi/> (Etusivu | Alan kehittäminen | Tietomallinnus)

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Ei päivystä. Eurokoodit. [Verkkosivu]. [Viitattu 13.10.2016]. Saatavana: <http://www.sfs.fi/> (Etusivu | Aihealueet | Eurokoodit)

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Ei päivystä. SFS, EN, ISO?. [Verkkosivu]. [Viitattu 14.10.2016]. Saatavana: <http://www.sfs.fi/> (Etusivu | Julkaisut ja palvelut | Standardi tutuksi | SFS, EN, ISO?)

Sähköala.fi. 3.3.2008. Vikavirtasuojaus tuli pakolliseksi vuonna 2008. [Verkkoleh-tiartikkeli]. Espoo: Sähköinfo Oy. [Viitattu 15.10.2016]. Saatavana: [http://www.sähköala.fi/koti/sahkoturvallisuus/fi\\_FI/vikavirtasuojaus\\_pakolliseksi/](http://www.sähköala.fi/koti/sahkoturvallisuus/fi_FI/vikavirtasuojaus_pakolliseksi/)

Toriseva, T. Huhtikuu 2014. Pilarilaattojen suunnittelu eurokoodien mukaan. [Verkkojulkaisu]. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Rakennesuunnittelu. Diplomityö. [Viitattu 14.10.2016]. Saatavana: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:tty-201405131157>

Trimble Solutions Oy. 21.9.2012. Tilaaja halusi välttää törmäykset työmaalla – Aaro Kohonen toimittaa virheetöntä suunnittelua Tekla BIMsightin avulla. [Verkkoleh-tiartikkeli]. [Viitattu 15.10.2016]. Saatavana: <https://www.tekla.com/fi/tieto-meistä/uutiset/tilaaja-halusi-välttää-törmäykset-työmaalla—aaro-kohonen-toimittaa>

Trimble Solutions Oy. Ei päivystä. Mitä on BIM?. [Verkkosivu]. [Viitattu 15.10.2016]. Saatavana: <https://www.tekla.com/fi/> (Etusivu | Tietoa meistä | Mitä on BIM?)

Tukes. 2015. Kodin sähköturvallisuus. Opas. [E-kirja]. [Viitattu 15.10.2016]. Saatavana: [http://www.tukes.fi/Tiedostot/sahko\\_ja\\_hissit/esitteet\\_ja\\_oppaat/Kodin\\_sahkoturvallisuus\\_web.pdf](http://www.tukes.fi/Tiedostot/sahko_ja_hissit/esitteet_ja_oppaat/Kodin_sahkoturvallisuus_web.pdf)

Uudenmaan ELY-keskus. Elokuu 2014. Poikkeamispäätös. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 13.10.2016]. Saatavana: <https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/58574/Poikkeamispäätösohje.pdf>

Vaara, J-M. 2012. Elementtiliittymien kylmäsilvatarkastelu. [Verkkojulkaisu]. Oulun ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Talonrakennuksen moduuli. Opinnäytetyö. [Viitattu 16.10.2016]. Saatavana: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2012052910610>

- Vertex Systems Oy. 13.9.2016. Vertex BD Pro v22.0.13. [Tietokoneohjelma].
- Vertex Systems Oy. 2016. Vertex BD. [Verkkosivu]. [Viitattu 15.10.2016]. Saatavana: <http://www.vertex.fi/> (Etusivu | Tuotteet | Rakennussuunnittelu)
- Viljanen, J. 12.2.2010. Eurokoodin vaikutus pilaristabiloidun maan varaan perustetun ratapenkereen mitoitukseen. [Verkkojulkaisu]. Aalto-yliopisto. Insinööritieteiden ja arkkitehtuurin tiedekunta. Pohjarakennus ja maamekaniikka. Diplomityö. [Viitattu 14.10.2016]. Saatavana: [http://civil.aalto.fi/fi/research/geoengineering/soil/theses/masters/d\\_juha\\_viljanen.pdf](http://civil.aalto.fi/fi/research/geoengineering/soil/theses/masters/d_juha_viljanen.pdf)
- Virtanen, M. & Majamaa, J. 28.8.2014. EU:n rakennustuoteasetus ja Suomen rakentamissäädökset. [Verkkojulkaisu]. Paloturvallisuus.info: Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö. [Viitattu 14.10.2016]. Saatavana: <https://goo.gl/IO49f9>
- Wikipedia-projektin osanottajat. 11.10.2016. Finite element method. [Verkkosivu]. Wikipedia. [Viitattu 16.10.2016]. Saatavana: [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Finite\\_element\\_method&oldid=743869156](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Finite_element_method&oldid=743869156)
- Wikipedia-projektin osanottajat. 15.10.2016. Rakennuksen tietomalli. [Verkkosivu]. Wikipedia. [Viitattu 16.10.2016]. Saatavana: [https://fi.wikipedia.org/w/index.php?title=Rakennuksen\\_tietomalli&oldid=16004702](https://fi.wikipedia.org/w/index.php?title=Rakennuksen_tietomalli&oldid=16004702)
- Wikipedia-projektin osanottajat. 16.8.2016. Ryhmäkeskus. [Verkkosivu]. Wikipedia. [Viitattu 16.10.2016]. Saatavana: <https://fi.wikipedia.org/w/index.php?title=Ryhm%C3%A4keskus&oldid=15891698>
- Wikipedia-projektin osanottajat. 18.2.2016. Korjausrakentaminen. [Verkkosivu]. Wikipedia. [Viitattu 15.10.2016]. Saatavana: <https://fi.wikipedia.org/w/index.php?title=Korjausrakentaminen&oldid=15538181>
- Wood Focus Oy. 2004. Äänieristys puutalossa. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 15.10.2016]. Saatavana: <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/aaneneristys-puutalossa/koko-ohje.pdf>
- Ympäristöministeriö. 22.7.2016. Tietoa eurokoodeista. [Verkkosivu]. [Viitattu 13.10.2016]. Saatavana: [http://www.ym.fi/fi-fi/maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Tietoa\\_eurokoodeista](http://www.ym.fi/fi-fi/maankaytto_ja_rakentaminen/lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Tietoa_eurokoodeista)
- Ympäristöministeriö. 29.9.2016. Suomen rakentamismääräyskokoelma. [Verkkosivu]. [Viitattu 16.10.2016]. Saatavana: <http://www.ym.fi/Rakentamismaarayskokoelma>

## LIITTEET

Liite 1. Rakennusoikeuden tarkistus

Liite 2. Pohjapiirustus

Liite 3. LVI-piirustus

Liite 4. Sähköpiirustus (ryhmityspiirustus)

Liite 5. Poikkileikkaukset. Liitosdetaljit

Liite 6. Välipohjapalkin jatkosliitos

Liite 7. Rakennelaskelmissa käytetyt merkinnät

Liite 8. Välipohjan mitoitus

Liite 9. LP-pilareiden mitoitus

Liite 10. LP-palkkien mitoitus

Liite 11. Ulkoseinän mitoitus

Liite 12. Katon lumikuorman määrittäminen

Liite 13. Finnwood-laskelmat



# Liite 1. Rakennusoikeuden tarkistus

Tontin pinta-ala on  $1474 \text{ m}^2$  ja e-luku 0,65. Tontille on rakennettu rakennus, jonka kerrosala on  $895 \text{ m}^2$ . Rakennukseen tehdään laajennusremontti, jonka seurauksena kerrosala kasvaa  $944 \text{ m}^2$ :iin.

1. Paljonko rakennusoikeudesta on käytetty

- a) ennen remonttia
- b) remontin jälkeen?

2. Kuinka paljon suurin sallittu kerrosala alitetaan neliömetreissä mitattuna remontin jälkeen?

## Ratkaisut

1.

a)

e-lukuna:

$$\frac{895 \text{ m}^2}{1474 \text{ m}^2} = 0,6072$$

Prosentteissa:

$$\frac{0,6072}{0,65} = 0,9342 \cong 93 \%$$

b)

e-lukuna:

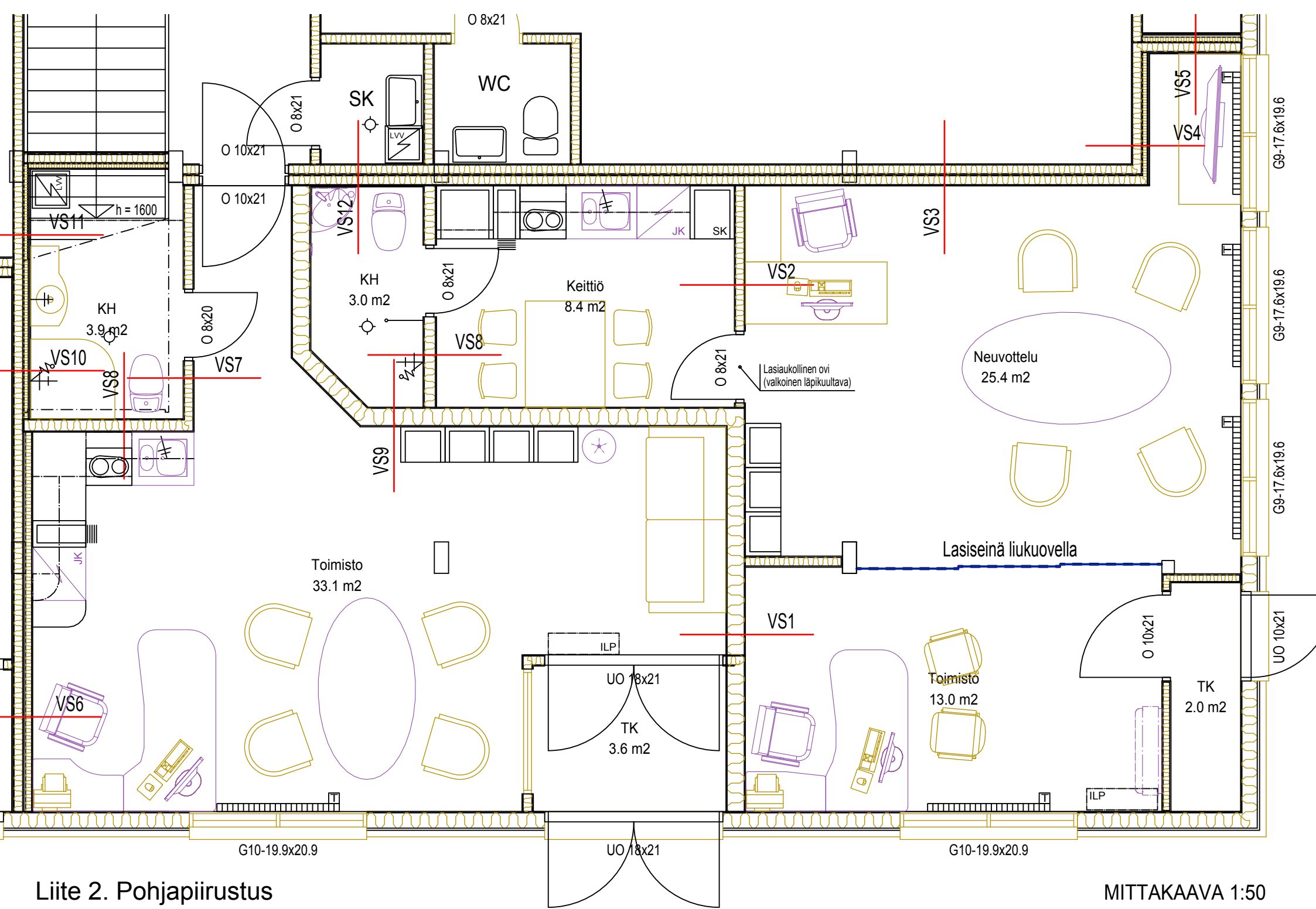
$$\frac{944 \text{ m}^2}{1474 \text{ m}^2} = 0,6404$$

Prosentteissa:

$$\frac{0,6404}{0,65} = 0,9852 \cong 99 \%$$

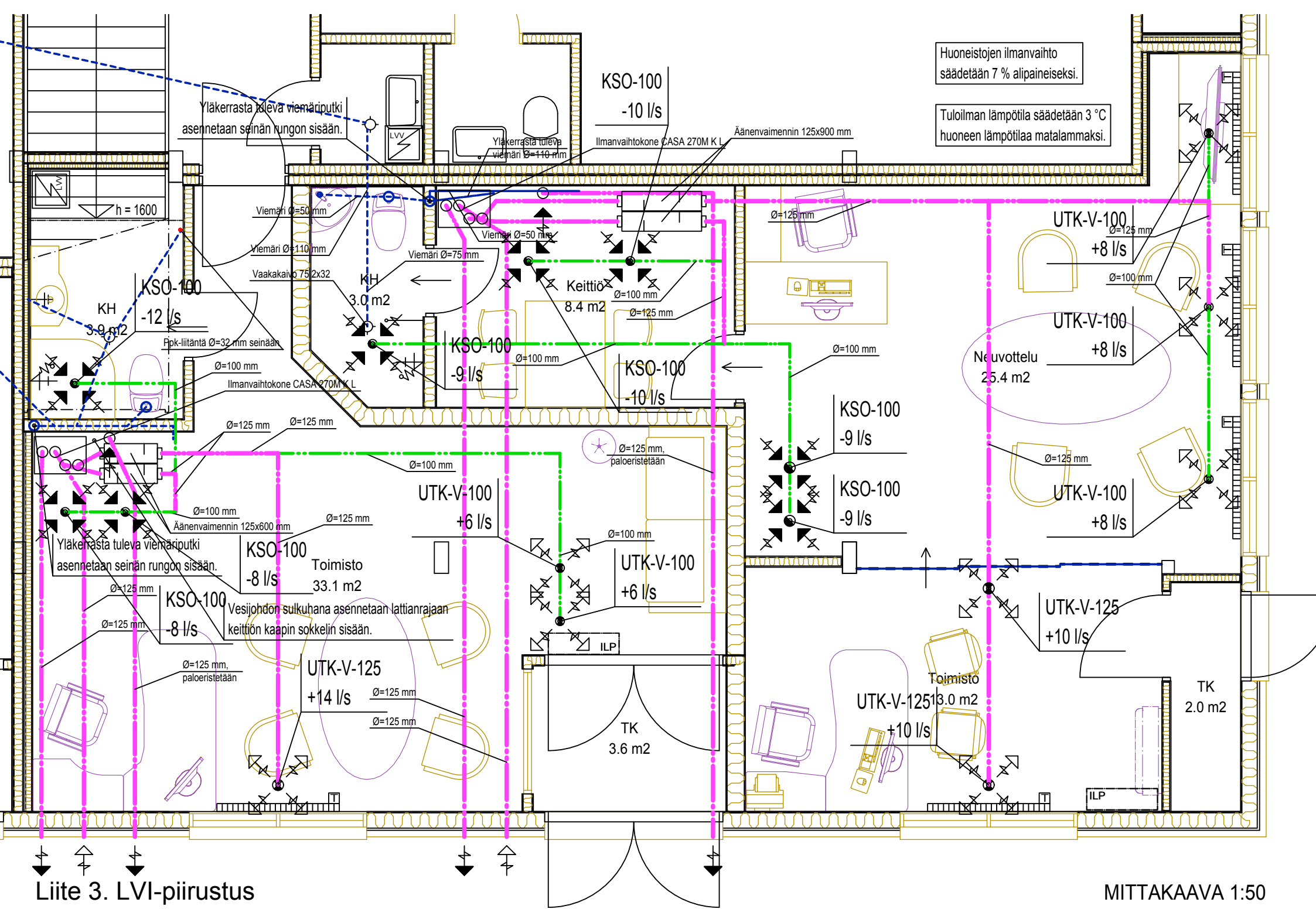
2.

$$(0,65 - 0,6404) \cdot 1474 \text{ m}^2 = 14,1504 \text{ m}^2 \cong 14 \text{ m}^2$$



Liite 2. Pohjapiirustus

MITTAKAAVA 1:50



Huoneistojen ilmanvaihto säädetään 7 % alipaineiseksi.

Tuloilman lämpötila säädetään 3 °C huoneen lämpötilaa matalammaksi.

Yläkerrasta tuleva viemäriputki asennetaan seinän rungon sisään.

Yläkerrasta tuleva viemäri Ø=110 mm

KSO-100  
-10 l/s

Ilmanvaihtokone CASA 270M K L

Äänenvaimennin 125x900 mm

KSO-100  
-12 l/s

Popk-liitäntä Ø=32 mm seinään

KH 3.0 m<sup>2</sup>

KSO-100  
-9 l/s

KSO-100  
-10 l/s

Keittiö 8.4 m<sup>2</sup>

UTK-V-100  
+8 l/s

UTK-V-100  
+8 l/s

Neuvottelu 25.4 m<sup>2</sup>

KSO-100  
-9 l/s

KSO-100  
-9 l/s

UTK-V-100  
+6 l/s

UTK-V-100  
+6 l/s

KSO-100  
-8 l/s

Toimisto 33.1 m<sup>2</sup>

KSO-100  
-8 l/s

Vesijohdon sulkuhana asennetaan lattianrajaan keittiön kaapin sokkelin sisään.

UTK-V-125  
+14 l/s

TK 3.6 m<sup>2</sup>

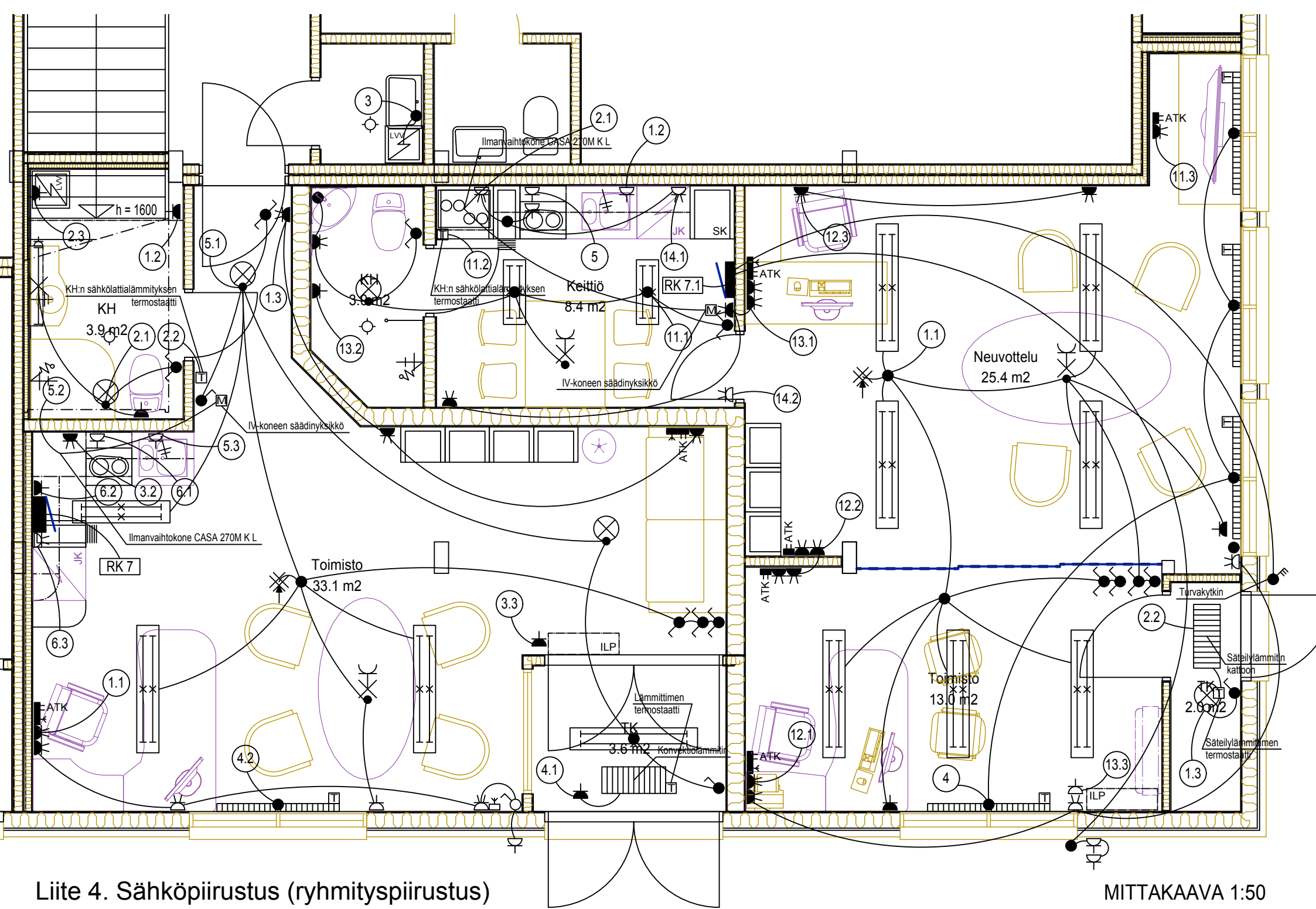
UTK-V-125  
+10 l/s

Toimisto 3.0 m<sup>2</sup>

TK 2.0 m<sup>2</sup>

Liite 3. LVI-piirustus

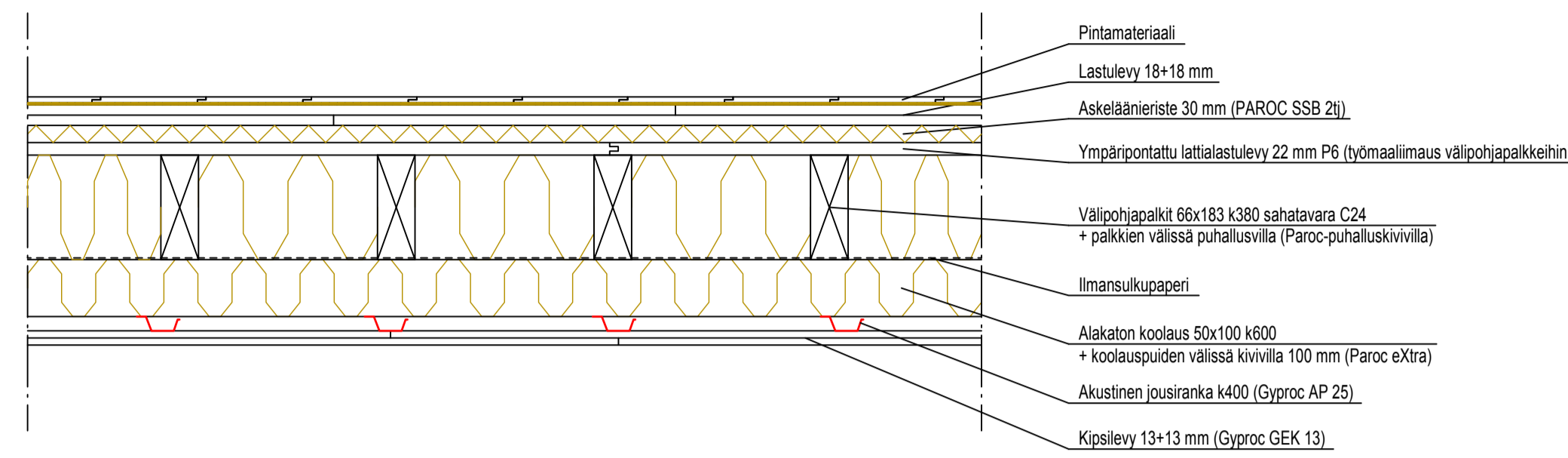
MITTAKAAVA 1:50



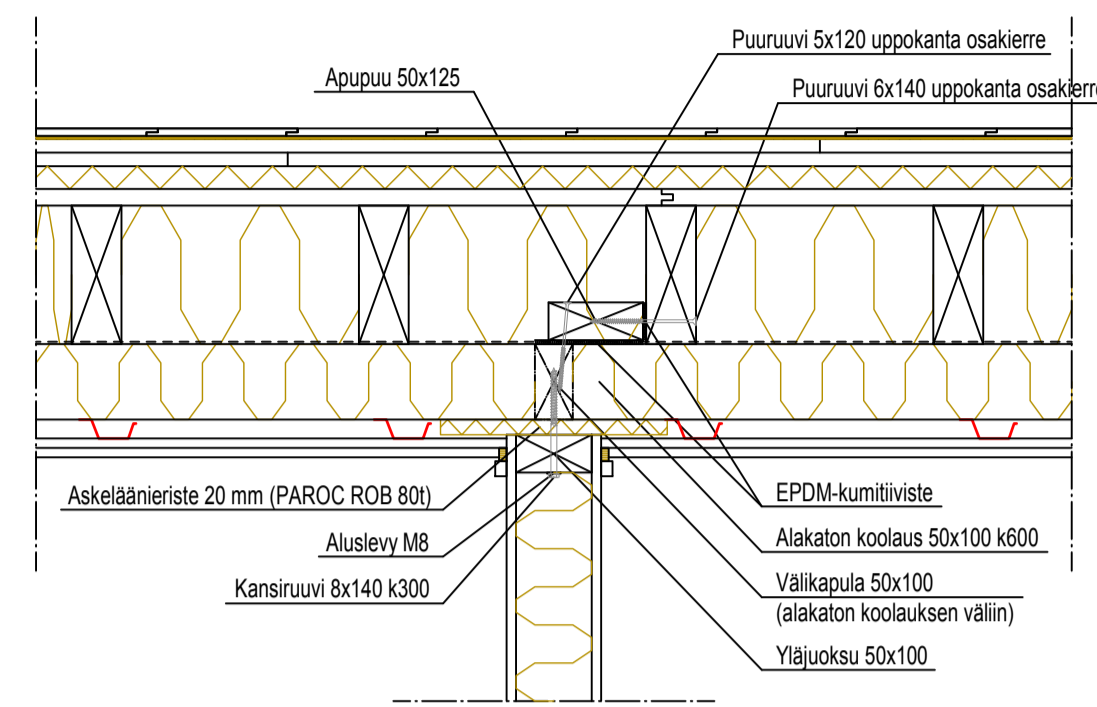
Liite 4. Sähköpiirustus (ryhmityspiirustus)

MITTAKAAVA 1:50

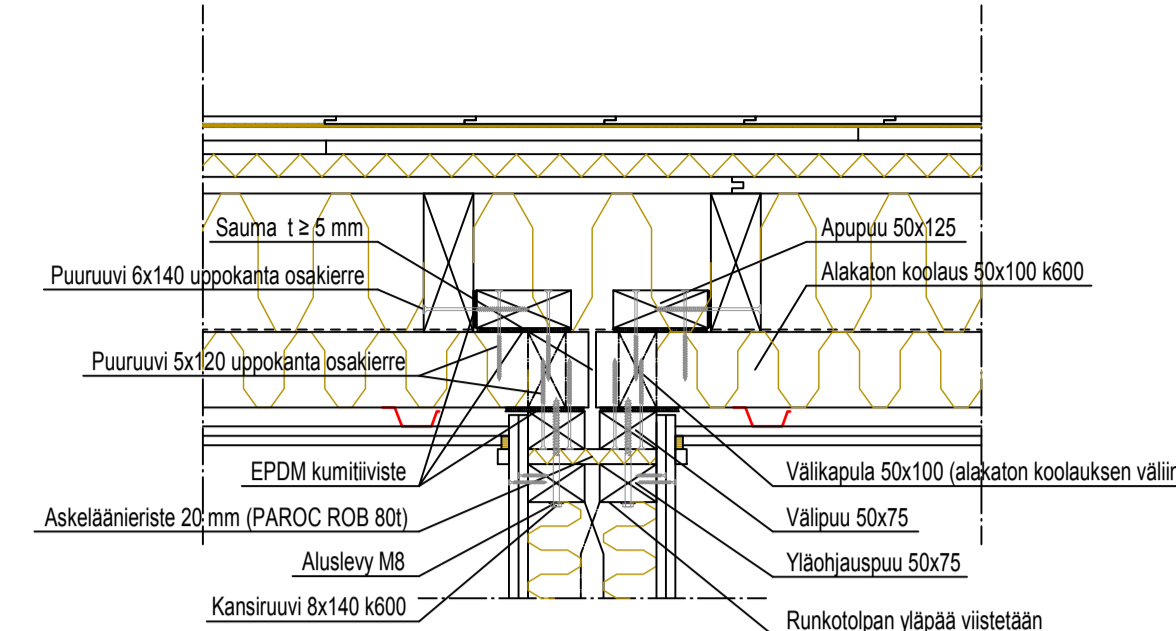
## VÄLIPOHJA



## KEVYEN VÄLISEINÄN JA VÄLIPOHJAN LIITOS (B - B) (DET3)



## KAKSOISRUNKOSEINÄN JA VÄLIPOHJAN LIITOS (A - A) (DET1)



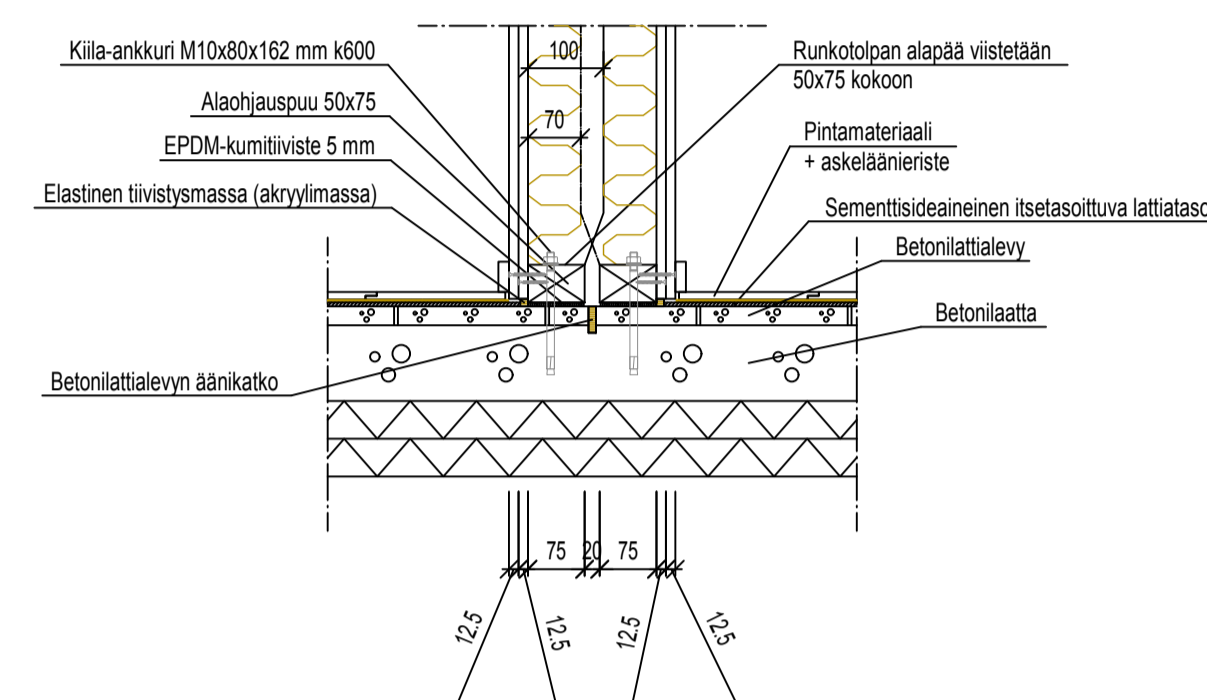
### KAKSOISRUNKOSEINÄN ASENNUKSEN TYÖJÄRJESTYS:

1. Asennetaan ilmansulkupaperi.
2. Asennetaan alakaton koolaus.
3. Asennetaan 50x125 apupuut.
4. Kiinnitys tapahtuu välipohjan palkkeihin ja alakaton koolaukseen.
5. Sahataan alakaton koolaus katki kaksoisrunkoseinän keskiliinjan kohdalta.
6. Katkaisusauman leveyden on oltava vähintään 5 mm.
7. Asennetaan 50x100 yläpalkit alakaton koolauspuiden väliin.
8. Asennetaan 50x75 välipuut.
9. Asennetaan askeläänieristekaista.
10. Asennetaan 50x75 yläpuut (ja alajauspuut).
11. Asennetaan kaksoisrunkoseinän runkotolpat.

### HUOM!

Muista käyttää EPDM-kumitivistettä piirustuksen osoittamissa paikoissa.

## KAKSOISRUNKOSEINÄN JA MAANVARAISEN LAATAN LIITOS (A - A) (DET2)



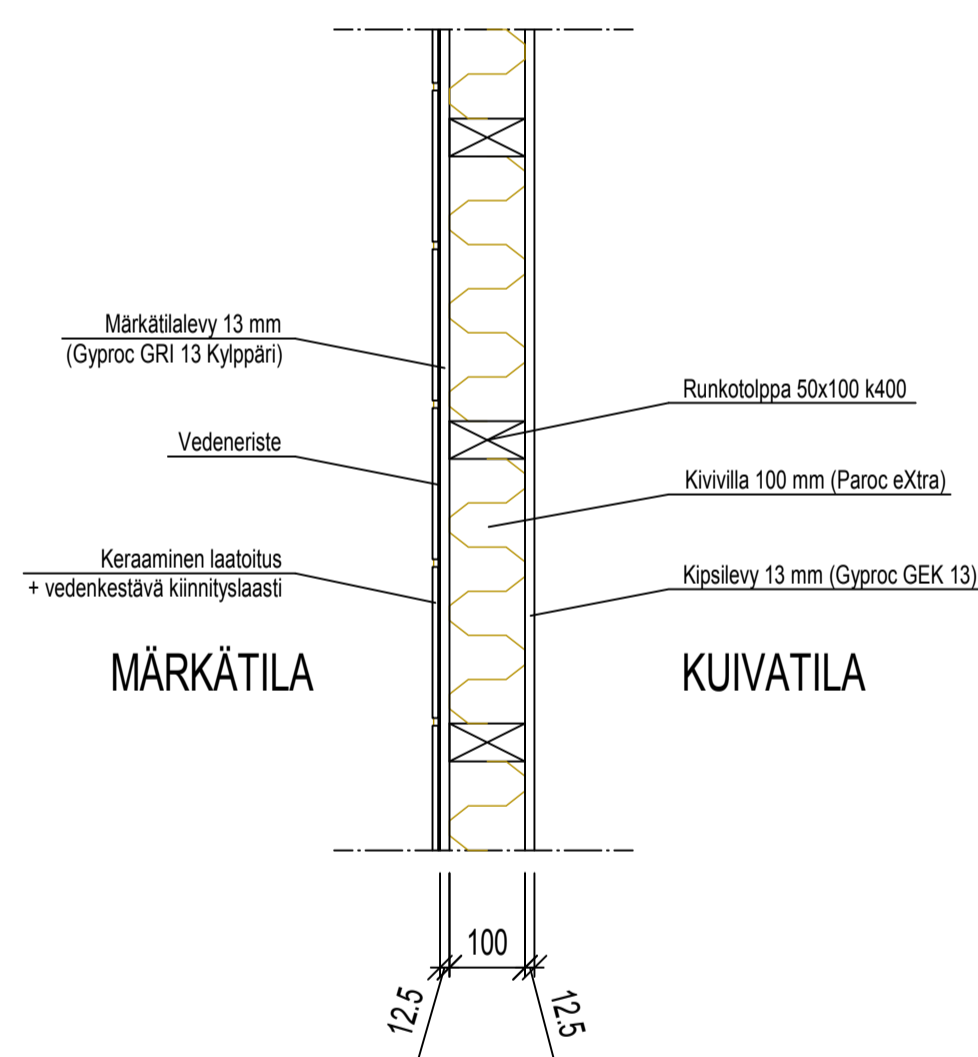
### HUOM!

Vain uusien väliseinärakenteiden mitat on ilmoitettu. Vain uudet väliseinärakenteet on merkitty viiteteksteillä.

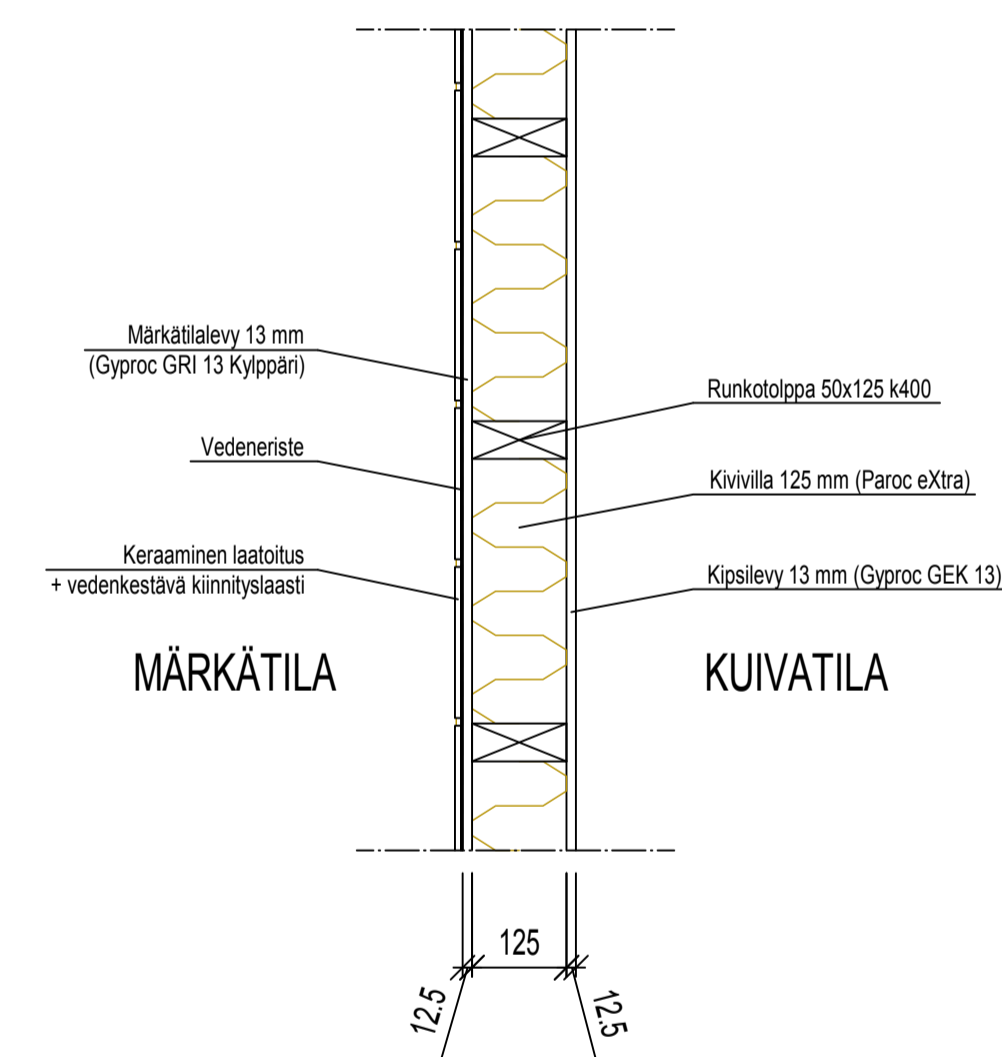
Märkätilojen vedeneristys toteutetaan RT 84-10793 sekä valmistajan ohjeiden mukaan.

SISÄPUOLI tarkoittaa seinän sitä puolta, joka on saneerattavan huoneiston puolella.  
 ULKOPUOLI tarkoittaa seinän sitä puolta, joka ei ole saneerattavan huoneiston puolella.

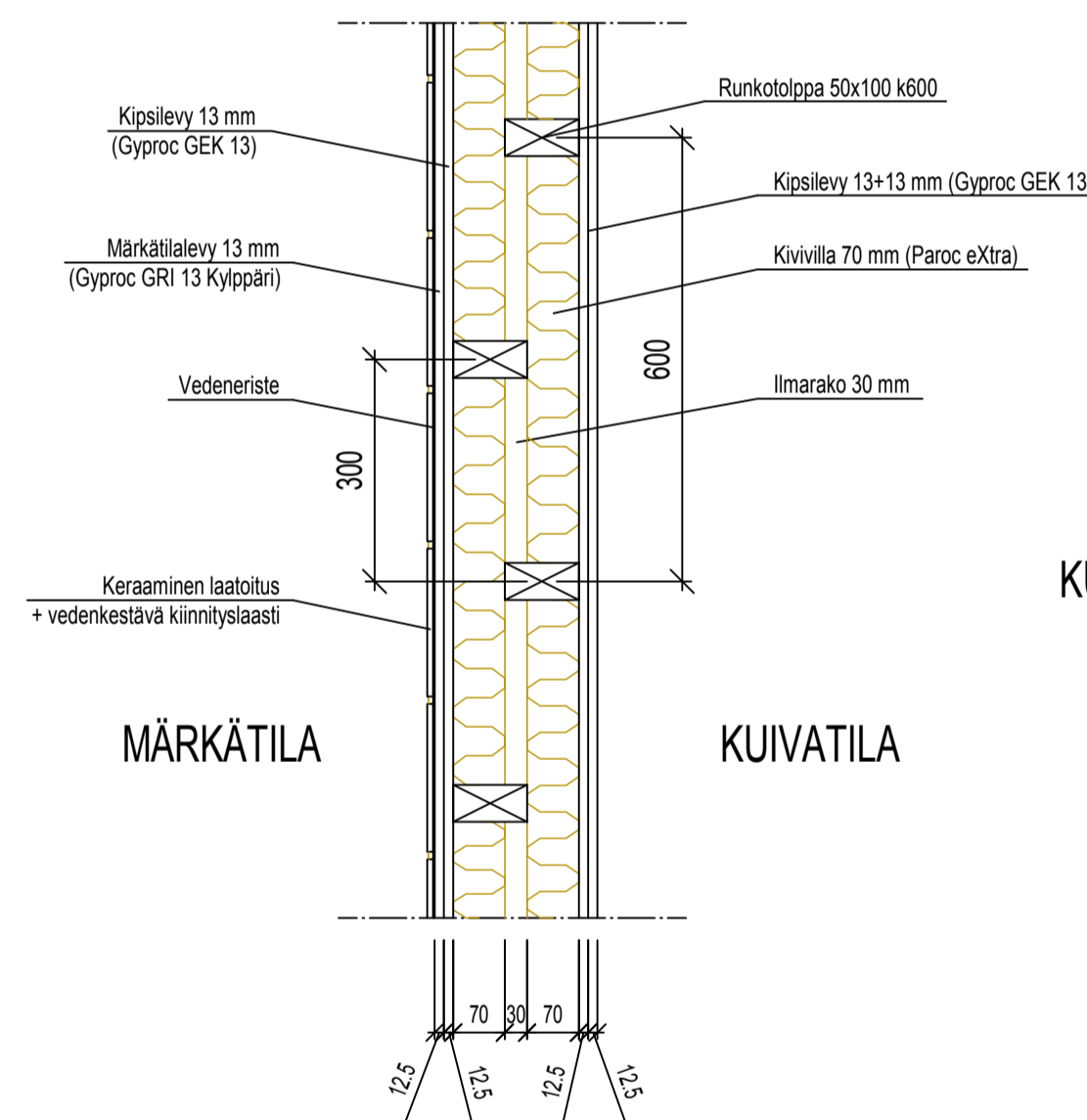
## MÄRKÄTILAN VÄLISEINÄ (VS7)



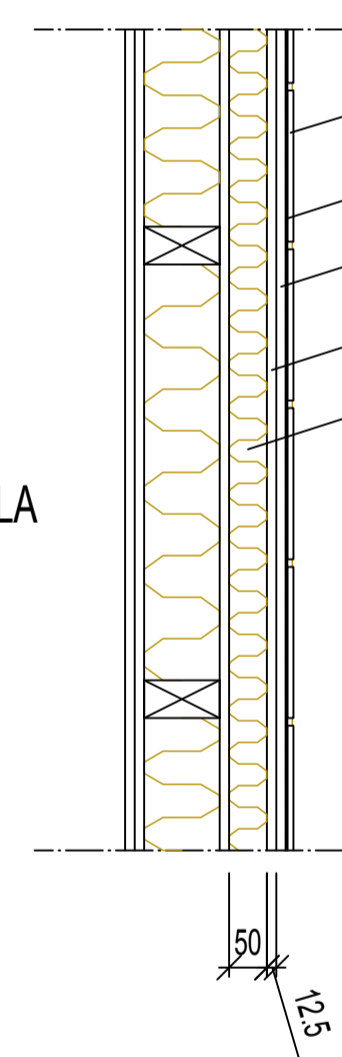
## MÄRKÄTILAN VÄLISEINÄ (VS8)



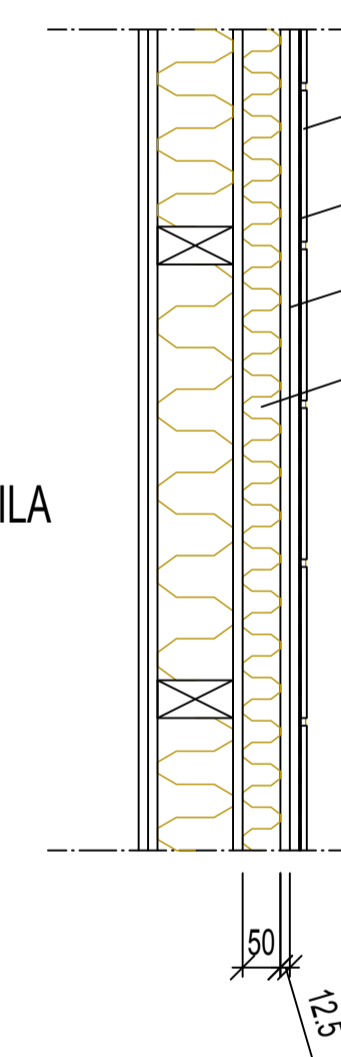
## MÄRKÄTILAN KAKSOISRUNKOSEINÄ (VS9)



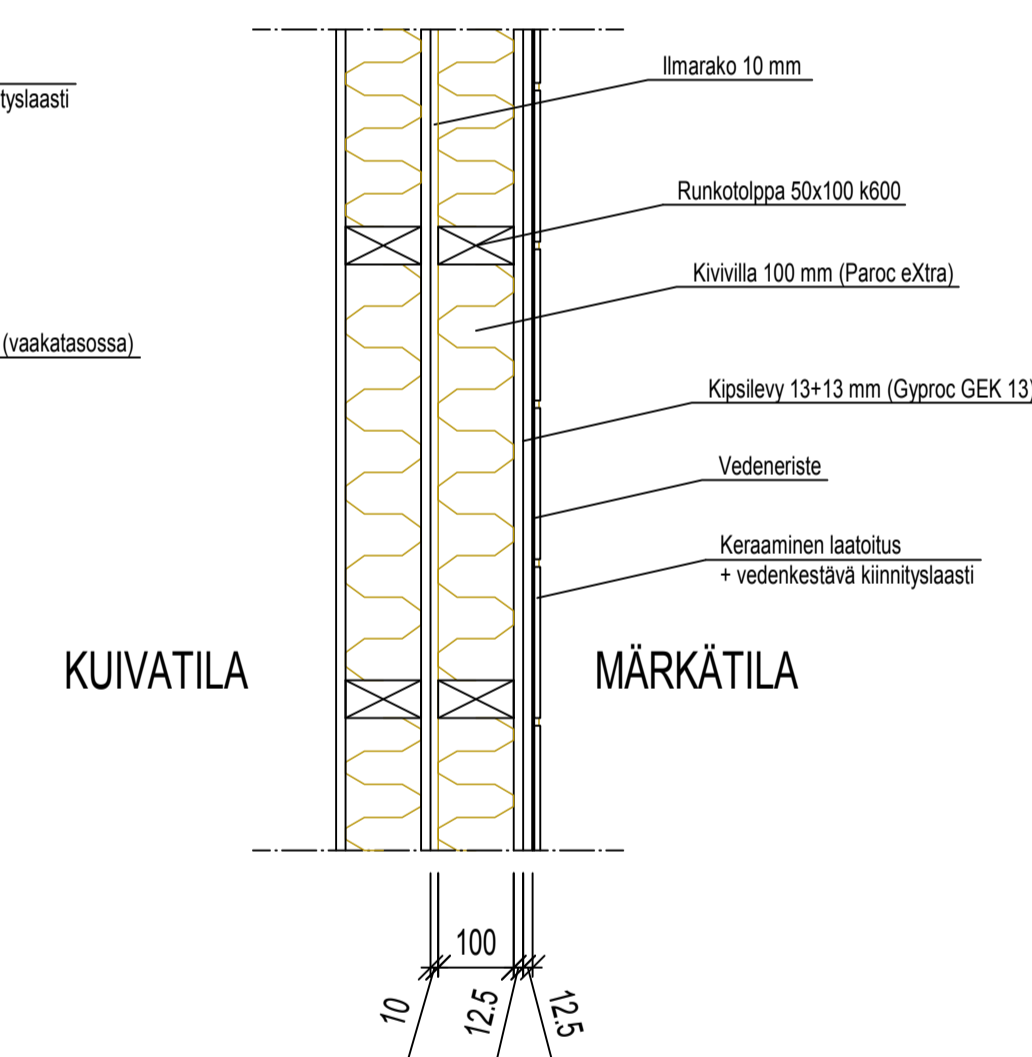
## MÄRKÄTILAN SEINÄ (VS10)



## MÄRKÄTILAN SEINÄ (VS11)

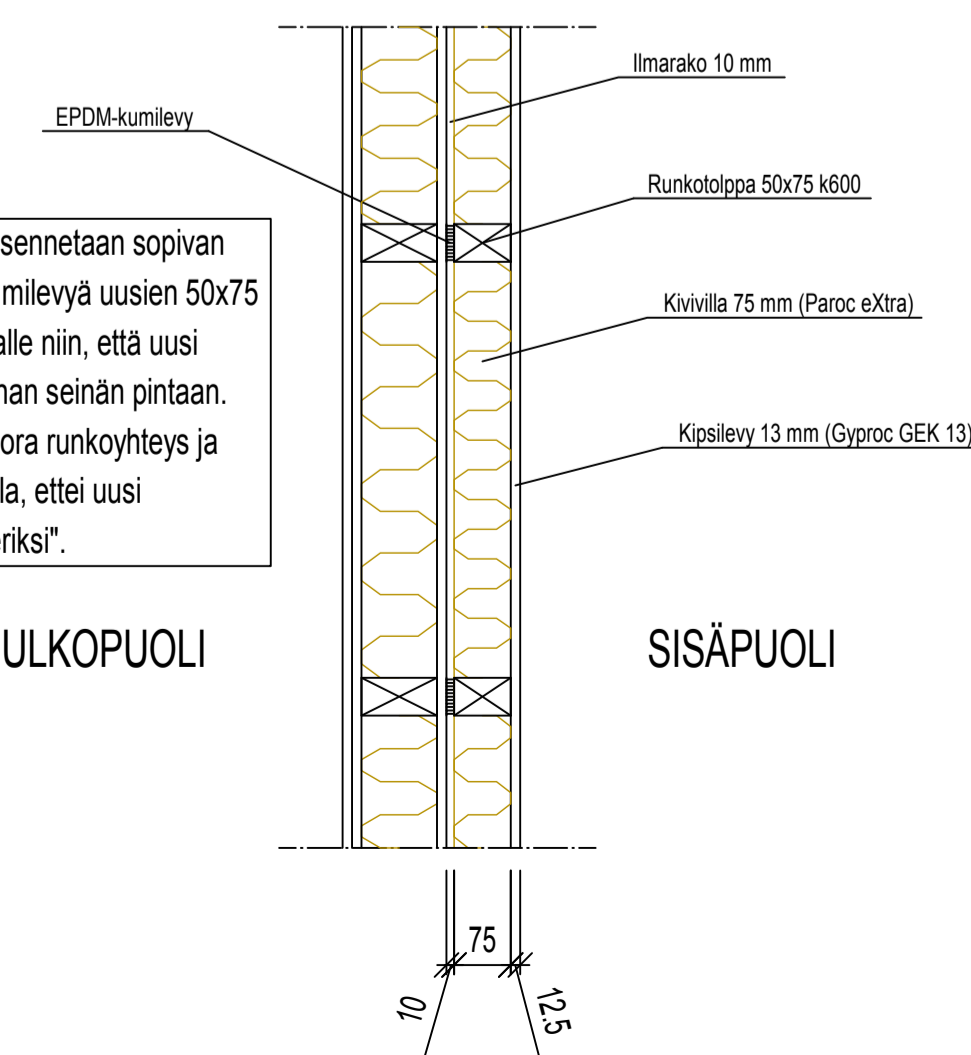


## MÄRKÄTILAN KAKSOISRUNKOSEINÄ (VS12)

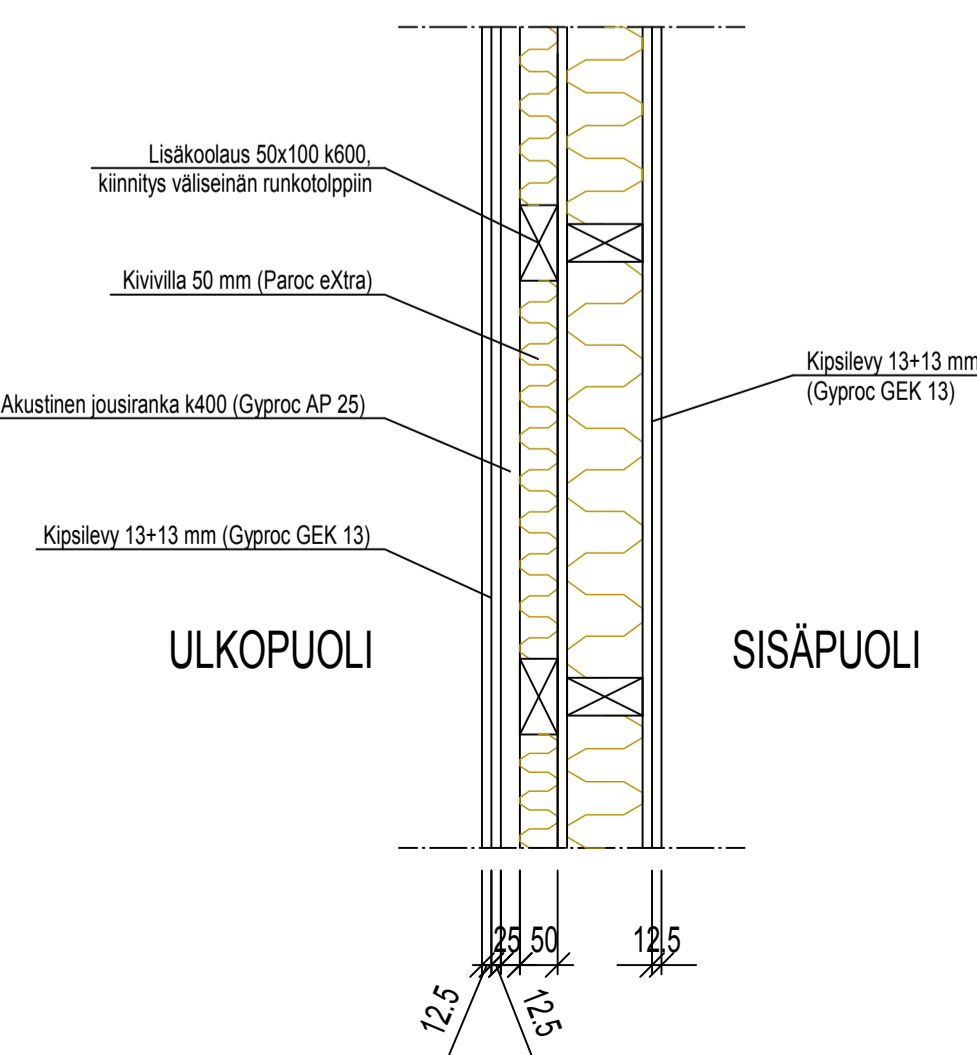


### Liite 5. Poikkileikkaukset. Liitosdetaljit

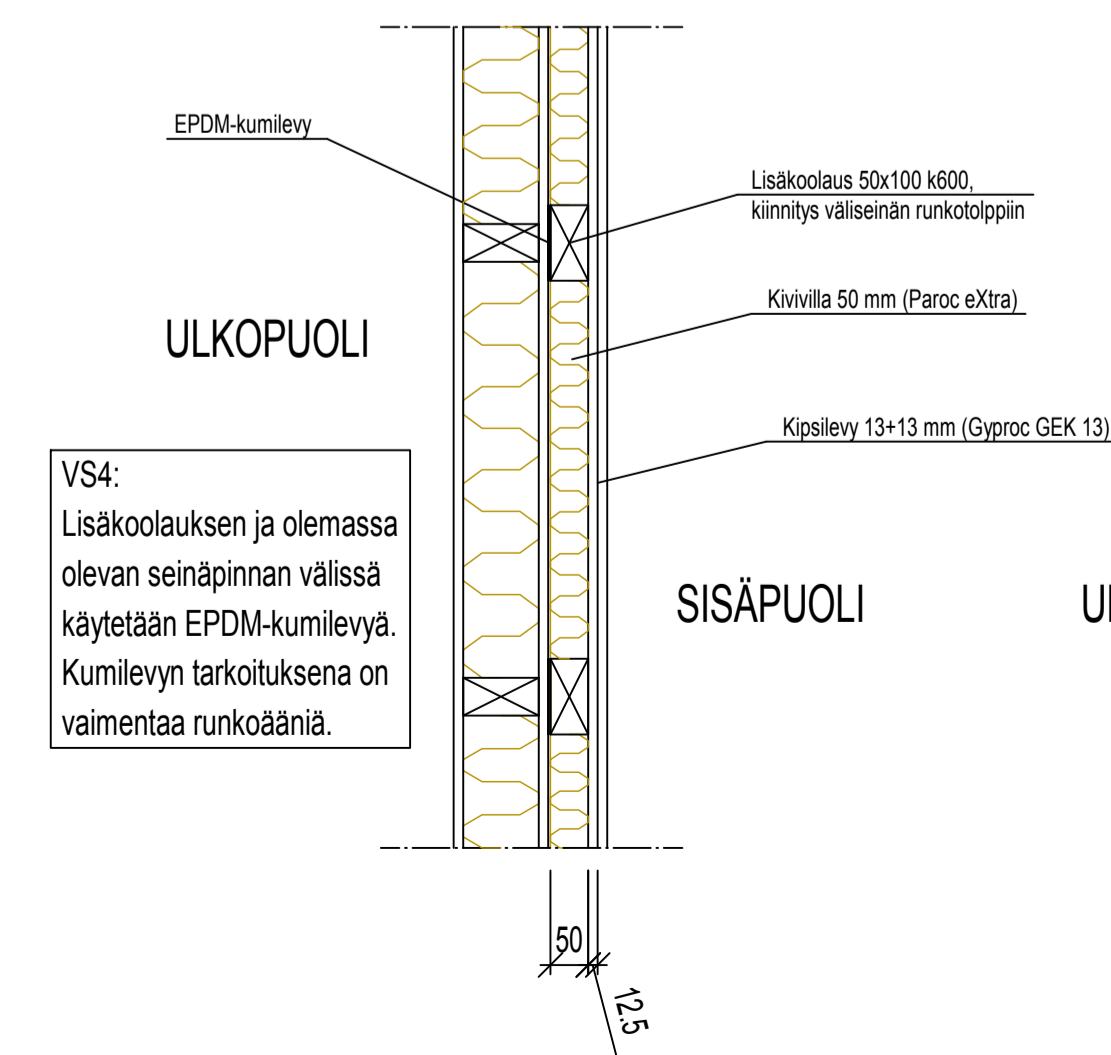
## KAKSOISRUNKOSEINÄ (VS6)



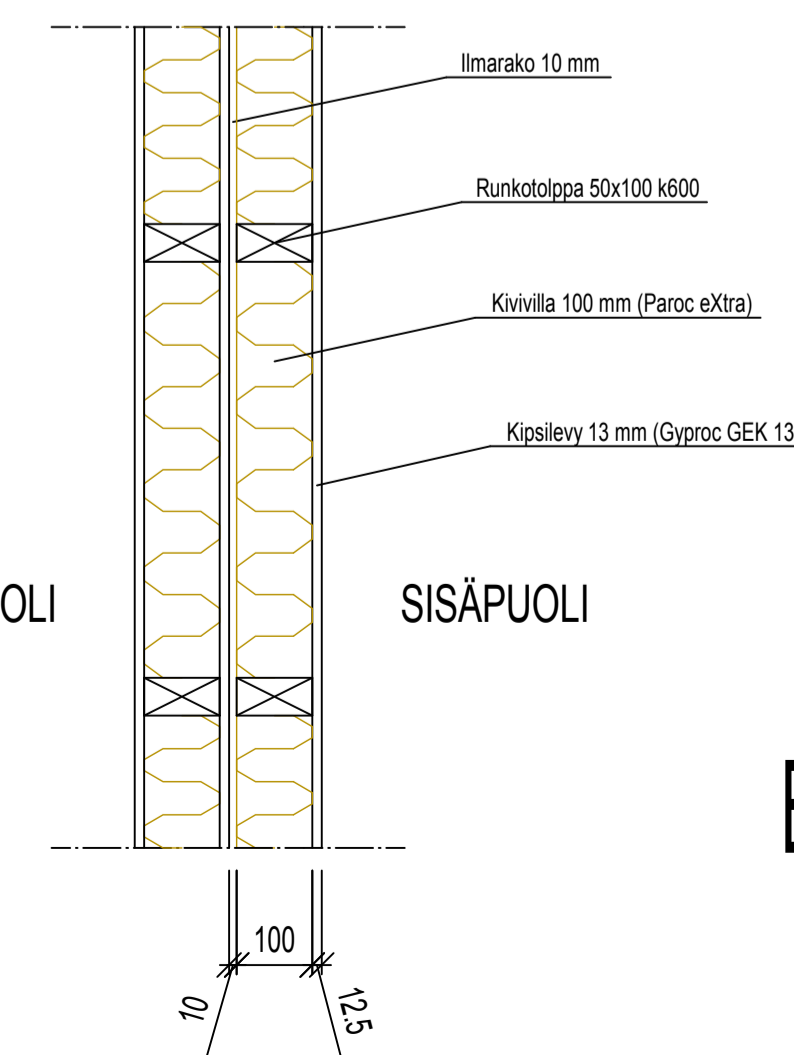
## KEVYT VÄLISEINÄ (VS5)



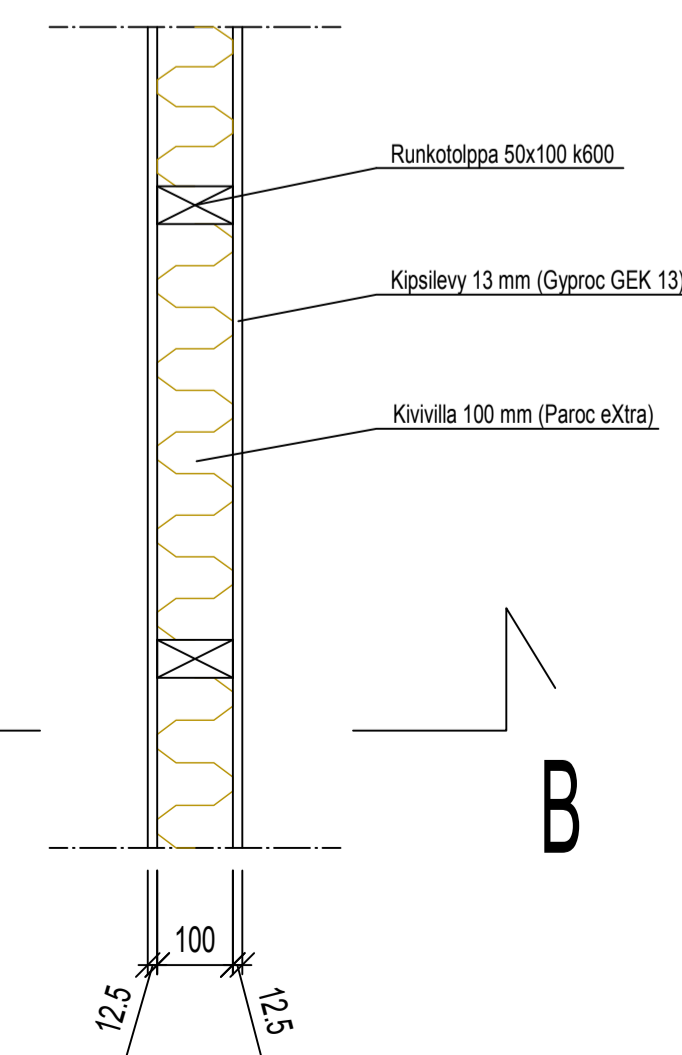
## KEVYT VÄLISEINÄ (VS4)



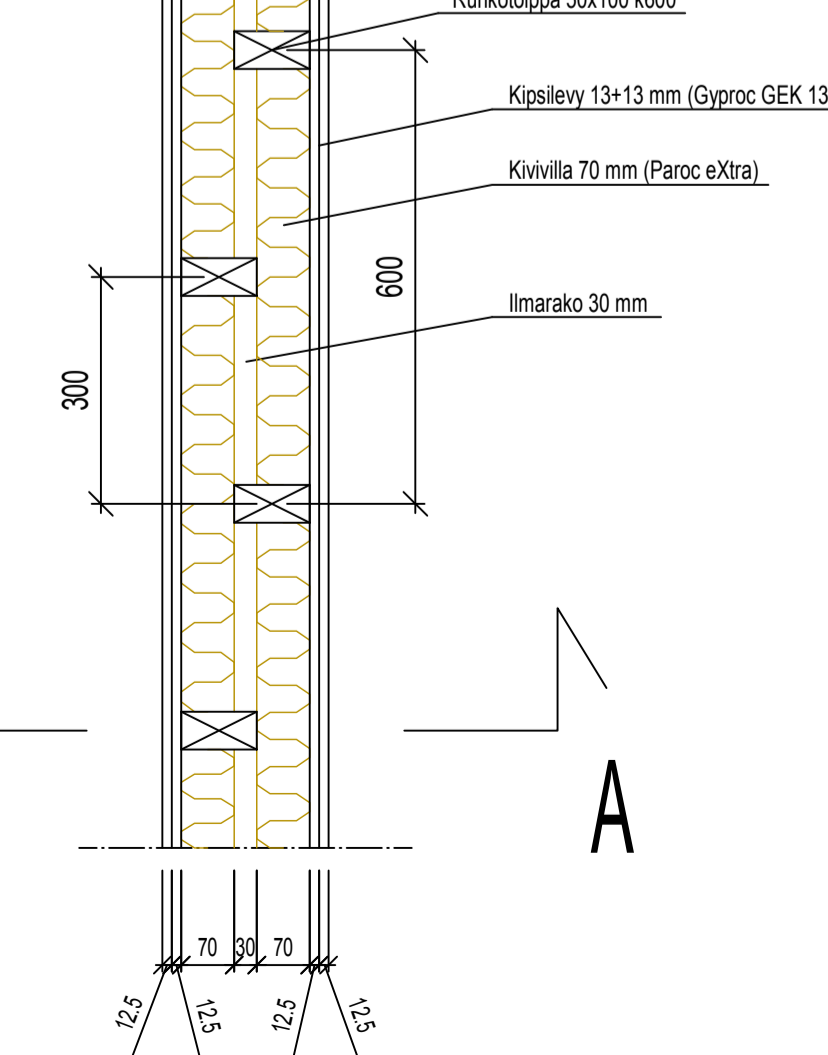
## KAKSOISRUNKOSEINÄ (VS3)



## KEVYT VÄLISEINÄ (VS2)



## KAKSOISRUNKOSEINÄ (VS1)

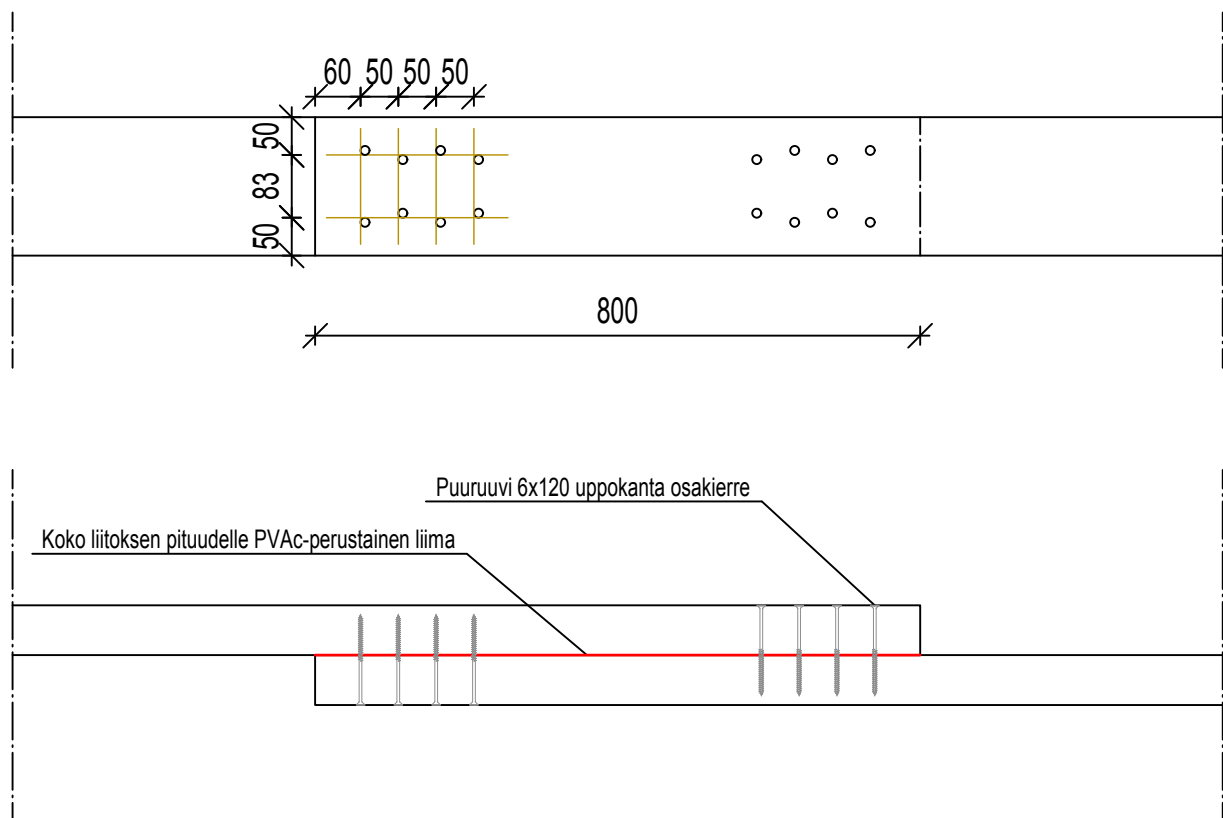


VS6:n ilmarakoon asennetaan sopivan paksuista EPDM-kumilevyä uusien 50x75 runkotolppien kohdalle niin, että uusi runko tukeutuu vanhan seinän pintaan. Näin katkaistaan suora runkoyhteys ja varmistetaan samalla, ettei uusi seinäpinta "anna periksi".

VS4: Lisäkoolauksen ja olemassa olevan seinäpinnan välissä käytetään EPDM-kumilevyä. Kumilevyn tarkoituksena on vaimentaa runkoäänä.

K. Osa/Kyö	Korttel/Tila	Tontti/Rno	Viranomaisen arkiarvointimerkintä varten
Käsitteilymerkintä	Koivikko, Lisälä	2:137, 2:780	Juoksa no
<b>MUUTOS</b>	Pinnat/tilat		<b>RAKENNEPIIRUSTUS</b>
Kiint.oy Koivikko-Lisälä	Topeeka 28		POIKKILEIKKAUKSET 1:10
61800 Kauhajoki	61800 Kauhajoki		LIITOSDETALJIT 1:10
Yritys Oy		Mittakaavat	
Osoite 1		12345 Kaupunki	
YRITYS OY		puh. 0201234567	
Suunnittelija		Pvm	
Tuomas Havunen	Alekkynen	03.12.2013	
Projekti		Piir.no	Muutos
RAK		Tekijä	Tiedosto
		T.H.	

## Liite 6. Välipohjapalkin jatkosliitos



YRITYS OY

Kiint.oy Koivikko-Lisälä  
Topeeka 28  
61800 Kauhajoki

pvm. 03.12.2013

Piirustuksen sisältö

VÄLIPOHJAPALKIN JATKOSLIITOS (DET4)

Mittakaavat

1:10

# Liite 7. Rakennelaskelmissa käytetyt merkinnät

## Latinalaiset isot kirjaimet

$A$	$[m^2]$	pinta-ala
$A_{ef}$	$[mm^2]$	syysuuntaa vastaan kohtisuora puristettu tehollinen kosketuspinta-ala
$A_x^Q$	$[kNm]$	leikkausvoiman ja etäisyyden synnyttämä pinta-ala Q-kuviossa
$C_e$	[1]	tuulensuojaisuuskerroin
$C_t$	[1]	lämpökerroin
$E_{0,05}$	$\left[ \frac{N}{mm^2} \right]$	syiden suuntaisen kimmokertoimen 5 % (alempaa) fraktiilia vastaava ominaisarvo
$E_{0,mean}$	$\left[ \frac{N}{mm^2} \right]$	syiden suuntaisen kimmokertoimen keskiarvo
$F_d$	$[N, kN]$	voiman mitoitusarvo
$G_k$	$[kN]$	pysyvän kuorman ominaisarvo
$I$	$[mm^4]$	jäyhyysmomentti
$I_y$	$[mm^4]$	jäyhyysmomentti y-akselin suhteen
$K_{FI}$	[1]	kuormakerroin (seuraamusluokan mukaan)
$L$	$[m]$	tukiväli; jänneväli
$L_{c,y}$	$[m]$	nurjahduspituus y-akselin suuntaisessa nurjahduksessa
$L_{c,z}$	$[m]$	nurjahduspituus z-akselin suuntaisessa nurjahduksessa
$M$	$[kNm]$	taivutusmomentti
$M_d$	$[kNm]$	taivutusmomentin mitoitusarvo
$M_{y,d}$	$[Nmm, kNm]$	taivutusmomentin mitoitusarvo y-akselin suhteen
$N_d$	$[kN]$	normaalivoiman mitoitusarvo
$Q$	$[kN]$	muuttuva kuorma; leikkausvoima
$Q_d$	$[kN]$	muuttuvan kuorman mitoitusarvo; leikkauskapasiteetin mitoitusarvo (laskettaessa liitoksen leikkauskestävyyttä)
$Q_k$	$[kN]$	muuttuvan kuorman ominaisarvo
$R$	$[kN]$	tukireaktio
$R_d$	$[kN]$	liittimen kestävyysmitoitusarvo
$R_k$	$[kN]$	liittimen kestävyysominaisarvo
$V_d$	$[N, kN]$	leikkausvoiman mitoitusarvo

$V_{d,red}$	[kN]	reduoitu leikkausvoiman mitoitusarvo
$W_{fin}$	[mm]	lopputilan taipuma
$W_{G,inst}$	[mm]	pysyvien kuormien hetkellinen taipuma
$W_{Q,inst}$	[mm]	muuttuvien kuormien hetkellinen taipuma
$W_{inst}$	[mm]	kokonaiskuorman hetkellinen taipuma
$W_{net,fin}$	[mm]	kokonaiskuorman lopputaipuma (sisältää viruman)
$W_y$	[mm <sup>3</sup> ]	taivutusvastus y-akselin suhteen

### Latinalaiset pienet kirjaimet

$a$	[mm]	etäisyys
$a_1$	[mm]	liitinväli syysuunnassa samassa rivissä
$a_2$	[mm]	liitinrivien keskinäinen väli kohtisuoraan syysuuntaa vastaan
$a_{3,c}$	[mm]	liittimen ja kuormittamattoman pään välinen etäisyys
$a_{4,t}$	[mm]	liittimen ja kuormitetun reunan välinen etäisyys
$b$	[mm]	leveys; poikkileikkauksen leveys; rakenteen leveys (tuulen suuntaa vastaan kohtisuoran pinnan pituus, ellei toisin määritellä)
$b_{ef}$	[mm]	tehollinen kosketusleveys
$c$	[1]	materiaalin laadusta riippuva kerroin (suorakaidepalkin kriittistä taivutusjännitystä laskettaessa)
$c_{pe}$	[1]	ulkopuolisen paineen kerroin
$c_{pi}$	[1]	sisäpuolisen paineen kerroin
$d$	[mm]	liittimen halkaisija; tuulensuuntaisen pinnan pituus, ellei toisin määritellä
$d_{ef}$	[mm]	liittimen tehollinen halkaisija
$e$	[mm, m]	epäkeskisyys; kuormapisteen etäisyys tarkastelupisteestä; reunaetäisyys
$f_1$	[Hz]	alin ominaistajuus
$f_{c,0,d}$	$\left[ \frac{N}{mm^2} \right]$	puristuslujuuden mitoitusarvo syysuuntaisessa puristuksessa
$f_{c,0,k}$	$\left[ \frac{N}{mm^2} \right]$	puristuslujuuden ominaisarvo syysuuntaisessa puristuksessa
$f_{c,90,d}$	$\left[ \frac{N}{mm^2} \right]$	puristuslujuuden mitoitusarvo syysuuntaa vastaan kohtisuorassa puristuksessa
$f_{c,90,k}$	$\left[ \frac{N}{mm^2} \right]$	puristuslujuuden ominaisarvo syysuuntaa vastaan kohtisuorassa puristuksessa



$f_{m,k}$	$\left[ \frac{N}{mm^2} \right]$	taivutuslujuuden ominaisarvo
$f_{m,y,d}$	$\left[ \frac{N}{mm^2} \right]$	taivutuslujuuden mitoitusarvo y-akselin suhteen
$f_{m,y,k}$	$\left[ \frac{N}{mm^2} \right]$	taivutuslujuuden ominaisarvo y-akselin suhteen
$f_{m,z,d}$	$\left[ \frac{N}{mm^2} \right]$	taivutuslujuuden mitoitusarvo z-akselin suhteen
$f_{v,d}$	$\left[ \frac{N}{mm^2} \right]$	leikkauslujuuden mitoitusarvo
$g$	$\left[ \frac{N}{kg} \right], \left[ \frac{m}{s^2} \right]$	putoamiskiihtyvyys
$g_k$	$\left[ \frac{kN}{m} \right]; \left[ \frac{kN}{m^2} \right]$	pysyvän kuorman ominaisviivakuorma; pysyvän kuorman ominaisarvo neliometriä kohden
$h$	$[mm]$	korkeus; poikkileikkauksen korkeus
$i_y$	$[mm]$	poikkileikkauksen jäyhyyssäde y-akselin suhteen
$i_z$	$[mm]$	poikkileikkauksen jäyhyyssäde z-akselin suhteen
$k_B$	$[1]$	lattian poikittaissuunnan jäykkyyden ja huoneen koon huomioon ottava kerroin
$k_{c,90}$	$[1]$	kiskopainekerroin (kerroin, jonka avulla otetaan huomioon kuorman sijainti, halkeamismahdollisuus ja puristuman suuruus)
$k_{c,y}$	$[1]$	nurjahduskerroin y-akselin suhteen
$k_{c,z}$	$[1]$	nurjahduskerroin z-akselin suhteen
$k_{cr}$	$[1]$	leikkauskestävyyden halkeilukerroin
$k_{crit}$	$[1]$	kerroin, jonka avulla otetaan huomioon kiepahdusriskin takia pienentynyt taivutuskestävyys (kiepahdustarkastelussa)
$k_{def}$	$[1]$	virumaluku
$k_e$	$[1]$	pienennyskerroin (laskettaessa liitoksen leikkauskestävyyttä)
$k_h$	$[1]$	poikkileikkausmitoista riippuva kerroin
$k_m$	$[1]$	kerroin, jonka avulla otetaan huomioon taivutusjännitysten uudelleen jakautuminen poikkileikkauksessa
$k_{mod}$	$[1]$	muunnoskerroin, jonka avulla otetaan huomioon kuorman kesto ja kosteuspitoisuus
$k_s$	$[1]$	lattiapalkkien välisestä etäisyydestä riippuva kerroin
$k_{sys}$	$[1]$	kuorman jakoluku
$k_t$	$[1]$	korotuskerroin (laskettaessa liitoksen leikkauskestävyyttä)

$k_y$	[1]	epälineaarisuuteen liittyvä apusuure (nurjahdustarkastelussa)
$k_z$	[1]	epälineaarisuuteen liittyvä apusuure (nurjahdustarkastelussa)
$k_p$	[1]	puutavaran tiheysvaikutuskerroin (laskettaessa liitoksen leikkauskestävyyttä)
$l$	[mm]	pituus; kosketuspituus
$l_A$	[mm]	tuen leveys
$l_{ef}$	[mm]	tehollinen kosketuspituus; palkin tehollinen pituus
$m$	$\left[\frac{kg}{m^2}\right]$	massa yksikköpinta-alaa kohti
$p$	$\left[\frac{kN}{m^2}\right]$	paine (pinta-alayksikköön kohdistuva suora voima)
$p_d$	$\left[\frac{kN}{m}\right]$	tasaisesti jakautunut (mitoitus)kuorma
$q$	$\left[\frac{kN}{m}\right]$	viivakuorma
$q_d$	$\left[\frac{N}{mm}\right], \left[\frac{kN}{m}\right]$	muuttuvan kuorman mitoitusviivakuorma
$q_k$	$\left[\frac{kN}{m}\right]; \left[\frac{kN}{m^2}\right]$	muuttuvan kuorman ominaisviivakuorma; muuttuvan kuorman ominaisarvo neliometriä kohden
$q_p$	$\left[\frac{kN}{m^2}\right]$	puuskanopeuspaine
$q_{w,k}$	$\left[\frac{kN}{m^2}\right]$	tuulen aiheuttama osapinnan nettopaine
$r$	[m]	voiman momenttivarren pituus
$s$	[m]; $\left[\frac{kN}{m^2}\right]$	lattiapalkkien välinen etäisyys (keskeltä keskelle); katon lumikuorma
$s_k$	$\left[\frac{kN}{m^2}\right]$	maanpinnan lumikuorman ominaisarvo kyseisellä paikalla
$t_1$	[mm]	tunkeuma; kannanpuoleisen puun paksuus yksileikkeisessä liitoksessa
$t_2$	[mm]	tunkeuma; kärkiosan tunkeuma yksileikkeisessä liitoksessa
$z$	[m]	korkeus maanpinnasta

### Kreikkalaiset pienet kirjaimet

$\alpha$	[°]	katon kaltevuus vaakatasoon nähden
$\alpha^0$	$\left[\frac{kNm^2}{EI}\right]$	kuormitusermi (käytetään momenttimenetelmässä)
$\beta_c$	[1]	suoruuskerroin

$\gamma_M$	[1]	materiaaliominaisuuden osavarmuusluku, jossa otetaan huomioon myös mallin epävarmuudet ja mittavaihtelut
$\delta_L$	[mm]	staattisen pistevoiman aiheuttama lattiapalkin suurin hetkellinen taipuma, kun kuorman jakautumista viereisille palkeille ei oteta huomioon
$\lambda_y$	[1]	hoikkuusluku, joka vastaa taivutusta y-akselin suhteen
$\lambda_z$	[1]	hoikkuusluku, joka vastaa taivutusta z-akselin suhteen
$\lambda_{rel,m}$	[1]	suhteellinen hoikkuus kiepahduksen suhteen
$\lambda_{rel,y}$	[1]	suhteellinen hoikkuus, joka vastaa taivutusta y-akselin suhteen
$\lambda_{rel,z}$	[1]	suhteellinen hoikkuus, joka vastaa taivutusta z-akselin suhteen
$\mu$	[1]	lumikuorman muotokerroin
$\rho_A$	$\left[\frac{kg}{m^2}\right]$	neliöpaino
$\rho_k$	$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	tiheyden ominaisarvo
$\sigma_{c,0,d}$	$\left[\frac{N}{mm^2}\right]$	syysuuntaisen puristusjännityksen mitoitusarvo
$\sigma_{c,90,d}$	$\left[\frac{N}{mm^2}\right]$	syysuuntaa vastaan kohtisuoran puristusjännityksen mitoitusarvo
$\sigma_{m,crit}$	$\left[\frac{N}{mm^2}\right]$	kriittinen taivutusjännitys
$\sigma_{m,y,d}$	$\left[\frac{N}{mm^2}\right]$	taivutusjännityksen mitoitusarvo y-akselin suhteen
$\sigma_{m,z,d}$	$\left[\frac{N}{mm^2}\right]$	taivutusjännityksen mitoitusarvo z-akselin suhteen
$\tau_d$	$\left[\frac{N}{mm^2}\right]$	leikkausjännityksen mitoitusarvo
$\varphi$	$\left[\frac{kNm^2}{EI}\right]$	sauvanpääkiertymä (käytetään momenttimenetelmässä)
$\psi_0$	[1]	muuttuvan kuorman yhdistelykerroin (mm. ominaisyhdistelmässä)
$\psi_1$	[1]	muuttuvan kuorman tavallisen arvon yhdistelykerroin (mm. käyttörajatilassa)
$\psi_2$	[1]	muuttuvan kuorman pitkäaikaisarvon yhdistelykerroin (mm. pitkäaikaisvaikutusten arviointiin)

**Indeksit**

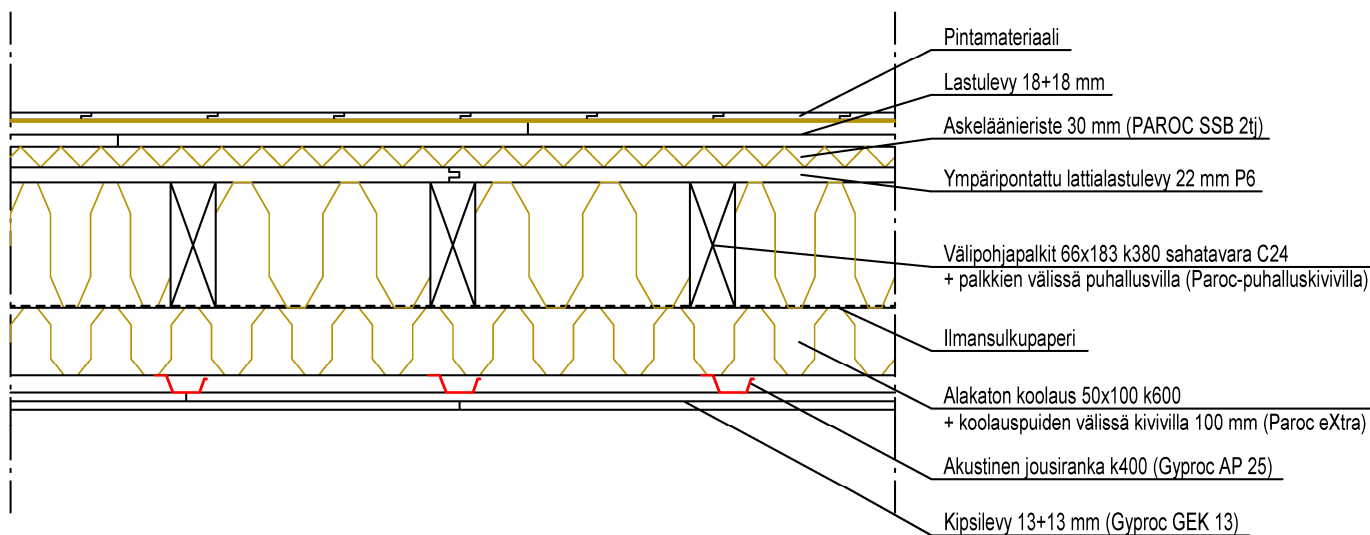
crit	critical (suom. kriittinen)
ij	sauvan alkupää (käytetään momenttimenetelmässä)
ji	sauvan loppupää (käytetään momenttimenetelmässä)
max	maximum (suom. maksimi)

**Muut**

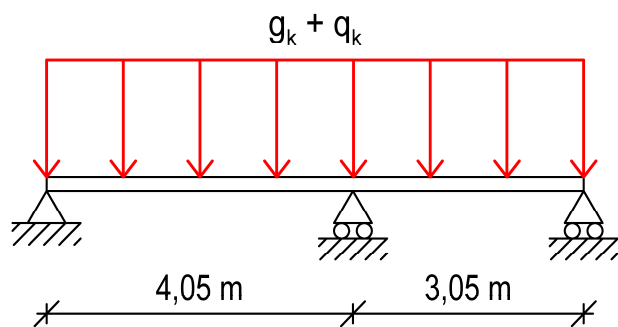
KRT	käyttörajatila
MRT	murtorajatila
$+\curvearrowright$	momentin positiivinen kiertosuunta
$+\uparrow$	voiman positiivinen suunta

# Liite 8. Välipohjan mitoitus

## Poikkileikkaus



## Rakennemalli



### Huomioita:

- kaksiaukkoinen palkki
- lattialastulevy työmaaliimataan välipohjapalkkeihin
- 2 jäykistelinjaa / jänneväli (vain pidemmällä jännevälillä)
- hyötykuorman luokka A (asuintilat)
- käyttöluokka 1 (lämmitetty sisätila)
- seuraamusluokka CC2 (asuin- ja liikerakennukset)

- Välipohjan omapaino

- kipsilevy 13+13 mm (Gyproc GEK 13)

$$\rho_{A,1} = 11,7 \frac{kg}{m^2} + 11,7 \frac{kg}{m^2} = 23,4 \frac{kg}{m^2}$$

- akustinen jousiranka k400 (Gyproc AP 25)

$$\rho_{A,2} = \frac{0,49 \frac{kg}{m}}{0,4 m} = 1,225 \frac{kg}{m^2} \cong 1,23 \frac{kg}{m^2}$$

- alakaton koolaus 50x100 k600

$$\rho_{A,3} = \frac{\rho_k \cdot b \cdot h}{k} = \frac{\overbrace{350 \frac{kg}{m^3}}^{C24} \cdot 0,050 m \cdot 0,100 m}{0,6 m} \cong 2,92 \frac{kg}{m^2}$$

- kivivilla 100 mm (Paroc eXtra)

$$\rho_{A,4} = 30 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,1 m \cdot \left(1 - \frac{0,050 m}{1,000 m}\right) = 2,85 \frac{kg}{m^2}$$

Alakaton koolaus-  
lauksen välissä

- välipohjapalkit 66x183 k380 C24

$$\rho_{A,5} = \frac{350 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,183 m \cdot 0,066 m}{0,380 m} \cong 11,12 \frac{kg}{m^2}$$

- Paroc-puhalluskivivilla 150 mm

$$\rho_{A,6} = 2,0 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,150 m = 3,0 \frac{kg}{m^2}$$

Välipohjapalk-  
kien välissä

- lattialastulevy 22 mm P6

$$\rho_{A,7} = 16,0 \frac{kg}{m^2}$$

- askeläänieriste 30 mm (Paroc SSB 2tj)

$$\rho_{A,8} = 60 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,030 m = 1,8 \frac{kg}{m^2} \text{ (arvio)}$$

- lastulevy 18+18 mm

$$\rho_{A,9} = 12,5 \frac{kg}{m^2} + 12,5 \frac{kg}{m^2} = 25,0 \frac{kg}{m^2}$$

– pintamateriaali (laminaatti tai parketti)

$$\rho_{A,10} = 7 \frac{kg}{m^2} \quad (\text{arvio})$$

Neliöpainojen yhdistäminen:

$$\begin{aligned} \sum \rho_{A,i} &= (23,4 + 1,23 + 2,92 + 2,85 + 11,12 + 3,0 + 16,0 + 1,8 + 25,0 + 7) \frac{kg}{m^2} \\ &= 94,32 \frac{kg}{m^2} \end{aligned}$$

$$p = \sum \rho_{A,i} \cdot g = 94,32 \frac{kg}{m^2} \cdot 9,81 \frac{N}{kg} \cong 925,3 \frac{N}{m^2} \cong 0,93 \frac{kN}{m^2}$$

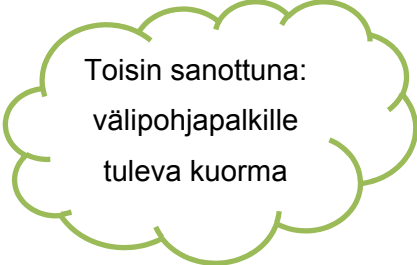
• Viivakuormien ominaisarvot (KRT)

– omapaino

$$g_k = p \cdot s = 0,9253 \frac{kN}{m^2} \cdot 0,380 \text{ m} \cong 0,35 \frac{kN}{m}$$

– hyötykuorma

$$q_k = 2,0 \frac{kN}{m^2} \cdot 0,380 \text{ m} \cong 0,76 \frac{kN}{m}$$



Toisin sanottuna:  
välipohjapalkille  
tuleva kuorma

## Värähtelymitoitus (KRT)

Laskettu RIL 201-1-2009 mukaan.

- Lattian ominaistajuus, työmaaliimaus

- palkin taivutusjäykkyys

$$\begin{aligned}
 (EI)_p &= E_{0,\text{mean}} \cdot I \\
 &= E_{0,\text{mean}} \cdot \frac{b \cdot h^3}{12} \\
 &= \frac{C24}{11\,000} \frac{N}{\text{mm}^2} \cdot \frac{66\text{ mm} \cdot (183\text{ mm})^3}{12} \\
 &= 11\,000 \frac{N}{\text{mm}^2} \cdot 3,370 \dots \cdot 10^7 \text{ mm}^4 \\
 &= 3,707 \dots \cdot 10^{11} \text{ Nmm}^2 \\
 &= 3,707 \dots \cdot 10^5 \text{ Nm}^2
 \end{aligned}$$

- lattian omapainon ja pitkäaikaisen hyötykuorman yhteinen massa

$$m = \frac{g_k + \psi_2 \cdot q_k}{9,81 \frac{m}{s^2}} = \frac{925,3 \frac{N}{m^2} + 0,3 \cdot 2000 \frac{N}{m^2}}{9,81 \frac{m}{s^2}} = 155,484 \dots \frac{kg}{m^2}$$

- liimatun T-poikkileikkauksen taivutusjäykkyys

$$\begin{aligned}
 (EI)_T &= (2,2 - 0,1 \cdot L) \cdot (0,4 + s) \cdot (EI)_p \\
 &= (2,2 - 0,1 \cdot 4,05) \cdot (0,4 + 0,380) \cdot 3,707 \dots \cdot 10^{11} \\
 &= 5,191 \dots \cdot 10^{11} \text{ Nmm}^2
 \end{aligned}$$

- työmaalla liimatun T-poikkileikkauksen taivutusjäykkyys

$$\begin{aligned}
 (EI)_L &= 0,5 \cdot [(EI)_p + (EI)_T] \\
 &= 0,5 \cdot [3,707 \dots \cdot 10^{11} \text{ Nmm}^2 + 5,191 \dots \cdot 10^{11} \text{ Nmm}^2] \\
 &= 4,449 \dots \cdot 10^{11} \text{ Nmm}^2 \\
 &= 4,449 \dots \cdot 10^5 \text{ Nm}^2
 \end{aligned}$$

Liittovaikutuksesta hyödynnetään 50 %.

- lattian ominaistajuus

$$f_1 = \frac{\pi}{2 \cdot L^2} \cdot \sqrt{\frac{(EI)_L}{s \cdot m}} = \frac{\pi}{2 \cdot (4,05\text{ m})^2} \cdot \sqrt{\frac{4,449 \dots \cdot 10^5 \text{ Nm}^2}{0,380\text{ m} \cdot 155,484 \dots \frac{kg}{m^2}}} = 8,310 \dots \frac{1}{s} \cong 8,3 \text{ Hz}$$



– mitoitusehto

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

$$8,3 \text{ Hz} \not\geq 9 \text{ Hz}$$

Mitoitusehto ei täyty!

– käyttöaste

$$\frac{9 \text{ Hz}}{8,310... \text{ Hz}} \cdot 100 \% \cong 108 \%$$

Finnwood 2.3 SR1:llä suoritettussa tarkemmassa mitoituksessa lattian ominaistajuudeksi saatiin 9,8 Hz, käyttöasteen ollessa 92 %.

• Taipuma 1 kN:n pistekuormasta

$$\delta_L = \frac{FL^3}{48(EI)_L} = \frac{1000 \text{ N} \cdot (4050 \text{ mm})^3}{48 \cdot 4,449... \cdot 10^{11} \text{ Nmm}^2} = 3,110... \text{ mm}$$

HUOM! Käytetään työmaalla liimatun T-poikkileikkauksen taivutusjäykkyyttä  $(EI)_L$ .

HUOM! Kaava on tarkoitettu yksiaukkoiselle rakenteelle.

– mitoitusehto

$$k_B \cdot k_s \cdot \delta_L \leq 0,5 \text{ mm},$$

missä

$$k_B = 0,5 \text{ (poikittaisjäykistys huomioitu)}$$

$$k_s = \sqrt{\frac{s}{0,6}} = \sqrt{\frac{0,380}{0,6}} = 0,7958...$$

$$\Rightarrow 0,5 \cdot 0,7958... \cdot 3,110... \text{ mm} \leq 0,5 \text{ mm}$$

$$1,237... \text{ mm} \not\leq 0,5 \text{ mm}$$

Mitoitusehto ei täyty!

– käyttöaste

$$\frac{1,237... \text{ mm}}{0,5 \text{ mm}} \cdot 100 \% \cong 247 \%$$

Finnwood 2.3 SR1:llä suoritettussa tarkemmassa mitoituksessa käyttöasteeksi taipuman osalta tuli 107 %.

## Taipumamitoitus (KRT)

- Hetkellinen taipuma

- pysyvästä kuormasta

$$W_{G,inst} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E_{0,mean} \cdot I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,35 \frac{N}{mm} \cdot (4050 \text{ mm})^4}{11\,000 \frac{N}{mm^2} \cdot 3,370 \dots \cdot 10^7 \text{ mm}^4} = 3,306 \dots \text{ mm}$$

- muuttuvasta kuormasta

$$W_{Q,inst} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot L^4}{E_{0,mean} \cdot I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,76 \frac{N}{mm} \cdot (4050 \text{ mm})^4}{11\,000 \frac{N}{mm^2} \cdot 3,370 \dots \cdot 10^7 \text{ mm}^4} = 7,180 \dots \text{ mm}$$

- hetkellinen taipuma

$$W_{inst} = W_{G,inst} + W_{Q,inst} = 3,306 \dots \text{ mm} + 7,180 \dots \text{ mm} = 10,487 \dots \text{ mm}$$

- mitoitusehto

$$W_{inst} \leq \frac{L}{400}$$

$$10,487 \dots \text{ mm} \leq \frac{4050 \text{ mm}}{400}$$

$$10,487 \dots \text{ mm} \not\leq 10,125 \text{ mm}$$

Mitoitusehto ei täyty!

- käyttöaste

$$\frac{10,487 \dots \text{ mm}}{10,125 \text{ mm}} \cdot 100 \% \cong 104 \%$$

Finnwood 2.3 SR1:llä suorite-  
tussa tarkemmassa mitoitus-  
sessa saatiin hetkellisen taipu-  
man käyttöasteeksi 67 %.

- Lopputaipuma

$$W_{\text{net,fin}} = W_{\text{G,fin}} + W_{\text{Q,fin}} \quad ,$$

missä

$$\begin{aligned} W_{\text{G,fin}} &= W_{\text{G,inst}} \cdot (1 + k_{\text{def}}) \\ &= 3,306 \dots \text{mm} \cdot (1 + 0,6) \\ &= 5,291 \dots \text{mm} \end{aligned}$$

$$\left. \begin{array}{l} k_{\text{def}} = 0,6 \\ \text{(käyttöluokka 1, sahatavara)} \end{array} \right|$$

$$\begin{aligned} W_{\text{Q,fin}} &= W_{\text{Q,inst}} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{\text{def}}) \\ &= 7,180 \dots \text{mm} \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,6) \\ &= 8,473 \dots \text{mm} \end{aligned}$$

$$\left. \begin{array}{l} \psi_2 = 0,3 \\ \text{(luokka A: asuintilat)} \end{array} \right|$$

$$\Rightarrow W_{\text{net,fin}} = 5,291 \dots \text{mm} + 8,473 \dots \text{mm} = 13,764 \dots \text{mm}$$

– mitoitusehto

$$W_{\text{net,fin}} \leq \frac{L}{300}$$

$$13,764 \dots \text{mm} \leq \frac{4050 \text{ mm}}{300}$$

$$13,764 \dots \text{mm} \not\leq 13,5 \text{ mm}$$

Mitoitusehto ei täyty!

– käyttöaste

$$\frac{13,764 \dots \text{mm}}{13,5 \text{ mm}} \cdot 100 \% \cong 102 \%$$

Finnwood 2.3 SR1:llä suoritetussa tarkemmassa mitoituksessa saatiin lopputaipuman käyttöasteeksi 65 %.

## Viivakuormien määrittäminen (MRT)

- Viivakuormat

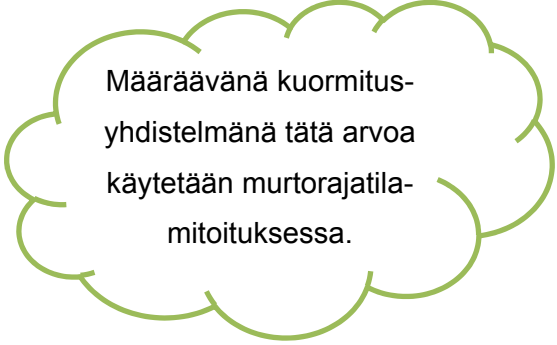
KY1:

$$\begin{aligned}
 p_d &= 1,15 \cdot K_{FI} \cdot g_k + 1,5 \cdot K_{FI} \cdot q_k \\
 &= 1,15 \cdot 1,0 \cdot 0,35 \frac{kN}{m} + 1,5 \cdot 1,0 \cdot 0,76 \frac{kN}{m} \\
 &= 1,5425 \frac{kN}{m} \\
 &\cong 1,54 \frac{kN}{m}
 \end{aligned}$$

$$K_{FI} = 1,0 \quad (CC2)$$

KY2:

$$\begin{aligned}
 p_d &= 1,35 \cdot K_{FI} \cdot g_k \\
 &= 1,35 \cdot 1,0 \cdot 0,35 \frac{kN}{m} \\
 &= 0,4725 \frac{kN}{m} \\
 &\cong 0,47 \frac{kN}{m}
 \end{aligned}$$

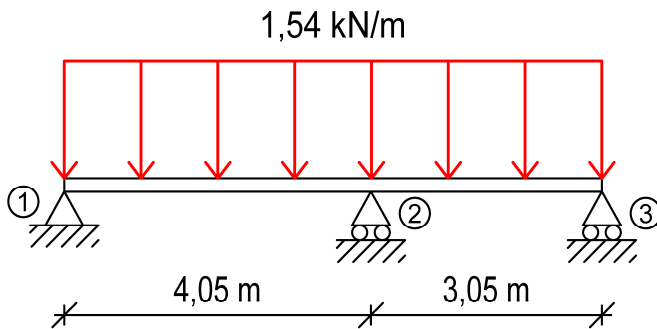


Määrävänä kuormitusyhdistelmänä tätä arvoa käytetään murtorajatilamitoituksessa.

KY1 tulee määräväksi kuormitusyhdistelmäksi.

## Q- ja M-kuvioiden määrittäminen

### Rakennemalli



Huomaus: Kyseessä on staattisesti määräämätön rakenne. Käytetään momenttimenetelmää sauvanpäävoimasuureiden ratkaisemiseksi. Palkin taivutusjäykkyys on  $EI$ . Rakenne on sivusiirtymätön ( $n_{si} = 0$ ). Täten  $\psi$ -termit jäävät pois momenttimenetelmän perusyhtälöstä.

Momenttimenetelmän perusyhtälö:

$$\varphi_{ij} = \frac{L}{3EI} \cdot M_{ij} - \frac{L}{6EI} \cdot M_{ji} + \alpha_{ij}^0$$

$$M_{12} = 0$$

$$M_{32} = 0$$

$$M_{21} + M_{23} = 0 \Rightarrow M_{21} = -M_{23}$$

$$\varphi_{21} = \varphi_{23}$$

$$\varphi_{21} = \frac{4,05 \text{ m}}{3EI} \cdot \overbrace{M_{21}}^{=-M_{23}} - \frac{4,05 \text{ m}}{6EI} \cdot \overbrace{M_{12}}^{=0} + \alpha_{21}^0$$

$$\varphi_{21} = -1,35 \frac{\text{m}}{EI} \cdot M_{23} - 4,26 \frac{\text{kNm}^2}{EI}$$

$$\varphi_{23} = \frac{3,05 \text{ m}}{3EI} \cdot M_{23} - \frac{3,05 \text{ m}}{6EI} \cdot \overbrace{M_{32}}^{=0} + \alpha_{23}^0$$

$$\varphi_{23} = \frac{3,05 \text{ m}}{3EI} \cdot M_{23} + 1,82 \frac{\text{kNm}^2}{EI}$$

$$\alpha_{21}^0 = \frac{-qL^3}{24EI} = -\frac{1,54 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot (4,05 \text{ m})^3}{24EI}$$

$$\cong -4,26 \frac{\text{kNm}^2}{EI}$$

$$\alpha_{23}^0 = \frac{qL^3}{24EI} = \frac{1,54 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot (3,05 \text{ m})^3}{24EI}$$

$$\cong 1,82 \frac{\text{kNm}^2}{EI}$$

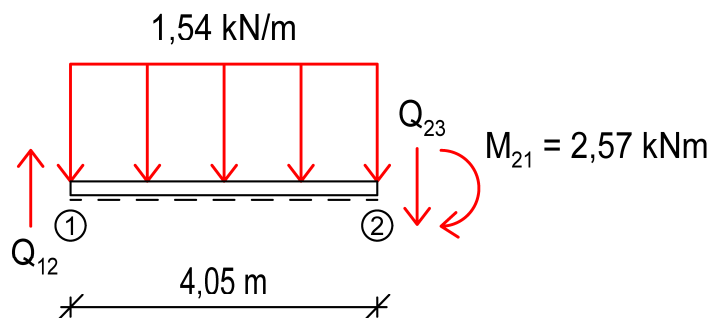
$$\varphi_{21} = \varphi_{23} : \quad -1,35 \frac{\text{m}}{EI} \cdot M_{23} - 4,26 \frac{\text{kNm}^2}{EI} = -\frac{3,05 \text{ m}}{3EI} \cdot M_{23} + 1,82 \frac{\text{kNm}^2}{EI}$$

$$\Rightarrow M_{23} = -2,5690 \dots \text{kNm} \cong -2,57 \text{ kNm}$$

$$\Rightarrow M_{21} = 2,5690 \dots \text{kNm} \cong 2,57 \text{ kNm}$$

- Sauvanpääleikkausvoimat

– sauva 1–2



$$+\circlearrowleft 2 \quad Q_{12} \cdot 4,05 \text{ m} - 1,54 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 4,05 \text{ m} \cdot \frac{4,05 \text{ m}}{2} + 2,5690 \dots \text{kNm} = 0$$

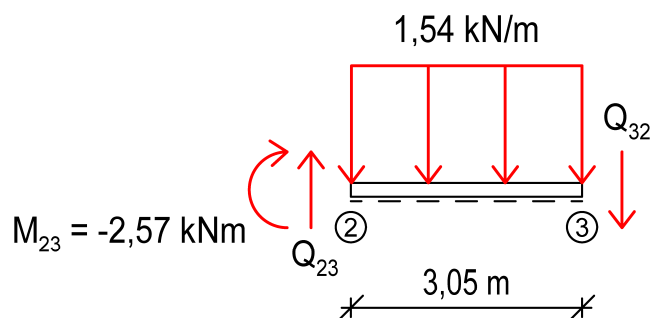
$$\Rightarrow Q_{12} = 2,4841 \dots \text{kN} \cong 2,48 \text{ kN}$$

$$+\uparrow \quad Q_{12} - Q_{21} - 1,54 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 4,05 \text{ m} = 0$$

$$2,4841 \dots \text{kN} - Q_{21} - 1,54 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 4,05 \text{ m} = 0$$

$$\Rightarrow Q_{21} = -3,7528 \dots \text{kN} \cong -3,75 \text{ kN}$$

– sauva 2–3



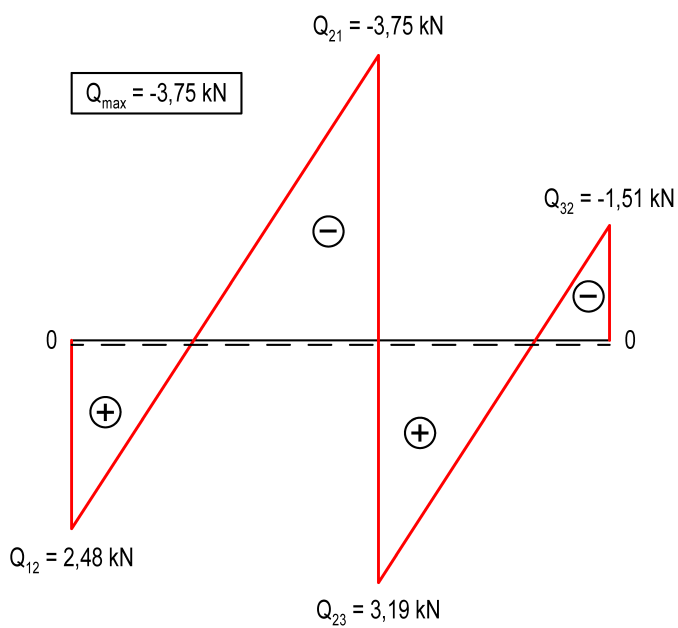
$$+\circlearrowleft 3 \quad Q_{23} \cdot 3,05 \text{ m} - 1,54 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 3,05 \text{ m} \cdot \frac{3,05 \text{ m}}{2} - 2,5690 \dots \text{kNm} = 0$$

$$\Rightarrow Q_{23} = 3,1907 \dots \text{kN} \cong 3,19 \text{ kN}$$

$$+\uparrow \quad Q_{23} - Q_{32} - 1,54 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 3,05 \text{ m} = 0$$

$$3,1907 \dots \text{kN} - Q_{32} - 1,54 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 3,05 \text{ m} = 0$$

$$\Rightarrow Q_{32} = -1,5062 \dots \text{kN} \cong -1,51 \text{ kN}$$

Q-kuvio

## • Tarkistus

– pystytukireaktiot

$$+\uparrow R_1 = 2,48 \text{ kN}$$

$$+\uparrow R_2 = |-3,75 \text{ kN}| + 3,19 \text{ kN} = 6,94 \text{ kN}$$

$$+\uparrow R_3 = 1,51 \text{ kN}$$

– tasapainoyhtälö

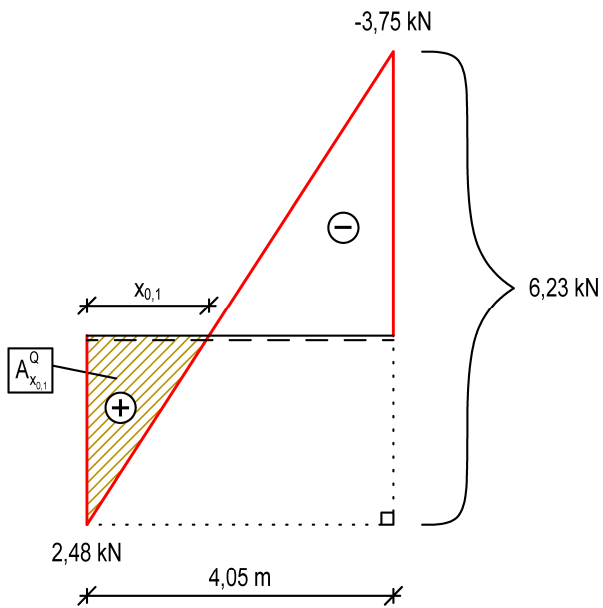
$$R_1 + R_2 + R_3 = 1,54 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot (4,05 \text{ m} + 3,05 \text{ m})$$

$$2,48 \text{ kN} + 6,94 \text{ kN} + 1,51 \text{ kN} = 1,54 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 7,10 \text{ m}$$

$$10,93 \text{ kN} = 10,93 \text{ kN} \quad \text{OK!}$$

- Leikkausvoimien nollakohtat

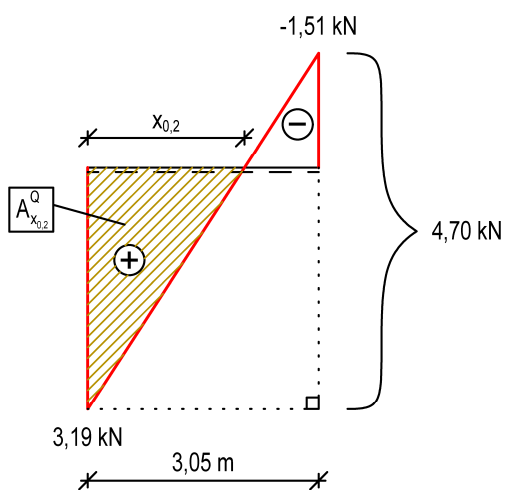
- väli 1–2



$$\frac{x_{0,1}}{2,48 \text{ kN}} = \frac{4,05 \text{ m}}{6,23 \text{ kN}}$$

$$\Rightarrow x_{0,1} \cong 1,612 \text{ m}$$

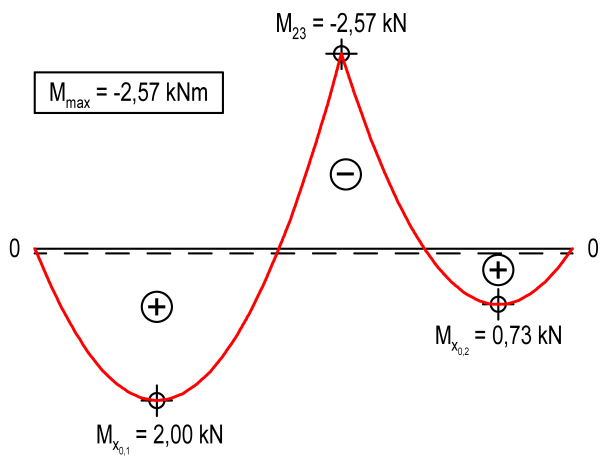
- väli 2–3



$$\frac{x_{0,2}}{3,19 \text{ kN}} = \frac{3,05 \text{ m}}{4,70 \text{ kN}}$$

$$\Rightarrow x_{0,2} \cong 2,070 \text{ m}$$



M-kuvio

$$M_{x_{0,1}} = \frac{1}{2} \cdot \overbrace{Q_{12} \cdot x_{0,1}}^{A_{x_{0,1}}^Q} = \frac{1}{2} \cdot 2,48 \text{ kN} \cdot 1,612 \text{ m} \cong 2,00 \text{ kNm}$$

$$M_{x_{0,2}} = \frac{1}{2} \cdot \overbrace{Q_{23} \cdot x_{0,2}}^{A_{x_{0,2}}^Q} + M_{23} = \frac{1}{2} \cdot 3,19 \text{ kN} \cdot 2,070 \text{ m} - 2,57 \text{ kNm} \cong 0,73 \text{ kNm}$$

## Taivutuskestävyys (MRT)

- Mitoitusehto

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1 \quad ,$$

missä

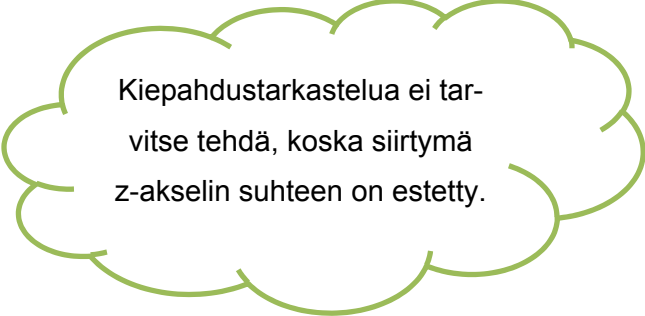
$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{M_{\max}}{\frac{b \cdot h^2}{6}} = \frac{2,00 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{\frac{66 \text{ mm} \cdot (183 \text{ mm})^2}{6}} = 5,429 \dots \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\begin{aligned} f_{m,y,d} &= \frac{k_{\text{mod}} \cdot k_h \cdot k_{\text{sys}} \cdot f_{m,y,k}}{\gamma_M} \\ &= \frac{0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 24 \frac{N}{\text{mm}^2}}{1,4} \\ &= 13,714 \dots \frac{N}{\text{mm}^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{\text{mod}} &= 0,8 \quad (\text{käyttöluokka 1,} \\ &\quad \text{keskip. aikaluokka)} \\ k_h &= 1,0 \quad (h > 150 \text{ mm}) \\ k_{\text{sys}} &= 1,0 \quad (\text{keskipitkä aikaluokka)} \\ f_{m,y,k} &= 24 \frac{N}{\text{mm}^2} \quad (\text{C24)} \\ \gamma_M &= 1,4 \quad (\text{sahatavara)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \frac{5,429 \dots \frac{N}{\text{mm}^2}}{13,714 \dots \frac{N}{\text{mm}^2}} &\leq 1 \\ 0,3958 \dots &\leq 1 \end{aligned}$$

Mitoitusehto täyttyy. Käyttöaste 40 %.



Kiepahdustarkastelua ei tarvitse tehdä, koska siirtymä z-akselin suhteen on estetty.

## Leikkausvoimakkestävyys (MRT)

- Mitoitusehto

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

missä

$$\begin{aligned} \tau_d &= \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{A_{ef}} \\ &= \frac{3}{2} \cdot \frac{3750 \text{ N}}{8092,26 \text{ mm}^2} \\ &= 0,6951 \dots \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_d &= Q_d = Q_{21} = |-3,75 \text{ kN}| = 3750 \text{ N} \\ A_{ef} &= (b_{ef}) \cdot h = (k_{cr} \cdot b) \cdot h = (0,67 \cdot 66 \text{ mm}) \cdot 183 \text{ mm} \\ &= 44,22 \text{ mm} \cdot 183 \text{ mm} = 8092,26 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{v,d} &= \frac{k_{mod} \cdot k_{sys} \cdot f_{v,k}}{\gamma_M} \\ &= \frac{0,8 \cdot 1,0 \cdot 4,0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,4} \\ &= 2,285 \dots \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{mod} &= 0,8 \quad (\text{käyttöluokka 1,} \\ &\quad \text{keskip. aikaluokka)} \\ k_{sys} &= 1,0 \quad (\text{keskipitkä aikaluokka)} \\ f_{v,k} &= 4,0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (\text{C24)} \\ \gamma_M &= 1,4 \quad (\text{sahatavara)} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow 0,695 \dots \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq 2,285 \dots \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mitoitusehto täyttyy.

- Käyttöaste

$$\frac{0,6951 \dots \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{2,285 \dots \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \cdot 100 \% \cong 30 \%$$

## Tukipainekestävyys (MRT)

- Puristusjännitys

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_d}{A_{ef}},$$

missä

$$F_d = Q_{12} = 2,48 \text{ kN} = 2480 \text{ N}$$

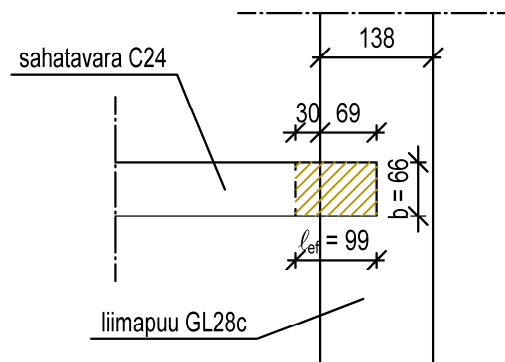
$$A_{ef} = b \cdot \ell_{ef} = 66 \text{ mm} \cdot (30 + 69) \text{ mm} = 6534 \text{ mm}^2$$

$$\Rightarrow \sigma_{c,90,d} = \frac{2480 \text{ N}}{6534 \text{ mm}^2} = 0,3795 \dots \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

- Puristuslujuus

$$\begin{aligned} f_{c,90,d} &= \frac{k_{\text{mod}} \cdot k_{\text{sys}} \cdot f_{c,90,k}}{\gamma_M} \\ &= \frac{0,8 \cdot 1,0 \cdot 2,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,4} \\ &= 1,428 \dots \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \end{aligned}$$

## Välipohjapalkin tehollinen kosketuspinta-ala



Puristusjännitys kohdistuu syitä vastaan kohtisuoraan ( $\perp$ ).

$$\begin{aligned} k_{\text{mod}} &= 0,8 \quad (\text{käyttöluokka 1,} \\ &\quad \text{keskip. aikaluokka)} \\ k_{\text{sys}} &= 1,0 \quad (\text{keskipitkä aikaluokka)} \\ f_{c,90,k} &= 2,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (\text{C24)} \\ \gamma_M &= 1,4 \quad (\text{sahatavara)} \end{aligned}$$

- Mitoitusehto

$$\begin{aligned} \sigma_{c,90,d} &\leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} \\ 0,3795 \dots \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} &\leq 1,25 \cdot 1,428 \dots \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \\ 0,3795 \dots \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} &\leq 1,785 \dots \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \end{aligned}$$

$$k_{c,90} = 1,25 \quad (\text{alusta ei jousta})$$

Mitoitusehto täyttyy.

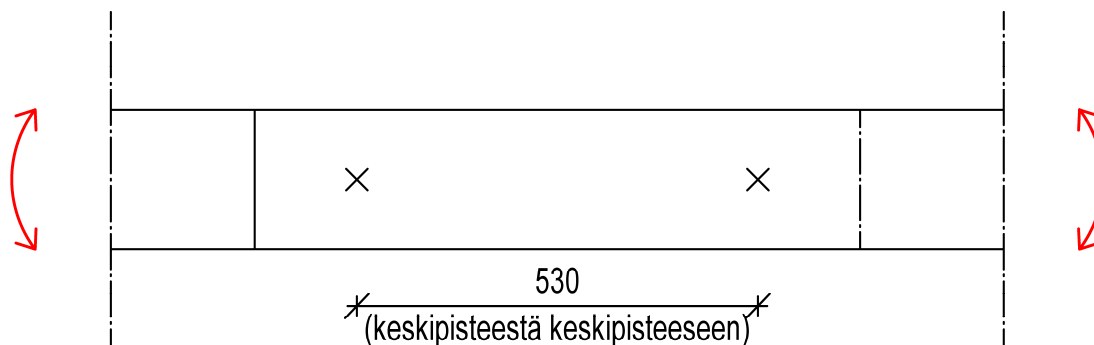
- Käyttöaste

$$\frac{0,3795 \dots \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,785 \dots \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \cdot 100 \% \cong 21 \%$$

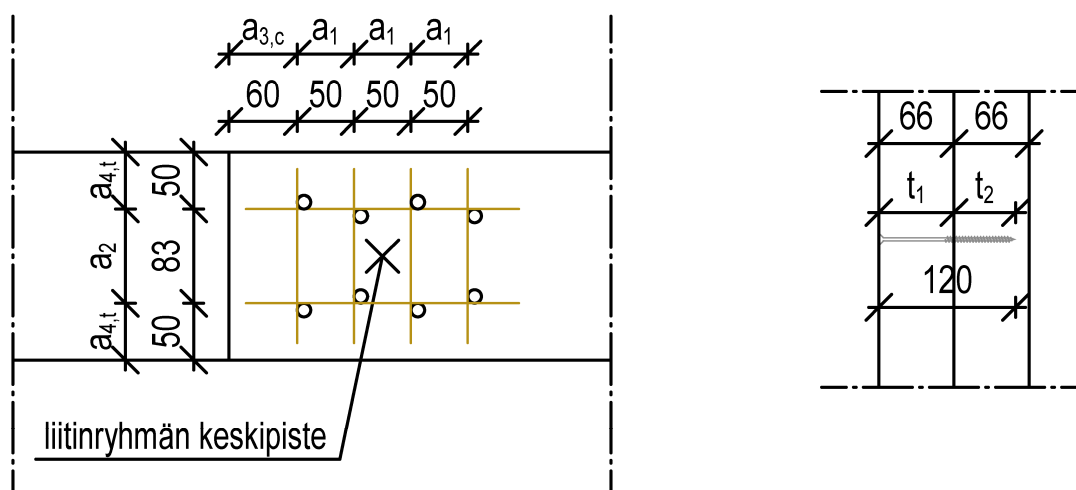
Liimapuupalkkia ei tarvitse tarkastella suuremman lujuutensa ja tehollisen kosketuspinta-alansa ansiosta.

## Välipohjapalkin jatkosliitos (MRT)

Eurokoodi 5:n tukena käytetty  
Metsä Woodin Kerto-käsikirjaa  
(ruuviliitosten mitoitus).



### LIITOSDETALJIIKKA



- Liitinryhmään kohdistuva voima

$$F_d = \frac{M_d}{r} + \frac{\overset{=0}{\hat{V}}_d}{2},$$

missä

$$M_d = |M_{\max}| = 2,57 \text{ kNm}$$

$$r = 530 \text{ mm} = 0,530 \text{ m}$$

$$\Rightarrow F_d = \frac{2,57 \text{ kNm}}{0,530 \text{ m}} \cong 4,85 \text{ kN}$$

- Vähimmäisetäisyydet

$$d_{ef} = 0,8 \cdot d = 0,8 \cdot 6 \text{ mm} = 4,8 \text{ mm}$$

$$a_1 = (4 + |\cos \alpha|) \cdot d_{ef} = (4 + |\cos 90|) \cdot 4,8 \text{ mm} = 19,2 \text{ mm} (< 50 \text{ mm})$$

$$a_2 = (3 + \sin \alpha) \cdot d_{ef} = (3 + \sin 90) \cdot 4,8 \text{ mm} = 19,2 \text{ mm} (< 83 \text{ mm})$$

$$a_{3,c} = 7 \cdot d_{ef} = 7 \cdot 4,8 \text{ mm} = 33,6 \text{ mm} (< 60 \text{ mm})$$

$$a_{4,t} = (3 + 2 \sin \alpha) \cdot d_{ef} = (3 + 2 \sin 90) \cdot 4,8 \text{ mm} = 24,0 \text{ mm} (< 50 \text{ mm})$$

Kerrointa 0,8 käytetään määrittäessä vähimmäisetäisyyksiä.

Puutavara, ruuvit asennetaan loimittain, reiät esiporataan,  $d_{ef} < 5 \text{ mm}$

Ruuviväljen sekä ruuvien reuna- ja päätyetäisyyksien vähimmäisarvot täyttyvät.

- Ruuvien leikkauskestävyys

$$R_d = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot k_p \cdot \left\{ \begin{array}{l} k_t \\ k_e \end{array} \right\} \cdot R_k \cdot \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 1,15 \end{array} \right\}$$

Lisäkerrointa 1,15 ei voida käyttää, koska kannan puolella ei ole kierteitä, aluslevyä tai teräslevyä.

missä

$$d_{ef} = 0,66 \cdot 6 \text{ mm} = 3,96 \text{ mm}$$

$$R_k = 130 \cdot d_{ef}^{1,8} = 130 \cdot 3,96^{1,8} \cong 1548,08 \text{ (N)}$$

$$k_{mod} = 0,8 \text{ (käyttöluokka 1, keskipitkä aikaluokka)}$$

$$\gamma_M = 1,4 \text{ (sahatavara)}$$

Tunkeumasyvyyden ( $t_1$  ja  $t_2$ ) perusteella valitaan, käytetäänkö korotus- vai pienennyskerrointa.

Kerrointa 0,66 käytetään laskettaessa kuormituskapasiteettia.

$$k_p = \sqrt{\frac{\rho_k}{350}} = \sqrt{\frac{350}{350}} = 1,0$$

$$C24 \rightarrow \rho_k = 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$t_1 = 66 \text{ mm} \geq 8 \cdot d_{ef} = 8 \cdot 3,96 \text{ mm} = 31,68 \text{ mm}$$

$$t_2 = 120 \text{ mm} - 66 \text{ mm} = 54 \text{ mm} \geq 12 \cdot d_{ef} = 12 \cdot 3,96 \text{ mm} = 47,52 \text{ mm}$$

→ Käytetään suurennuskerrointa  $k_t$  ( $t_1 \geq 8 \cdot d_{ef}$  ja  $t_2 \geq 12 \cdot d_{ef}$ )

$$k_t = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 + 0,3 \cdot \frac{t_1 - 8 \cdot d_{ef}}{8 \cdot d_{ef}} = 1 + 0,3 \cdot \frac{66 \text{ mm} - 8 \cdot 3,96 \text{ mm}}{8 \cdot 3,96 \text{ mm}} = 1,325 \\ 1 + 0,3 \cdot \frac{t_2 - 12 \cdot d_{ef}}{6 \cdot d_{ef}} = 1 + 0,3 \cdot \frac{54 \text{ mm} - 12 \cdot 3,96 \text{ mm}}{6 \cdot 3,96 \text{ mm}} = 1,081\dots \end{array} \right.$$

$$= 1,325$$

$$\Rightarrow R_d = \frac{0,8}{1,4} \cdot 1,0 \cdot 1,325 \cdot 1548,08 \text{ N} \cdot 1 \cong 1172,12 \text{ N}$$

- Liitinryhmän leikkauskapasiteetti

$$Q_d = 8 \cdot R_d = 8 \cdot 1172,12 \text{ N} = 9376,96 \text{ N} \cong 9,38 \text{ kN}$$

- Mitoitusehto

$$F_d \leq Q_d$$

$$4,85 \text{ kN} \leq 9,38 \text{ kN}$$

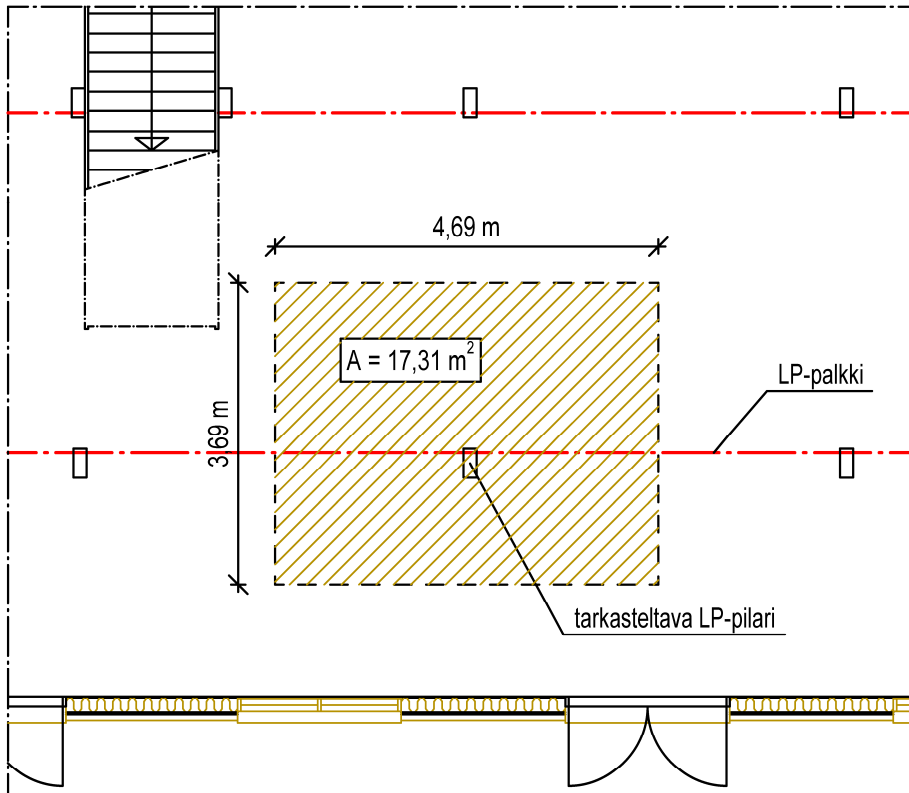
Mitoitusehto täyttyy.

- Käyttöaste

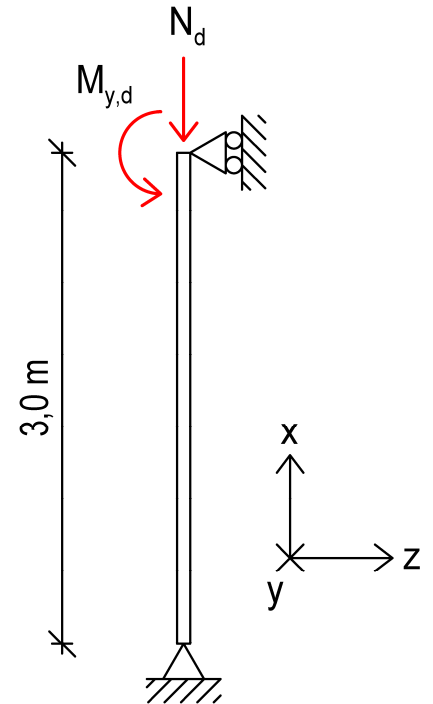
$$\frac{4,85 \text{ kN}}{9,38 \text{ kN}} \cdot 100 \% \cong 52 \%$$

# Liite 9. LP-pilareiden mitoitus

Ote pohjakuvasta



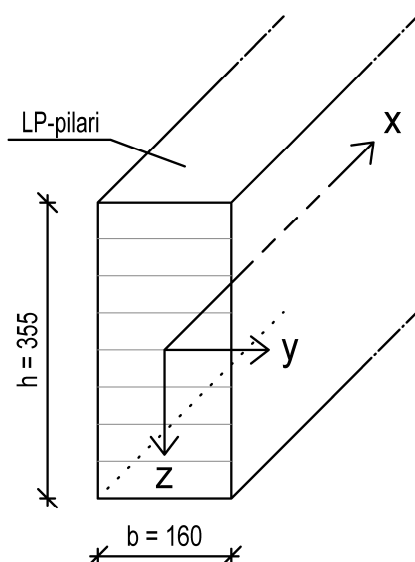
Rakennemalli



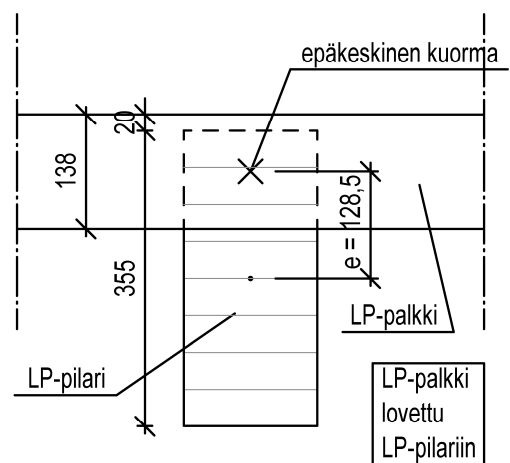
HUOM!

LP-palkin kautta välittyvä epäkeskistä kuormaa.

Poikkileikkaus



LP-pilarin ja -palkin liitos





## Nurjahduskestävyys (MRT)

- Rakennetiedot
  - materiaali: GL28c
  - käyttöluokka: 1
  - seuraamusluokka: CC2 (asuin- ja liikerakennukset)

- Kuormitustiedot (ominaiskuormat)

- x-akselin suunnassa

- omapainot (pysyvä aikaluokka)

- \* yläpohja

$$g_{k,yp} = 0,8 \frac{kN}{m^2} \quad (\text{yläkanttiin heitetty arvio})$$

$$G_{k,yp} = g_{k,yp} \cdot A = 0,8 \frac{kN}{m^2} \cdot 17,31 m^2 = 13,848 kN$$

- \* LP-pilari (käsittää tarkasteltavan kohteen yläpuolisen osuuden)

$$\begin{aligned} G_{k,pilari} &= 2,9 m \cdot b \cdot h \cdot \rho_k \\ &= 2,9 m \cdot 0,160 m \cdot 0,355 m \cdot \overbrace{380 \frac{kg}{m^3}}^{GL28c} \\ &= 62,5936 kg \\ &= 0,6138... kN \end{aligned}$$

- \* välipohja

$$g_{k,vp} = 0,93 \frac{kN}{m^2} \quad (\text{liite 8, 3})$$

$$G_{k,vp} = g_{k,vp} \cdot A = 0,93 \frac{kN}{m^2} \cdot 17,31 m^2 = 16,0983 kN$$

- \* LP-palkki

$$\begin{aligned} G_{k,palkki} &= 4,69 m \cdot 0,138 m \cdot 0,310 m \cdot 380 \frac{kg}{m^3} \\ &= 76,242... kg \\ &= 0,7476... kN \end{aligned}$$

- muuttuvat kuormat

- \* lumikuorma, yläpohja (keskipitkä aikaluokka)

$$Q_{k,lumi} = s \cdot A = 1,99 \frac{kN}{m^2} \cdot 17,31 m^2 \cong 34,45 kN$$

$$s = 1,99 \frac{kN}{m^2} \quad (\text{liite 12})$$

$$\begin{aligned} \sum G_{k,i} \\ &= 31,307... kN \\ &\cong 31,31 kN \\ &= G_k \end{aligned}$$

- \* hyötykuorma, välipohja (keskipitkä aikaluokka)

$$q_{k,hyöty} = 2,0 \frac{kN}{m^2} \quad (\text{luokka A: asuintilat})$$

$$Q_{k,hyöty} = q_{k,hyöty} \cdot A = 2,0 \frac{kN}{m^2} \cdot 17,31 m^2 = 34,62 kN$$

– y-akselin suhteen (epäkeskisen kuorman aiheuttama taivutusmomentti)

- omapainot (pysyvä aikaluokka)

- \* välipohja

$$M_{y,G_k,vp} = G_{k,vp} \cdot e = 16,0983 kN \cdot 0,1285 m = 2,068... kNm$$

- \* LP-palkki

$$M_{y,G_k,palkki} = G_{k,palkki} \cdot e = 0,7476... kN \cdot 0,1285 m = 0,096... kNm$$

- muuttuvat kuormat

- \* hyötykuorma, välipohja (keskipitkä aikaluokka)

$$M_{y,Q_k} = Q_{k,hyöty} \cdot e = 34,62 kN \cdot 0,1285 m = 4,448... kNm$$

Kuormitusyhdistely:

epäedullisempi näistä	$\left\{ \begin{array}{l} 1,15 \cdot K_{FI} \cdot G_k + 1,5 \cdot K_{FI} \cdot Q_{k,1} + 1,5 \cdot K_{FI} \cdot \sum \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \\ 1,35 \cdot K_{FI} \cdot G_k \end{array} \right.$
-----------------------	---

- Kuormitusyhdistelmät

– KY1 (keskipitkä aikaluokka)

$$1,15 \cdot K_{FI} \cdot G_k + 1,5 \cdot K_{FI} \cdot Q_{k,hyöty} + 1,5 \cdot K_{FI} \cdot \overbrace{\psi_{0,lumi}}^{=0,7} \cdot Q_{k,lumi} \quad \left| \quad K_{FI} = 1,0 \quad (CC2) \right.$$

– KY2 (keskipitkä aikaluokka)

$$1,15 \cdot K_{FI} \cdot G_k + 1,5 \cdot K_{FI} \cdot \overbrace{\psi_{0,hyöty}}^{=0,7} \cdot Q_{k,hyöty} + 1,5 \cdot K_{FI} \cdot Q_{k,lumi}$$

– KY3 (pysyvä aikaluokka)

$$1,35 \cdot K_{FI} \cdot G_k$$

KY1 tulee määrääväksi kuormitusyhdistelmäksi, sillä  $Q_{k,hyöty} > Q_{k,lumi}$ . KY3:sta "näkee suoraan", ettei se tule määrääväksi.

- Mitoituskuorma (KY1)

- x-akselin suunnassa (normaalivoiman aiheuttama)

$$N_d = 1,15 \cdot 1,0 \cdot 31,31 \text{ kN} + 1,5 \cdot 1,0 \cdot 34,62 \text{ kN} + 1,5 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 34,45 \text{ kN}$$

$$\cong 124,11 \text{ kN}$$

- y-akselin suhteen (taivutusmomentin aiheuttama)

$$M_{y,d} = 1,15 \cdot (M_{y,G_k,vp} + M_{y,G_k,palkki}) + 1,5 \cdot M_{y,Q_k}$$

$$= 1,15 \cdot (2,024... \text{ kNm} + 0,096... \text{ kNm}) + 1,5 \cdot 4,448... \text{ kNm}$$

$$\cong 9,1624 \text{ kNm}$$

- Nurjahduskerroin ( $k_c$ )

- y-akselin suhteen (z-akselin suunnassa)

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{\frac{b \cdot h^3}{12}}{b \cdot h}} = \sqrt{\frac{160 \text{ mm} \cdot (355 \text{ mm})^3}{12 \cdot 160 \text{ mm} \cdot 355 \text{ mm}}} = 102,479... \text{ mm}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{c,z}}{i_y} = \frac{3000 \text{ mm}}{102,479... \text{ mm}}$$

$$= 29,274...$$

$$L_{c,z} = 1,0 \cdot L = 1,0 \cdot 3000 \text{ mm} = 3000 \text{ mm}$$

(sauva nivelöity molemmista päistä)

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{29,274...}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{\frac{GL28c}{24} \frac{N}{mm^2}}{\frac{10\,200}{GL28c} \frac{N}{mm^2}}} = 0,4520...$$

⇒ Nurjahdus huomaitava ( $\lambda_{rel,y} > 0,3$ )

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

$$= 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (0,4520... - 0,3) + 0,4520...^2]$$

$$= 0,6097...$$

$$\beta_c = 0,1 \text{ (liimapuu)}$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{0,6097... + \sqrt{0,6097...^2 - 0,4520...^2}} = 0,9813...$$

- z-akselin suhteen (y-akselin suunnassa)

$$i_z = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{\frac{h \cdot b^3}{12}}{b \cdot h}} = \sqrt{\frac{355 \text{ mm} \cdot (160 \text{ mm})^3}{12 \cdot 160 \text{ mm} \cdot 355 \text{ mm}}} = 46,188... \text{ mm}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{c,y}}{i_z} = \frac{3000 \text{ mm}}{46,188... \text{ mm}} = 64,951...$$

$$L_{c,y} = L_{c,z} = 3000 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\text{rel},z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{64,951\dots}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24 \frac{N}{\text{mm}^2}}{10\,200 \frac{N}{\text{mm}^2}}} = 1,0028\dots$$

⇒ Nurjahdus huomaitava ( $\lambda_{\text{rel},z} > 0,3$ )

$$k_z = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel},z} - 0,3) + \lambda_{\text{rel},z}^2] \quad \left| \beta_c = 0,1 \right.$$

$$= 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (1,0028\dots - 0,3) + 1,0028\dots^2]$$

$$= 1,0380\dots$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2}} = \frac{1}{1,0380\dots + \sqrt{1,0380\dots^2 - 1,0028\dots^2}} = 0,7657\dots$$

• Mitoitusehdot

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

ja

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

missä

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{N_d}{b \cdot h} = \frac{124\,110\,N}{160\,mm \cdot 355\,mm} = 2,185\dots \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{9,1624\,kNm}{\frac{b \cdot h^2}{6}} = \frac{9,1624 \cdot 10^6\,Nmm}{\frac{160\,mm \cdot (355\,mm)^2}{6}} = 2,726\dots \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot k_{\text{sys}} \cdot f_{c,0,k}}{\gamma_M}$$

$$= \frac{0,8 \cdot 1,0 \cdot 24 \frac{N}{\text{mm}^2}}{1,2}$$

$$= 16 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$k_{\text{mod}} = 0,8$  (liimapuu, keskip. aikaluokka, käyttöluokka 1)

$k_{\text{sys}} = 1,0$  (kuormaa ei voida jakaa, keskipitkä aikaluokka)

$f_{c,0,k} = 24 \frac{N}{\text{mm}^2}$  (GL28c)

$\gamma_M = 1,2$  (liimapuu)

$$\begin{aligned}
 f_{m,y,d} &= \frac{k_{\text{mod}} \cdot k_h \cdot k_{\text{sys}} \cdot f_{m,y,k}}{\gamma_M} \\
 &= \frac{0,8 \cdot 1,053 \dots \cdot 1,0 \cdot 28 \frac{N}{\text{mm}^2}}{1,2} \\
 &= 19,672 \dots \frac{N}{\text{mm}^2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 k_{\text{mod}} &= 0,8 \\
 k_h &= \left(\frac{600}{h}\right)^{0,1} = \left(\frac{600}{355}\right)^{0,1} \\
 &= 1,053 \dots \quad (\leq 1,1) \\
 k_{\text{sys}} &= 1,0 \\
 f_{m,y,k} &= 28 \frac{N}{\text{mm}^2} \quad (\text{GL28c}) \\
 \gamma_M &= 1,2
 \end{aligned}$$

$k_m = 0,7$  (liimapuu, suorakaidepoikkileikkaus)

$$\begin{aligned}
 \Rightarrow \frac{2,185 \dots \frac{N}{\text{mm}^2}}{0,9813 \dots \cdot 16 \frac{N}{\text{mm}^2}} + \frac{2,726 \dots \frac{N}{\text{mm}^2}}{19,672 \dots \frac{N}{\text{mm}^2}} &\leq 1 \\
 0,2777 \dots &\leq 1
 \end{aligned}$$

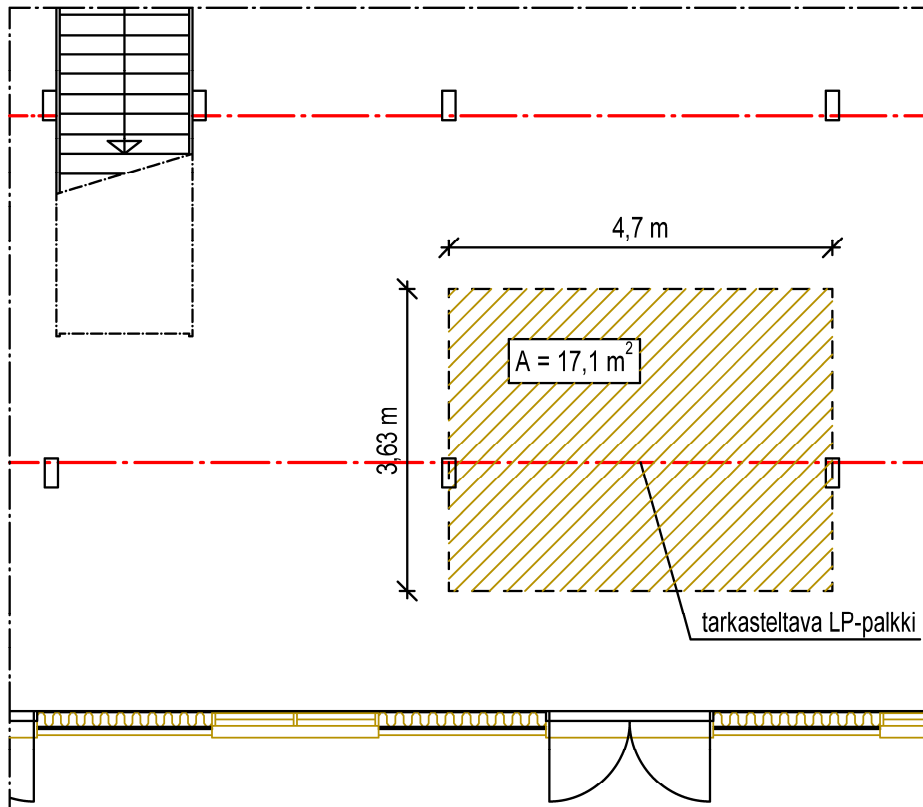
ja

$$\begin{aligned}
 \Rightarrow \frac{2,185 \dots \frac{N}{\text{mm}^2}}{0,7657 \dots \cdot 16 \frac{N}{\text{mm}^2}} + 0,7 \cdot \frac{2,726 \dots \frac{N}{\text{mm}^2}}{19,672 \dots \frac{N}{\text{mm}^2}} &\leq 1 \\
 0,2753 \dots &\leq 1
 \end{aligned}$$

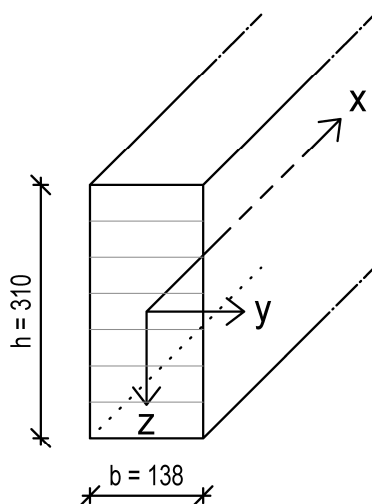
Mitoitusehdot täyttyvät. Käyttöaste 28 %. Pilarin nurjahduskestävyyttä ei ylitetä.

# Liite 10. LP-palkkien mitoitus

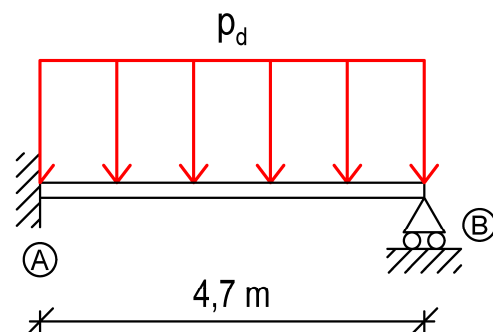
Ote pohjakuivasta



Poikkileikkaus



Rakennemalli



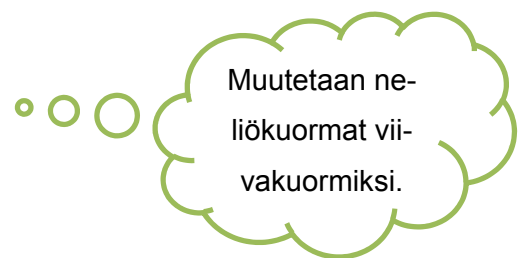
- Rakennetiedot
  - materiaali: GL28c
  - käyttöluokka: 1
  - seuraamusluokka: CC2 (asuin- ja liikerakennukset)

- Kuormitustiedot

- välipohjan omapaino:  $0,93 \frac{kN}{m^2}$  (liite 8, 3)
- LP-palkin metripaino:  $0,138 m \cdot 0,310 m \cdot 380 \frac{kg}{m^3} = 16,2564 \frac{kg}{m} \cong 0,159 \frac{kN}{m}$
- hyötykuorma:  $2,0 \frac{kN}{m^2}$  (luokka A: asuintilat)

$$\Rightarrow g_k = 0,93 \frac{kN}{m^2} \cdot 3,63 m + 0,159 \frac{kN}{m} \cong 3,53 \frac{kN}{m}$$

$$\Rightarrow q_k = 2,0 \frac{kN}{m^2} \cdot 3,63 m = 7,26 \frac{kN}{m}$$



- Kuormitusyhdistelmät

- KY1 (keskipitkä aikaluokka)

$$1,15 \cdot K_{FI} \cdot g_k + 1,5 \cdot K_{FI} \cdot q_k$$

$$K_{FI} = 1,0 \text{ (CC2)}$$

- KY2 (pysyvä aikaluokka)

$$1,35 \cdot K_{FI} \cdot g_k$$

- Mitoituskuorma

- KY1

$$p_d = 1,15 \cdot 1,0 \cdot 3,53 \frac{kN}{m} + 1,5 \cdot 1,0 \cdot 7,26 \frac{kN}{m} \cong 14,95 \frac{kN}{m}$$

- KY2

$$p_d = 1,35 \cdot 1,0 \cdot 3,53 \frac{kN}{m} \cong 4,77 \frac{kN}{m}$$

KY1 tulee määrääväksi kuormitusyhdistelmäksi. Laskenta suoritetaan sen mukaan.

- Suurin taivutusmomentti

$$\overbrace{M_{\max}}^{=M_A} = \frac{1}{8} q L^2 = \frac{1}{8} \cdot 14,95 \frac{kN}{m} \cdot (4,7 \text{ m})^2 \cong 41,28 \text{ kNm}$$

- Suurin leikkausvoima

$$\overbrace{Q_{\max}}^{=Q_A} = \frac{5}{8} q L = \frac{5}{8} \cdot 14,95 \frac{kN}{m} \cdot 4,7 \text{ m} \cong 43,92 \text{ kN}$$

Suurimman taivutusmomentin ja leikkausvoiman kaavat otettu Rakentajain kalenteri 2012 -käsikirjasta.



## Taivutuskestävyys (MRT)

- Mitoitusehto

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

missä

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{M_{\max}}{\frac{b \cdot h^2}{6}} = \frac{41,28 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{\frac{138 \text{ mm} \cdot (310 \text{ mm})^2}{6}}$$

$$= 18,676 \dots \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{m,y,d} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot k_h \cdot k_{\text{sys}} \cdot f_{m,y,k}}{\gamma_M}$$

$$= \frac{0,8 \cdot 1,068 \dots \cdot 1,0 \cdot 28 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,2}$$

$$= 19,940 \dots \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Rightarrow \frac{18,676 \dots \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{19,940 \dots \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \leq 1$$

$$0,9365 \dots \leq 1$$

Mitoitusehto täyttyy. Käyttöaste 94 %.

$$k_{\text{mod}} = 0,8 \text{ (käyttöluokka 1, keskipitkä aikaluokka)}$$

$$k_h = \left(\frac{600}{h}\right)^{0,1} = \left(\frac{600}{310}\right)^{0,1} = 1,068 \dots (\leq 1,1)$$

$$k_{\text{sys}} = 1,0 \text{ (kuormaa ei voida jakaa, keskipitkä aikaluokka)}$$

$$f_{m,y,k} = 28 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ (GL28c)}$$

$$\gamma_M = 1,2$$

## Kiepahduskestävyys (MRT)

- Kriittinen taivutusjännitys

$$\sigma_{m,crit} = \frac{c \cdot b^2}{h \cdot \ell_{ef}} \cdot E_{0,05} \quad ,$$

missä

$c = 0,71$  (liimapuu, ei-homogeeninen)

$\ell_{ef} = 0,9 \cdot \ell$  (tasaisesti jakautunut kuorma)

Huomioidaan kuorman vaikutuskohta (kuormitus palkin puristetun reunan korkeudella):

$$\Rightarrow \ell_{ef} = 0,9 \cdot \ell + 2 \cdot h = 0,9 \cdot 4700 \text{ mm} + 2 \cdot 310 \text{ mm} = 4850 \text{ mm}$$

$$E_{0,05} = 10\,200 \frac{N}{mm^2} \quad (\text{GL28c})$$

$$\Rightarrow \sigma_{m,crit} = \frac{0,71 \cdot (138 \text{ mm})^2}{310 \text{ mm} \cdot 4850 \text{ mm}} \cdot 10\,200 \frac{N}{mm^2} = 91,7303 \dots \frac{N}{mm^2}$$

- Palkin suhteellinen hoikkuus kiepahduksessa

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{\overbrace{28 \frac{N}{mm^2}}^{\text{GL28c}}}{91,7303 \dots \frac{N}{mm^2}}} = 0,552487 \dots$$

- Kiepahduskerroin

$$k_{crit} = \begin{cases} 1 & \text{kun } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m} & \text{kun } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ \frac{1}{\lambda_{rel,m}^2} & \text{kun } 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases}$$

$$\Rightarrow k_{crit} = 1$$

- Mitoitusehto

$$\sigma_{m,y,d} \leq k_{crit} \cdot f_{m,y,d}$$

$$\Rightarrow 18,676 \dots \frac{N}{mm^2} \leq 1 \cdot 19,940 \dots \frac{N}{mm^2}$$

$$18,676 \dots \frac{N}{mm^2} \leq 19,940 \dots \frac{N}{mm^2}$$

Mitoitusehto täyttyy.

- Käyttöaste

$$\frac{18,676 \dots \frac{N}{\text{mm}^2}}{19,940 \dots \frac{N}{\text{mm}^2}} \cdot 100 \% \cong 94 \%$$

## Leikkausvoimakkestävyys (MRT)

- Mitoitusehto

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

missä

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{d,\text{red}}}{A_{\text{ef}}} \\ &= \frac{3}{2} \cdot \frac{37\,379\text{ N}}{42\,780\text{ mm}^2} \\ &= 1,310 \dots \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{d,\text{red}} &= \overset{=Q_{\text{max}}}{\widehat{V}_d} \cdot \left(1 - \frac{2h + \ell_A}{L}\right) = 43\,920\text{ N} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot 310\text{ mm} + 80\text{ mm}}{4700\text{ mm}}\right) \\ &\cong 37\,379\text{ N} \\ A_{\text{ef}} &= b_{\text{ef}} \cdot h = (k_{\text{cr}} \cdot b) \cdot h = (1,0 \cdot 138\text{ mm}) \cdot 310\text{ mm} \\ &= 42\,780\text{ mm}^2 \end{aligned}$$

RIL 205-1-2009. Kuva 6.7S. Tasaisella kuormalla kuormitetun palkin leikkausvoiman pienentäminen.

$k_{\text{cr}} = 1,0$ , koska käytetään kosteuden siirtymistä estävää pintakäsittelyä.

$$\begin{aligned} f_{v,d} &= \frac{k_{\text{mod}} \cdot k_{\text{sys}} \cdot f_{v,k}}{\gamma_M} \\ &= \frac{0,8 \cdot 1,0 \cdot 2,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,2} \\ &= 1,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \end{aligned}$$

$k_{\text{mod}} = 0,8$  (käyttöluokka 1, keskip. aikaluokka)

$k_{\text{sys}} = 1,0$  (kuormaa ei voida jakaa, keskipitkä aikaluokka)

$f_{v,k} = 2,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$  (GL28c)

$\gamma_M = 1,2$  (liimapuu)

$$\Rightarrow 1,310 \dots \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq 1,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

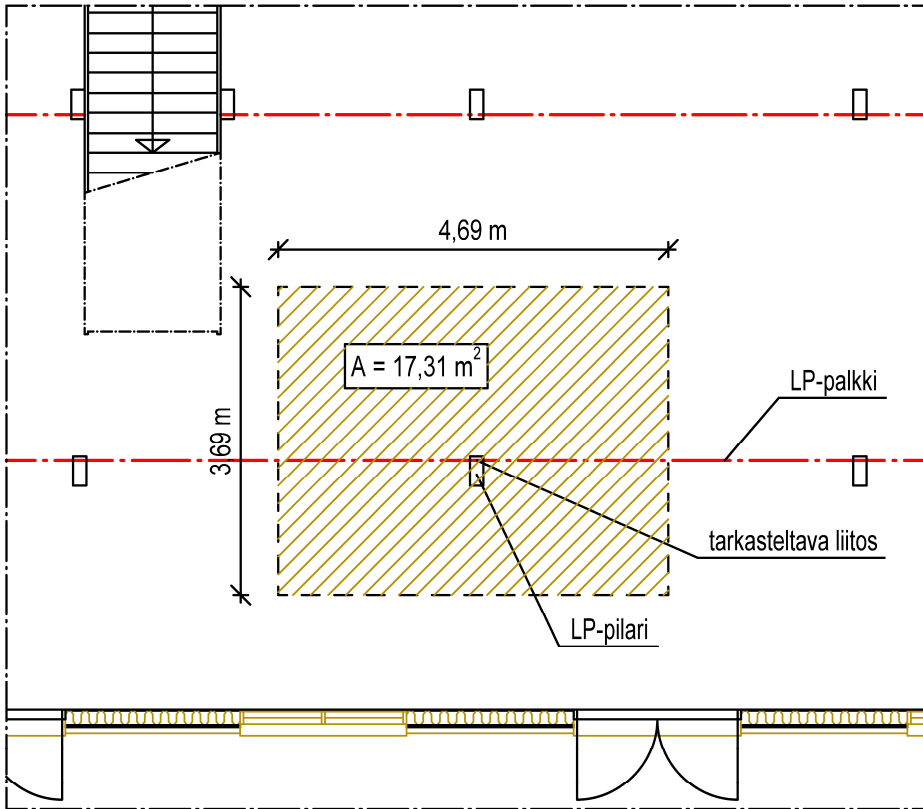
Mitoitusehto täyttyy.

- Käyttöaste

$$\frac{1,310 \dots \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \cdot 100\% \cong 73\%$$

## Tukipainekestävyys (MRT)

Ote pohjakuvasta



- Kuormitustiedot

- välipohjan omapaino:  $0,93 \frac{kN}{m^2}$  (liite 8, 3)
- LP-palkin omapaino:  $0,159 \frac{kN}{m} \cdot 4,69 m \cong 0,746 kN$
- hyötykuorma:  $2,0 \frac{kN}{m^2}$  (luokka A: asuintilat)

$$\Rightarrow G_k = \overbrace{0,746 kN}^{\text{LP-palkki}} + \overbrace{0,93 \frac{kN}{m^2} \cdot 17,31 m^2}^{\text{välipohja}} \cong 16,84 kN$$

$$\Rightarrow Q_k = \overbrace{2,0 \frac{kN}{m^2} \cdot 17,31 m^2}^{\text{välipohjan hyötykuorma}} = 34,62 kN$$

Muutetaan nelio-  
kuormat piste-  
tekuormiksi.

- Kuormitusyhdistelmät

- KY1 (keskipitkä aikaluokka)

$$1,15 \cdot K_{FI} \cdot G_k + 1,5 \cdot K_{FI} \cdot Q_k$$

$$K_{FI} = 1,0 \quad (\text{CC2})$$

- KY2 (pysyvä aikaluokka)

$$1,35 \cdot K_{FI} \cdot G_k$$

- Mitoituskuorma

- KY1

$$P_d = 1,15 \cdot 1,0 \cdot 16,84 \text{ kN} + 1,5 \cdot 1,0 \cdot 34,62 \text{ kN} \cong 71,30 \text{ kN}$$

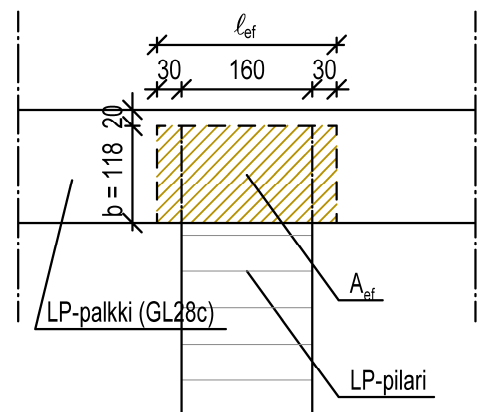
- KY2

$$P_d = 1,35 \cdot 1,0 \cdot 16,84 \text{ kN} \cong 22,73 \text{ kN}$$

KY1 tulee määräväksi kuormitusyhdistelmäksi.

Laskenta suoritetaan sen mukaan.

### LP-palkin ja -pilarin liitos



- Syitä vastaan kohtisuora puristusjännitys

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_d}{A_{ef}}$$

missä

$$A_{ef} = b \cdot l_{ef} = 118 \text{ mm} \cdot 220 \text{ mm} = 25\,960 \text{ mm}^2$$

$$\Rightarrow \sigma_{c,90,d} = \frac{71\,300 \text{ N}}{25\,960 \text{ mm}^2} = 2,746 \dots \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$b = 118 \text{ mm}$$

$$l_{ef} = 30 \text{ mm} + 160 \text{ mm} + 30 \text{ mm} = 220 \text{ mm}$$

- Syitä vastaan kohtisuora puristuslujuus

$$\begin{aligned} f_{c,90,d} &= \frac{k_{mod} \cdot k_{sys} \cdot f_{c,90,k}}{\gamma_M} \\ &= \frac{0,8 \cdot 1,0 \cdot 2,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,2} \\ &= 1,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \end{aligned}$$

$$k_{mod} = 0,8 \quad (\text{käyttöluokka 1, keskipitkä aikaluokka})$$

$$k_{sys} = 1,0 \quad (\text{kuormaa ei voida jakaa, keskip. aikaluokka})$$

$$f_{c,90,k} = 2,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (\text{GL28c})$$

$$\gamma_M = 1,2 \quad (\text{liimapuu})$$

- Mitoitusehto

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

$$2,746 \dots \frac{N}{mm^2} \leq 1,75 \cdot 1,8 \frac{N}{mm^2}$$

$$2,746 \dots \frac{N}{mm^2} \leq 3,15 \frac{N}{mm^2}$$

$$k_{c,90} = 1,75 \quad (\text{liimapuu, palkki erillisillä tuilla,} \\ \text{kosketuspituus } \ell \leq 400 \text{ mm})$$

LP-palkin tukipainekestävyyttä ei ylitetä. Liitoksessa on tukipintaa riittävästi.

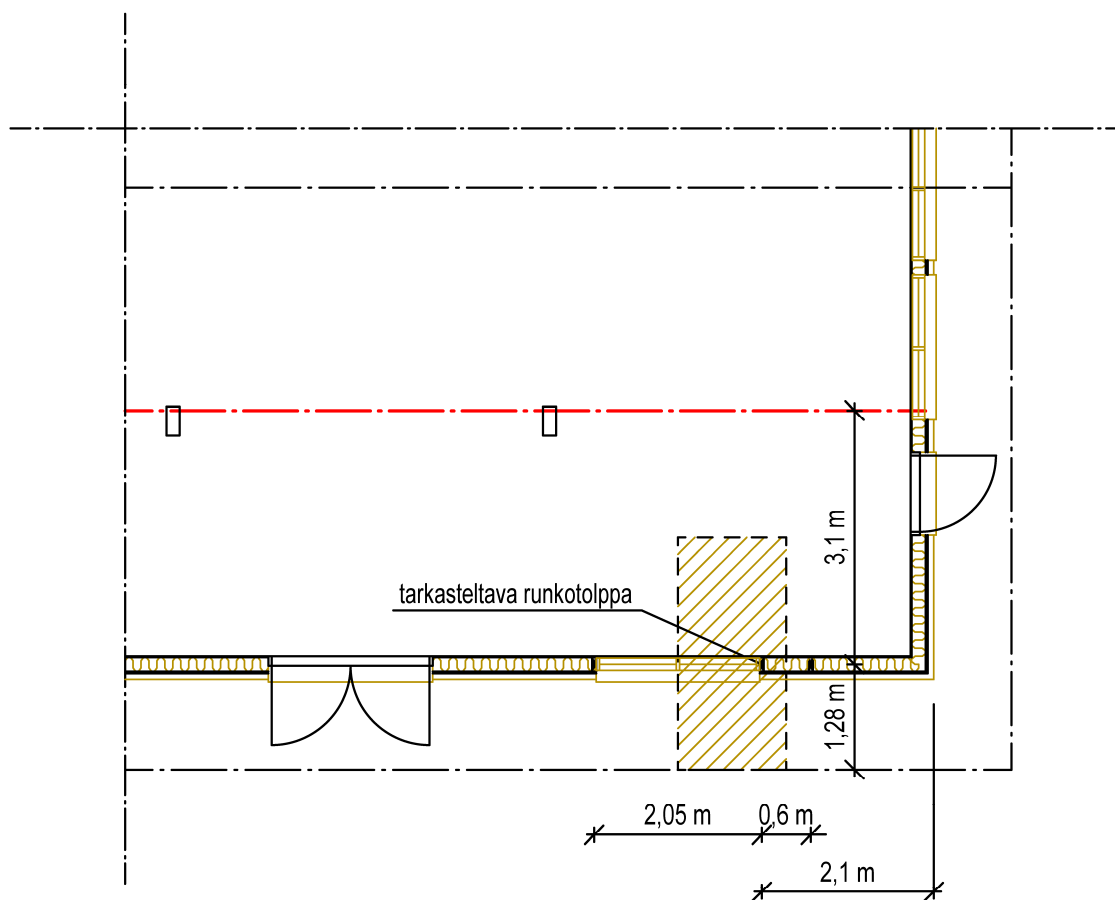
- Käyttöaste

$$\frac{2,746 \dots \frac{N}{mm^2}}{3,15 \frac{N}{mm^2}} \cdot 100 \% \cong 87 \%$$

# Liite 11. Ulkoseinän mitoitus

Tehtävä: Tarkista suurimmalle kuormitukselle joutuvan runkotolpan nurjahduskestävyys murtorajatilassa. Tarkista myös alasidepuun kiskopainekestävyys kyseisen runkotolpan kohdalla.

Ote pohjakuvasta





## Nurjahduskestävyys (MRT)

- Rakennetiedot

- runko: 50x150 k600 C24 (tarkastelukohdassa runkotolppien välinen etäisyys suurempi)
- käyttöluokka: 1 (lämmöneristekerroksessa oleva rakenne)
- seuraamusluokka: CC2 (asuin- ja liikerakennukset)

- Kuormitustiedot

- omapainot (pysyvä aikaluokka)

- välipohja

$$g_{k,vp} = 0,93 \frac{kN}{m^2} \quad (\text{liite 8, 3})$$

- yläpohja

$$g_{k,yp} = 0,8 \frac{kN}{m^2} \quad (\text{yläkanttiin heitetty arvio})$$

- muuttuvat kuormat

- hyötykuorma, välipohja (keskipitkä aikaluokka)

$$q_{k,hyöty} = 2,0 \frac{kN}{m^2} \quad (\text{luokka A: asuintilat})$$

- lumikuorma, yläpohja (keskipitkä aikaluokka)

$$q_{k,lumi} = 1,99 \frac{kN}{m^2} \quad (\text{liite 12})$$

- puuskanopeuspaine (hetkellinen aikaluokka)

$$q_p = 0,45 \frac{kN}{m^2}$$

Puuskanopeuspaine:

- maastoluokka III
- rakennuksen korkeus maanpinnasta 7,7 m

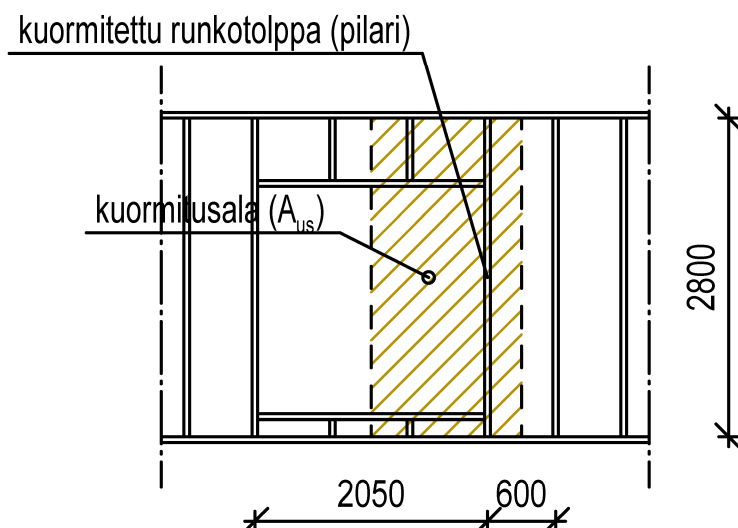
$$\Rightarrow q_p = 0,49 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,32}$$

$$= 0,49 \cdot \left(\frac{7,7}{10}\right)^{0,32}$$

$$\cong 0,45 \frac{kN}{m^2}$$

(Kaava: Rakentajain kalenteri 2012)

### Kuormitusala (ulkoseinä)



- Kuormitusalat

- yläpohja

$$A_{yp} = \left( \frac{0,6 \text{ m}}{2} + \frac{2,05 \text{ m}}{2} \right) \cdot \left( \frac{3,1 \text{ m}}{2} + 1,28 \text{ m} \right) = 3,74975 \text{ m}^2 \cong 3,75 \text{ m}^2$$

- välipohja

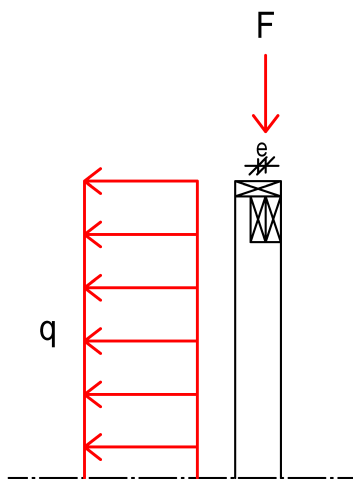
$$A_{vp} = \left( \frac{0,6 \text{ m}}{2} + \frac{2,05 \text{ m}}{2} \right) \cdot \frac{3,1 \text{ m}}{2} = 2,05375 \text{ m}^2 \cong 2,05 \text{ m}^2$$

- ulkoseinä

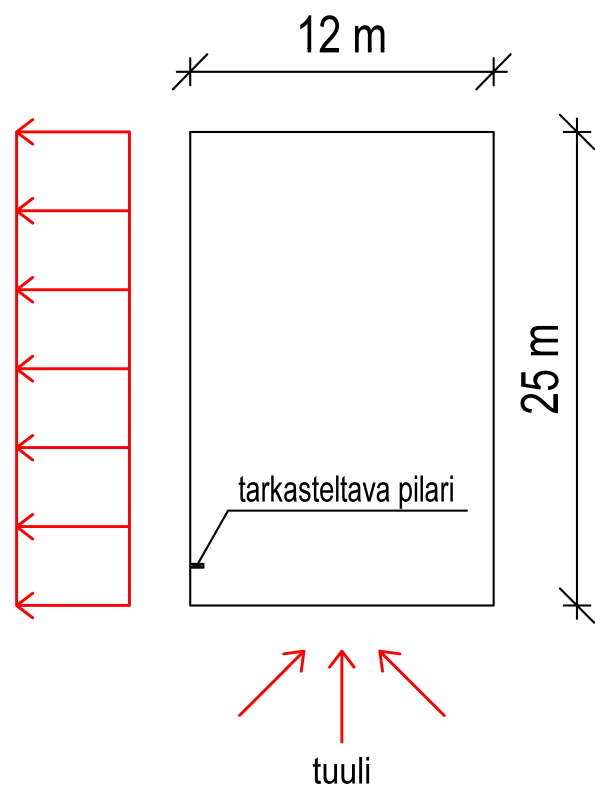
$$A_{us} = \left( \frac{2,050 \text{ m}}{2} + \frac{0,600 \text{ m}}{2} \right) \cdot 2,8 \text{ m} = 3,71 \text{ m}^2$$

- Runkotolpalle aiheutuva tuulikuorma

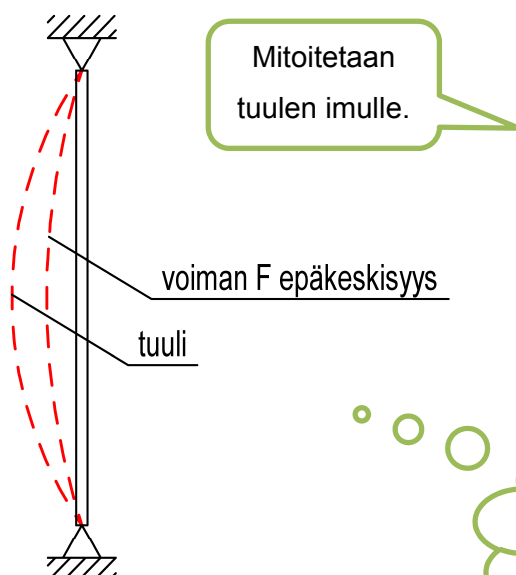
Runkotolpan yläpää sekä kuormat



Runkotolpan sijainti (tasopiirros)



Runkotolpan taipuminen



Epäkeskisyys ja tuuli taivuttavat tolppaa samaan suuntaan.

– tarkistetaan, onko pilari vyöhykkeellä A

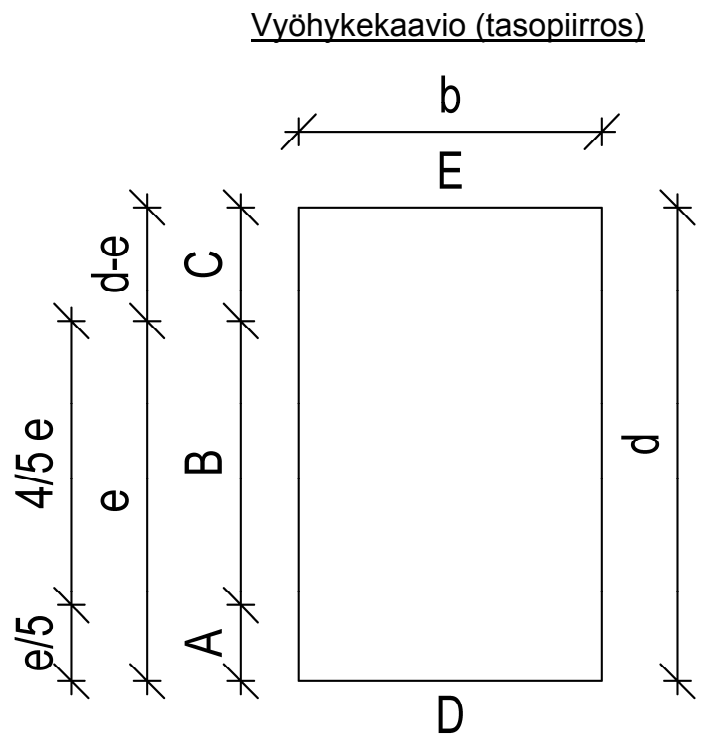
$$e = \min \begin{cases} b = 12 \text{ m} \\ 2h = 2 \cdot 7,7 \text{ m} = 15,4 \text{ m} \end{cases}$$

$$e = 12 \text{ m}$$

$$\frac{e}{5} = \frac{12 \text{ m}}{5} = 2,4 \text{ m}$$

⇒ Vyöhyke A 0,0 m ... 2,4 m

Pilari on vyöhykkeellä A.



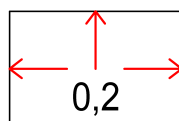
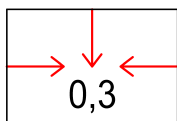
– tuulen aiheuttama osapinnan nettopaine (vyöhyke A)

$$q_{w,k} = (c_{pe} - c_{pi}) \cdot q_p$$

missä

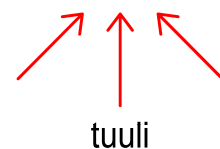
$$\begin{aligned} c_{pe} &= c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \log \tilde{A}^{=A_{us}} \\ &= -1,4 - (-1,4 - (-1,2)) \log 3,71 \\ &= -1,286\dots \end{aligned}$$

$$c_{pi} = -0,3 \text{ tai } 0,2$$



⇒ Valitaan  $c_{pi} = 0,2$

$$\Rightarrow q_{w,k} = (-1,286\dots - 0,2) \cdot 0,45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cong -0,67 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



$$\begin{cases} c_{pe,1} = -1,4 \\ c_{pe,10} = -1,2 \end{cases}$$

Ajatellaan vektoriyhteenlaskuna sen mukaan, millä  $c_{pi}$ :n arvolla saadaan rakenneosan mitoituksen kannalta epäedullisin tuulen ominaiskuorma.

Ulkopuolisen paineen kertoimien  $c_{pe,1}$  ja  $c_{pe,10}$  arvot otettu SFS-EN 1991-1-4 + AC + A1 taulukosta 7.1.

- Pilarille aiheutuvat kuormat

- pistekuorma pilarin päähän

- omapaino (pysyvä aikaluokka)

$$\begin{aligned}
 G_k &= g_{k,vp} \cdot A_{vp} + g_{k,yp} \cdot A_{yp} \\
 &= 0,93 \frac{kN}{m^2} \cdot 2,05 m^2 + 0,8 \frac{kN}{m^2} \cdot 3,75 m^2 \\
 &= 4,9065 kN \\
 &\cong 4,91 kN
 \end{aligned}$$

Sisältää välipohjan ja yläpohjan omapainon.

- hyötykuorma (keskipitkä aikaluokka)

$$Q_{k,hyöty} = q_{k,hyöty} \cdot A_{vp} = 2,0 \frac{kN}{m^2} \cdot 2,05 m^2 = 4,1 kN$$

- lumikuorma (keskipitkä aikaluokka)

$$Q_{k,lumi} = q_{k,lumi} \cdot A_{yp} = 1,99 \frac{kN}{m^2} \cdot 3,75 m^2 = 7,4625 kN \cong 7,46 kN$$

- viivakuorma sivulta

- tuulikuorma (hetkellinen aikaluokka)

$$q_k = q_{w,k} \cdot \frac{A_{us}}{2,8 m} = -0,67 \frac{kN}{m^2} \cdot \frac{3,71 m^2}{2,8 m} = -0,88775 \frac{kN}{m} \cong -0,89 \frac{kN}{m} \quad (\text{imua})$$

Kuormitusyhdistely:

epäedullisempi näistä	$  \begin{cases}  1,15 \cdot K_{FI} \cdot G_k + 1,5 \cdot K_{FI} \cdot Q_{k,1} + 1,5 \cdot K_{FI} \cdot \sum \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \\  1,35 \cdot K_{FI} \cdot G_k  \end{cases}  $
-----------------------	---

- Kuormitusyhdistelmät

- KY1 (pysyvä aikaluokka)

$$F_d = 1,35 \cdot K_{FI} \cdot G_k$$

- KY2 (keskipitkä aikaluokka, lumikuorma määräävä)

$$F_d = 1,15 \cdot K_{FI} \cdot G_k + 1,5 \cdot K_{FI} \cdot \psi_{0,hyöty} \cdot Q_{k,hyöty} + 1,5 \cdot K_{FI} \cdot Q_{k,lumi}$$

- KY3 (hetkellinen aikaluokka, tuulikuorma määräävä)

$$F_d = 1,15 \cdot K_{FI} \cdot G_k + 1,5 \cdot K_{FI} \cdot \psi_{0,hyöty} \cdot Q_{k,hyöty} + 1,5 \cdot K_{FI} \cdot \psi_{0,lumi} \cdot Q_{k,lumi}$$

$$q_d = 1,5 \cdot K_{FI} \cdot q_k$$

– KY4 (hetkellinen aikaluokka, lumikuorma määräävä)

$$F_d = 1,15 \cdot K_{FI} \cdot G_k + 1,5 \cdot K_{FI} \cdot \psi_{0,hyöty} \cdot Q_{k,hyöty} + 1,5 \cdot K_{FI} \cdot Q_{k,lumi}$$

$$q_d = 1,5 \cdot K_{FI} \cdot \psi_{0,tuuli} \cdot q_k$$

• Mitoituskuormat

– KY1

$$F_d = 1,35 \cdot 1,0 \cdot 4,91 \text{ kN} \cong 6,63 \text{ kN}$$

Kertoimien  $\psi$  arvot otettu kansallisesta liitteestä (liite A1).

– KY2

$$F_d = 1,15 \cdot 1,0 \cdot 4,91 \text{ kN} + 1,5 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 4,1 \text{ kN} + 1,5 \cdot 1,0 \cdot 7,46 \text{ kN} \cong 21,14 \text{ kN}$$

– KY3

$$F_d = 1,15 \cdot 1,0 \cdot 4,91 \text{ kN} + 1,5 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 4,1 \text{ kN} + 1,5 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 7,46 \text{ kN} \cong 17,78 \text{ kN}$$

$$q_d = 1,5 \cdot 1,0 \cdot \left(-0,89 \frac{\text{kN}}{\text{m}}\right) \cong -1,34 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (\text{imua})$$

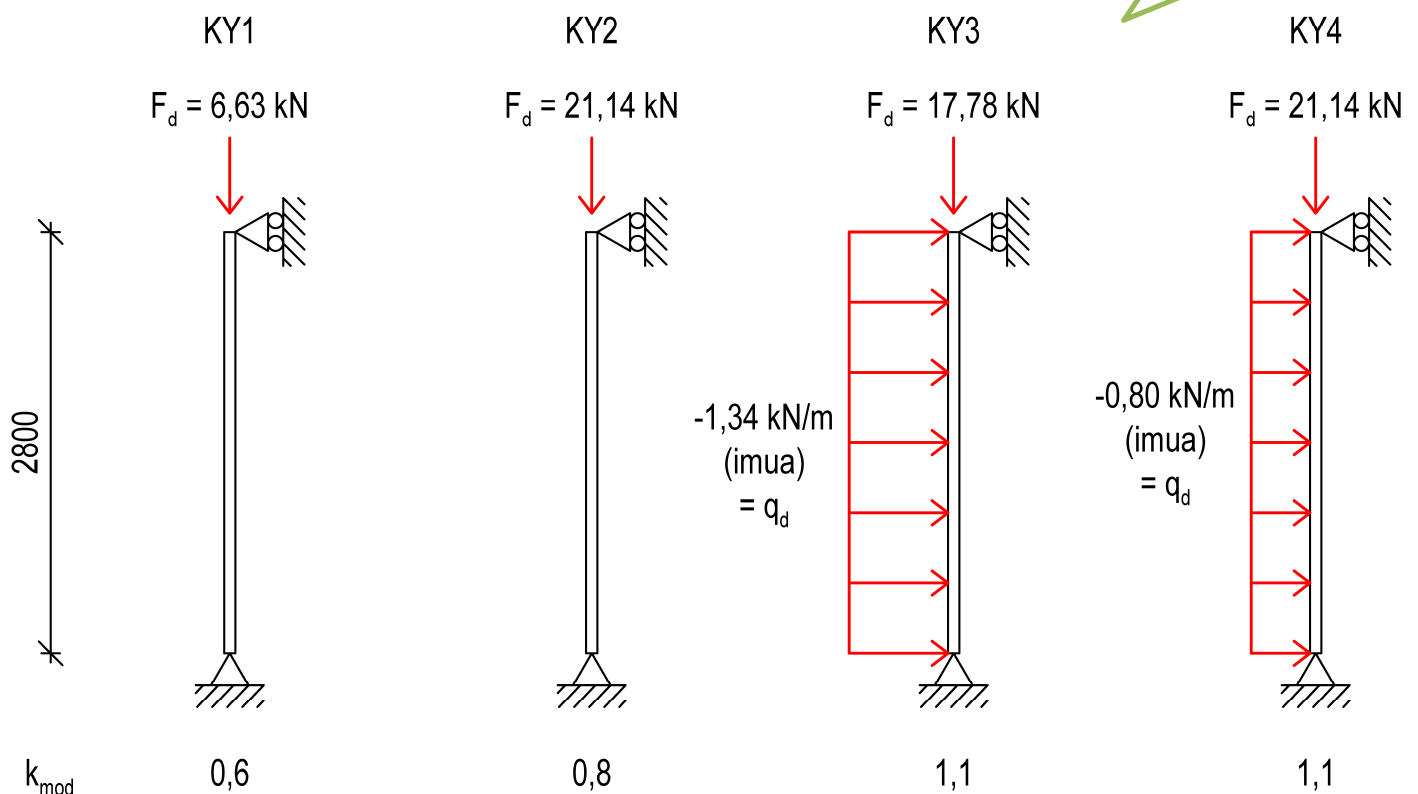
– KY4

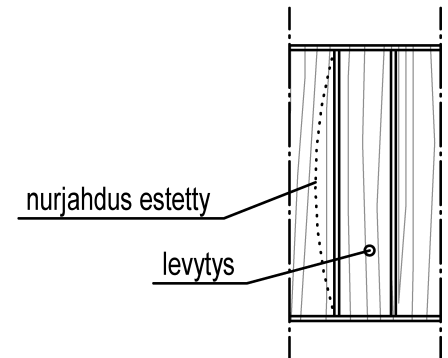
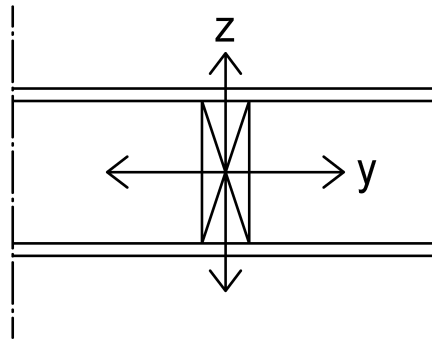
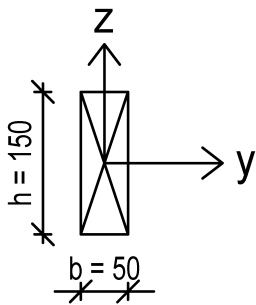
$$F_d = 1,15 \cdot 1,0 \cdot 4,91 \text{ kN} + 1,5 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 4,1 \text{ kN} + 1,5 \cdot 1,0 \cdot 7,46 \text{ kN} \cong 21,14 \text{ kN}$$

$$q_d = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot \left(-0,89 \frac{\text{kN}}{\text{m}}\right) \cong -0,80 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (\text{imua})$$

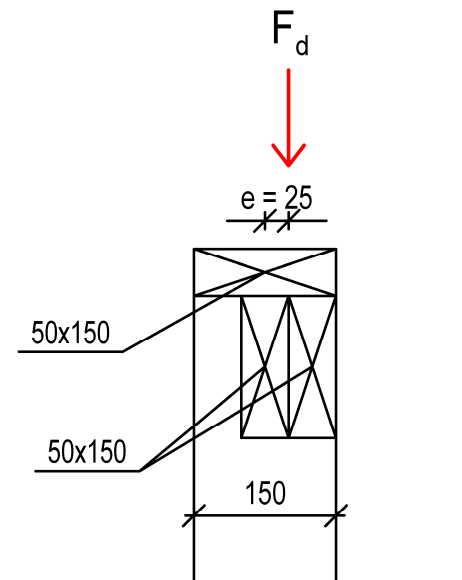
Rakennemalli kuormitusyhdistelmittäin

Liitokset nivelellisiä



Nurjahdussuunta

nurjahdus mahdollinen z-akselin suunnassa

Pistekuorman epäkeskisyyys

- Nurjahduskerroin ( $k_c$ )

– y-akselin suhteen (z-akselin suunnassa)

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{\frac{b \cdot h^3}{12}}{b \cdot h}} = \sqrt{\frac{50 \text{ mm} \cdot (150 \text{ mm})^3}{12 \cdot 50 \text{ mm} \cdot 150 \text{ mm}}} = 43,301... \text{ mm}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{c,z}}{i_y} = \frac{2800 \text{ mm}}{43,301... \text{ mm}} = 64,663...$$

$$L_{c,z} = 1,0 \cdot L = 1,0 \cdot 2800 \text{ mm} = 2800 \text{ mm}$$

(sauva nivelöity molemmista päistä)

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{64,663...}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{\frac{C24}{21} \frac{N}{\text{mm}^2}}{\frac{7400}{C24} \frac{N}{\text{mm}^2}}} = 1,0964...$$

⇒ Nurjahdus huomaitava ( $\lambda_{rel,y} > 0,3$ )

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

$$= 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (1,0964... - 0,3) + 1,0964...^2]$$

$$= 1,1807...$$

$$\beta_c = 0,2 \text{ (sahatavara)}$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{1,1807... + \sqrt{1,1807...^2 - 1,0964...^2}} = 0,6176...$$

- Mitoitusehto

$$\boxed{\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \overbrace{\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}}}^{=0} \leq 1}$$

missä

– KY1

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{F_d}{b \cdot h} = \frac{6630 \text{ N}}{50 \text{ mm} \cdot 150 \text{ mm}} = 0,884 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} \quad \left| \begin{array}{l} M_{y,d} = F_d \cdot e = 6630 \text{ N} \cdot 25 \text{ mm} = 165\,750 \text{ Nmm} \\ W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{50 \cdot (150 \text{ mm})^2}{6} = 187\,500 \text{ mm}^3 \end{array} \right.$$

$$= \frac{165\,750 \text{ Nmm}}{187\,500 \text{ mm}^3}$$

$$= 0,884 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot k_{sys} \cdot f_{c,0,k}}{\gamma_M}$$

$$= \frac{0,6 \cdot 1,0 \cdot 21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,4}$$

$$= 9,0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$k_{mod} = 0,6$  (sahatavara, käyttöluokka 1, pysyvä aikaluokka)

$k_{sys} = 1,0$  (kuormaa ei voida jakaa, pysyvä aikaluokka)

$$f_{c,0,k} = 21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (\text{C24})$$

$\gamma_M = 1,4$  (sahatavara)

$$f_{m,y,d} = \frac{k_{mod} \cdot k_h \cdot k_{sys} \cdot f_{m,y,k}}{\gamma_M}$$

$$= \frac{0,6 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,4}$$

$$= 10,285... \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

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

$$f_{m,y,k} = 24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (\text{C24})$$

$$\Rightarrow \frac{0,884 \frac{N}{mm^2}}{0,6176 \dots 9,0 \frac{N}{mm^2}} + \frac{0,884 \frac{N}{mm^2}}{10,285 \dots \frac{N}{mm^2}} \leq 1$$

$$0,2449 \dots \leq 1$$

Mitoitusehto täyttyy. Käyttöaste 24 %.

– KY2

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{F_d}{b \cdot h} = \frac{21\,140\,N}{50\,mm \cdot 150\,mm} = 2,818 \dots \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} \quad \left| \begin{array}{l} M_{y,d} = F_d \cdot e = 21\,140\,N \cdot 25\,mm \\ \quad = 528\,500\,Nmm \\ W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{50 \cdot (150\,mm)^2}{6} = 187\,500\,mm^3 \end{array} \right.$$

$$= \frac{528\,500\,Nmm}{187\,500\,mm^3}$$

$$= 2,818 \dots \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot k_{sys} \cdot f_{c,0,k}}{\gamma_M}$$

$$= \frac{0,8 \cdot 1,0 \cdot 21 \frac{N}{mm^2}}{1,4}$$

$$= 12,0 \frac{N}{mm^2}$$

$k_{mod} = 0,8$  (sahatavara, käyttöluokka 1, keskipitkä aikaluokka)

$k_{sys} = 1,0$  (kuormaa ei voida jakaa, keskipitkä aikaluokka)

$f_{c,0,k} = 21 \frac{N}{mm^2}$  (C24)

$\gamma_M = 1,4$  (sahatavara)

$$f_{m,y,d} = \frac{k_{mod} \cdot k_h \cdot k_{sys} \cdot f_{m,y,k}}{\gamma_M}$$

$$= \frac{0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 24 \frac{N}{mm^2}}{1,4}$$

$$= 13,7142 \dots \frac{N}{mm^2}$$

$k_h = \left(\frac{150}{h}\right)^{0,2} = \left(\frac{150}{150}\right)^{0,2} = 1,0$  ( $\leq 1,3$ )

$f_{m,y,k} = 24 \frac{N}{mm^2}$  (C24)

$$\Rightarrow \frac{2,818 \dots \frac{N}{mm^2}}{0,6176 \dots 12,0 \frac{N}{mm^2}} + \frac{2,818 \dots \frac{N}{mm^2}}{13,7142 \dots \frac{N}{mm^2}} \leq 1$$

$$0,5857 \dots \leq 1$$

Mitoitusehto täyttyy. Käyttöaste 59 %.



– KY3

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{F_d}{b \cdot h} = \frac{17\,780\text{ N}}{50\text{ mm} \cdot 150\text{ mm}} = 2,370 \dots \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{m,y,d} &= \frac{M_{y,d}}{W_y} \\ &= \frac{1,7577 \cdot 10^6\text{ Nmm}}{187\,500\text{ mm}^3} \\ &= 9,3744 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{y,d} &= \frac{1}{8} q_d L^2 + F_d \cdot e \quad (+\cup) \\ &= \frac{1}{8} \cdot 1,34 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \cdot (2800\text{ mm})^2 + 17\,780\text{ N} \cdot 25\text{ mm} \\ &= 1,7577 \cdot 10^6\text{ Nmm} \\ W_y &= \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{50 \cdot (150\text{ mm})^2}{6} = 187\,500\text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{c,0,d} &= \frac{k_{\text{mod}} \cdot k_{\text{sys}} \cdot f_{c,0,k}}{\gamma_M} \\ &= \frac{1,1 \cdot 1,0 \cdot 21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,4} \\ &= 16,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{\text{mod}} &= 1,1 \quad (\text{sahatavara, käyttöluokka 1,} \\ &\quad \text{hetkellinen aikaluokka)} \\ k_{\text{sys}} &= 1,0 \quad (\text{kuormaa ei voida jakaa)} \\ f_{c,0,k} &= 21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (\text{C24}) \\ \gamma_M &= 1,4 \quad (\text{sahatavara}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{m,y,d} &= \frac{k_{\text{mod}} \cdot k_h \cdot k_{\text{sys}} \cdot f_{m,y,k}}{\gamma_M} \\ &= \frac{1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,4} \\ &= 18,8571 \dots \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_h &= \left(\frac{150}{h}\right)^{0,2} = \left(\frac{150}{150}\right)^{0,2} = 1,0 \quad (\leq 1,3) \\ f_{m,y,k} &= 24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (\text{C24}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \frac{2,370 \dots \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{0,6176 \dots \cdot 16,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} + \frac{9,3744 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{18,8571 \dots \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} &\leq 1 \\ &0,7297 \dots \leq 1 \end{aligned}$$

Mitoitusehto täyttyy. Käyttöaste 73 %.

– KY4

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{F_d}{b \cdot h} = \frac{21\,140\text{ N}}{50\text{ mm} \cdot 150\text{ mm}} = 2,818 \dots \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{m,y,d} &= \frac{M_{y,d}}{W_y} \\ &= \frac{1,3125 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{187\,500 \text{ mm}^3} \\ &= 7,0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{y,d} &= \frac{1}{8} q_d L^2 + F_d \cdot e \quad (+\cup) \\ &= \frac{1}{8} \cdot 0,80 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \cdot (2800 \text{ mm})^2 + 21\,140 \text{ N} \cdot 25 \text{ mm} \\ &= 1,3125 \cdot 10^6 \text{ Nmm} \\ W_y &= \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{50 \cdot (150 \text{ mm})^2}{6} = 187\,500 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f_{c,0,d} &= \frac{k_{\text{mod}} \cdot k_{\text{sys}} \cdot f_{c,0,k}}{\gamma_M} \\ &= \frac{1,1 \cdot 1,0 \cdot 21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,4} \\ &= 16,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\end{aligned}$$

$$k_{\text{mod}} = 1,1 \quad (\text{sahatavara, käyttöluokka 1, hetkellinen aikaluokka})$$

$$k_{\text{sys}} = 1,0 \quad (\text{kuormaa ei voida jakaa})$$

$$f_{c,0,k} = 21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (\text{C24})$$

$$\gamma_M = 1,4 \quad (\text{sahatavara})$$

$$\begin{aligned}f_{m,y,d} &= \frac{k_{\text{mod}} \cdot k_h \cdot k_{\text{sys}} \cdot f_{m,y,k}}{\gamma_M} \\ &= \frac{1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,4} \\ &= 18,8571 \dots \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\end{aligned}$$

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

$$f_{m,y,k} = 24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (\text{C24})$$

$$\begin{aligned}\Rightarrow \frac{2,818 \dots \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{0,6176 \dots \cdot 16,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} + \frac{7,0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{18,8571 \dots \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} &\leq 1 \\ &0,6478 \dots \leq 1\end{aligned}$$

Mitoitusehto täyttyy. Käyttöaste 65 %. Pilarin nurjahduskestävyyttä ei ylitetä.

## Alasidepuun kiskopainekestävyys (MRT)

- KY2 (mitoitettava kuormitusyhdistelmä)

– mitoitusehto

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

missä

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_d}{A_{ef}} = \frac{21\,140\,N}{(50\,mm + 2 \cdot 30\,mm) \cdot 150\,mm} = 1,281 \dots \frac{N}{mm^2}$$

$$k_{c,90} = 1,25 \quad (\text{jatkuva tuki, sahatavara})$$

$$\begin{aligned} f_{c,90,d} &= \frac{k_{mod} \cdot k_{sys} \cdot f_{c,90,k}}{\gamma_M} \\ &= \frac{0,8 \cdot 1,0 \cdot 2,5 \frac{N}{mm^2}}{1,4} \\ &= 1,428 \dots \frac{N}{mm^2} \end{aligned}$$

$k_{mod} = 0,8$  (sahatavara, käyttöluokka 1, keskipitkä aikaluokka)

$k_{sys} = 1,0$  (kuormaa ei voida jakaa, keskipitkä aikaluokka)

$f_{c,90,k} = 2,5 \frac{N}{mm^2}$  (C24)

$\gamma_M = 1,4$  (sahatavara)

$$\Rightarrow 1,281 \dots \frac{N}{mm^2} \leq 1,25 \cdot 1,428 \dots \frac{N}{mm^2}$$

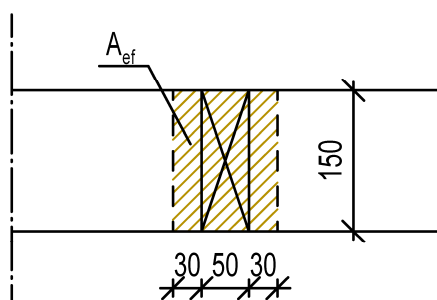
$$1,281 \dots \frac{N}{mm^2} \leq 1,785 \dots \frac{N}{mm^2}$$

Mitoitusehto täyttyy. Alasidepuun kiskopainekestävyyttä ei ylitetä.

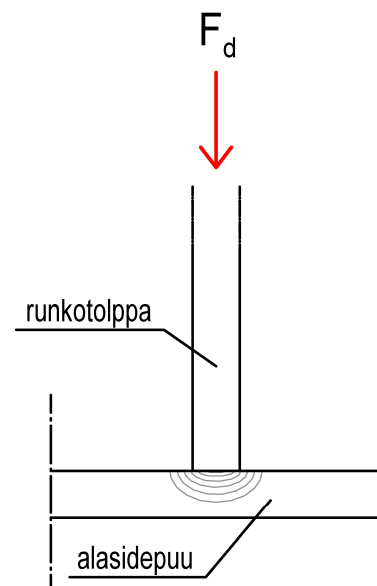
– käyttöaste

$$\frac{1,281 \dots \frac{N}{mm^2}}{1,785 \dots \frac{N}{mm^2}} \cdot 100\% \cong 72\%$$

Alasidepuun tehollinen pinta-ala



Pistekuorman aiheuttama kiskopaine



# Liite 12. Katon lumikuorman määrittäminen

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

missä

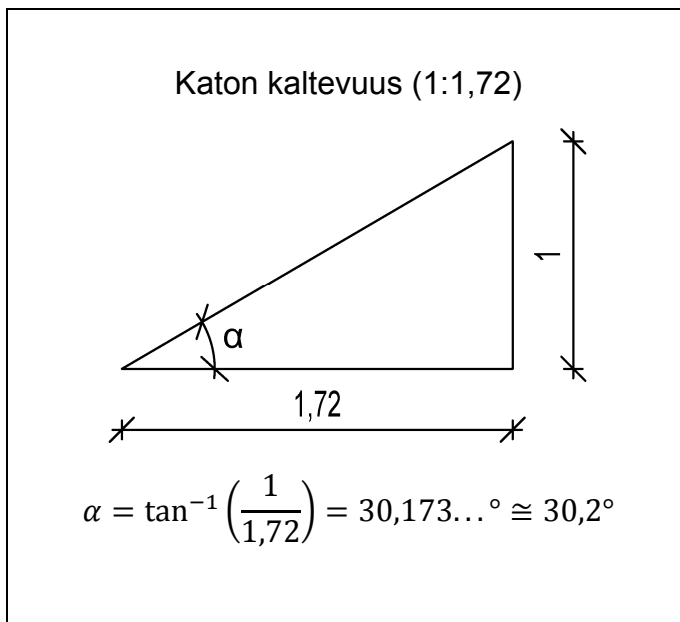
$C_e = 1$  (normaali maasto: tuuli ei huomattavasti poista lunta)

$C_t = 1$  (katto lämpöeristetty)

$$s_k = 2,50 \frac{kN}{m^2} \text{ (Kauhajoki)}$$

$$\begin{aligned} \mu_1 &= 0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30} \\ &= 0,8 \cdot \frac{(60 - 30,2)}{30} \\ &= 0,7946\dots \end{aligned}$$

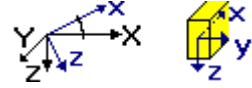
$$\Rightarrow s = 0,7946\dots \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2,5 \frac{kN}{m^2} = 1,986\dots \frac{kN}{m^2} \cong 1,99 \frac{kN}{m^2}$$



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 2.3 SR1 (2.4.017)**

RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)



## PROJEKTITIEDOT:

Suunnittelija: Tuomas Havunen  
 Projekti: Koivikko-Lisälä

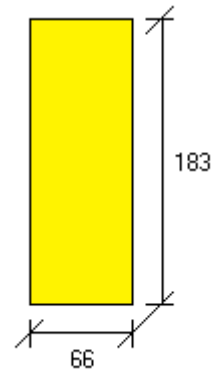
Hyötykuorma 2,0 kN/m<sup>2</sup>

Nimi: Välipohja

G:\...Entisen Palakulman välipohja k380 - hyötykuorma 2,0 kN\_m2.s01

**RAKENNETIEDOT:**

Rakennetyyppi: Vapaa rakenne  
 Materiaali: C24  
 Poikkileikkaus: 66x183  
 (B=66 mm, H=183 mm, A=12078 mm<sup>2</sup>, I<sub>y</sub>=33706678 mm<sup>4</sup>, W<sub>y</sub>=368379 mm<sup>3</sup>)  
 Käyttöluokka: 1  
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)  
 Jako/kuormituslev.: 380 mm (pintakuomille)



## Uloke-/jännevälipituudet:

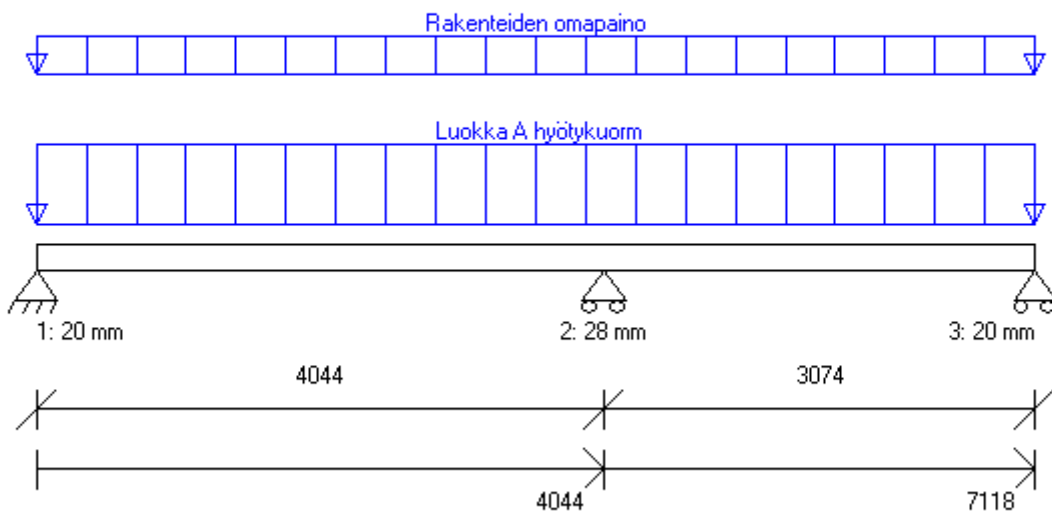
Uloke/jänneväli: Vaakamitta [mm]:  
 Jänneväli 1: 4044.0  
 Jänneväli 2: 3074.0  
 Yhteensä: 7118.0

Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	0	20	Kiinteä niveltuki (X,Z)
2:	4044	28	Liukutuki (Z)
3:	7118	20	Liukutuki (Z)

f<sub>m,k</sub> (M<sub>y</sub>): 24.00 N/mm<sup>2</sup>  
 f<sub>m,k</sub> (M<sub>z</sub>): 28.28 N/mm<sup>2</sup>  
 f<sub>c,0,k</sub>: 21.00 N/mm<sup>2</sup>  
 f<sub>c,90,k</sub>: 2.50 N/mm<sup>2</sup>  
 f<sub>t,0,k</sub>: 14.00 N/mm<sup>2</sup>  
 f<sub>v,k</sub> (V<sub>z</sub>): 4.00 N/mm<sup>2</sup>  
 f<sub>v,k</sub> (V<sub>y</sub>): 4.00 N/mm<sup>2</sup>  
 E<sub>mean</sub>: 11000 N/mm<sup>2</sup>

G <sub>mean</sub> :	690 N/mm <sup>2</sup>
E 0.05:	7400 N/mm <sup>2</sup>
G 0.05:	460 N/mm <sup>2</sup>
Tilavuuspaino:	5.00 kN/m <sup>3</sup> (omapainon laskentaa varten)

Osavarmuusluku:	1.40
Aikaluokka:	kmod:
Pysyvä:	0.600
Pitkäaikainen:	0.700
Keskipitkä:	0.800
Lyhytaikainen:	0.900
Hetkellinen:	1.100
<hr/>	
k <sub>def</sub> :	0.600

**KUORMITUSTIEDOT:**

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Pintakuorma: 1:  $QZ = 0.930 \text{ kN/m}^2$   $x = 0 - 7118 \text{ mm}$  (Rakenteiden omapaino)

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

Pintakuorma: 1:  $QZ = 2.000 \text{ kN/m}^2$   $x = 0 - 7118 \text{ mm}$  (Luokka A hyötykuorma)**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 + RIL 205-1-2009

Kokonaiskäyttöaste: 107.4 %

---

#### MITOITUSPARAMETRIT:

Taipumaraja Winst: L/400

Taipumaraja Wnet,fin: L/300

Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00

Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00

Nurjhdus 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. kuomitukset neutraaliakselilla/kiepahdustukien kautta)

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

---

#### VÄRÄHTELYN LASKENTA-ASETUKSET:

---

Huoneen suurin mita L [m]:	9
Lattiarakenteen leveys B [m]:	9
Välipohjan tuentatapa:	2 reunaa tuettu
Ulokkeen lyhennys [mm]:	0.0
Poikittaisjäykisteet:	2 jäykistelinjaa/jänneväli
Yläpuolinen lattialevy / rakenne:	Lastulevy 22 mm (EN 312-6)
Liittorakennevaikutus:	Työmaaliimaus
Kelluva rakenne / poikittaiskoolaus+levytys:	22 mm lattialevy (E=4000 N/mm <sup>2</sup> )
Alapuolet poikittaiskoolaukset:	48x48 k600
Pinta-alayksikön massa [kg/m <sup>2</sup> ]:	127

HUOM! Poikittaisjäykisteet vaativat vetolaudan 22x100 (min C18), joka kiinnitetään jäykisteisiin vähintään naulauksella 2.8x75 k200

HUOM! Laskelmissa oletetaan, että poikittaisjäykisteen ylä- ja alapuolella on vetolauta tai levytys

HUOM! Laskelmissa oletetaan, että lattialevyt asennetaan poikittain lattian pituussuuntaan nähden

HUOM! Alapuolet poikittaiskoolaukset on kiinnitettävä lattiapalkkeihin ruuveilla tai profiloituilla kampa- tai kierrenauloilla

HUOM! Laskelmissa on käytetty poikittaiskoolaukselle sahatavaran C18 materiaaliarvoja

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

Reunajännevälit 0.90xL

#### MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	3.77 kN	12.33 kN	30.5 %	4044 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	2.58 kNm	4.70 kNm	55.0 %	4044 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
(ilman kiepahdusta):	2.58 kNm	5.05 kNm	51.2 %	4044 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipaine, tuki 1:	2.63 kN	4.71 kN	55.8 %	0 mm	Yhdistelmä 2/3, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 2.50					
Tukipaine, tuki 2:	6.98 kN	9.90 kN	70.5 %	4044 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 3.75					
Tukipaine, tuki 3:	1.97 kN	4.71 kN	41.7 %	7118 mm	Yhdistelmä 2/4, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 2.50					
jänneväli 1, Winst:	6.8 mm	10.1 mm	67.3 %	1957 mm	Yhdistelmä 14/2
jänneväli 1, Wnet,fin:	8.8 mm	13.5 mm	65.3 %	1780 mm	Yhdistelmä 14/2
jänneväli 2, Winst:	2.2 mm	7.7 mm	28.2 %	5694 mm	Yhdistelmä 14/3
jänneväli 2, Wnet,fin:	2.7 mm	10.2 mm	26.0 %	5694 mm	Yhdistelmä 14/3
Taipuma U:	0.5 mm	0.5 mm	107.4%		(Värähtelytarkastelu)
Taajuus f1:	9.8 Hz	9.0 Hz	92.2%		(Värähtelytarkastelu)

#### 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:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
V <sub>z,max</sub>	3.77 kN	4044 mm
M <sub>y,max</sub>	2.58 kNm	4044 mm

#### TUKIREAKTIOT:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	2.63 kN	0.37 kN	1.89 kN	0.47 kN
2:	6.98 kN	1.44 kN	5.03 kN	1.60 kN
3:	1.97 kN	-0.11 kN	1.39 kN	0.06 kN

- Tukipisteisiin syntyy nostetta, varmista ankkurointi

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

#### TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapaus:	Omapaino
Tuki:	FZ [kN]:
1:	0.57
2:	1.60
3:	0.35

Kuormitustapaus:	Hyötykuorma, jänneväli 1
Tuki:	FZ [kN]:
1:	1.32
2:	2.04
3:	-0.29

Kuormitustapaus:	Hyötykuorma, jänneväli 2
Tuki:	FZ [kN]:
1:	-0.10
2:	1.39
3:	1.04

#### HUOMIOT:

- EN 1995-1-1-standardin, sen täydennysosan A1:2008 ja Suomen kansallisten liitteiden sekä RIL 205-1-2009 -suunnitteluohjeen mukainen laskenta
- VTT on tehnyt kolmannen osapuolen tarkistuksen ohjelmalle (VTT-S-03937-12)
- 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 käyttörajatilamitoituksessa
  - Leikkausmuodonmuutos ei ole mukana voimasuureiden laskennassa
  - Värähtelyn minimoimiseksi tulee varmistaa ankkurointi myös välituella/tuilla
  - Rakenneosan koon vaikutus lujuteen on otettu huomioon ominaisarvoissa kertoimilla kh ja kl
  - Rakenneosan mahdollinen halkeilu käyttöluokassa 1 on huomioitu kertoimella kcr, joka on mukana leikkauslujuuden mitoitusarvossa fv,d
  - 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.

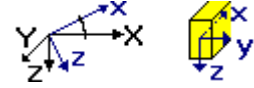
Finnwood-ohjelmistolla tehdyt laskelmat ja tulosteet ovat voimassa vain ohjelmistoon tallennettujen Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Woodin tuotteiden kanssa. Nämä tuotteet on tarvittaessa osoitettava rakennuspaikalla hankkeen osapuolille sekä viranomaisille. Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood tai sen tytäryhtiöt 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.

---

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 2.3 SR1 (2.4.017)**

RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)

**PROJEKTITIEDOT:**

Suunnittelija: Tuomas Havunen

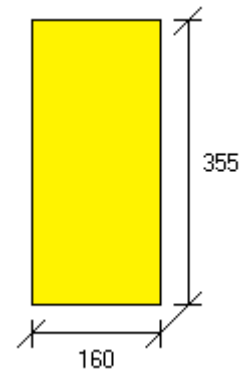
Projekti: Koivikko-Lisälä

Nimi: LP-pilari

G:\Opinnäytetyö\Finnwood-laskelmat\LP-pilari.s01

**RAKENNETIEDOT:**

Rakennetyyppi: Vapaa rakenne  
 Materiaali: GL28c  
 Poikkileikkaus: 160x355  
 (B=160 mm, H=355 mm, A=56800 mm<sup>2</sup>, I<sub>y</sub>=596518333 mm<sup>4</sup>, W<sub>y</sub>=3360667 mm<sup>3</sup>)  
 Käyttöluokka: 1  
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)  
 Kulma: 90.0 astetta  
 Jako/kuormituslev.: 4690 mm (pintakuormille)

**Uloke-/jännevälipituudet:**

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

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

f<sub>m,k</sub> (M<sub>y</sub>): 29.51 N/mm<sup>2</sup>  
 f<sub>m,k</sub> (M<sub>z</sub>): 28.00 N/mm<sup>2</sup>  
 f<sub>c,0,k</sub>: 24.00 N/mm<sup>2</sup>  
 f<sub>c,90,k</sub>: 2.70 N/mm<sup>2</sup>  
 f<sub>t,0,k</sub>: 17.39 N/mm<sup>2</sup>  
 f<sub>v,k</sub> (V<sub>z</sub>): 2.70 N/mm<sup>2</sup>  
 f<sub>v,k</sub> (V<sub>y</sub>): 2.70 N/mm<sup>2</sup>  
 E<sub>mean</sub>: 12600 N/mm<sup>2</sup>  
 G<sub>mean</sub>: 720 N/mm<sup>2</sup>  
 E 0.05: 10200 N/mm<sup>2</sup>  
 G 0.05: 580 N/mm<sup>2</sup>

Tilavuuspaino: 5.00 kN/m<sup>3</sup> (omapainon laskentaa varten)

Osavamuusluku: 1.20

Aikaluokka: kmod:

Pysyvä: 0.600

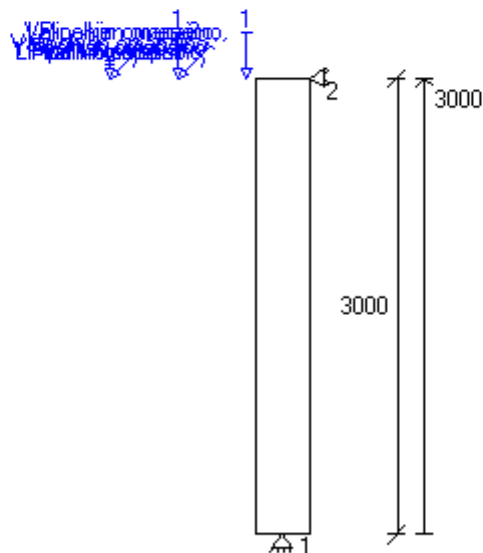
Pitkäaikainen: 0.700

Keskipitkä: 0.800

Lyhytaikainen: 0.900

Hetkellinen: 1.100

kdef: 0.600



#### KUORMITUSTIEDOT:

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Pistekuorma: 1:	FZ = 0.61 kN	x = 3000.0 mm	(Pilarin omapaino)
Pistekuorma: 2:	FZ = 16.10 kN	x = 3000.0 mm	(Välipohjan omapaino)
Pistekuorma: 3:	FZ = 0.75 kN	x = 3000.0 mm	(LP-palkin omapaino)
Pistekuorma: 4:	FZ = 13.85 kN	x = 3000.0 mm	(Yläpohjan omapaino)
Pistekuorma: 5:	My = 2.069 kNm	x = 3000.0 mm	(Välipohjan omapaino, epäkeskisyyss)
Pistekuorma: 6:	My = 0.096 kNm	x = 3000.0 mm	(LP-palkin omapaino, epäkeskisyyss)

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

Pistekuorma: 1:	FZ = 34.62 kN	x = 3000.0 mm
-----------------	---------------	---------------

Pistekuorma: 2:  $M_y = 4.449 \text{ kNm}$   $x = 3000.0 \text{ mm}$

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

Pistekuorma: 1:  $F_Z = 34.45 \text{ kN}$   $x = 3000.0 \text{ mm}$

#### KUORMITUSYHDISTELMÄT:

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 4 (MRT, Keskipitkä)

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

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)

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

Yhdistelmä 8 (MRT, Keskipitkä)

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

Yhdistelmä 9 (KRT)

1.00\*Omapaino

Yhdistelmä 10 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*Hyötykuorma + 1.00\*0.70\*Lumikuorma

Yhdistelmä 11 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*0.70\*Hyötykuorma + 1.00\*Lumikuorma

Yhdistelmä 12 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*0.70\*Hyötykuorma + 1.00\*0.70\*Lumikuorma

#### MITOITUS:

Mitoitusstandardi: EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1-2009

Kokonaiskäyttöaste: 27.8 %

#### MITOITUSPARAMETRIT:

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

Korotuserroin, vasen uloke: 2.00

Korotuserroin, 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  
 Värähtelymitoitusta ei ole tehty

**MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:**

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	3.05 kN	45.67 kN	6.7 %	2680 mm	Yhdistelmä 3/1, Keskipitkä
Puristus:	124.10 kN	695.94 kN	17.8 %	2680 mm	Yhdistelmä 4/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	9.16 kNm	66.11 kNm	13.9 %	3000 mm	Yhdistelmä 3/1, Keskipitkä
Taivutus+puristus:	0.28	1.00	27.8 %	3000 mm	Yhdistelmä 4/1, Keskipitkä
(My=9.16 kNm, Mz=0.00 kNm, Nx=124.10 kN)					
jänneväli 1, Winst:	0.5 mm	-mm	0.0 %	1725 mm	Yhdistelmä 10/1
jänneväli 1, Wnet,fin:	0.7 mm	10.0 mm	6.7 %	1725 mm	Yhdistelmä 10/1

**ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT**

Yhdistelmä 3/1 (Keskipitkä):

1.15\*Omapaino + 1.50\*Hyötykuorma

Yhdistelmä 4/1 (Keskipitkä):

1.15\*Omapaino + 1.50\*Hyötykuorma + 1.05\*Lumikuorma

Yhdistelmä 10/1 :

1.00\*Omapaino + 1.00\*Hyötykuorma + 0.70\*Lumikuorma

**VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:**

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
Nx,max	124.10 kN	2680 mm
Vz,max	3.05 kN	2680 mm
My,max	9.16 kNm	3000 mm

**TUKIREAKTIOT:**

FX:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	-0.65 kN	-3.05 kN	-0.72 kN	-2.20 kN
2:	3.05 kN	0.65 kN	2.20 kN	0.72 kN

FZ:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	124.10 kN	28.18 kN	90.04 kN	31.31 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:	-0.72	31.31
2:	0.72	0.00

---

Kuomitustapaus:	Hyötykuorma	
Tuki:	FX [kN]:	FZ [kN]:
1:	-1.48	34.62
2:	1.48	0.00

---

Kuomitustapaus:	Lumikuorma	
Tuki:	FZ [kN]:	
1:	34.45	
2:	0.00	

---

**HUOMIOT:**

- 
- EN 1995-1-1-standardin, sen täydennysosan A1:2008 ja Suomen kansallisten liitteiden sekä RIL 205-1-2009 -suunnitteluohjeen mukainen laskenta
  - VTT on tehnyt kolmannen osapuolen tarkistuksen ohjelmalle (VTT-S-03937-12)
  - 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 käyttörajatilamitoituksessa
  - Leikkausmuodonmuutos ei ole mukana voimasuureiden laskennassa
  - Rakenneosan koon vaikutus lujuuteen on otettu huomioon ominaisarvoissa kertoimilla kh ja kl
  - Rakenneosan mahdollinen halkeilu käyttöluokassa 1 on huomioitu kertoimella kcr, joka on mukana leikkauslujuuden mitoitusarvossa fv,d
  - 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 pääarakennesuunnittelijan tarkistettava erikseen.

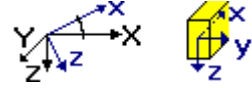
Finnwood-ohjelmistolla tehdyt laskelmat ja tulosteet ovat voimassa vain ohjelmistoon tallennettujen Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Woodin tuotteiden kanssa. Nämä tuotteet on tarvittaessa osoitettava rakennuspaikalla hankkeen osapuolille sekä viranomaisille. Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood tai sen tytäryhtiöt 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.

---

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 2.3 SR1 (2.4.017)**

RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)

**PROJEKTITIEDOT:**

Suunnittelija: Tuomas Havunen

Projekti: Koivikko-Lisälä

Nimi: LP-palkki

G:\Opinnäytetyö\Finnwood-laskelmat\LP-palkki.s01

**RAKENNETIEDOT:**

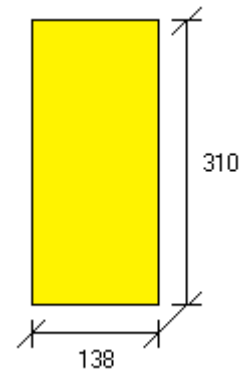
Rakennetyyppi: Vapaa rakenne  
 Materiaali: GL28c  
 Poikkileikkaus: 138x310  
 (B=138 mm, H=310 mm, A=42780 mm<sup>2</sup>, I<sub>y</sub>=342596500 mm<sup>4</sup>, W<sub>y</sub>=2210300 mm<sup>3</sup>)  
 Käyttöluokka: 1 (suojakäsittely halkeilua vastaan)  
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)  
 Jako/kuormituslev.: 3630 mm (pintakuomille)

**Uloke-/jännevälipituudet:**

Uloke/jänneväli: Vaakamitta [mm]:  
 Jänneväli 1: 4700.0  
 Yhteensä: 4700.0

Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	0	160	Jäykkä tuki
2:	4700	80	Liukutuki (Z)

f <sub>m,k</sub> (M <sub>y</sub> ):	29.91 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>m,k</sub> (M <sub>z</sub> ):	28.00 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>c,0,k</sub> :	24.00 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>c,90,k</sub> :	2.70 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>t,0,k</sub> :	17.63 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>v,k</sub> (V <sub>z</sub> ):	2.70 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>v,k</sub> (V <sub>y</sub> ):	2.70 N/mm <sup>2</sup>
E <sub>mean</sub> :	12600 N/mm <sup>2</sup>
G <sub>mean</sub> :	720 N/mm <sup>2</sup>
E 0.05:	10200 N/mm <sup>2</sup>
G 0.05:	580 N/mm <sup>2</sup>
Tilavuuspaino:	5.00 kN/m <sup>3</sup> (omapainon laskentaa varten)





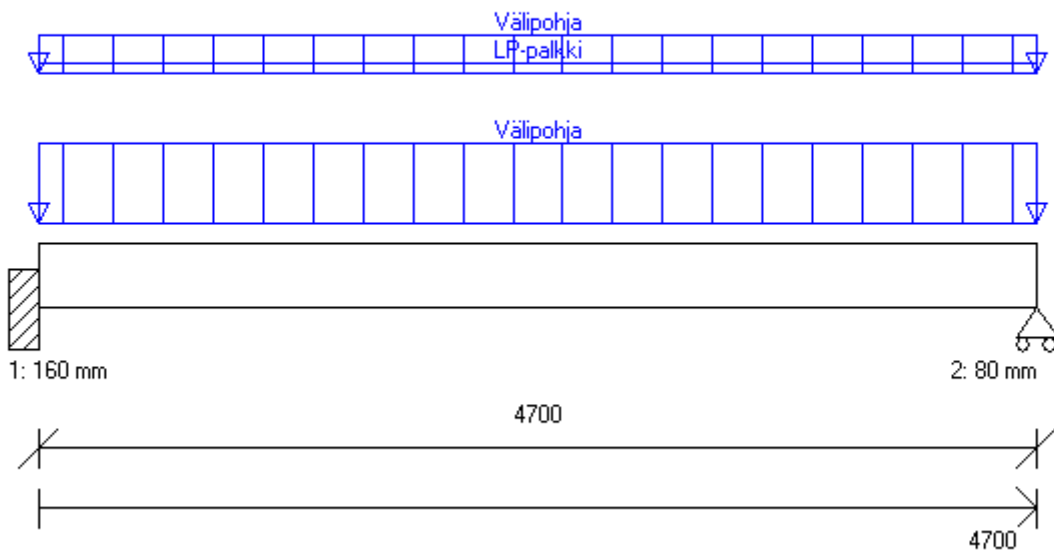
---

Osavamuusluku:	1.20
Aikaluokka:	kmod:
Pysyvä:	0.600
Pitkäaikainen:	0.700
Keskipitkä:	0.800
Lyhytaikainen:	0.900
Hetkellinen:	1.100

---

kdef:	0.600
-------	-------

---

**KUORMITUSTIEDOT:**


---

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

viivakuorma: 1: QZ = 0.159 kN/m x = 0 - 4700 mm (LP-palkki)

Pintakuorma: 1: QZ = 0.930 kN/m<sup>2</sup> x = 0 - 4700 mm (Välipohja)

---

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

Pintakuorma: 1: QZ = 2.000 kN/m<sup>2</sup> x = 0 - 4700 mm (Välipohja)

---

**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 + RIL 205-1-2009

Kokonaiskäyttöaste: 93.7 %

---

#### 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 = Päätukien välimatka

Kiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: Lk2 = Päätukien välimatka

Lef1 = Lk1+2xH ja Lef2 = Lk2 (Esim. kuormitus rakenteen yläpinnassa)

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

Värähtelymitoitusta ei ole tehty

---

#### MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	43.93 kN	51.34 kN	85.6 %	0mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

---

Taivutus (My):	41.29 kNm	44.08 kNm	93.7 %	0 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
(ilman kiepahdusta):	41.29 kNm	44.08 kNm	93.7 %	0 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipaine, tuki 1:	43.93 kN	70.79 kN	62.1 %	0 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.78					
Tukipaine, tuki 2:	26.36 kN	40.99 kN	64.3 %	4700 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 2.06					
jänneväli 1, Winst:	7.9 mm	11.8 mm	67.6 %	2702 mm	Yhdistelmä 14/1
jänneväli 1, Wnet,fin:	10.5 mm	15.7 mm	66.8 %	2702 mm	Yhdistelmä 14/1

## ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):

1.15\*Omapaino + 1.50\*Hyötykuorma

Yhdistelmä 14/1 :

1.00\*Omapaino + 1.00\*Hyötykuorma

## VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
V <sub>z,max</sub>	43.93 kN	0 mm
M <sub>y,max</sub>	41.29 kNm	0 mm

## TUKIREAKTIOT:

FZ:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	43.93 kN	9.35 kN	31.71 kN	10.38 kN
2:	26.36 kN	5.61 kN	19.03 kN	6.23 kN

MY:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	41.29 kNm	8.78 kNm	29.81 kNm	9.76 kNm
2:	0.00 kNm	0.00 kNm	0.00 kNm	0.00 kNm

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

## TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapaus:	Omapaino	
Tuki:	FZ [kN]:	MY [kNm]:
1:	10.38	9.76
2:	6.23	0.00

Kuormitustapaus:	Hyötykuorma	
Tuki:	FZ [kN]:	MY [kNm]:
1:	21.33	20.05
2:	12.80	0.00

## HUOMIOT:

- 
- EN 1995-1-1-standardin, sen täydennysosan A1:2008 ja Suomen kansallisten liitteiden sekä RIL 205-1-2009 -suunnitteluohjeen mukainen laskenta
  - VTT on tehnyt kolmannen osapuolen tarkistuksen ohjelmalle (VTT-S-03937-12)
  - 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 käyttörajatilamitoituksessa
  - Leikkausmuodonmuutos ei ole mukana voimasuureiden laskennassa
  - Rakenneosan koon vaikutus lujuteen on otettu huomioon ominaisarvoissa kertoimilla kh ja kl
  - Rakenneosalle on tehty suojakäsittely halkeilua vastaan (esimerkiksi 2-kertainen säänkestävä lakkaus)
  - Suunnittelijan tulee kiinnittää huomiota myös rakennedetaileihin 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.

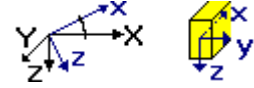
Finnwood-ohjelmistolla tehdyt laskelmat ja tulosteet ovat voimassa vain ohjelmistoon tallennettujen Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Woodin tuotteiden kanssa. Nämä tuotteet on tarvittaessa osoitettava rakennuspaikalla hankkeen osapuolille sekä viranomaisille. Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood tai sen tytäryhtiöt 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.

---

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 2.3 SR1 (2.4.017)**

RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)

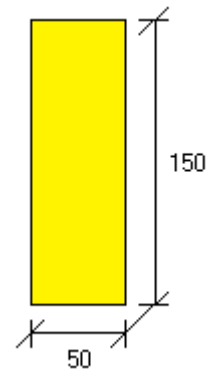
**PROJEKTITIEDOT:**

Suunnittelija: Tuomas Havunen  
 Projekti: Koivikko-Lisälä  
 Nimi: Ulkoseinän runkotolppa

G:\...\Ulkoseinän runkotolppa.s01

**RAKENNETIEDOT:**

Rakennetyyppi: Pilari  
 Materiaali: C24  
 Poikkileikkaus: 50x150  
 (B=50 mm, H=150 mm, A=7500 mm<sup>2</sup>, I<sub>y</sub>=14062500 mm<sup>4</sup>, W<sub>y</sub>=187500 mm<sup>3</sup>)  
 Käyttöluokka: 1  
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)  
 Kulma: 90.0 astetta  
 Jako/kuormituslev.: 1325 mm (pintakuormille)

**Uloke-/jännevälipituudet:**

Uloke/jänneväli: Pystymitta [mm]:  
 Jänneväli 1: 2800.0  
 Yhteensä: 2800.0

Tuki: Sijainti x [mm]: Tyyppi:  
 1: 0 Kiinteä niveltuki (X,Z)  
 2: 2800 Liukutuki (X)

f<sub>m,k</sub> (M<sub>y</sub>): 24.00 N/mm<sup>2</sup>  
 f<sub>m,k</sub> (M<sub>z</sub>): 29.90 N/mm<sup>2</sup>  
 f<sub>c,0,k</sub>: 21.00 N/mm<sup>2</sup>  
 f<sub>c,90,k</sub>: 2.50 N/mm<sup>2</sup>  
 f<sub>t,0,k</sub>: 14.00 N/mm<sup>2</sup>  
 f<sub>v,k</sub> (V<sub>z</sub>): 4.00 N/mm<sup>2</sup>  
 f<sub>v,k</sub> (V<sub>y</sub>): 4.00 N/mm<sup>2</sup>  
 E<sub>mean</sub>: 11000 N/mm<sup>2</sup>  
 G<sub>mean</sub>: 690 N/mm<sup>2</sup>  
 E 0.05: 7400 N/mm<sup>2</sup>  
 G 0.05: 460 N/mm<sup>2</sup>

Tilavuuspaino: 5.00 kN/m<sup>3</sup> (omapainon laskentaa varten)

Osavamuusluku: 1.40

Aikaluokka: kmod:

Pysyvä: 0.600

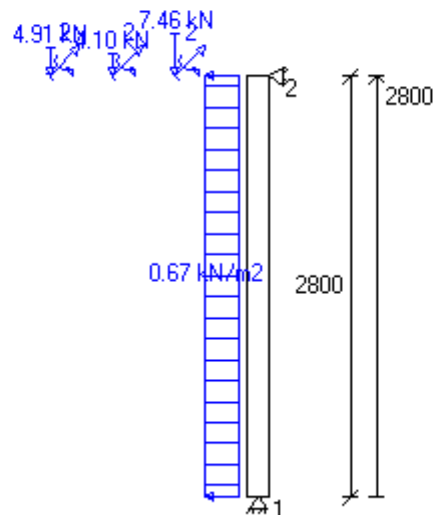
Pitkäaikainen: 0.700

Keskipitkä: 0.800

Lyhytaikainen: 0.900

Hetkellinen: 1.100

kdef: 0.600



#### KUORMITUSTIEDOT:

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Pistekuorma: 1: FZ = 4.91 kN x = 2800.0 mm

Pistekuorma: 2: My = -0.123 kNm x = 2800.0 mm

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

Pistekuorma: 1: FZ = 4.10 kN x = 2800.0 mm

Pistekuorma: 2: My = -0.102 kNm x = 2800.0 mm

Lumikuorma (Lumikuorma Sk<2.75 kN/m<sup>2</sup>, Keskipitkä):

Pistekuorma: 1: FZ = 7.46 kN x = 2800.0 mm

Pistekuorma: 2:  $M_y = -0.186 \text{ kNm}$   $x = 2800.0 \text{ mm}$

Tuulikuorma (Tuulikuorma, Hetkellinen):

Pintakuorma: 1:  $Q_z = -0.670 \text{ kN/m}^2$   $x = 0 - 2800 \text{ mm}$

#### KUORMITUSYHDISTELMÄT:

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 4 (MRT, Keskipitkä)

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

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)

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

Yhdistelmä 6 (MRT, Hetkellinen)

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

Yhdistelmä 11 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*0.70\*Hyötykuorma + 1.00\*Lumikuorma

Yhdistelmä 12 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*0.70\*Hyötykuorma + 1.00\*0.70\*Lumikuorma + 1.00\*Tuulikuorma

#### MITOITUS:

Mitoitusstandardi:

EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1-2009

Kokonaiskäyttöaste: 66.7 %

#### 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 on estetty y suuntaan  
 Kiepahdus on estetty

#### MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	2.02 kN	10.53 kN	19.2 %	0 mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
Puristus:	21.14 kN	55.59 kN	38.0 %	2730 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Taivutus ( $M_y$ ):	1.54 kNm	3.54 kNm	43.5 %	1540 mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
Taivutus+puristus:	0.67	1.00	66.7 %	1540 mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
(My=1.54 kNm, Mz=0.00 kNm, Nx=17.78 kN)					
jänneväli 1, $W_{inst}$ :	-5.8 mm	-mm	0.0 %	1470 mm	Yhdistelmä 12/1
jänneväli 1, $W_{net,fin}$ :	-6.2 mm	9.3 mm	66.3 %	1470 mm	Yhdistelmä 12/1

#### ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 8/1 (Hetkellinen):

1.15\*Omapaino + 1.05\*Hyötykuorma (alas) + 1.05\*Lumikuorma + 1.50\*Tuulikuorma

Yhdistelmä 5/1 (Keskipitkä):

1.15\*Omapaino + 1.05\*Hyötykuorma (alas) + 1.50\*Lumikuorma

Yhdistelmä 12/1 :

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

#### VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
$N_{x,max}$	21.14 kN	2730 mm
$V_{z,max}$	2.02 kN	0 mm
$M_{y,max}$	1.54 kNm	1540 mm

#### TUKIREAKTIOT:

FX:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	2.02 kN	0.04 kN	1.36 kN	0.04 kN
2:	1.74 kN	-0.19 kN	1.15 kN	-0.14 kN

FZ:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	21.14 kN	4.42 kN	15.24 kN	4.91 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:	0.04	4.91
2:	-0.04	0.00

Kuormitustapaus:	Hyötykuorma (alas)	
Tuki:	FX [kN]:	FZ [kN]:
1:	0.04	4.10
2:	-0.04	0.00

Kuormitustapaus:	Lumikuorma	
Tuki:	FX [kN]:	FZ [kN]:
1:	0.07	7.46
2:	-0.07	0.00

Kuormitustapaus:	Tuulikuorma	
Tuki:	FX [kN]:	
1:	1.24	
2:	1.24	

**HUOMIOT:**

- EN 1995-1-1-standardin, sen täydennysosan A1:2008 ja Suomen kansallisten liitteiden sekä RIL 205-1-2009 -suunnitteluohjeen mukainen laskenta
- VTT on tehnyt kolmannen osapuolen tarkistuksen ohjelmalle (VTT-S-03937-12)
- 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 käyttörajatilamitoituksessa
- Leikkausmuodonmuutos ei ole mukana voimasuureiden laskennassa
- Rakenneosan koon vaikutus lujuteen on otettu huomioon ominaisarvoissa kertoimilla kh ja kl
- Rakenneosan mahdollinen halkeilu käyttöluokassa 1 on huomioitu kertoimella kcr, joka on mukana leikkauslujuuden mitoitusarvossa fv,d
- Suunnittelijan tulee kiinnittää huomiota myös rakennedetaljeihin 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.

---