

Opinnäytetyö

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri AMK

Rakennesuunnittelu

2020

Jani Myllyniemi

# PIENTALON RAKENNESUUNNITTELU JA PUURAKENTEIDEN MITOITUS

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri

Ohjaaja Olli Hautaniemi

2020 | 44 sivua, 54 liitesivua

Jani Myllyniemi

# PIENTALON RAKENNESUUNNITTELU JA PUURAKENTEIDEN MITOITUS

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda rakennesuunnitelmat Paimioon rakennettavaan yksikerroksiseen pientaloon. Opinnäytetyössä on keskitytty erityisesti projektin rakennepiirustuksiin sekä puuosien mitoitukseen.

Työn rakennepiirustukset on luotu AutoCAD-ohjelmalla, ja rakennuksen puuosien mitoitus on tapahtunut käsin laskemalla ja MathCAD-ohjelmaa apuna käyttäen. Rakennepiirustukset ja mitoituskalkulat ovat opinnäytetyön liitteenä. Arkkitehtipiirustukset ja pohjatutkimuslausunnot, joihin työn rakennesuunnittelu pohjautuu, ovat peräisin Insinööritoimisto Preitilän Rakennetekniikka Oy:ltä.

Opinnäytetyön lopputuloksena syntyi rakennepiirustukset. Rakennepiirustuksia hyödynnetään mahdollisesti rakennuskohteessa, jos opinnäytetyön ja rakennuskohteen aikataulut sopivat yhteen.

ASIASANAT:

pientalo, rakennesuunnittelu, rakennekuvat, puurunko

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering

2020 | 44 pages, 54 in appendices

Jani Myllyniemi

# STRUCTURAL DESIGN FOR A SMALL HOUSE AND STRUCTURAL CALCULATIONS OF THE WOODEN PARTS

The objective of this thesis was to compile structural drawings for a single-storey small house in Paimio. The primary focus in this work is on the structural drawings and structural calculations of the wooden parts.

The structural drawings were completed with AutoCAD-software and the wooden parts were calculated manually with MathCAD-software. The structural drawings and calculations can be found in the appendices. The engineer office Preitilän Rakennetekniikka Oy provided the architectural drawings and ground survey report, which were used as a basis for the structural drawings.

The structural drawings was compiled as a result of this thesis. The structural drawings can be used in the small house building project, if the building schedule allows it.

## KEYWORDS:

small house, structural design, structural drawings, wooden frame

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
1.1 Lähtötiedot	7
1.2 Rakennerratkaisut	10
1.3 Materiaalit	10
<b>2 SUUNNITTELUPERUSTEET</b>	<b>12</b>
2.1 Pysyvät kuormat	12
2.2 Muuttuvat kuormat	12
2.2.1 Hyötykuorma	13
2.2.2 Lumikuorma	14
2.2.3 Tuulikuorma	17
2.3 Käyttörajatilat	22
2.4 Murtorajatilat	23
2.5 Kuormitusyhdistelmät	24
<b>3 MATERIAALIOMINAISUUDET</b>	<b>29</b>
<b>4 RAKENNEOSIEN MITOITUS</b>	<b>33</b>
4.1 Murtorajatilamitoitus	33
4.1.1 Taivutuskestävyys	33
4.1.2 Leikkausvoimakestävyys	34
4.1.3 Tukipainekestävyys	35
4.1.4 Nurjahduskestävyys	37
4.2 Käyttörajatilamitoitus	38
4.3 Jäykistys	40
<b>5 LOPUKSI</b>	<b>43</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>44</b>

## LIITTEET

Liite 1. Kuormat, 3 sivua

Liite 2. NR-Ristikon kannatinpalkin mitoitus, 13 sivua

Liite 3. Runkotolpan mitoitus, 9 sivua  
Liite 4. Rakennepiirustukset, 29 sivua

## KUVAT

Kuva 1. Arkkitehdin pohjapiirustus.	7
Kuva 2. Arkkitehdin julkisivupiirustuksia 1/2.	8
Kuva 3. Arkkitehdin julkisivupiirustuksia 2/2.	9
Kuva 4. Maanpinnan lumikuorman ominaisarvo (kN/m <sup>2</sup> ).	15
Kuva 5. Pulpettikaton muotokerroin.	17
Kuva 6. Tehollinen hoikkuus suorakulmaisille, matalille ja korkeille rakennuksille.	21
Kuva 7. Voimakerroin teräväsärmäisen suorakaidepoikkileikkauksen omaavalle matalalle tai korkealle rakennukselle.	21
Kuva 8. Tukipaine jatkuvalla tuella lepäävän sauvan kuormituspisteissä ylempänä ja alempana palkin tukipinnoilla tai kuormituspisteissä.	36
Kuva 9. Taipuman muodostuminen.	39
Kuva 10. Yläpohja, ristikoiden jäykistys.	41
Kuva 11. Vinolautajäykistys.	42

## KAAVAT

Kaava 1. Lumikuorma.	14
Kaava 2. Tuulikuorma.	18
Kaava 3. Puuskanopeuspaine.	19
Kaava 4. Tuulen aiheuttama osapinnan nettopaine.	22
Kaava 5. Käyttörajatila.	22
Kaava 6. Staattisen tasapainon rajatila.	23
Kaava 7. Murtuminen tai liian suuri siirtymä.	24
Kaava 8. Rakenteen staattinen tasapaino.	26
Kaava 9. Rakenteen kestävyys/geotekninen kantavuus.	26
Kaava 10. Käyttörajatilan ominaisyhdistelmä.	27
Kaava 11. Käyttörajatilan tavallinen yhdistelmä.	27
Kaava 12. Käyttörajatilan pitkäaikaisyhdistelmä.	28
Kaava 13. Lujuusominaisuuden mitoitusarvo.	29
Kaava 14. Taivutuskestävyys.	33
Kaava 15. Leikkausvoimakestävyys.	34
Kaava 16. Tehollinen leveys.	34
Kaava 17. Puristusjännityksen ehto.	35
Kaava 18. Tukipainekerroin.	35
Kaava 19. Suhteelliset hoikkuudet.	37
Kaava 20. Jännitysten ehdot.	37
Kaava 21. Kokonaistaipuma.	38
Kaava 22. Lopputaipuma.	39

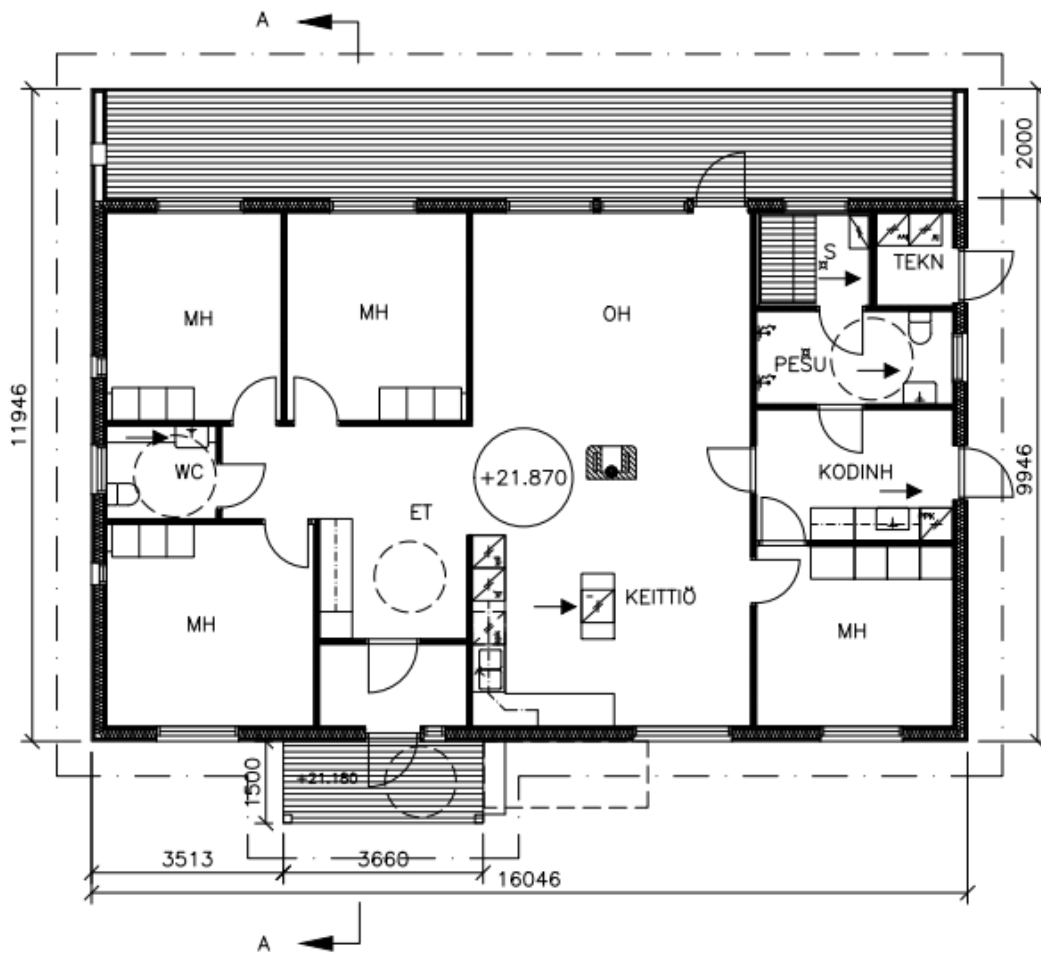
## TAULUKOT

Taulukko 1. Hyötykuormien luokat.	13
Taulukko 2. Rakennusten välipohjien, parvekkeiden ja portaiden hyötykuormat.	14
Taulukko 3. Tuulensuojaisuuskertoimen $C_e$ arvot eri maastoluokissa.	16
Taulukko 4. Lumikuorman muotokertoimet.	16
Taulukko 5. Maastoluokat.	18
Taulukko 6. Puuskanopeuspaineen ominaisarvo eri maastoluokissa korkeusaseman $z$ funktiona.	20
Taulukko 7. Rakennuksien seuraamusluokkien määrittely.	25
Taulukko 8. Yhdistelykertoimien arvot rakennuksille.	25
Taulukko 9. Materiaaliominaisuuden $\gamma_M$ osavarmuusluvut eri materiaaleille.	29
Taulukko 10. Muunnoskerroin $k_{mod}$ .	30
Taulukko 11. Virumaluvun $k_{def}$ arvot.	31
Taulukko 12. Sahatavaran ja liimapuun materiaaliominaisuudet.	31
Taulukko 13. Kertopuiden materiaaliominaisuudet.	32
Taulukko 14. Taipumien ja vaakasiirtymien maksimi-arvot.	40

# 1 JOHDANTO

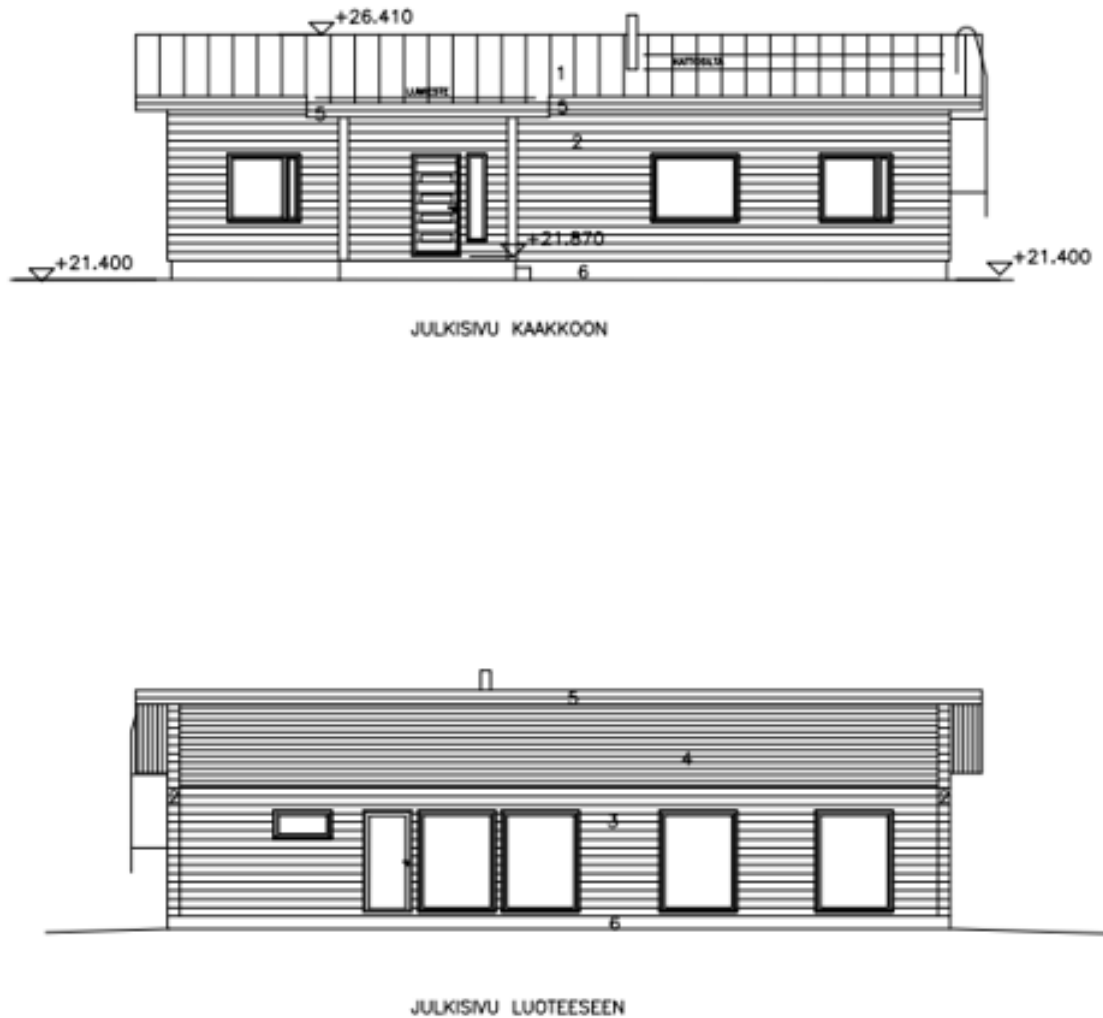
## 1.1 Lähtötiedot

Rakennesuunnittelu toteutetaan arkkitehtipiirustusten ja perustamistapalausunnon pohjalta. Kohteeseen halutaan tuulettuva alapohja ja se rakennetaan paikan päällä pitkästä tavarasta, muita rajoituksia rakenneratkaisuihin ei ole. Kuormien määrittäminen ja rakenteiden mitoitus on tehty eurokoodin mukaisesti. Kuvassa 1 on esitetty arkkitehdin pohjapiirustus. Rakennuksen huoneala on 140 neliometriä.



Kuva 1. Arkkitehdin pohjapiirustus.

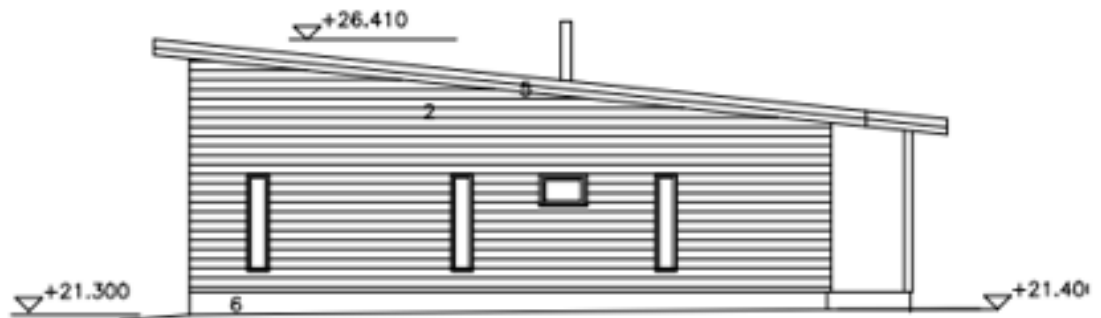
Kuvassa 2 on esitetty arkkitehdin julkisivupiirustukset kaakkoon ja luoteeseen. Katto on tummaa profiilipeltiä.



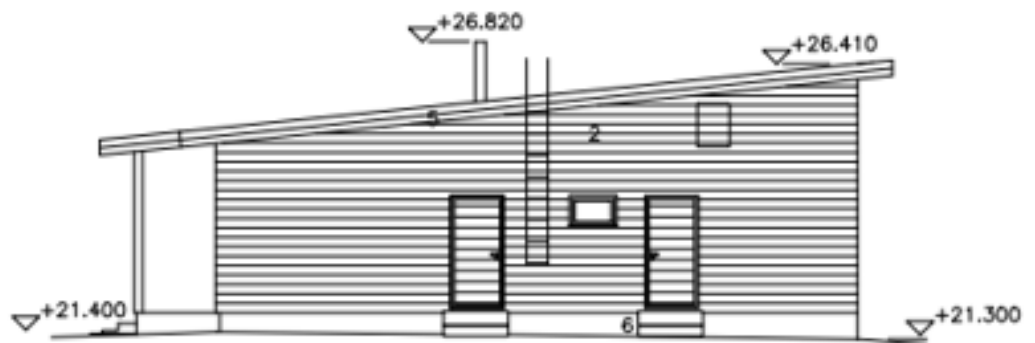
Kuva 2. Arkkitehdin julkisivupiirustuksia 1/2.

Kuvassa 3 on esitetty arkkitehdin julkisivupiirustukset lounaaseen ja koilliseen. Kohteen kattokaltevuus on 1:10.





JULKISMU LOUNAASEEN



JULKISMU KOILLISEEN

Kuva 3. Arkkitehdin julkisivupiirustuksia 2/2.

Pohjatutkimukset kohteen alueella on suorittanut SM Maanpää Oy. Perustamistapalauksen mukaan rakennus tulee perustaa tukipaaluilla kovaan pohjaan. Paalujen ja anturoiden mitoituksessa on käytetty SSAB:n pientalojen perustukset mitoitusohjetta, josta on saatu käytettävä paalukoko ja -väli, sekä anturoiden koko ja tyyppi (SSAB 2015). Paalukartta löytyy liitteestä 4(12), alapohjan raudituspiirustus liitteestä 4(14), ja muut betoniosien detaljit ja leikkaukset liitteistä 4(18–22, 29).

Tässä kohteessa rakennuksen paloluokka on P3. Naapurirakennukseen on matkaa yli 8 metriä, eikä rakennukseen kiinnitetä autotallia, joten rakenteilla ei ole kantavuuteen tai osastoivuuteen liittyviä vaatimuksia. Vaatimuksia on vain rakennusmateriaalien pinnoilla, joita ei tässä opinnäytetyössä tarkemmin käsitellä.

## 1.2 Rakennerratkaisut

Rakennus perustetaan tukipaaluilla kovaan pohjaan asti. Paaluantura toteutetaan jatkuvana, jonka päälle tulee harkkoperusmuuri. Paalutyypiksi valikoitui RR90, ja terassien kohdalla RR75. Paalutyypit ja paaluvälit on valittu SSAB:n mitoitusohjeen mukaan.

Alapohja toteutetaan tuulettuvana. Kantavana alapohjarakenteena on ontelolaatta. Ontelolaatan tyypiksi valikoitui P27, joka mahdollistaa kevytrakenteisen takan sijoittamisen ilman välitukia. Lämmöneriste sijoitetaan ontelolaatan yläpuolelle.

Ulkoseinä on puurunkoinen rankarakenne. Pulpettipeltikaton kannattajina toimii NR-ristikot. Ristikoiden tilauskaavio on liitteessä 4(23). Kaikki rakennekuvat ovat liitteessä 4.

## 1.3 Materiaalit

Rakennuksen paalut ovat terästä, perustukset betonia ja runko puuta. Tuulensuojalevyt ja sisäpuolen rakennuslevyt ovat tavanomaisia rakennusmateriaaleja, kuten myös koolaukset ja ulkoverhouspaneelit. Lämmöneristys seinissä ja yläpohjassa on pehmeää mineraalivillaa, kun taas alapohjassa eristeenä on kovempaa EPS-eristettä. NR-ristikot ovat puuta ja vesikatto on peltiä. Rakennetyypit on esitelty liitteessä 4 (1–11).

Teräspaalujen RR75 ja RR90 teräslaji on S440J2H. Teräspaaluille kuorman jakaa jatkuva raudoitettu paaluantura, joka on 400 millimetriä korkea ja 600 millimetriä leveä. Betonin lujuus paaluanturassa on C25/30. Alapohjana toimii 265 millimetriä korkea ontelolaatta, jonka yläpuolelle tulee 200 millimetrinen lämmöneriste ja 80 millimetrinen pintavalu.

Runkotolpan dimensioiksi saatiin 48 x 147 millimetriä ja ne ovat 600 millimetin jaolla. Ikkuna-aukkojen viereen runkotolppia tulee vierekkäin kaksi kappaletta. Runkotolpat on sahatavaraa C24. Runkotolpan mitoituslaskelmat löytyvät liitteestä 3. NR-ristikot on

kannatettu palkilla, jolle on työmaalla lovettu kolo runkotolppiin. Kannatinpalkin dimensioiksi saatiin laskemalla 63 x 225 millimetriä ja materiaali on Kerto-S. Kannatinpalkin mitotuslaskelmat löytyvät liitteestä 2.

## 2 SUUNNITTELUPERUSTEET

### 2.1 Pysyvät kuormat

Kuormat voidaan jaotella vaikutusajan perusteella pysyviin ja muuttuviin kuormiin sekä onnettomuuskuormiin. Pysyviä kuormia ovat rakenteiden ja kiinteiden laitteiden omat painot. (SFS-EN 1990, 58.)

Pysyvät kuormat ovat kuormia, joiden suuruus ei vaihdu ajan myötä kuin merkityksettömän vähän tai kuorman muutos tapahtuu aina samaan suuntaan tiettyyn raja-arvoon saakka (SFS-EN 1990,32).

#### **Omat painot**

Rakennuskohteen oma paino luokitellaan pysyväksi kiinteäksi kuormaksi. Rakennuskohteen omana painona käytetään useimmiten yksittäistä ominaisarvoa, joka lasketaan nimellismittojen ja tilavuuspainojen ominaisarvojen perusteella. Rakennuskohteen omaan painoon kuuluvat kantavat ja ei-kantavat rakennusosat sekä kiinteät laitteet samoin kuin maakerroksen ja siltojen täyte- tai sepelikerroksen paino. (SFS-EN 1991-1-1, 18-24.)

Tässä kohteessa on käytetty tietyille rakenneosille tavanomaisia arvoja: yläpohja  $0,5 \text{ kN/m}^2$ , puurankainen ulkoseinä  $0,8 \text{ kN/m}^2$  ja räystäs  $0,2 \text{ kN/m}^2$ .

### 2.2 Muuttuvat kuormat

Muuttuvat kuormat ovat kuormia, joiden suuruutta on hankala tietää tarkasti. Muuttuvien kuormien suuruus vaihtelee, kuten myös kuormien suunta. Muuttuvia kuormia ovat hyöty-, lumi- ja tuulikuormat. (SFS-EN 1990, 58.)

## 2.2.1 Hyötykuorma

Rakennusten hyötykuormat aiheutuvat tilojen käytöstä. Hyötykuormille esitettävät arvot sisältävät normaalin henkilökäytön, huonekalut ja siirrettävät kohteet, ajoneuvot ja odotettavissa olevat harvinaiset tapahtumat, kuten henkilöiden kokoontumisen tai huonekalujen kasaantumisen. (SFS-EN 1991-1-1, 28.) Taulukossa 1 on esitetty hyötykuormien luokat eri tilanteissa ja tiloissa.

Taulukko 1. Hyötykuormien luokat. (SFS-EN 1991-1-1, 30).

Luokka	Käyttötarkoitus	Esimerkki
A	Asuin- ja majoitustilat	Asuinrakennusten huoneet, sairaaloiden potilas- ja toimenpidehuoneet, hotellien ja retkelymajojen makuuhuoneet, keittiöt ja WC:t.
B	Toimistotilat	
C	Tilat, joihin ihmiset voivat kokoontua (poikkeuksena luokkiin A, B, ja D kuuluvat tilat) <sup>1)</sup>	<p><b>C1:</b> Tilat, joissa on pöytiä yms. esim. koulut, kahvilat, ravintolat, ruokasalit, lukusalit, vastaanottotilat.</p> <p><b>C2:</b> Tilat, joissa on kiinteät istuimet, esim. kirkot, teatterit, elokuvateatterit, konferenssisalit, luentosalit, kokoussalit, odotussalit, asemien odotustilat.</p> <p><b>C3:</b> Tilat, joissa ei ole liikkumista rajoittavia esteitä, esim. museo- ja näyttelytilat, julkisten rakennusten ja toimistorakennusten, hotellien ja sairaaloiden eteistilat, asemahallit.</p> <p><b>C4:</b> Liikuntatilat, esim. tanssisalit, voimistelusalit ja näyttämöt.</p> <p><b>C5:</b> Tilat, joihin voi syntyä tungosta esim. yleisötapahtumien rakennuksissa; tällaisia ovat konserttisalit, urheiluhallit mukaan luettuina katsomot, terassit ja eteistilat sekä rautatielaiturit.</p>
D	Myymälätilat	<p><b>D1:</b> Tavallisten vähittäiskauppojen tilat.</p> <p><b>D2:</b> Tavaratalojen tilat.</p>
<p><sup>1)</sup> On syytä kiinnittää huomiota kohtaan 6.3.1.1(2), erityisesti luokkien C4 ja C5 osalta. Standardissa EN 1990 esitetään, milloin dynaamiset vaikutukset on tarpeen ottaa huomioon. Luokkaa E koskevat tiedot ovat taulukossa 6.3.</p> <p>HUOM. 1 Aiotusta käyttötarkoituksesta riippuen tilat, jotka todennäköisesti sijoitettaisiin luokkaan C2, C3 tai C4, voidaan tilaajan päätöksellä tai kansallisen liitteen perusteella sijoittaa luokkaan C5.</p> <p>HUOM. 2 Kansallisessa liitteessä luokat A, B, C1...C5, D1 ja D2 voidaan jakaa alaluokkiin.</p> <p>HUOM. 3 Varasto- ja teollisuustiloja tarkastellaan kohdassa 6.3.2.</p>		

Taulukossa 2 on esitetty hyötykuormien arvoja eri rakenteille ja eri hyötykuormaluokituksen omaaville tiloille.

Taulukko 2. Rakennusten välipohjien, parvekkeiden ja portaiden hyötykuormat. (SFS-EN 1991-1-1, 30).

Kuormitettujen tilojen luokat	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]
<b>Luokka A</b>		
— Välipohjat	1,5... <u>2,0</u>	<u>2,0</u> ...3,0
— Portaat	<u>2,0</u> ...4,0	<u>2,0</u> ...4,0
— Parvekkeet	<u>2,5</u> ...4,0	<u>2,0</u> ...3,0
<b>Luokka B</b>	2,0... <u>3,0</u>	1,5... <u>4,5</u>
<b>Luokka C</b>		
— C1	2,0... <u>3,0</u>	3,0... <u>4,0</u>
— C2	3,0... <u>4,0</u>	2,5...7,0 ( <u>4,0</u> )
— C3	3,0... <u>5,0</u>	<u>4,0</u> ...7,0
— C4	4,5... <u>5,0</u>	3,5... <u>7,0</u>
— C5	<u>5,0</u> ...7,5	3,5... <u>4,5</u>
<b>Luokka D</b>		
— D1	<u>4,0</u> ...5,0	3,5...7,0 ( <u>4,0</u> )
— D2	4,0... <u>5,0</u>	3,5... <u>7,0</u>

Hyötykuormien arvot saadaan taulukoiden 1 ja 2 avulla (EN 1991-1-1, 28).

Hyötykuorman arvoa on tarvittu ontelolaattojen mitoituksessa ja päädytty käyttämään 265 millimetriä korkeaa ontelolaattaa P27. Tässä työssä hyötykuormaa ei ole laskettu tarkemmin.

### 2.2.2 Lumikuorma

Katon lumikuormaa määrittäessä tulee ottaa huomioon lumen kinostuminen. Lumi voi kinostua monella eri tapaa ja siihen vaikuttaa katon muoto, katon lämpöominaisuudet, katon pinnan karheus ja katon alla syntyvä lämpömäärä. Myös viereisten rakennusten läheisyys, ympäröivä maasto ja paikallinen ilmasto vaikuttavat lumen kinostumiseen. (SFS-EN 1991-1-3, 26)

Kattojen lumikuormat normaalisti vallitsevissa tai tilapäisissä mitoitusilanteissa määritetään kaavalla

$$s = \mu_i C_e C_t s_k,$$

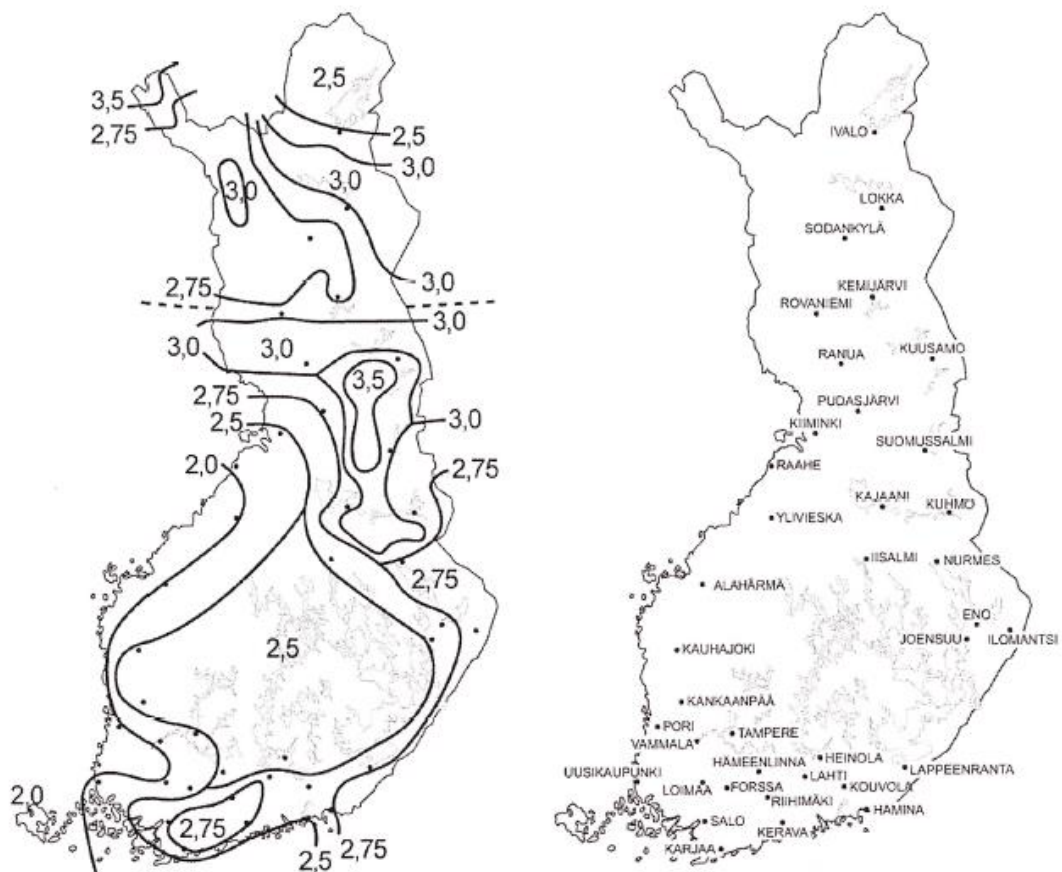
Kaava 1. Lumikuorma. (SFS-EN 1991-1-3, 28).

jossa

$\mu_i$	on lumikuorman muotokerroin
$C_e$	on tuulensuojaisuuskerroin
$C_t$	on lämpötilakerroin
$S_k$	on maanpinnan lumikuorman ominaisarvo (kN/m <sup>2</sup> )

### Lumikuorman ominaisarvo maan pinnalla

Maassa olevan lumikuorman ominaisarvo perustuu vuosittaisten ylittymisten todennäköisyyksiin. Lumikuorman ominaisarvolla maan pinnalla on keskimäärin 50 vuoden toistumis- tai ylittymisaika. (RIL 201-1-2011, 92.) Kuvassa 4 on sijoitettu kartalle lumikuorman ominaisarvot maan pinnalla alueittain.



Kuva 4. Maanpinnan lumikuorman ominaisarvo (kN/m<sup>2</sup>). (YM asetus 6-16-2016 SFS-EN 1991-1-3).

## Tuulensuojaisuuskerroin

Tuulensuojaisuuskerrointa valittaessa otetaan huomioon kohteen ympäristön tuleva kehittyminen. Tuulensuojaisuuskerroin on 1,0, ellei muita arvoja määritellä käytettäväksi eri maastotyyppien yhteydessä. (SFS-EN 1991-1-3, 30.) Taulukossa 3 on määritelty tuulensuojaisuuskertoimia eri maastotyypeissä.

Taulukko 3. Tuulensuojaisuuskertoimen  $C_e$  arvot eri maastoluokissa. (SFS-EN 1991-1-3, 30).

Maastotyyppi	$C_e$
Tuulinen <sup>a</sup>	0,8
Normaali <sup>b</sup>	1,0
Suojainen <sup>c</sup>	1,2

<sup>a</sup> *Tuulinen maasto*: laakea, esteetön, joka puolelle avoin alue, jolloin maasto, korkeat rakennuskohteet tai puut eivät suojaavat tai suojaavat vain vähän.  
<sup>b</sup> *Normaali maasto*: alue, jolla rakennuskohteeseen vaikuttava tuuli ei maaston, muiden rakennuskohteiden tai puiden takia huomattavasti poista lunta.  
<sup>c</sup> *Suojainen maasto*: alue, jolla tarkasteltava rakennuskohte on huomattavasti alempana kuin ympäröivä maasto tai se on korkeiden puiden tai itseään korkeampien rakennuskohteiden ympäröimä.

## Lämpötilakerroin

Lämpötilakerroin  $C_t$  ottaa huomioon kattojen lämpöhäviöstä johtuvan lumikuorman pienemisen, kun katon lämmönläpäisevyys on suuri (yli 1 W/m<sup>2</sup>K). Kaikissa muissa tapauksissa kerroin  $C_t = 1,0$ . (SFS-EN 1991-1-3, 30.)

## Lumikuorman muotokertoimet

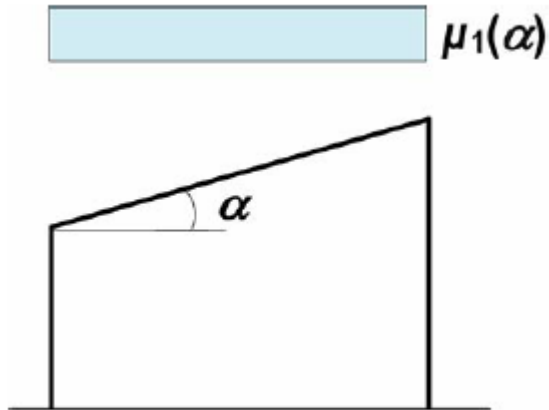
Lumikuorman muotokerroin määräytyy katon kaltevuuskulman ja lumen kinostumisen mukaan. Taulukossa 4 on esitetty lumikuorman muotokerroin eri tilanteille.

Taulukko 4. Lumikuorman muotokertoimet. (SFS-EN 1991-1-3, 32).

Katon kaltevuuskulma $\alpha$	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1(\alpha)$	$\mu_1(0^\circ) \geq 0,8$	$\mu_1(0^\circ) \frac{(60^\circ - \alpha)}{30^\circ}$	0,0
$\mu_2(\alpha)$	0,8	$0,8 \frac{(60^\circ - \alpha)}{30^\circ}$	0,0
$\mu_3(\alpha)$	$0,8 + 0,8 \alpha/30^\circ$	1,6	–



Taulukossa 4 esitetyt arvot ovat voimassa kun lunta ei estetä liukumasta pois katolta. Jos katolla on esimerkiksi lumieste, niin lumikuorman muotokerroimelle käytetään vähintään arvoa 0,8.



Kuva 5. Pulpettikaton muotokerroin. (SFS-EN 1991-1-3, 33).

Kuvan 5 kuormituskaaviota käytetään sekä kinostuneelle, että kinostumattomalle lumelle (SFS-EN 1991-1-3, 31-33). Lumikuorma tähän kohteeseen on laskettu liitteessä 1.

### 2.2.3 Tuulikuorma

Tuulikuormat aiheuttavat suoraan painetta umpinaisten rakenteiden ulkopintoihin ja huokoisuuden takia myös välillisesti sisäpintoihin. Ne voivat vaikuttaa myös suoraan avoimien rakenteiden sisäpintoihin. Paineet vaikuttavat pintoihin aiheuttaen pintaa vastaan kohtisuoria voimia. Tuulenpuuskien suurimmat vaikutukset esitetään yksinkertaistettuna paineiden tai voimien joukkona, eli tuulikuormana. (SFS-EN 1991-1-4, 30.)

### Kokonaistuulikuorma

Kokonaistuulikuorman voi määrittellä kahdella eri tavalla, joita ovat voimakerroinmenetelmä ja painekerroinmenetelmä. Tämän kohteen tuulikuormat on laskettu voimakerroinmenetelmällä.

Rakenteen tuulikuorma voidaan määrittää kaavalla

$$F_w = c_s c_d c_f q_p(Z_e) A_{ref},$$

Kaava 2. Tuulikuorma. (SFS-EN 1991-1-4, 44).

jossa

$c_s c_d$  on rakennekerroin

$c_f$  on rakenneosan voimakkeroin

$q_p(Z_e)$  on puuskanopeuspaine nopeuspainekorkeudella  $Z_e$

$A_{ref}$  on rakenneosan tuulenpaineen vaikutusala

### Maastoluokat

Maastoluokka kertoo kuinka paljon rakennus altistuu tuulelle. Maastoluokat on selitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Maastoluokat. (SFS-EN 1991-1-4, 36).

Maastoluokka
0 Avomeri tai merelle avoin rannikko
I Järvet tai tasanko, jolla on enintään vähäistä kasvillisuutta eikä tuuliesteitä
II Alue, jolla on matalaa heinää tai siihen verrattavaa kasvillisuutta ja erillisiä esteitä (puita, rakennuksia), joiden etäisyys toisistaan on vähintään 20 kertaa esteen korkeus
III Alueet, joilla on säännöllinen kasvipeite tai rakennuksia tai erillisiä tuuliesteitä, joiden keskinäinen etäisyys on enintään 20 kertaa esteen korkeus (kuten kylät, esikaupunkialueet, pysyvä metsä)
IV Alueet, joiden pinta-alasta vähintään 15 % on rakennusten peitossa ja niiden keskimääräinen korkeus ylittää 15 m

### Puuskanopeuspaine $q_p(Z)$

Tässä esitetyn tuulen puuskanopeuspaine perustuu tuulennopeuden modifioimattomaan perusarvoon  $v_b = 21 \text{ m/s}$ .

Puuskanopeuspaine saadaan kaavalla

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

Kaava 3. Puuskanopeuspaine. (Puuinfo, EC5 lyhennetty suunnitteluohje, 12).

jossa

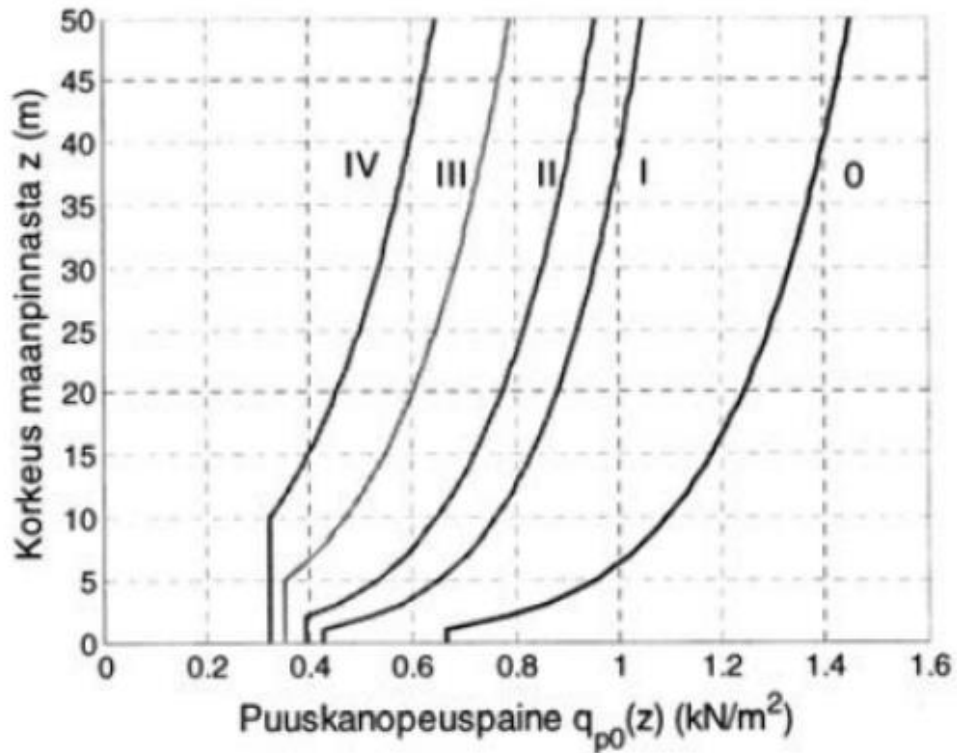
$\gamma_D$  on paikalliset pinnanmuodot huomioiva suurennuskerroin

$q_{p0}(Z)$  on puuskanopeuspaineen ominaisarvo

Jos maaston kaltevuus on alle 0,05, suurennuskerrointa  $\gamma_D$  ei tarvita. Tällöin  $q_p(Z) = q_{p0}(Z)$ .

Puuskanopeuspaineen ominaisarvo saadaan määriteltä taulukosta 6, kun tiedetään rakennuspaikka ja sen maastoluokka (RIL 201-1-2011).

Taulukko 6. Puuskanopeuspaineen ominaisarvo eri maastoluokissa korkeusaseman  $z$  funktiona. (RIL 201-1-2011, 132).

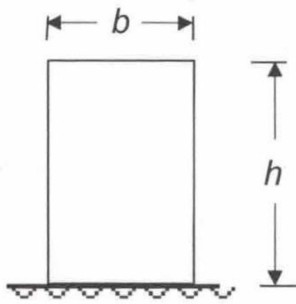


### Rakennekerroin $c_s c_d$

Rakennekerroin ottaa huomioon tuulikuormiin syntyvän vaikutuksen, joka johtuu tuulenpaineen huippuarvojen eriaikaisuudesta ja turbulenssista aiheutuvasta värähtelystä. Rakennekertoimelle voidaan tässä kohteessa käyttää arvoa 1,0, koska rakennus on alle 15 metriä korkea. (SFS-EN 1991-1-4, 48.)

### Tehollinen hoikkuus $\lambda$

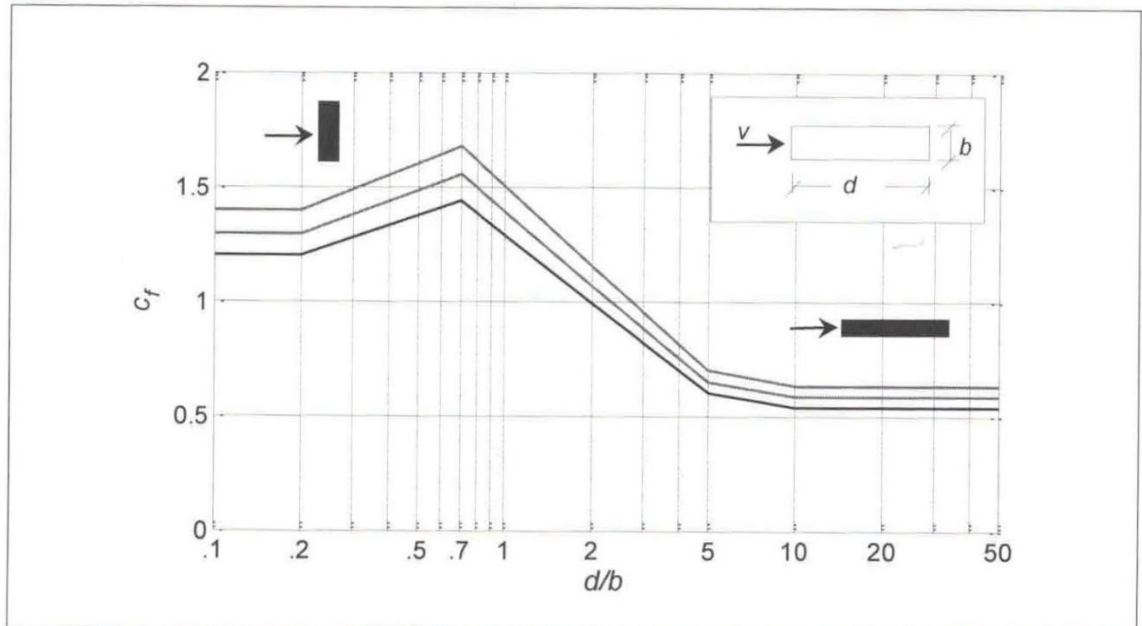
Tehollinen hoikkuus määritetään kuvan 6 mukaisesti, poislukien erittäin hoikat rakennukset.

Rakenteen mittasuhteet, tuuli kohtisuoraan tasoa vasten	Tehollinen hoikkuus $\lambda$
	kun $h < 15$ m, $\lambda = 2 h/b$ kun $h \geq 50$ m, $\lambda = 1,4 h/b$  Välialueella $15 \text{ m} < h < 50 \text{ m}$ sovelletaan interpolointia.  Huom: Tämä ohje ei koske hyvin hoikkia rakennuksia, joille $\lambda > 10$ .

Kuva 6. Tehollinen hoikkuus suorakulmaisille, matalille ja korkeille rakennuksille. (RIL 201-1-2011, 136).

### Voimakerroin $c_f$

Voimakerroin saadaan kuvan 7 kaaviosta, jossa alin käyrä on voimassa, kun tehollinen hoikkuus  $\lambda \leq 1$ , keskimäinen käyrä, kun  $\lambda = 3$  ja ylin käyrä, kun  $\lambda = 10$ .



Kuva 7. Voimakerroin teräväsärmäisen suorakaidepoikkileikkauksen omaavalle matalalle tai korkealle rakennukselle. (RIL 201-1-2011, 137).

Rakenteiden kiinnitysten ja rakenneosien taivutustarkastelussa käytetään osapinnoille kohdistuvaa tuulenpainetta, joka saadaan kaavalla

$$q_{w,k} = c_{p,net} q_p(Z),$$

Kaava 4. Tuulen aiheuttama osapinnan nettopaine. (Puuinfo, EC5 lyhennetty suunniteluohje, 44).

jossa

$c_{p,net}$  on osapinnan nettotuulenpainekerroin

$q_p(Z)$  on nopeuspaine korkeusasemassa Z

Tämän työn tuulikuorma on laskettu liitteessä 1.

### 2.3 Käyttörajatilat

Käyttörajatilat ovat rajatiloja, jotka liittyvät rakennuksen tai rakenneosien käyttömukavuuteen ja ulkonäköön normaalikäytössä. Käyttörajatilassa tarkastellaan siirtymät, värähtelyt ja muut mahdolliset vauriot, jotka vaikuttavat mm. käyttömukavuuteen, ulkonäköön ja teknisten järjestelmien säilyvyyteen. Palautuva ja palautumaton käyttörajatila on erotettava toisistaan. (RIL 201-1-2011, 28.)

Käyttörajatilassa tulee osoittaa, että seuraava ehto toteutuu:

$$E_d \leq C_d,$$

Kaava 5. Käyttörajatila. (RIL 201-1-2011, 39).

jossa

$E_d$  on käyttökelpoisuuskriteereissä määritelty kuormien mitoitusarvo

$C_d$  on käyttökelpoisuuskriteerin mukainen rajoittava mitoitusarvo

Käyttörajatilassa otetaan huomioon käyttökelpoisuuskriteerit, jotka liittyvät esimerkiksi väli- ja yläpohjan jäykkyyteen, välipohjatasojen keskinäiseen sijaintiin ja rakennuksen sivuttaisliikkeeseen. Kriteerit esitetään esimerkiksi rakenneosalle asetettujen taipumatai värähtelyrajojen avulla. (RIL 201-1-2011, 40.)

## 2.4 Murtorajatilat

Murtorajatiloina ovat kappaleen tasapainon menetys, murtuminen tai väsymisen aiheuttama vaurioituminen. Murtorajatilamitoituksessa on kyseessä rakenteiden varmuus ja ihmisten turvallisuus ja joissain tapauksissa myös aineen tai tavarantoiminnan suojaus. (RIL 201-1-2011, 27)

Tässä työssä tarkistettavia murtorajatiloina ovat

- EQU: jäykän kappaleen tai sen osan tasapainon menetys
- STR: rakenteen sisäinen vaurioituminen tai liian suuri siirtymätila, kun rakenteen rakennusmateriaalien lujuus on määräävä.

## Staattisen tasapainon ja kestävyysosoitus

Tarkasteltaessa kappaleen staattisen tasapainon rajatila (EQU), tulee seuraavan ehtoon toteutua:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,std} ,$$

Kaava 6. Staattisen tasapainon rajatila. (RIL 201-1-2011, 35).

jossa

$E_{d,dst}$  on tasapainoa heikentävien kuormien mitoitusarvo

$E_{d,std}$  on tasapainoa parantavien kuormien mitoitusarvo

Tarkasteltaessa rakenneosan sisäisen tai ulkoisen murtumisen, liitoksen murtumisen tai liian suuren siirtymän rajatilaa (STR), tulee seuraavan ehdon toteutua:

$$E_d \leq R_d,$$

Kaava 7. Murtuminen tai liian suuri siirtymä. (RIL 201-1-2011, 36).

jossa

$E_d$  on kuormien vaikutuksien mitoitusarvo

$R_d$  on kestävyuden mitoitusarvo.

## 2.5 Kuormitusyhdistelmät

Tässä opinnäytetyössä on käytetty STR-sarjan kuormitusta puurakenteiden murtorajatila tarkasteluissa, sekä pitkäaikaisyhdistelmää palkin taipuman tarkastelussa.

Kuormitusyhdistelmien kaavoissa käytetyt merkinnät:

$G_{k,j}$  pysyvät kuormat

$Q_{k,1}$  määräävä muuttuva kuorma

$Q_{k,i}$  muut muuttuvat kuormat

$\psi$  yhdistelykerroin (määritetään taulukon 8 mukaan)

$P$  esijännitysvoima

Kuormakerroin  $K_{FI}$ :

$$K_{FI} = 1,1 \text{ kun seuraamusluokka on CC3}$$

$$K_{FI} = 1,0 \text{ kun seuraamusluokka on CC2}$$



$$K_{FI} = 0,9 \text{ kun seuraamusluokka on CC1}$$

$K_{FI}$  kerrointa ei käytetä väsytyksen eikä käyttörajatilatarkastelussa.

Taulukko 7. Rakennuksien seuraamusluokkien määrittely. (SFS-EN 1990, 136).

Seuraamusluokka	Kuvaus	Rakennuksia sekä maa- ja vesirakennuskohteita koskevia esimerkkejä
CC3	<b>Suuret</b> seuraamukset hengenmenetysten <i>tai</i> hyvin suurten taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Pääkatsomot; julkiset rakennukset, joissa vaurion seuraamukset ovat suuret (esim. konserttitalo)
CC2	<b>Keskisuuret</b> seuraamukset hengenmenetysten <i>tai</i> merkittävien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Asuin- ja liikerakennukset; julkiset rakennukset, joissa vaurion seuraamukset ovat keskisuuret (esim. toimistorakennus)
CC1	<b>Vähäiset</b> seuraamukset hengenmenetysten <i>tai</i> pienten <i>tai</i> merkityksettömien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Maa- ja metsätalousrakennukset, joissa ei yleensä oleskele ihmisiä (esim. varastorakennukset), kasvihuoneet

Rakennuksen seuraamusluokka määräytyy taulukon 7 selityksien mukaan. Taulukossa 8 on esitetty yhdistelykertoimen arvoja eri tyyppisille rakennuksille.

Taulukko 8. Yhdistelykertoimien arvot rakennuksille. (SFS-EN 1990, 87).

Kuorma	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Hyötykuormat rakennuksissa, luokka (ks. EN 1991-1-1)			
Luokka A: asuintilat	0,7	0,5	0,3
Luokka B: toimistotilat	0,7	0,5	0,3
Luokka C: kokoontumistilat	0,7	0,7	0,6
Luokka D: myymälätilat	0,7	0,7	0,6
Luokka E: varastotilat	1,0	0,9	0,8
Luokka F: liikennöitävät tilat, ajoneuvon paino $\leq 30$ kN	0,7	0,7	0,6
Luokka G: liikennöitävät tilat, $30 \text{ kN} < \text{ajoneuvon paino} \leq 160 \text{ kN}$	0,7	0,5	0,3
Luokka H: vesikatot	0	0	0
Rakennusten lumikuormat (ks. EN 1991-1-3) <sup>1)</sup>			
Suomi, Islanti, Norja, Ruotsi	0,70	0,50	0,20
Muut CENin jäsenmaat, kun sijaintikorkeus on $H > 1000$ m merenpinnan yläpuolella.	0,70	0,50	0,20
Muut CENin jäsenmaat, kun sijaintikorkeus on $H \leq 1000$ m merenpinnan yläpuolella.	0,50	0,20	0
Rakennusten tuulikuormat (ks. EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Rakennusten sisäinen lämpötila (ei tulipalossa) (ks. EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
HUOM. Kertoimien $\psi$ arvot voidaan määrittellä kansallisessa liitteessä. <sup>1)</sup> Mikäli maata ei ole mainittu, kyseiset paikalliset olosuhteet selvitetään erikseen.			

### Kuormitusyhdistelmät murtorajatilassa

Rakenteen staattinen tasapaino (EQU/Sarja A) lasketaan kaavalla 8.

$$\left. \begin{matrix} 1,1K_{FI} \\ 0,9 \end{matrix} \right\} \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \gamma_P P + 1,5K_{FI} Q_{k,1} + 1,5K_{FI} \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Kaava 8. Rakenteen staattinen tasapaino. (RIL 201-1-2011, 38).

Kaavassa kuormakerroin ja seuraamusluokka huomioiden yhdistetään

- tasapainoa heikentävät epäedulliset pysyvät kuormat ( $G_k$ ) kerrottuna kertoimella  $1,1K_{FI}$
- tasapainoa parantavat edulliset pysyvät kuormat ( $G_k$ ) kerrottuna kertoimella  $0,9$
- esijännitysvoimat  $P$  kerrottuna kertoimella  $\gamma_P$
- määräävä muuttuva kuorma ( $Q_{k,1}$ ) kerrottuna kertoimella  $1,5K_{FI}$
- muut samanaikaiset muuttuvat kuormat ( $Q_{k,i}$ ) kerrottuna kertoimella  $1,5K_{FI}$ .

Rakenteen kestävyys/geotekninen kantavuus (STR, Sarja B) lasketaan kaavalla 9.

$$\left. \begin{matrix} 1,15K_{FI} \\ 0,9 \end{matrix} \right\} \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \gamma_P P + 1,5K_{FI} Q_{k,1} + 1,5K_{FI} \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

kuitenkin vähintään:

$$\left. \begin{matrix} 1,35K_{FI} \\ 0,9 \end{matrix} \right\} \sum_{j \geq 1} G_{k,j}$$

Kaava 9. Rakenteen kestävyys/geotekninen kantavuus. (RIL 201-1-2011, 38).

Kaavassa kuormakerroin ja seuraamusluokka huomioiden yhdistetään

- epäedullisesti vaikuttavat pysyvät kuormat ( $G_k$ ) kerrottuna kertoimella  $1,15K_{FI}$

- edullisesti vaikuttavat pysyvät kuormat ( $G_k$ ) kerrottuna kertoimella 0,9
- esijännitysvoimat  $P$  kerrottuna kertoimella  $\gamma_P$
- määräävä muuttuva kuorma ( $Q_{k,1}$ ) kerrottuna kertoimella  $1,5K_{FI}$
- muut samanaikaiset muuttuvat kuormat ( $Q_{k,i}$ ) kerrottuna kertoimella  $1,5K_{FI}$  (RIL 201-1-2011).

### Kuormitusyhdistelmät käyttörajatilassa

Ominaisyhdistelmä lasketaan kaavalla 10.

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Kaava 10. Käyttörajatilan ominaisyhdistelmä. (RIL 201-1-2011, 41).

Ominaisyhdistelmää käytetään palautumattomille rajatiloille. Palautumaton rajatila on rajatila, jossa rakenneosaa ei enää palaudu käyttökelpoisuusvaatimuksen sallimiin rajoihin kuormien poistamisen jälkeen.

Tavallinen yhdistelmä lasketaan kaavalla 11.

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Kaava 11. Käyttörajatilan tavallinen yhdistelmä. (RIL 201-1-2011, 42).

Tavallista yhdistelmää käytetään palautuville rajatiloille. Palautuva rajatila on käyttörajatila, jossa rakenneosaa palautuu käyttökelpoisuusvaatimuksen sallimiin rajoihin kuormien poistamisen jälkeen.

Pitkäaikaisyhdistelmä lasketaan kaavalla 12.

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Kaava 12. Käyttörajan pitkäaikaisyhdistelmä. (RIL 201-1-2011, 42).

Pitkäaikaisyhdistelmää käytetään pitkäaikaisvaikutuksille rakenteen ulkonäön kannalta (RIL 201-1-2011).

### 3 MATERIAALIOMINAISUUDET

Lujuusominaisuuden mitoitusarvo lasketaan kaavalla

$$X_d = k_{mod} \frac{X_k}{\gamma_M},$$

Kaava 13. Lujuusominaisuuden mitoitusarvo. (SFS-EN 1995-1-1, 25).

jossa

$X_k$  on lujuusominaisuuden ominaisarvo

$\gamma_M$  on materiaaliominaisuuden osavarmuusluku (taulukko 9)

$k_{mod}$  on muunnoskerroin (taulukko 10)

Taulukko 9. Materiaaliominaisuuden  $\gamma_M$  osavarmuusluvut eri materiaaleille. (SFS-EN 1995-1-1, 25).

<b>Perusyhdistelmät:</b>	
Sahatavara	1,3
Liimapuu	1,25
LVL, vaneri, OSB-lastulevy	1,2
Muu lastulevy	1,3
Kova kuitulevy	1,3
Puolikova kuitulevy	1,3
MDF-levy	1,3
Huokoinen kuitulevy	1,3
Liitokset	1,3
Naulalevyt	1,25
<b>Onnettomuusyhdistelmät</b>	<b>1,0</b>

Muunnoskerroin ottaa huomioon kuorman keston ja kosteusvaikutuksen. Eri materiaalien osavarmuusluvun ja muunnoskerroimen saadaan taulukoista 9 ja 10.

Taulukko 10. Muunnoskerroin  $k_{mod}$ . (SFS-EN 1995-1-1, 28).

Materiaali	Standardi	Käyttö luokka	Kuorman aikaluokka				
			Pysyvä kuorma	Pitkäaikainen kuorma	Keskipitkä kuorma	Lyhytaikainen kuorma	Hetkellinen kuorma
Sahatavara	EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Liimapuu	EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
LVL	EN 14374, EN 14279	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Vaneri	EN 636  A1>						
	Tyyppi EN 636-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	Tyyppi EN 636-2	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	Tyyppi EN 636-3 <A1	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
OSB-lastulevy	EN 300						
	OSB/2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	OSB/3, OSB/4	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
	OSB/3, OSB/4	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Muu lastulevy	EN 312  A1>						
	Tyyppi P4, tyyppi P5	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	Tyyppi P5	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
	Tyyppi P6, tyyppi P7	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
	Tyyppi P7 <A1	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Kova kuitulevy	EN 622-2						
	HB.LA, HB.HLA1 tai 2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	HB.HLA1 tai 2	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Puolikova kuitulevy	EN 622-3						
	MBH.LA1 tai 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	MBH.HLS1 tai 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	MBH.HLS1 tai 2	2	–	–	–	0,45	0,80
MDF-levy	EN 622-5						
	MDF.LA, MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	MDF.HLS	2	–	–	–	0,45	0,80

Virumaluvun  $k_{def}$  arvot eri materiaaleille ja käyttöluokille saadaan taulukosta 11.

Taulukko 11. Virumaluvun  $k_{def}$  arvot. (SFS-EN 1995-1-1, 29).

Materiaali	Standardi	Käyttöluokka		
		1	2	3
Sahatavara	EN 14081-1	0,60	0,80	2,00
Liimapuu	EN 14080	0,60	0,80	2,00
LVL	EN 14374, EN 14279	0,60	0,80	2,00
Vaneri	EN 636  A1>			
	Tyyppi EN 636-1	0,80	–	–
	Tyyppi EN 636-2	0,80	1,00	–
	Tyyppi EN 636-3 <A1	0,80	1,00	2,50
OSB-lastulevy	EN 300			
	OSB/2	2,25	–	–
	OSB/3, OSB/4	1,50	2,25	–
Muu lastulevy	EN 312  A1>			
	Tyyppi P4	2,25	–	–
	Tyyppi P5	2,25	3,00	–
	Tyyppi P6	1,50	–	–
	Tyyppi P7 <A1	1,50	2,25	–
Kova kuitulevy	EN 622-2			
	HB.LA	2,25	–	–
	HB.HLA1, HB.HLA2	2,25	3,00	–
Puolikova kuitulevy	EN 622-3			
	MBH.LA1, MBH.LA2	3,00	–	–
	MBH.HLS1, MBH.HLS2	3,00	4,00	–
MDF-levy	EN 622-5			
	MDF.LA	2,25	–	–
	MDF.HLS	2,25	3,00	–

Taulukoissa 12 ja 13 on esitetty tämän työn laskuissa käytettyjen materiaalien ominaislujuudet, jäykkyysominaisuudet ja tiheydet.

Taulukko 12. Sahatavaran ja liimapuun materiaaliominaisuudet. (Puuinfo 2018, 17).

Lujuusluokka		Sahatavara			Liimapuu		Halkaistu liimapuu
		C18 (T1)	C24 (T2)	C30 (T3)	GL24c	GL30c	GL30cs <sup>2)</sup>
Ominaislujuudet (N/mm <sup>2</sup> )							
Taivutus	$f_{m,k}$	18	24	30	24	30	28
Veto	$f_{t,0,k}$	10	14,5	19	17	19,5	18,7
	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
Puristus	$f_{c,0,k}$	18	21	24	21,5	24,5	23,3
	$f_{c,90,k}$	2,2	2,5	2,7	2,5	2,5	3,0
Leikkaus	$f_{v,k}$	3,4	4,0	4,0	3,5	3,5	3,5
Jäykkyysominaisuudet (N/mm <sup>2</sup> )							
Kimmomoduuli	$E_{0,mean}$	9000	11000	12000	11000	13000	12500
	$E_{90,mean}$	300	370	400	300	300	300
Liukumoduuli	$G_{mean}$	560	690	750	650	650	650
Tiheydet (kg/m <sup>3</sup> )							
Ominaisstiheys	$\rho_k$	320	350	380	365	390	390
Tiheyden keskiarvo	$\rho_{mean}$	380	420	460	400	430	430

Taulukko 13. Kertopuiden materiaaliominaisuudet. (Puuinfo 2018, 18).

Tyyppi		Kerto-S	Kerto-T	Kerto-Q
<b>Paksuus (mm)</b>		<b>21 - 90</b>	<b>27 - 75</b>	<b>27 - 69</b>
<b>Ominaislujuudet (N/mm<sup>2</sup>)</b>				
Taivutus syrjällään	$f_{m,k}$	44	27	32
Kokovaikutuseksponentti	$S$	0,12	0,15	0,12
Taivutus lappeellaan	$f_{m,0,flat,k}$	50	32	36
Veto syysuuntaan	$f_{t,0,k}$	35	24	26
Veto poikittain syrjällään	$f_{t,90,edge,k}$	0,8	0,5	6,0
Puristus syysuuntaan	$f_{c,0,k}$	35	26	26
Puristus poikittain syrjällään	$f_{c,90,edge,k}$	6	4	9
Puristus poikittain lappeellaan	$f_{c,90,flat,k}$	1,8	1,0	2,2
Leikkaus syrjällään	$f_{v,k}$	4,1	2,4	4,5
Lappeellaan pintaviilun suuntaan	$f_{r,0,k}$	2,3	1,3	1,3
<b>Jäykkyysominaisuudet (N/mm<sup>2</sup>)</b>				
Kimmoduuli	$E_{mean}$	13800	10000	10500
Liukumoduuli	$G_{edge, mean}$	600	400	600
<b>Tiheydet (kg/m<sup>3</sup>)</b>				
Ominaisstiheys	$\rho_k$	480	410	480
Tiheyden keskiarvo	$\rho_{mean}$	510	440	510



## 4 RAKENNEOSIEN MITOITUS

### 4.1 Murtorajatilamitoitus

#### 4.1.1 Taivutuskestävyys

Taivutuskestävyyttä tarkastettaessa seuraavien ehtojen tulee olla voimassa:

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

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

Kaava 14. Taivutuskestävyys. (SFS-EN 1995-1-1, 38).

jossa

$\sigma_{m,y,d}$  ja  $\sigma_{m,z,d}$  ovat taivutusjännitysten mitoitusarvot pääakselien y ja z suhteen tapahtuvassa taivutuksessa

$f_{m,y,d}$  ja  $f_{m,z,d}$  ovat taivutuslujuuksien mitoitusarvot pääakselien y ja z suhteen tapahtuvassa taivutuksessa.

Kertoimella  $k_m$  otetaan huomioon materiaalin epähomogeenisuus ja jännitysten uudelleen jakautuminen.

Sahatavara, liimapuu ja LVL:  $k_m = 0,7$  suorakaidepoikkileikkauksilla

$k_m = 1,0$  muilla poikkileikkauksilla.

Muut puiset rakennemateriaalit poikkileikkauksesta riippumatta:

$k_m = 1,0$

(SFS-EN 1995-1-1, 38.)

#### 4.1.2 Leikkausvoimakestävyys

Kun leikkausjännityksellä on syysuuntaisessa tasossa syysuuntainen komponentti tai kun leikkausjännityskomponentit ovat kummassakin syysuuntaisessa tasossa kohtisuorassa syysuuntaa vastaan, tulee seuraavan ehdon täyttyä:

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

Kaava 15. Leikkausvoimakestävyys. (SFS-EN 1995-1-1, 38).

jossa

$\tau_d$  on leikkausjännityksen mitoitusarvo

$f_{v,d}$  on leikkauslujuuden mitoitusarvo.

Taivutettujen sauvojen leikkausjännitystä laskettaessa otetaan halkeamien vaikutus huomioon käyttämällä sauvan tehollista leveyttä  $b_{ef}$ , joka määritetään kaavalla

$$b_{ef} = k_{cr} b,$$

Kaava 16. Tehollinen leveys. (SFS-EN 1995-1-1, 38).

jossa

$b$  on sauvan leveys

$k_{cr}$  on 0,67 kun sauva on sahatavaraa tai liimapuuta ja 1,0 kun sauva on sahatavaraa käyttöluokassa 1 tai muuta kuin standardin EN 13986 tai EN 14374 mukaista puutuotetta.

#### 4.1.3 Tukipainekestävyys

Syysuuntaan nähden kohtisuorassa vaikuttavien puristusjännitysten tulee täyttää ehto:

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

Kaava 17. Puristusjännityksen ehto. (Puuinfo 2018, 24).

jossa

$\sigma_{c,90,d}$  on kosketuspinnalla vaikuttavan puristusjännityksen mitoitussarvo

$f_{c,90,d}$  on puristuslujuuden mitoitussarvo syysuuntaa vastaan kohtisuorassa puristuksessa

$k_{c,\perp}$  on tukipainekerroin.

Tukipainekerroin  $k_{c,\perp}$  määritetään kaavalla

$$k_{c,\perp} = \frac{\ell_{c,90,ef}}{\ell} k_{c,90},$$

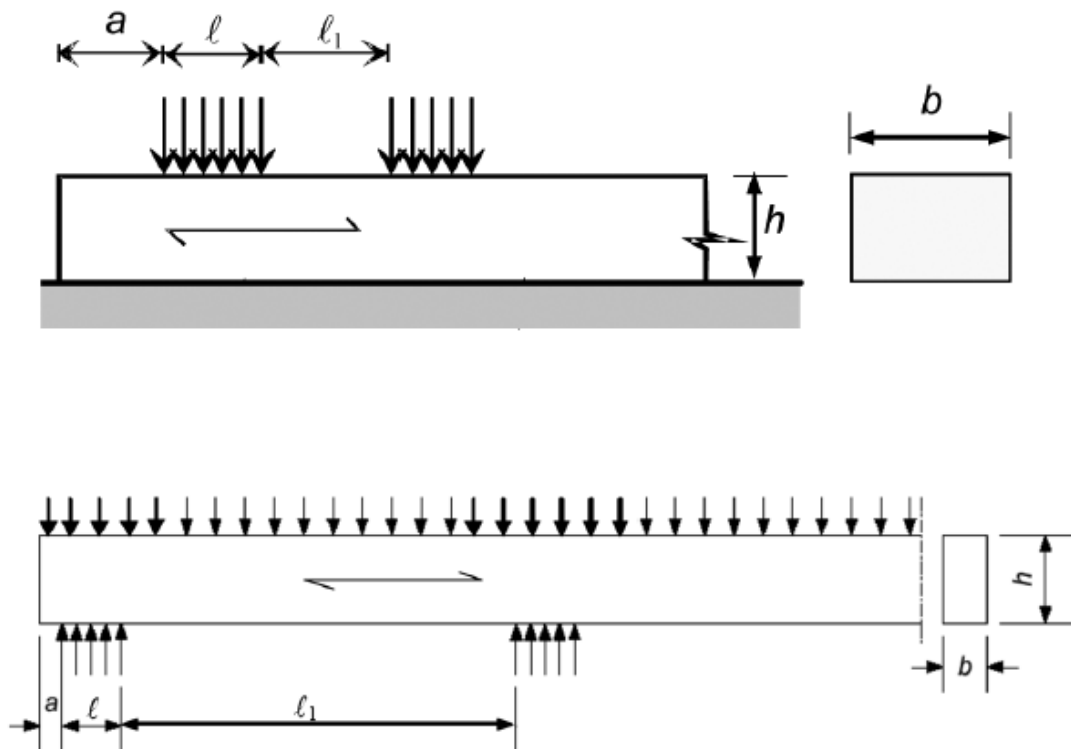
Kaava 18. Tukipainekerroin. (Puuinfo, EC5 lyhennetty suunnitteluohje, 24).

jossa

$\ell$  on kosketuspinnan pituus puun syiden suunnassa

$\ell_{c,90,ef}$  on tehollinen kosketuspinnan pituus.

Tehollinen kosketuspinnan pituus  $\ell_{c,90,ef}$  saadaan lisäämällä kosketuspinnan pituuteen  $\ell$  30 millimetriä molemmin puolin, mutta kuitenkin enintään a,  $\ell$ , tai  $\ell_1/2$  (kuva 8).



Kuva 8. Tukipaine jatkuvalla tuella lepävään sauvan kuormituspisteissä ylempänä ja alempana palkin tukipinnoilla tai kuormituspisteissä. (Puuinfo, EC5 lyhennetty suunniteluohje, 24).

Kertoimen  $k_{c,90}$  arvot edellyttäen, että puristuspintojen välinen etäisyys  $l_1 \leq 2h$ :

- 1,25 havupuisella sahatavaralla ja CLT:n lapepinnalla
- 1,5 havupuisella liimapuulla
- 1,4 Kerto-LVL:n lapepinnalla.

Muissa tapauksissa kertoimelle  $k_{c,90}$  käytetään arvoa 1,0.

Kuvan 8 alemmassa tapauksessa kertoimelle  $k_{c,90}$  voidaan käyttää seuraavia korotettuja arvoja, jos palkilla on tasaisesti jakautunut kuormitus tai pistekuormia, joiden etäisyys tuen reunasta on vähintään  $2h$ :

- 1,5 havupuisella sahatavaralla
- 1,75 havupuisella liimapuulla kun tukipituus on alle 400mm
- 1,6 Kerto-LVL:n lapepinnalla.

(Puuinfo 2018, 24.)

#### 4.1.4 Nurjahduskestävyys

Rakenneosan suhteelliset hoikkeudet saadaan seuraavista kaavoista:

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

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

Kaava 19. Suhteelliset hoikkeudet. (SFS-EN 1995-1-1, 41).

jossa

$\lambda_y$  ja  $\lambda_{rel,y}$  ovat taivutusta y-akselin suhteen vastaava hoikkeusluku ja siitä laskettu suhteellinen hoikkeus

$\lambda_z$  ja  $\lambda_{rel,z}$  ovat taivutusta x-akselin suhteen vastaava hoikkeusluku ja siitä lasketu suhteellinen hoikkeus

$E_{0,05}$  on viiden prosentin fraktiilia vastaavan kimmokertoimen arvo.

Jännitysten tulee täyttää seuraavat ehdot:

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

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

Kaava 20. Jännitysten ehdot. (SFS-EN 1995-1-1, 41-42).

jossa

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

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}$$

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

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

missä

$\beta_c$  on 0,2 sahatavaralle ja 0,1 liimapuulle ja LVL:lle

$k_m$  määritetään samalla tavalla kuin kohdassa 4.1.1.

## 4.2 Käyttörajatilamitoitus

### Taipuma

Kokonaistaipuma  $W_{fin}$  määritetään kaavalla

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

Kaava 21. Kokonaistaipuma. (Puuinfo, EC5 lyhennetty suunnitteluohje, 10).

jossa

$k_{def}$  on virumaluku (taulukko 11)

$W_{inst,G}$  on pysyvstä kuormasta aiheutuva hetkellinen taipuma

$W_{inst,lumi}$  on lumikuormasta aiheutuva hetkellinen taipuma

$W_{inst,hyöty}$  on hyötykuormasta aiheutuva hetkellinen taipuma.

Lopputaipuma  $W_{net,fin}$  määritetään kaavalla

$$W_{net,fin} = W_{inst} + W_{creep} - W_c = W_{fin} - W_c,$$

Kaava 22. Lopputaipuma. (Puuinfo, EC5 lyhennetty suunnitteluohje, 21).

jossa

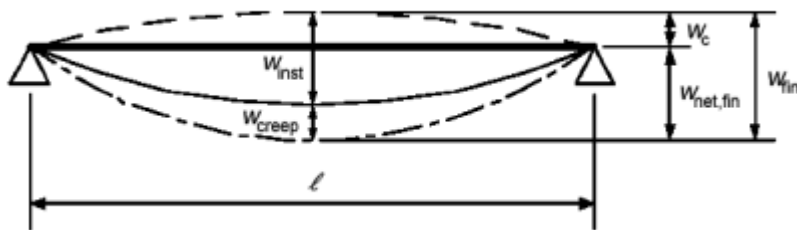
$W_{inst}$  on hetkellinen taipuma

$W_{creep}$  on virumasta aiheutuva lisätaipuma

$W_c$  on esikorotus.

Virumaluvun  $k_{def}$  arvot eri materiaaleille ja käyttöluokille saadaan taulukosta 11.

Taipuman laskemiseen tarvittavia parametrejä on graafisesti esitetty kuvassa 9. Taulukossa 14 on esitetty taipumien ja vaakasiirtymien maksimi-arvot eri rakenneosissa.



Kuva 9. Taipuman muodostuminen. (Puuinfo, EC5 lyhennetty suunnitteluohje, 21).

Kun rakennuksen tai rakenneosien vaakasiirtymästä on haittaa, kuormista aiheutuvat käyttörajatilan taipumat ja vaakasiirtymät rajoitetaan taulukon 14 mukaisiksi, ellei rakennus tai rakenteet ole esimerkiksi helposti halkeilevia ja siitä johtuen katsota muita arvoja soveltuvammiksi. Jos tuulikuorma ei ole määräävä kuorma, sitä ei tarvitse yhdistellä muiden muuttuvien kuormien kanssa. (Puuinfo 2018, 21.)

Taulukko 14. Taipumien ja vaakasiirtymien maksimiarvot. (Puuinfo, EC5 lyhennetty suunnitteluohje, 21).

Rakenne	$w_{inst}^{1)}$	$w_{net,fin}^{2)}$	$w_{fin}^{3)}$
Pääkannattimet	$l/400$	$l/300$	$l/200$
Orret ja muut toisiokannattimet	-	$l/200^{5)}$	$l/150$
Rakennuksen vaakasiirtymä <sup>4)</sup>	-	$H/300$	-

$l$  on jänneväli  
 $H$  on rakennuksen tarkasteltavan kohdan korkeus  
<sup>1)</sup> Koskee pelkästään lattioita  
<sup>2)</sup> Koskee suoria ja esikorotettuja rakenteita, mutta ei tukipisteiden välillä kaarevia tai taitteellisia kannattimia.  
<sup>3)</sup> Koskee esikorotettuja sekä tukipisteiden välillä kaarevia tai taitteellisia rakenteita, kuten esimerkiksi kaaret, mahapalkit, saksiristikot, bumerangipalkit.  
<sup>4)</sup> Hallirakennuksissa vaakasiirtymistä ei ole yleensä haittaa, jolloin sitä ei tarvitse tarkistaa. Kerrostaloissa suositellaan vaakasiirtymän rajoittamista enintään arvoon  $H/500$  ylimmän kerroksen lattiatasolla.  
<sup>5)</sup> Lattialevyn taipumaa laskettaessa kuormituksenä on lyhytaikainen pistekuorma  $Q_k = 2$  kN ja levyn omapaino.

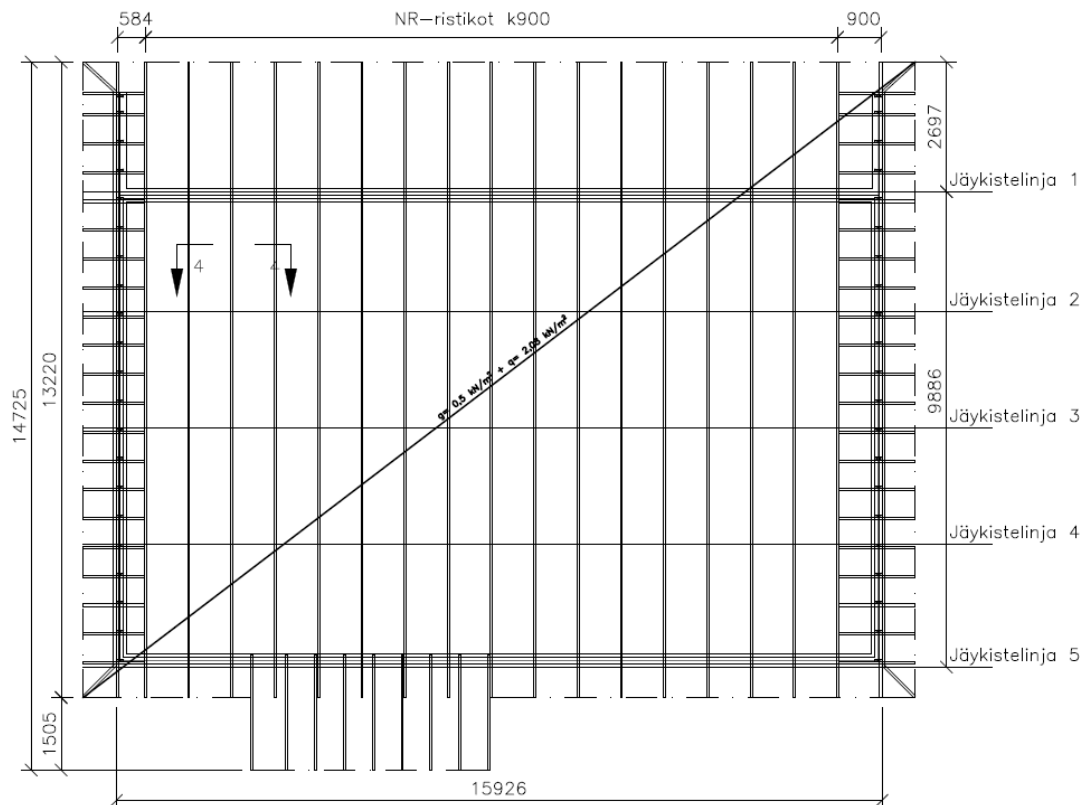
### 4.3 Jäykistys

Jäykistys käsittää koko rakennuksen jäykistyksen ja yksittäisten komponenttien sisäisen jäykistyksen. Rakennuksen tulee kestää ulkoisista voimista syntyvien vaakakuormien rasitukset ja nämä rasitukset on vietävä perustuksille. Rakenneosien tulee kestää rakenteen sisäisistä voimista syntyvät rasitukset, jotka syntyvät kun rakenne on geometrisesti tai fysikaalisilta ominaisuuksiltaan monimuotoinen. Rakenneosien sisäisiä voimia ei tarvitse johtaa perustuksille. Yksittäisten rakenneosien jäykistyksestä hyvä esimerkki on ristikoiden välinen tukirakenne, joka estää ristikon yläpaarteen nurjahtamisen. (Puurakenteiden jäykistysuunnittelun ohje, VTT.)

Rakennuksessa jäykistävänä rakenteena seinissä toimii sisäpuolen kipsilevy ja rungon ulkopuolen tuulensuojalevytys. Yläpohjan kokonaisjäykistykseen kuuluvat vaaka- ja pystyjäykisteet. NR-ristikoiden pystyjäykisyys tässä kohteessa toteutetaan

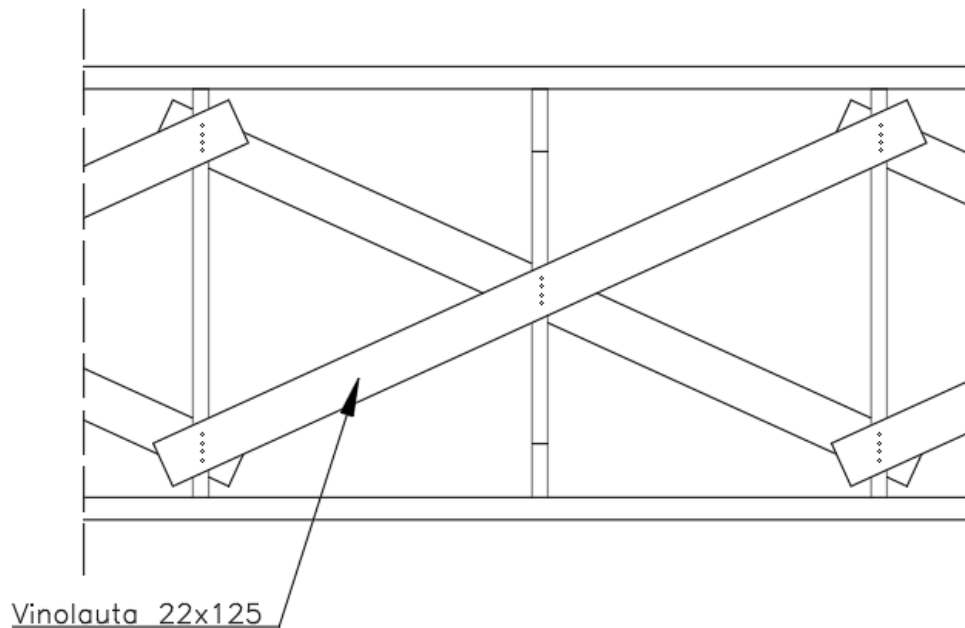


vinolautajäykistyksellä. Vinolautalinjoja on kolme kappaletta ja ne kiinnitetään ristikoiden uumasauvoihin. Yksi vinolautalinja sijaitsee katon keskikohdassa. Keskilinja muodostaa kaksi aluetta, joiden keskikohdissa sijaitsevat loput vinolautalinjat. NR-ristikon vaakajäykisteenä tässä rakennuksessa toimii ruodelaudat ja alapaarteeseen kiinnitettyt levyt. Alapaarteeseen kiinnitettyt levyt ohjaavat voimat seinien rakenteille, jotka johtavat voimat edelleen perustuksiin. (RT 85-10495, 1993.)



Kuva 10. Yläpohja, ristikoiden jäykistys.

Kuvassa 10 on yläpohjan tasopiirustus, johon on merkitty jäykistelinjat 1–5. Jäykistelinjat 1 ja 5 ovat levyjäykisteisiä seinärakenteita ja linjat 2–4 vinolaudoin toteutettuja jäykistelinjoja. Vinolautajäykistysperiaate käy ilmi kuvasta 11.

4 - 4

Kuva 11. Vinolautajäykistys.

Rakennuksen jäykistysmenetelmä valitaan yleensä tapauskohtaisesti. Käytetyimpiä jäykistysmenetelmiä ovat kehäjäykistys, ristikkojäykistys, levyjäykistys ja ulokkeilla jäykistys. Vaakajäykistys on oltava kaikissa rakennuksen kerroksissa. Vaakajäykistysenä pientaloissa toimii yleensä levytys kattorakenteissa tai katto- ja välipohjarakenteissa. (VTT 2006.)

Jäykistysen suunnittelussa jäykisteille tulevat voimat tulisi laskea, ja mitoittaa jäykistys niiden pohjalta. Myös jäykistysen liitokset, kuten naulaliitokset, tulisi mitoittaa. Tässä opinnäytetyössä rajataan jäykistysmitoitus työn ulkopuolelle.

## 5 LOPUKSI

Tavoitteenani tässä opinnäytetyössä oli laatia kohteen rakentamiseen tarvittavat rakennepiirustukset sekä mitoittaa rakennuksen puurakenteet. Kohteen todellisuus lisäsi opinnäytetyön tekemisen mielekkyyttä. Ensimmäisenä projektin käynnistämiseksi oli tarpeellista syventyä opinnäytetyön aiheisiin sekä AutoCAD-ohjelman toimintoihin. Tämä oli ensimmäinen kohde, johon olen tehnyt rakennesuunnitelmat kokonaisuudessaan yksin. Työtä tehdessäni opin hyödyntämään opintojeni aikana opittua tietoa käytännössä, sekä syventämään oppimaani, mikä oli yksi keskeinen tavoite opinnäytetyölleni.

## LÄHTEET

Puuinfo Oy. 2018. Eurokoodi 5 lyhennetty suunnitteluohje. 4. painos. Helsinki: Puuinfo Oy. Viitattu 15.2.2020 <https://www.puuinfo.fi/eurokoodi-5-lyhennetty-suunnitteluohje>.

Rakennustieto Oy. 1993. RT 85-10495 Puuristikot- ja kehät. Helsinki: Rakennustieto Oy.

SSAB. 2015. Pientalojen perustukset. Anturoiden suunnitteluohje. Hämeenlinna: SSAB. Viitattu 20.02.2020 <https://www.ssab.fi/tuotteet/teraslukot/infrastruktuuri/infrastructure-downloads>.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2011. RIL 201-1-2011. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Eurokoodit EN 1990, EN 1991-1-1, EN 1991-1-3, EN 1991-1-4. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2002. EN 1991-1-1 + AC. Eurocode 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-1: Yleiset kuormat, tilavuuspainot, oma paino ja rakennusten hyötykuormat. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2006. EN 1990 + A1 + AC. Eurokoodi. Rakenteiden suunnitteluperusteet. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2011. EN 1991-1-4 + AC + A1. Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-4: Yleiset kuormat. Tuulikuormat. 2. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2014. EN 1995-1-1 + A1 + A2 + AC. Eurokoodi 5. Puurakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. 3. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2015. EN 1991-1-3 + AC + A1. Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-3: Yleiset kuormat. Lumikuormat. 2. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

Teknologian tutkimuskeskus VTT. 2006. Puurakenteiden jäykistys suunnittelun ohje. Viitattu 28.04.2020 [https://www.vttresearch.com/sites/default/files/julkaisut/muut/2006/jaykistys\\_2006.pdf](https://www.vttresearch.com/sites/default/files/julkaisut/muut/2006/jaykistys_2006.pdf).

Ympäristöministeriö. 2016. 6/16 Ympäristöministeriön asetus lumikuormia koskevista kansallisista valinnoista sovellettaessa standardia SFS-EN 1991-1-3. Viitattu 10.03.2020 <https://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/700001/42811>.

**Kuormat****Lumikuorma** EN 1991-1-3 mukaan

$$s_k := 2.6 \frac{kN}{m^2}$$

Lumikuorman ominaisarvo Paimiossa  
(kuva 4)

$$C_t := 1.0$$

Lämpökerroin, tavallisesti 1.0

$$C_e := 1.0$$

Katon tuulensuojakerroin (taulukko 3)

$$\mu_1 := 0.8$$

Lumikuorman muotokerroin,  
kun kattokaltevuus 5.71°  
(taulukko 4)

$$q_{k.lumi} := \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 2.08 \frac{kN}{m^2}$$

**Tuulikuorma** (voimakerroin menetelmä) EN 1991-1-4 mukaan

Lähtötiedot

Maastoluokka 2

$$h := 5.2 \text{ m}$$

Rakennuksen korkeus

$$b := 16 \text{ m}$$

Rakennuksen pitkä sivu

$$d := 12 \text{ m}$$

Rakennuksen lyhyt sivu

Nopeuspaine

$$q_{p0} := 0.55 \frac{kN}{m^2}$$

Puuskanopeuspaine (taulukko 6)

$$q_p := q_{p0} = 0.55 \frac{kN}{m^2}$$

koska rakennus sijaitsee tasaisessa  
maastossa

$$c_s c_d := 1$$

Rakennuksille, joiden korkeus on alle  
15m voidaan käyttää arvoa 1

**Kun tuulee talon lyhyemmän sivun suuntaan:**

$$h = 5.2 \text{ m} \leq 15 \text{ m}$$

$$\text{joten } \lambda := \frac{2 \cdot h}{b} = 0.65 \quad (\text{kuva 6})$$

$$\text{Sivumittojen suhde } d/b \text{ on: } \frac{d}{b} = 0.75$$

$$\text{joten } c_f := 1.4 \quad (\text{kuva 7})$$

Tuulikuorman vaikutusala "tuulen näkemänä"

$$A_{ref} := b \cdot h = 83.2 \text{ m}^2$$

Tuulikuorma

$$F_w := c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p \cdot A_{ref} = 64.064 \text{ kN}$$

ja pinta-alakuormana:

$$q_{w,k} := c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p = 0.77 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

**Kun tuulee talon pidemmän sivun suuntaan:**

$$h = 5.2 \text{ m} \leq 15 \text{ m}$$

$$\text{joten } \lambda := \frac{2 \cdot h}{d} = 0.867 \quad (\text{kuva 6})$$

$$\text{Sivumittojen suhde } d/b \text{ on: } \frac{b}{d} = 1.333$$

$$\text{joten } c_f := 1.2 \quad (\text{kuva 7})$$

Tuulikuorman vaikutusala "tuulen näkemänä"

$$A_{ref} := d \cdot h = 62.4 \text{ m}^2$$

Tuulikuorma

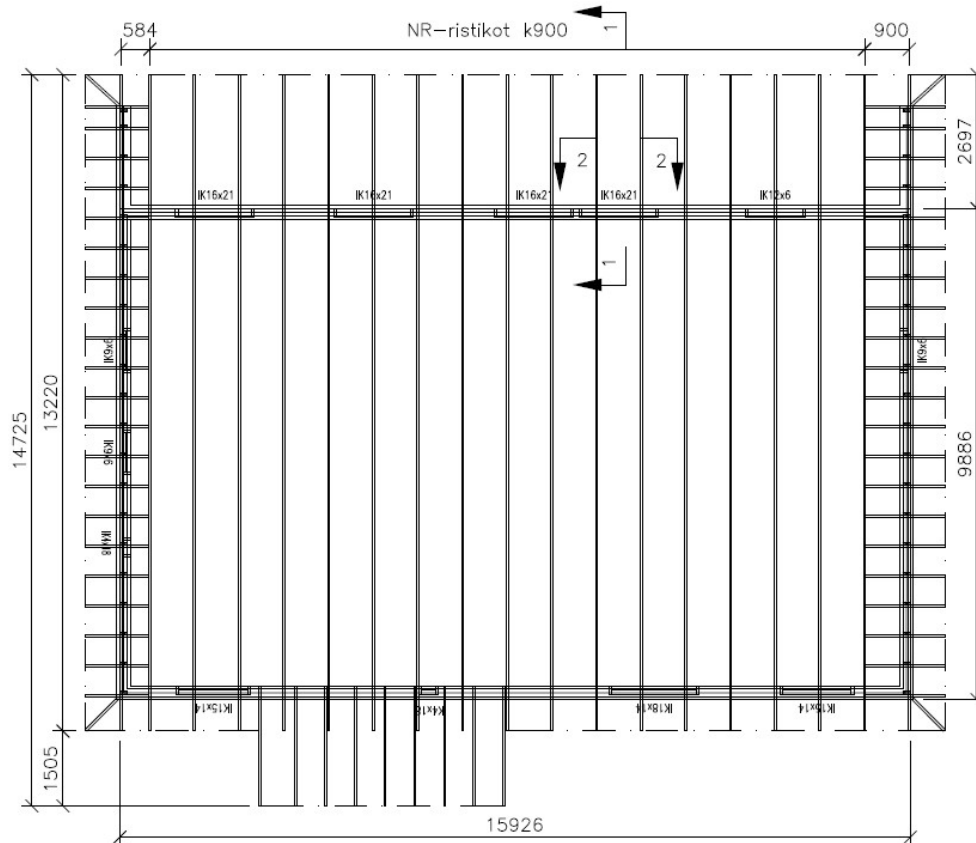
$$F_w := c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p \cdot A_{ref} = 41.184 \text{ kN}$$

ja pinta-alkuormana:

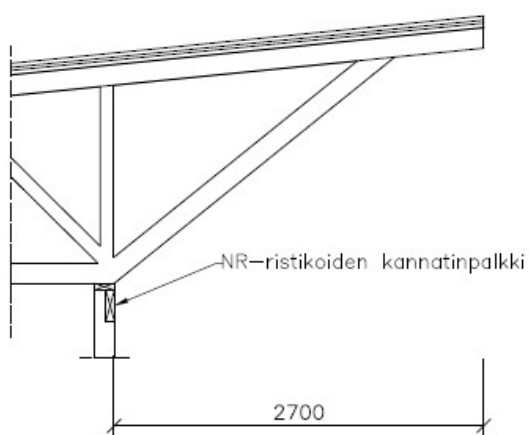
$$q_{w.k} := c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p = 0.66 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

## NR-ristikon kannatinpalkin mitoitus

- NR-ristikot kannatetaan yläohjauspuun alapuolella olevalla kannatinpalkilla
- Runkotolppiin tehdään lovi työmaalla kannatinpalkkia varten
- Tarkastelu tehdään ikkuna-aukon kohdalla, jossa on mitoittava tilanne

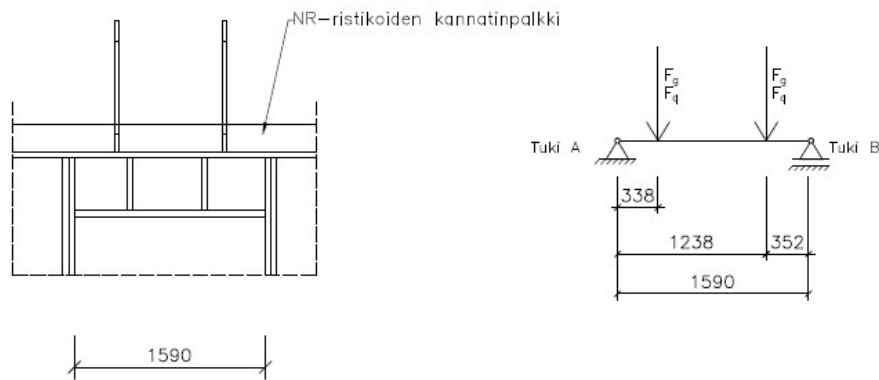


### Leikkaus 1 - 1

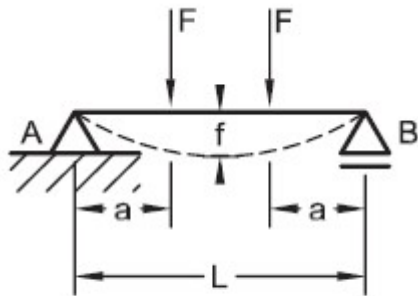




Leikkaus 2 - 2



Laskuissa on käytetty seuraavaa rakentajan kalenterin kaavaa:



$$A = B = F$$

$$M_{\max} = Fa$$

$$f = \frac{FL^2a}{24EI} \left( 3 - 4 \frac{a^2}{L^2} \right)$$

Vaikka tämän rakenneosan staattinen malli ei täysin vastaa rakentajan kalenterin mallia, päästään myös statiikkaohjelmalla laskettuna samaan lopputulokseen.

Mitoitetaan NR-ristikoiden kannatinpalkki ikkuna-aukon kohdalla. Palkki tulee mitoittaa pysyvässä ja keskipitkässä aikaluokassa.

### Palkin materiaali

Kerto-S

(taulukot 9 ja 12)

$$f_{m.k} := 44 \frac{N}{mm^2} \quad \gamma_M := 1.2$$

$$f_{v.k} := 4.1 \frac{N}{mm^2} \quad E_{mean} := 13800 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{c.90.edge.k} := 6 \frac{N}{mm^2}$$

### Kuormat

$$g_{k1} := 0.5 \frac{kN}{m^2} \quad \text{yläpohja, tavanomainen yläpohja}$$

$$g_{k2} := 0.2 \frac{kN}{m^2} \quad \text{yläpohja räystään kohdalla}$$

$$q_k := 2.08 \frac{kN}{m^2} \quad \text{lumikuorma}$$

### Ominaiskuormien aiheuttamat voimasuureet

$$L := 9.8 \text{ m} \quad \text{ristikon jänneväli}$$

$$L_1 := 1.59 \text{ m} \quad \text{ristikoiden kannatinpalkin jänneväli}$$

$$k := 2.7 \text{ m} \quad \text{räystään kuormitusleveys}$$

$$s := 0.9 \text{ m} \quad \text{ristikkojako}$$

$$s_1 := 0.338 \text{ m} \quad \text{pistekuorman etäisyys tuelta A}$$

$$s_2 := 1.238 \text{ m} \quad \text{pistekuorman etäisyys tuelta A}$$

$$s_3 := 0.352 \text{ m} \quad \text{pistekuorman etäisyys tuelta B}$$

Ristikon tukireaktio yläpohjan omapainosta

$$F_{g,k} := \frac{L}{2} \cdot s \cdot g_{k1} + k \cdot s \cdot g_{k2} = 2.691 \text{ kN}$$

Ristikon tukireaktio lumikuormasta

$$F_{q,k} := \left( \frac{L}{2} + k \right) \cdot s \cdot q_k = 14.227 \text{ kN}$$

Palkin tukireaktiot yläpohjan omapainosta

$$B_{g,k} := \frac{F_{g,k} \cdot s_1 + F_{g,k} \cdot s_2}{L_1} = 2.667 \text{ kN}$$

$$A_{g,k} := 2 \cdot F_{g,k} - B_{g,k} = 2.715 \text{ kN}$$

Palkin tukireaktiot lumikuormasta

$$B_{q,k} := \frac{F_{q,k} \cdot s_1 + F_{q,k} \cdot s_2}{L_1} = 14.102 \text{ kN}$$

$$A_{q,k} := 2 \cdot F_{q,k} - B_{q,k} = 14.352 \text{ kN}$$

Maksimimomentti yläpohjan omapainosta

$$M_{g,k} := B_{g,k} \cdot s_3 = 0.939 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Maksimimomentti lumikuormasta

$$M_{q,k} := B_{q,k} \cdot s_3 = 4.964 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Maksimi leikkausvoima yläpohjan omapainosta

$$V_{g,k} := B_{g,k} = 2.667 \text{ kN}$$

Maksimi leikkausvoima lumikuormasta

$$V_{q,k} := B_{q,k} = 14.102 \text{ kN}$$

### **Palkin lähtötiedot**

$h := 225 \text{ mm}$  palkin korkeus  
 $b := 63 \text{ mm}$  palkin leveys

### **Kuormitusyhdistelmät, tutkitaan seuraavat**

$$K_{FI} := 1$$

#### **KY1: pysyvä aikaluokka**

KRT: Gkj (omapaino)  
MRT: 1,35 \* Gkj (omapaino)

#### **KY2: keskipitkä aikaluokka**

KRT: Gkj (omapaino) + Qk1 (lumi)  
MRT: 1,15 \* Gkj (omapaino) + 1,5 \* Qk1 (lumi)

**Taivutuskestävyys KY1**

Maksimi taivutusmomentti

$$M_d := 1.35 \cdot M_{g,k} = 1.268 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Taivutusjännitys

$$\sigma_{m,y,d} := \frac{6 \cdot M_d}{b \cdot h^2} = 2.384 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Kertopuupalkin korkeus  $h$  on pienempi kuin 300mm, joten taivutuslujuutta ei tarvitse pienentää kertoimella  $k_h$

Taivutuslujuus

$$k_{mod} := 0.6 \quad (\text{taulukko 10})$$

$$f_{m,d} := \frac{f_{m,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 22 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mitoitusehto

$$\sigma_{m,y,d} < f_{m,d}$$

Käyttöaste

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} = 0.108$$

Käyttöaste 10.8%  
OK kestää

**Leikkausvoimakestävyys KY1**

Maksimi leikkausvoima

$$V_d := 1.35 \cdot V_{g,k} = 3.601 \text{ kN}$$

Leikkausjännitys

-palkki on kertopuuta ->  $b_{ef} := b$ 

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{b_{ef} \cdot h} = 0.381 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Leikkauslujuus

$$f_{v,d} := \frac{f_{v,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 2.05 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mitoitusehto

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

Käyttöaste

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 0.186$$

Käyttöaste 18.6%  
OK kestää

**Tukipainekestävyys yläohjauspuussa KY1**

$l := 42 \text{ mm}$  Ristikon leveys

$$f_{c.90.k} := 2.5 \frac{N}{\text{mm}^2} \quad (\text{taulukko 12})$$

$b_2 := 148 \text{ mm}$  yläohjauspuun lape

Tukireaktio

$$F_d := 1.35 \cdot F_{g.k} = 3.633 \text{ kN}$$

Puristusjäännitys yläohjauspuussa

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{F_d}{b_2 \cdot l} = 0.584 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Yläohjauspuun puristuslujuus syysuuntaa vastaan

$$f_{c.90.d} := \frac{f_{c.90.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 1.25 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$k_{c.90}$  -kerroin

$$l_1 < 2 \cdot h \quad \text{joten} \quad k_{c.90} := 1.25 \quad (\text{C24})$$

Tehollinen kosketuspinnan pituus

$$l_{c.90.ef} := 30 \text{ mm} + l + 30 \text{ mm} = 102 \text{ mm}$$

Tukipainekerroin

$$k_{c.tuki} := \frac{l_{c.90.ef}}{l} \cdot k_{c.90} = 3.036$$

Mitoitusehto

$$\sigma_{c.90.d} < k_{c.tuki} \cdot f_{c.90.d}$$

Käyttöaste

$$\frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c.tuki} \cdot f_{c.90.d}} = 0.154$$

Käyttöaste 15.4%  
OK kestää

## Taivutuskestävyys KY2

Maksimi taivutusmomentti

$$M_d := 1.15 \cdot M_{g,k} + 1.5 \cdot M_{q,k} = 8.526 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Taivutusjännitys

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{6 \cdot M_d}{b \cdot h^2} = 16.039 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Kertopuupalkin korkeus  $h$  on pienempi kuin 300mm, joten taivutuslujuutta ei tarvitse pienentää kertoimella  $k_h$

Taivutuslujuus

$$k_{mod} := 0.8 \quad (\text{taulukko 10})$$

$$f_{m.d} := \frac{f_{m.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 29.333 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mitoitusehto

$$\sigma_{m.y.d} < f_{m.d}$$

Käyttöaste

$$\frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} = 0.547$$

Käyttöaste 54.7%  
OK kestää



**Leikkausvoimakestävyys KY2**

Maksimi leikkausvoima

$$V_d := 1.15 \cdot V_{g.k} + 1.5 \cdot V_{q.k} = 24.22 \text{ kN}$$

Leikkausjännitys

palkki on kertopuuta ->  $b_{ef} := b$ 

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{b_{ef} \cdot h} = 2.563 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Leikkauslujuus

$$k_{mod} := 0.8 \quad (\text{taulukko 10})$$

$$f_{v.d} := \frac{f_{v.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 2.733 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mitoitusehto

$$\tau_d < f_{v.d}$$

Käyttöaste

$$\frac{\tau_d}{f_{v.d}} = 0.938 \quad \text{Käyttöaste 93.8\%}$$

OK kestää

**Tukipainekestävyys yläohjauspuussa KY2**

$l := 42 \text{ mm}$  Ristikon leveys

$b_2 := 148 \text{ mm}$  yläohjauspuun lape

Tukireaktio

$$F_d := 1.15 \cdot F_{g,k} + 1.5 \cdot F_{q,k} = 24.435 \text{ kN}$$

Puristusjännitys yläohjauspuussa

$k_{mod} := 0.8$  (taulukko 10)

$$\sigma_{c,90,d} := \frac{F_d}{b_2 \cdot l} = 3.931 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Yläohjauspuun puristuslujuus syysuuntaa vastaan

$$f_{c,90,d} := \frac{f_{c,90,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 1.667 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$k_{c,90}$  -kerroin

$$l_1 < 2 \cdot h \quad \text{joten} \quad k_{c,90} := 1.25 \quad (\text{C24})$$

Tehollinen kosketuspinnan pituus

$$l_{c,90,ef} := 30 \text{ mm} + l + 30 \text{ mm} = 102 \text{ mm}$$

Tukipainekerroin

$$k_{c,tuki} := \frac{l_{c,90,ef}}{l} \cdot k_{c,90} = 3.036$$

## Mitoitusehto

$$\sigma_{c.90.d} < k_{c.tuki} \cdot f_{c.90.d}$$

## Käyttöaste

$$\frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c.tuki} \cdot f_{c.90.d}} = 0.777$$

Käyttöaste 77.7%  
OK kestää

## Taipuma KY2

$$I := \frac{b \cdot h^3}{12} = (5.98 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$$

Hetkellinen taipuma pysyvistä kuormista

$$w_{inst.G} := \frac{F_{g.k} \cdot L_1^2 \cdot s_3}{24 \cdot E_{mean} \cdot I} \cdot \left( 3 - 4 \cdot \frac{s_3^2}{L_1^2} \right) = 0.339 \text{ mm}$$

Hetkellinen taipuma muuttuvista kuormista

$$w_{inst.Q} := \frac{F_{q.k} \cdot L_1^2 \cdot s_3}{24 \cdot E_{mean} \cdot I} \cdot \left( 3 - 4 \cdot \frac{s_3^2}{L_1^2} \right) = 1.792 \text{ mm}$$

Lopputaipuma

$$k_{def} := 0.8 \quad (\text{taulukko 11})$$

$$w_{fin} := (1 + k_{def}) \cdot w_{inst.G} + (1 + 0.2 \cdot k_{def}) \cdot w_{inst.Q} = 2.689 \text{ mm}$$

Mitoitusehto

$$L := 1590 \text{ mm}$$

kannatinpalkin jänneväli

$$w_{fin} < \frac{L}{300}$$

Käyttöaste

$$\frac{w_{fin}}{\frac{L}{300}} = 0.507$$

Käyttöaste 50.7%  
OK

NR-ristikon kannatinpalkin dimensioksi saatiin Kerto-S 63x225. Kannatinpalkki on mitoitettu siten, että se yksin kantaa NR-ristikoiden välittämät kuormat. Näin ollen kannatinpalkin yllä lappeellaan olevaa yöohjauspuuta ei ole huomioitu muuten kuin sen tukipainelaskuissa.

**RUNKOTOLPAN MITOITUS**

Ulkoseinätolpat oletetaan päistään nivelellisesti tuetuksi. Ulkoseinätolppien heikompi suunta on tuettu nurjahdusta vastaan levytyksellä. Yläjuoksun staattinen malli voidaan yksinkertaistaa yksiaukkoiseksi palkiksi. Yläjuoksun maksimitaivutusrasitus on ristikon tukireaktion sijaitessa seinätolppien keskellä, joten kuorman epäkeskisyyttä ei ole.

Mitoitetaan ulkoseinätolppa kahden 1590mm leveän ikkunaukon välissä.

**Lähtötiedot**

$$k_{jako} := 1600 \text{ mm}$$

Kuormitusleveys runkotolpalle ikkunaukkojen välissä

$$L := 2.655 \text{ m}$$

Runkotolpan pituus

Materiaali

Sahatavara C24 (taulukot 9 ja 12)

$$\gamma_M := 1.4$$

$$E_{0.05} := 7400 \text{ MPa}$$

$$f_{c.0.k} := 21 \text{ MPa}$$

$$E_{0.mean} := 11000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{c.90.k} := 2.5 \text{ MPa}$$

$$f_{m.k} := 24 \text{ MPa}$$

Valitaan poikkileikkaus:

$$b := 96 \text{ mm}$$

(2\*48mm tolppaa vierekkäin)

$$h := 147 \text{ mm}$$

$$A := b \cdot h = (1.411 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$W := \frac{b \cdot h^2}{6} = (3.457 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

**Kuormat ja rasitukset**

Pystykuorma tolपालle yläpohjan ja räystään omapainosta

$$g_{k.omapaino} := 0.8 \frac{kN}{m^2} \cdot 4.836 \text{ m} \cdot k_{jako} + 0.2 \frac{kN}{m^2} \cdot 2.773 \text{ m} \cdot k_{jako} = 7.077 \text{ kN}$$

Lumikuorma

$$q_{k.lumi} := 2.08 \frac{kN}{m^2} \cdot 4.836 \text{ m} \cdot k_{jako} = 16.094 \text{ kN}$$

Tuulikuorma

$$q_{k.tuuli} := 0.77 \frac{kN}{m^2}$$

**Tarkastetaan seuraavat kuormitusyhdistelmät:**

**KY1** (Pysyvä aikaluokka): 1,35\*Omapaino

**KY2** (Keskipitkä aikaluokka): 1,15\*Omapaino + 1,5\*Lumi

**KY3** (Hetkellinen aikaluokka): 1,15\*Omapaino + 1,5\*Lumi + 1,5\* $\psi_{0.tuuli}$ \*Tuuli

**KY4** (Hetkellinen aikaluokka): 1,15\*Omapaino + 1,5\*Tuuli + 1,5\* $\psi_{0.lumi}$ \*Lumi

$$\psi_{0.lumi} := 0.7 \quad \psi_{0.tuuli} := 0.6$$

**Nurjahduskestävyys KY1**

Rasitukset

$$N_{Ed1} := 1.35 \cdot g_{k.omapaino} = 9.555 \text{ kN}$$

Puristusjännitys

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_{Ed1}}{A} = 0.677 \text{ MPa}$$

Puristuslujuus

$$k_{mod} := 0.6 \quad (\text{taulukko 10})$$

$$f_{c.0.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 9 \text{ MPa}$$

Nurjahduskerroin

$$L_c := 1.0 \cdot L = 2.655 \text{ m}$$

Nurjahduspituus, nivel kiinnitys ylä- ja alapäästä

$$i := \frac{h}{\sqrt{12}} = 42.435 \text{ mm}$$

Poikkileikkauksen jäyhyysäde

$$\lambda := \frac{L_c}{i} = 62.566$$

Hoikkuusluku

$$\lambda_{rel} := \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}} = 1.061$$

Suhteellinen hoikkuus

$$\beta_c := 0.2$$

Kerroin, joka huomioi syrjä- ja lapekäyritystoleranssit, sahatavaralle

$$k := 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2) = 1.139$$

$$k_c := \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = 0.644$$

Mitoitusehto

$$KY1 := \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 0.117$$

Käyttöaste 11.7 %  
OK kestää

## Nurjahduskestävyys KY2

Rasitukset

$$N_{Ed2} := 1.15 \cdot g_{k.omapaino} + 1.5 \cdot q_{k.lumi} = 32.28 \text{ kN}$$

Puristusjännitys

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_{Ed2}}{A} = 2.287 \text{ MPa}$$

Puristuslujuus

$$k_{mod} := 0.8$$

(taulukko 10)

$$f_{c.0.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 12 \text{ MPa}$$

Nurjahduskerroin

$$k_c = 0.644$$

(Ei muutu, pysyy samana)

Mitoitusehto

$$KY2 := \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 0.296$$

Käyttöaste 29,6 %  
OK kestää



**Nurjahduskestävyys KY3**

Rasitukset

$$N_{Ed3} := 1.15 \cdot g_{k.omapaino} + 1.5 \cdot q_{k.lumi} = 32.28 \text{ kN}$$

$$q_{d3.tuuli} := 1.5 \cdot k_{jako} \cdot \psi_{0.tuuli} \cdot q_{k.tuuli} = 1.109 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed3} := \frac{q_{d3.tuuli} \cdot L^2}{8} = 0.977 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Puristusjäännitys

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_{Ed3}}{A} = 2.287 \text{ MPa}$$

Puristuslujuus

$$k_{mod} := 1.1 \quad (\text{taulukko 10})$$

$$f_{c.0.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 16.5 \text{ MPa}$$

Taivutusjäännitys

$$\sigma_{m.d} := \frac{M_{Ed3}}{W} = 2.826 \text{ MPa}$$

Taivutuslujuus

$$k_{mod} := 1.1 \quad (\text{taulukko 10})$$

$$f_{m.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{m.k}}{\gamma_M} = 18.857 \text{ MPa}$$

Nurjahduskerroin

$$k_e = 0.644 \quad (\text{Ei muutu, pysyy samana})$$

Mitoitusehto

$$KY3 := \frac{\sigma_{m.d}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 0.365$$

Käyttöaste 36,5 %  
OK kestää

### Nurjahduskestävyys KY4

Rasitukset

$$N_{Ed4} := 1.15 \cdot g_{k.omapaino} + 1.5 \cdot \psi_{0.lumi} \cdot q_{k.lumi} = 25.038 \text{ kN}$$

$$q_{d4.tuuli} := 1.5 \cdot k_{jako} \cdot q_{k.tuuli} = 1.848 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed4} := \frac{q_{d4.tuuli} \cdot L^2}{8} = 1.628 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Puristusjäännitys

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_{Ed4}}{A} = 1.774 \text{ MPa}$$

Puristuslujuus

$$k_{mod} := 1.1$$

(taulukko 10)

$$f_{c.0.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 16.5 \text{ MPa}$$

Taivutusjäännitys

$$\sigma_{m.d} := \frac{M_{Ed4}}{W} = 4.71 \text{ MPa}$$

Taivutuslujuus

$$k_{mod} := 1.1$$

(taulukko 10)

$$f_{m.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{m.k}}{\gamma_M} = 18.857 \text{ MPa}$$

Nurjahduskerroin

$$k_c = 0.644$$

(Ei muutu, pysyy samana)

Mitoitusehto

$$KY4 := \frac{\sigma_{m.d}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 0.417$$

Käyttöaste 41,7 %  
OK kestää**Tulokset, käyttöasteet eri kuormitusyhdistelmistä:**

$KY1 = 0.117$  Pysyvä aikaluokka: 1.35\*Omapaino

$KY2 = 0.296$  Keskipitkä aikaluokka: 1,15\*Omapaino + 1,5\*Lumi

$KY3 = 0.365$  Hetkellinen aikaluokka: 1,15\*Omapaino + 1,5\*Lumi + 1,5\* $\psi_{0.tuuli}$ \*Tuuli

$KY4 = 0.417$  Hetkellinen aikaluokka: 1,15\*Omapaino + 1,5\*Tuuli + 1,5\* $\psi_{0.lumi}$ \*Lumi

Mitoittava tilanne tulee hetkellisestä kuormitusyhdistelmästä,  
jossa tuuli vaikuttaa täytenä (KY4)

**Tukipainekestävyys alaohjauspuussa KY2**

$$A_d := N_{Ed2} = 32.28 \text{ kN}$$

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{A_d}{b \cdot h} = 2.287 \text{ MPa}$$

Puristusjännitys alaohjauspuussa

$$k_{mod} := 0.8$$

(taulukko 10)

$$f_{c.90.d} := \frac{f_{c.90.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 1.429 \text{ MPa}$$

Puristuslujuus syysuuntaa vastaan

$$k_{c.90} := 1.25$$

Liite 3 (8)

$$l_{c.90.ef} := 30 \text{ mm} + b + 30 \text{ mm} = 156 \text{ mm}$$

Tehollinen kosketuspinnan pituus

$$k_{c.tuki} := \frac{l_{c.90.ef}}{b} \cdot k_{c.90} = 2.031$$

Tukipainekerroin

Mitoitusehto

$$\sigma_{c.90.d} = 2.287 \text{ MPa} < k_{c.tuki} \cdot f_{c.90.d} = 2.902 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c.tuki} \cdot f_{c.90.d}} = 0.788$$

Käyttöaste 78,8 %  
OK kestää

#### Taipuma KY4

$$q_k(h) := 0.55 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Tuulikuorma

$$c_{p.net} := 1.4$$

$$I_y := \frac{b \cdot h^3}{12} = (2.541 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$$

Palkin jäyhyysmomentti

$$w_{inst} := \frac{5 \cdot (k_{jako} \cdot c_{p.net} \cdot q_k(h)) \cdot L^4}{384 \cdot E_{0.mean} \cdot I_y} = 2.851 \text{ mm}$$

Hetkellinen taipuma  
tuulikuormasta

$$k_{def} := 0.6$$

(taulukko 11)

$$w_{fin} := (1 + k_{def}) \cdot w_{inst} = 4.562 \text{ mm}$$

Lopputaipuma

Mitoitusehto

Liite 3 (9)

$$w_{fin} = 4.562 \text{ mm} < \frac{L}{300} = 8.85 \text{ mm}$$

$$\frac{w_{fin}}{8.85 \text{ mm}} = 0.516$$

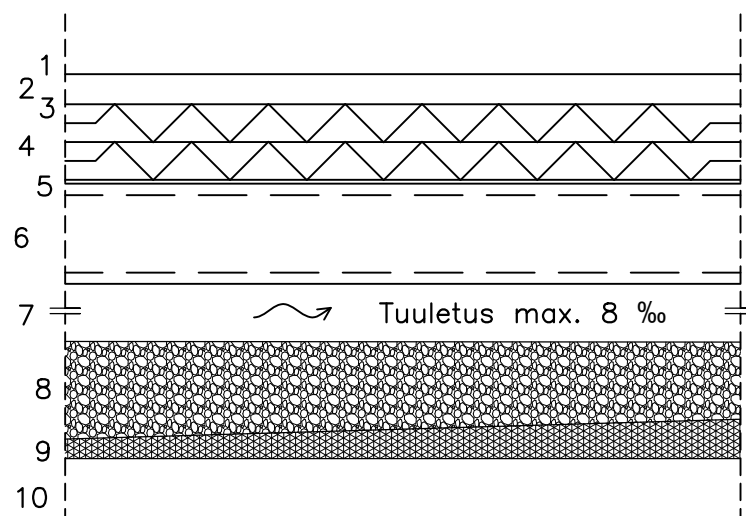
Käyttöaste 51,6 %  
OK kestää

### Mitoituksen tarkastelu

Runkotolpan dimensioksi ikkuna-aukkojen välissä saatiin 2x C24 48x147.  
Muuten C24 48x147 k600.

Rakennuskohde Omakotitalo Loppistentie, Paimio 21530	Sisältö Alapohja	<h1>AP1</h1>	
	Työnumero 551	Tekijä Jani M.	Pvm 20.3.2020

1:20



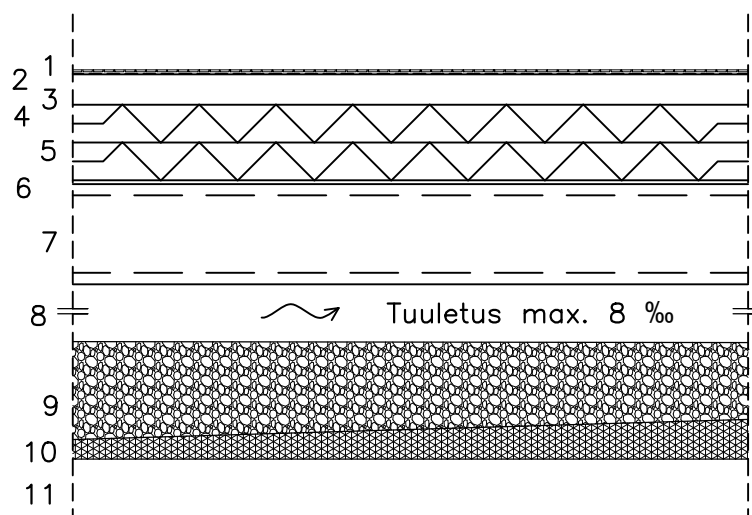
Rakennekerrokset:

1		Lattiapäällyste ja pintakäsittely
2	80 mm	Teräsbetonilaatta
3		Suodatinkangas, saumat limitetty ja teipattu
4	200 mm	Lämmöneriste
5		Tasoitushiekka
6	265 mm	Ontelolaatta P27
7	>800 mm	Ryömintätila
8	>300 mm	Salaojituseros, raekoko 6...32 mm
9		Suodatinkangas
10		Täyttömaa

U-arvo: 0.155

Rakennuskohde Omakotitalo Loppistentie, Paimio 21530	Sisältö Alapohja, märkätila ja sauna	<h1>AP2</h1>	
	Työnumero 551	Tekijä Jani M.	Pvm 20.3.2020

1:20



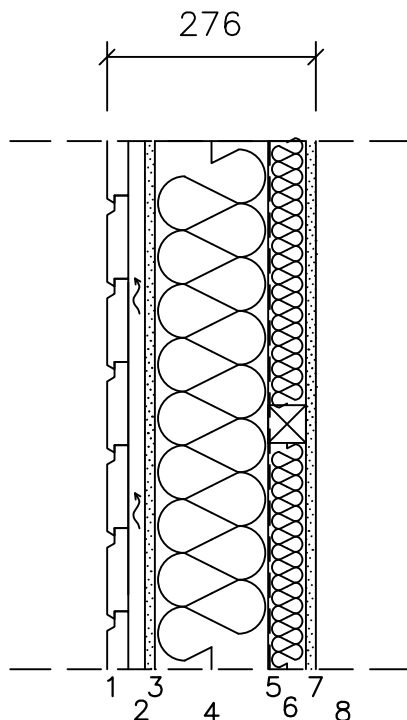
## Rakennekerrokset:

1		Laatoitus ja kiinnityslaasti
2		Vedeneristys
3	80 mm	Teräsbetoni-laatta, lattialämmitys
4		Suodatinkangas, saumat limitetty ja teipattu
5	200 mm	Lämmöneriste
6		Tasoitushiekka
7	265 mm	Ontelolaatta P27
8	>800 mm	Ryömintätila
9	>300 mm	Salaojituskerros, raekoko 6...32 mm
10		Suodatinkangas
11		Täyttömaa

U-arvo: 0.155

Rakennuskohde Omakotitalo Loppistentie, Paimio 21530	Sisältö Ulkoseinä	<h1>US1</h1>	
	Työnumero 551	Tekijä Jani M.	Pvm 20.3.2020

1:10



Rakennekerrokset:

1	28 mm	Vaakapaneeli
2	22 mm	Pystykoolaus 22x100 k600 + tuuletusrako
3	13 mm	Tuulensuojalevy
4	150 mm	Runkotolpat 48x148 k600, aukkojen molemmin puolin 2kpl 48x148 + mineraalivilla 150mm
5		Höyrysulku
6	50 mm	Vaakakoolaus 48x48 k600 + mineraalivilla 50mm
7	13 mm	Kipsilevy EK
8		Pintamateriaali/-käsittely

U-arvo: 0.164

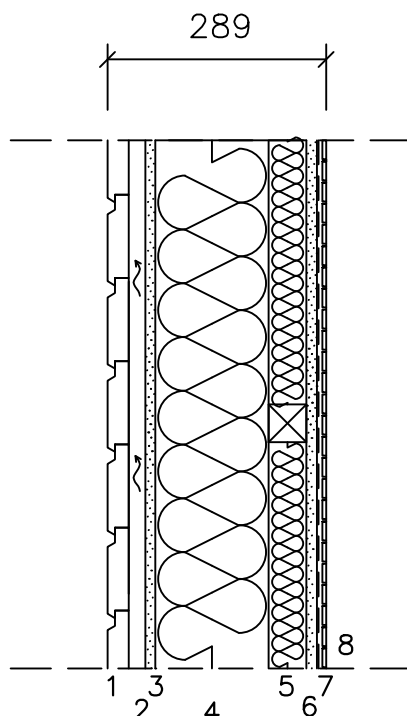
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



Rakennuskohde Omakotitalo Loppistentie, Paimio 21530	Sisältö Ulkoseinä, märkätila + WC	<b>US2</b>	
	Työnumero 551	Tekijä Jani M.	Pvm 20.3.2020

1:10



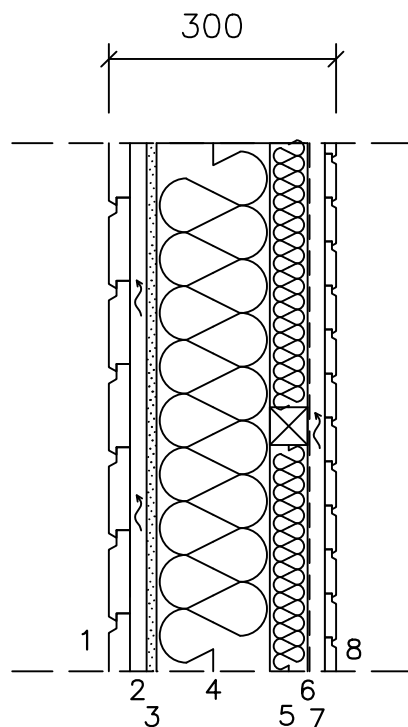
## Rakennekerrokset:

1	28 mm	Vaakapaneeli
2	22 mm	Pystykoolaus 22x100 k600 + tuuletusrako
3	13 mm	Tuulensuojalevy
4	150 mm	Runkotolpat 48x148 k600, aukkojen molemmin puolin 2kpl 48x148 + mineraalivilla 150mm
5	50 mm	Vaakakoolaus 48x48 k600 + mineraalivilla 50mm
6	13 mm	Kipsilevy EK
7		Vedeneriste
8		Kiinnityslaasti, laatoitus

U-arvo: 0.164

Rakennuskohde Omakotitalo Loppistentie, Paimio 21530	Sisältö Ulkoseinä, sauna	<b>US3</b>	
	Työnumero 551	Tekijä Jani M.	Pvm 20.3.2020

1:10



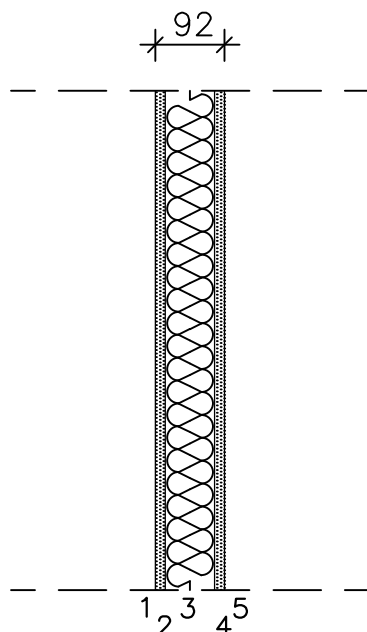
## Rakennekerrokset:

1	28 mm	Vaakapaneeli
2	22 mm	Pystykoolaus 22x100 k600 + tuuletusrako
3	13 mm	Tuulensuojalevy
4	150 mm	Runkotolpat 48x148 k600, aukkojen molemmin puolin 2kpl 48x148 + mineraalivilla 150mm
5	50 mm	Vaakakoolaus 48x48 k600 + mineraalivilla 50mm
6		Alumiinipaperi
7	22 mm	Pystykoolaus 22x50 k400
8	15 mm	Vaakapaneeli 15x95

U-arvo: 0.164

Rakennuskohde Omakotitalo Loppistentie, Paimio 21530	Sisältö Väliseinä, huoneistoväliseinä	VS1	
	Työnumero 551		Tekijä Jani M.
			Pvm 20.3.2020

1:10



Rakennekerrokset:

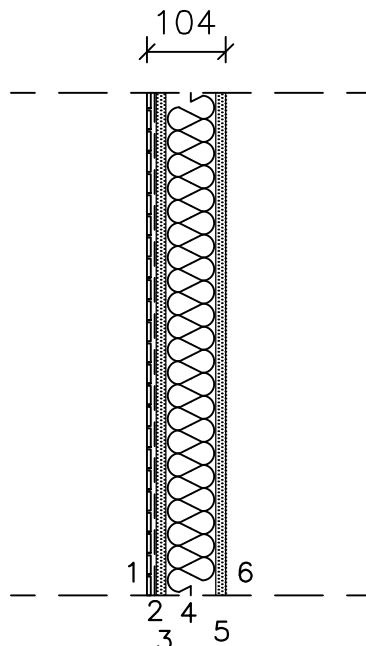
1		Pintamateriaali/–käsittely
2	13 mm	Kipsilevy EK
3	66 mm	KP 33x66 k600 + mineraalivilla 50mm
4	13 mm	Kipsilevy EK
5		Pintamateriaali/–käsittely

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

Rakennuskohde Omakotitalo Loppistentie, Paimio 21530	Sisältö Väliseinä, märkätila + WC	<h1 style="margin: 0;">VS2</h1>	
	Työnumero 551	Tekijä Jani M.	Pvm 20.3.2020

1:10



Rakennekerrokset:

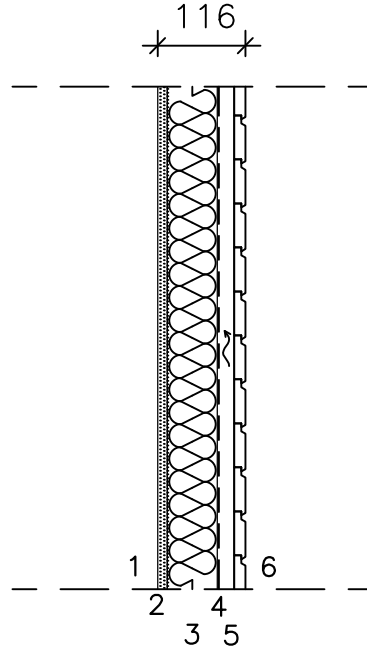
1		Laatoitus, kiinnityslaasti
2		Vedeneriste
3	13 mm	Kipsilevy EK
4	66 mm	KP 33x66 k600 + mineraalivilla 50mm
5	13 mm	Kipsilevy EK
6		Pintamateriaali/–käsittely

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

Rakennuskohde Omakotitalo Loppistentie, Paimio 21530	Sisältö Väliseinä, huoneisto-sauna	<b>VS3</b>	
	Työnumero 551	Tekijä Jani M.	Pvm 20.3.2020

1:10

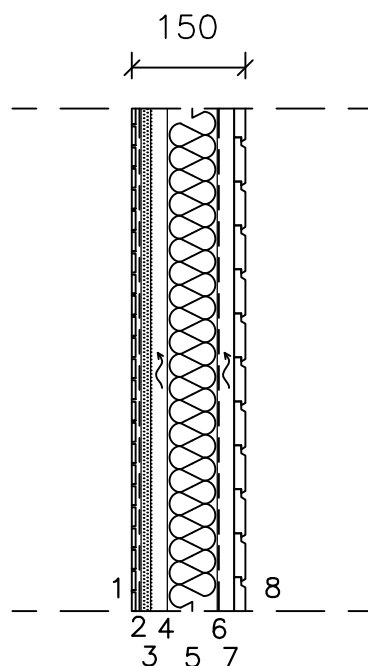


## Rakennekerrokset:

1		Pintamateriaali/–käsittely
2	13 mm	Kipsilevy EK
3	66 mm	KP 33x66 k600 + mineraalivilla 50mm
4		Alumiinipaperi
5	22 mm	Pystykoolaus 22x50 k400
6	15 mm	Vaakapaneeli 15x95

Rakennuskohde Omakotitalo Loppistentie, Paimio 21530	Sisältö Väliseinä, märkätila-sauna	<b>VS4</b>	
	Työnumero 551	Tekijä Jani M.	Pvm 20.3.2020

1:10



Rakennekerrokset:

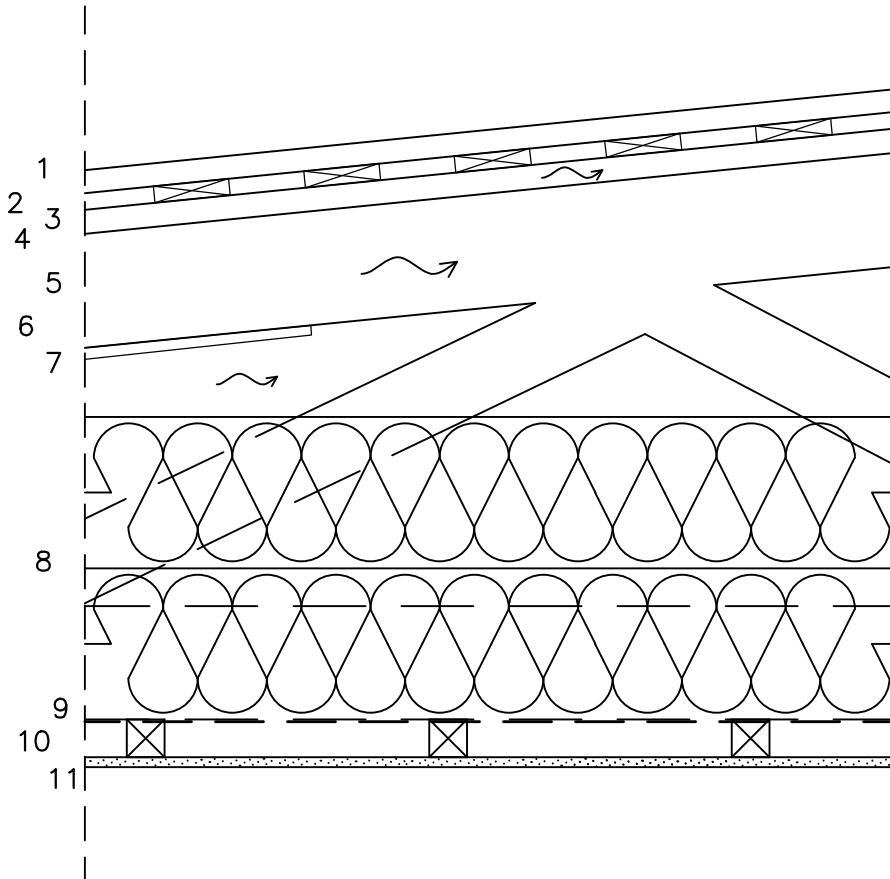
1		Laatoitus, kiinnityslaasti
2		Vedeneriste
3	13 mm	Kipsilevy EK
4	22 mm	Pystykoolaus 22x50 k400
5	66 mm	KP 33x66 k600 + mineraalivilla 50mm
6		Alumiinipaperi
7		Pystykoolaus 22x50 k400
8	15mm	Vaakapaneeli 15x95

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

Rakennuskohde Omakotitalo Loppistentie, Paimio 21530	Sisältö Yläpohja	YP1	
	Työnumero 551	Tekijä Jani M.	Pvm 20.3.2020

1:10



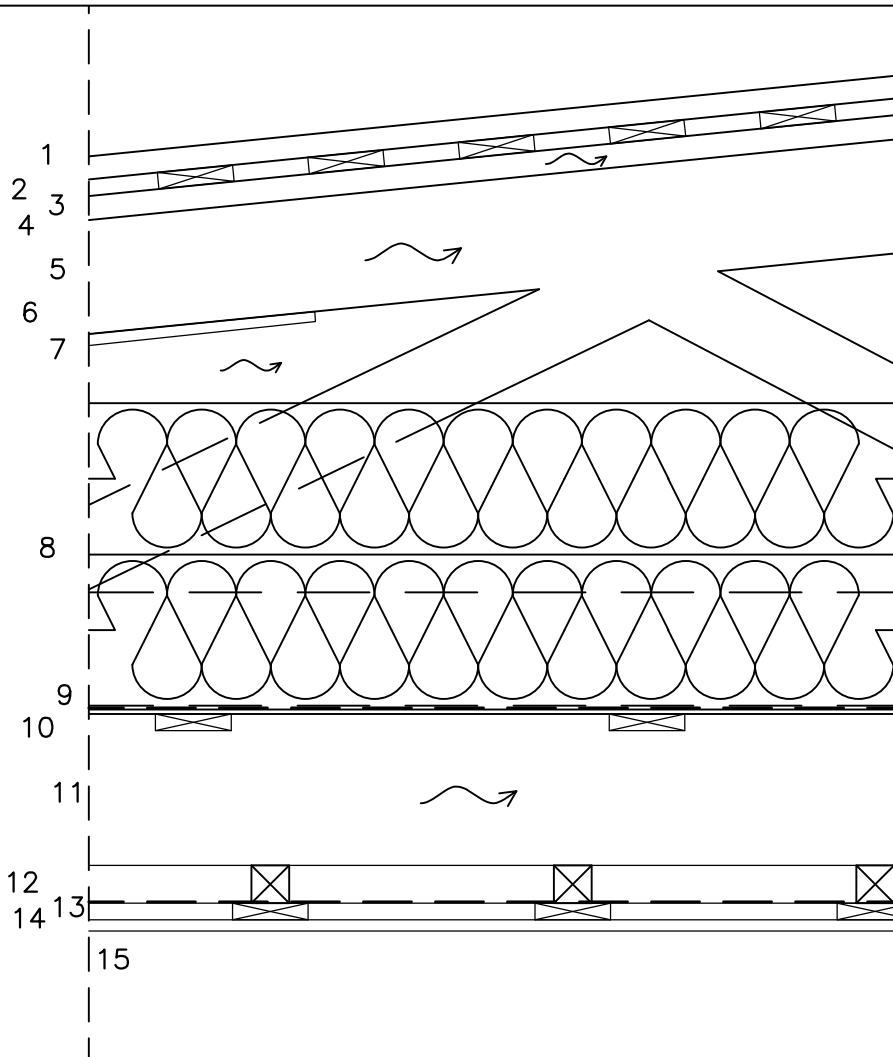
Rakennekerrokset:

1		Profiilipelti
2	22 mm	Ruoteet 22x100 k200
3	32 mm	Koolaus 32x50 k900
4		Aluskate
5		Kattokannattajat k900
6		Tuuletustila >100mm
7		Tuulenohjain yläpaarten alapinnassa 1,2m ulkoseinältä
8	400 mm	Mineraalivilla 2x200mm esim. KL-33
9		Höyrysulku
10	50 mm	Koolaus 50x50 k400
11		Kattoverhous ja pintakäsittely

U-arvo: 0.081

Rakennuskohde Omakotitalo Loppistentie, Paimio 21530	Sisältö Yläpohja, märkätila	YP2	
	Työnumero 551	Tekijä Jani M.	Pvm 20.3.2020

1:10

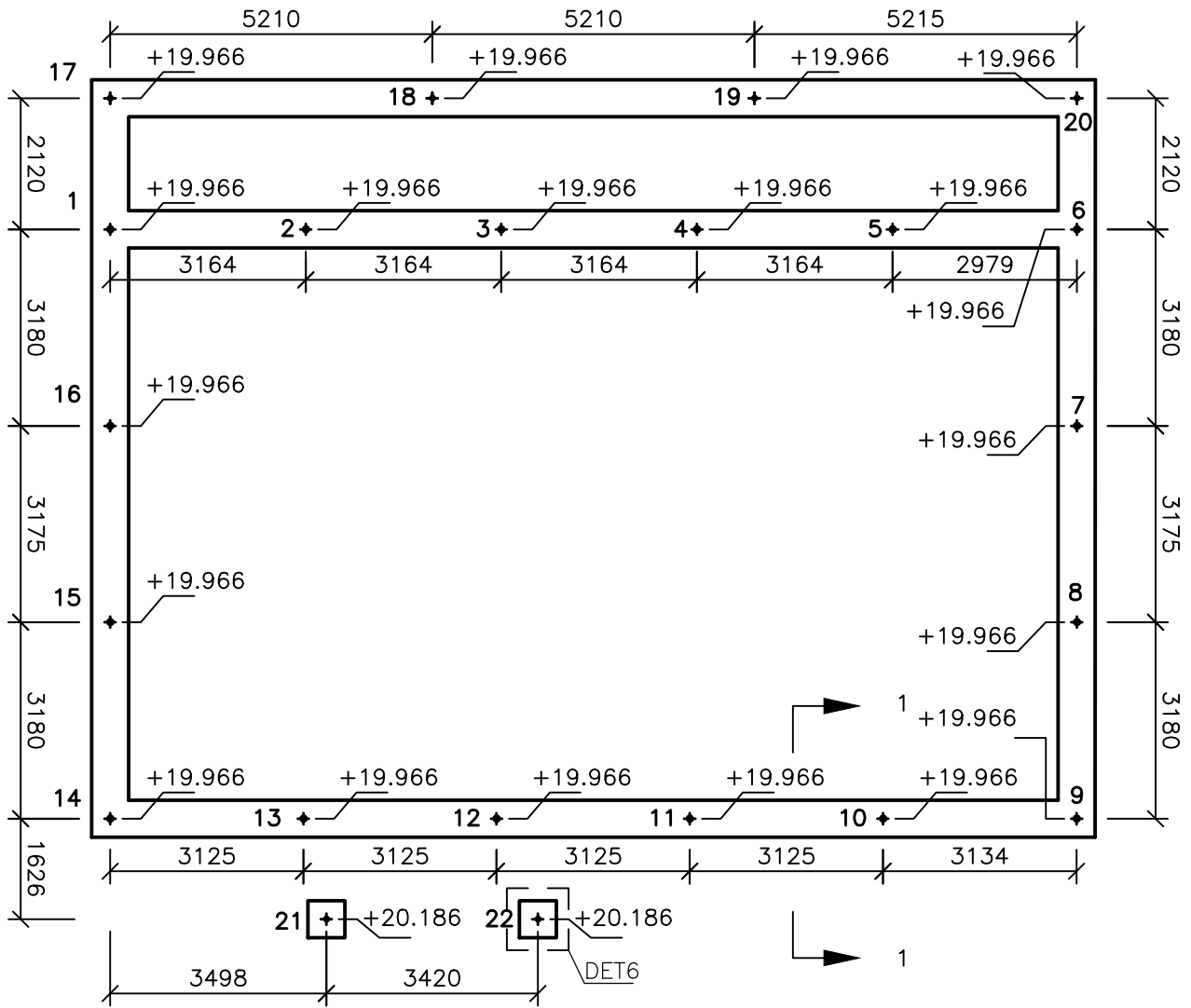


Rakennekerrokset:

1		Profiilipelti
2	22 mm	Ruoteet 22x100 k200
3	32 mm	Koolaus 32x50 k900
4		Aluskate
5		Kattokannattajat k900
6		Tuuletustila >100mm
7		Tuulenohjain yläpaarten alapinnassa 1,2m ulkoseinältä
8	400 mm	Mineraalivilla 2x200mm esim. KL-33
9	6 mm	Rakennuslevy
10	22 mm	Harvalaudoitus 22x100 k600
11	250 mm	Tuulettuva välitila
12	50 mm	Koolaus 50x50 k400
13		Höyrinsulku
14	22 mm	Kiinnityslaudat 22x100 k400
15		Alakattoverhous

U-arvo: 0.081

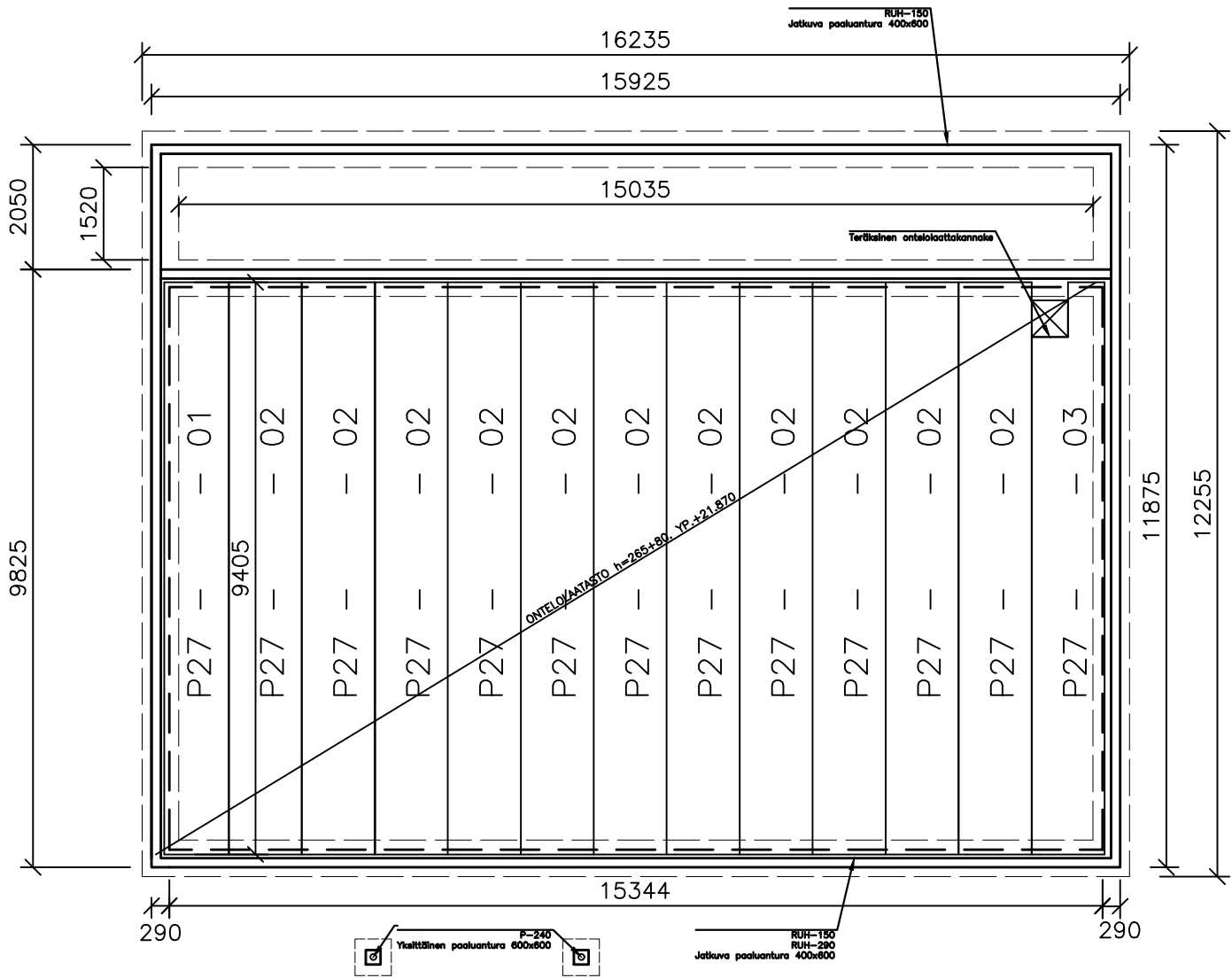




PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

K.oso/työ 453	Kortti/Tila 1412	Tontti/Rno 3	Viranomaisen arkistointimerkintä varten	
Rakennustoimenpide UUDISRAKENNUS			Piirustusaji RAKENNEPIIRRUSTUS	Juoka.no
Rakennuskohteen nimi ja osoite OMAKOTITALO AL-RAKENNUS JA REMONTTIPALVELU OY LOPPISTENTIE 21530 PAIMIO			Piirustuksen sisältö PAALUKARTTA	Mittakaavat EI MITTAKAAVASSA
Suunnittelijan nimi ja päiväys Jani Myllyniemi 25.03.2020			Suunnittelu- ja työn numero ja piirustuksen numero RAK 551 01	



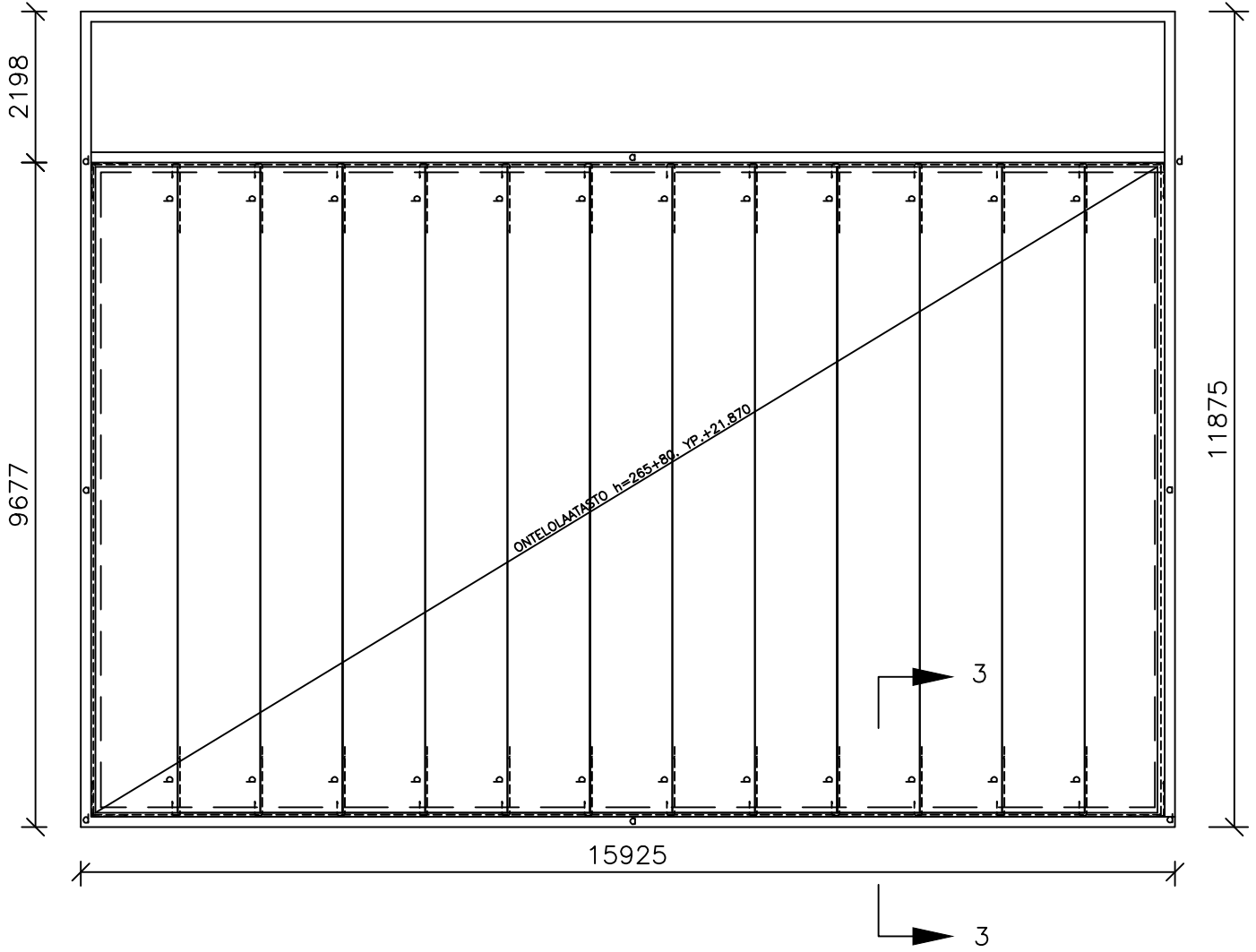
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

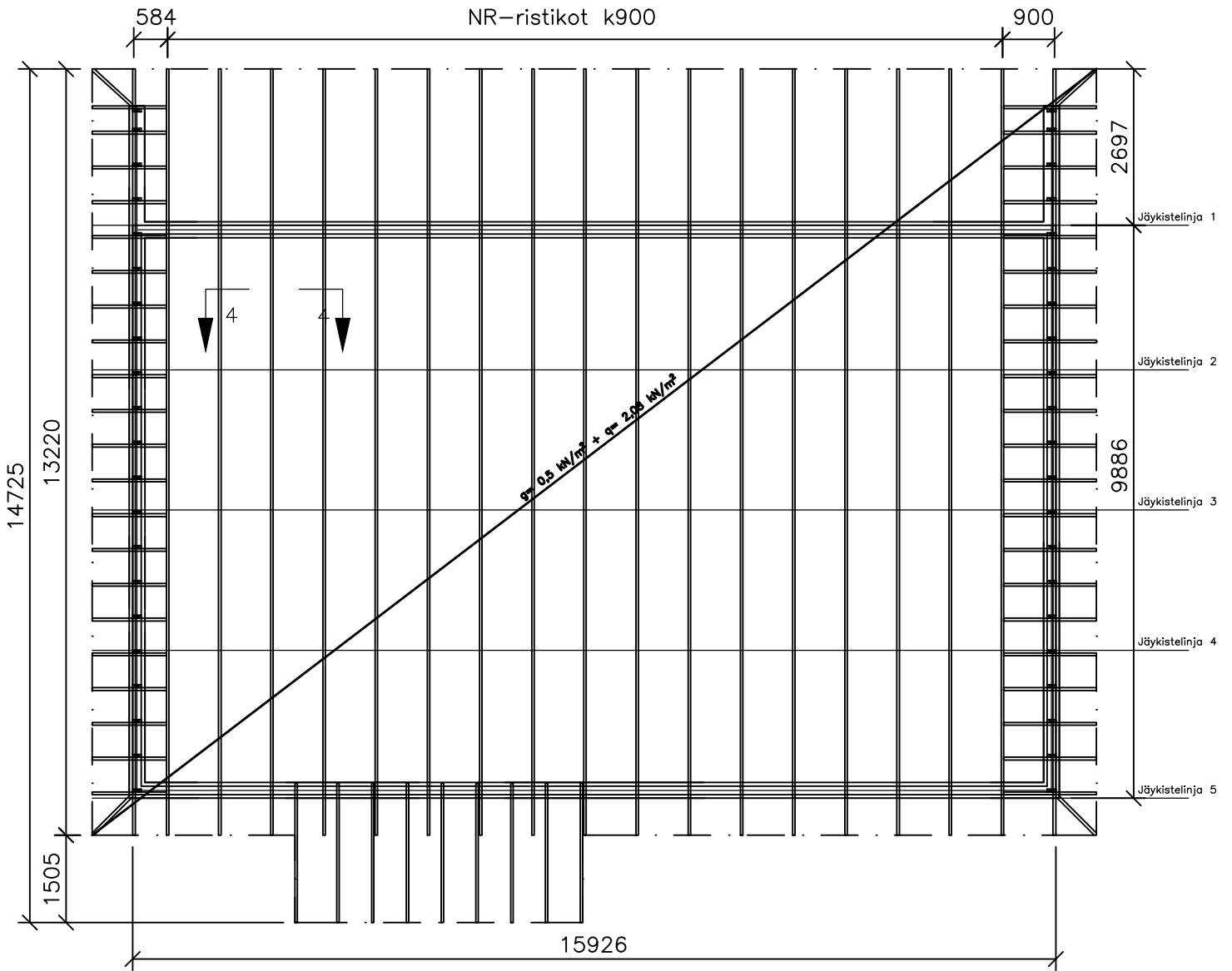
K.oso/työid	Kortti/Tila	Tontti/Rno	Viranomaisen arkiastointimerkintöjä varten	
453	1412	3		
Rakennustoimenpide			Piirustustaji	Juoka.nro
UUDISRAKENNUS			RAKENNEPIIRRUSTUS	
Rakennuskohteen nimi ja osoite			Piirustuksen sisältö	Mittakaavat
OMAKOTITALO AL-RAKENNUS JA REMONTTIPALVELU OY LOPPISTENTIE 21530 PAIMIO			ALAPOHJAN TASOPIIRRUSTUS	EI MITTAKAAVASSA
Suunnittelijan nimi ja päiväys			Suunnittelu- ja piirustuksen numero	
Jani Myllyniemi 25.03.2020			Muutos	
			RAK	551 02

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



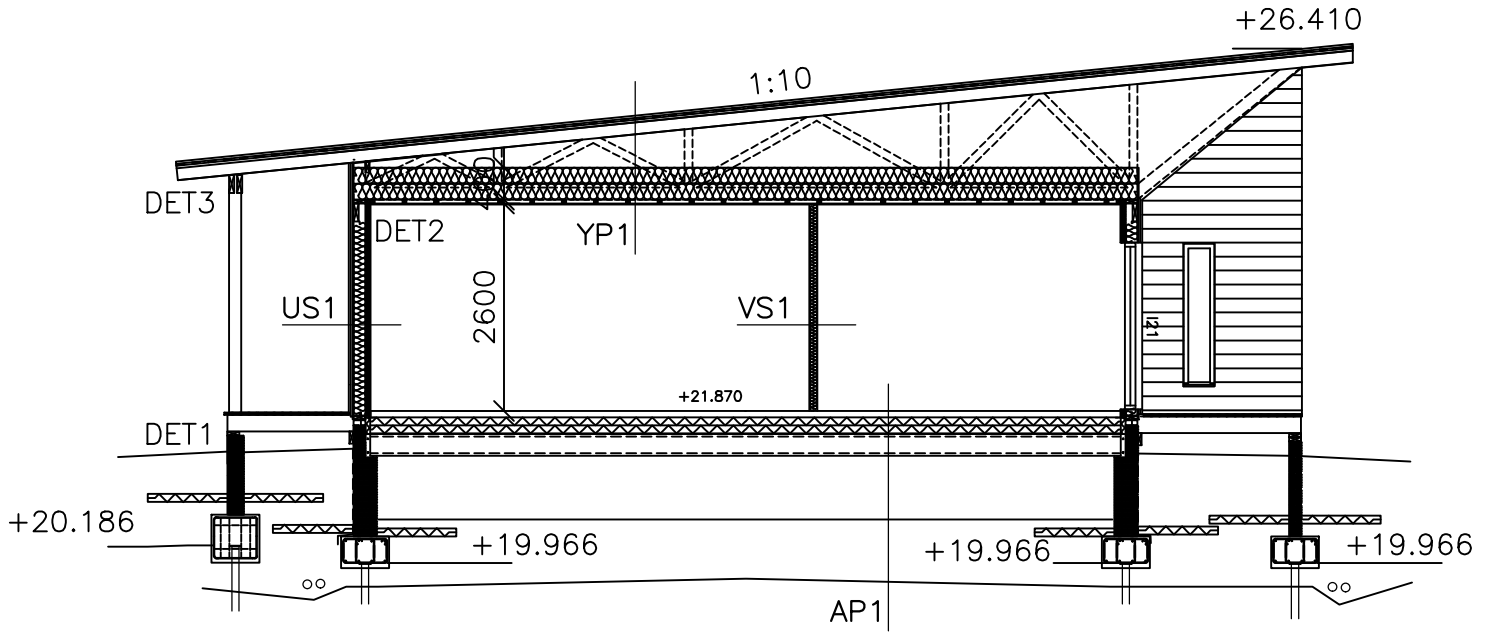
K.oso/tyyri 453	Korttel/Tila 1412	Tontti/Rno 3	Viranomaisen arkiatointimerkintöjä varten	
Rakennustoimenpide UUDISRAKENNUS			Piirustustaji	Juoks.no
Rakennuskohteen nimi ja osoite OMAKOTITALO AL-RAKENNUS JA REMONTTIPALVELU OY LOPPISTENTIE 21530 PAIMIO			Piirustuksen sisältö	Mittakaavat
Suunnittelijan nimi ja päiväys Jani Myllyniemi 25.03.2020			ALAPOHJAN RAUDOITUSPIIRRUSTUS	EI MITTAKAAVASSA
			Suunnitteluala, työn numero ja piirustuksen numero	Muutos
			RAK 551	03



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

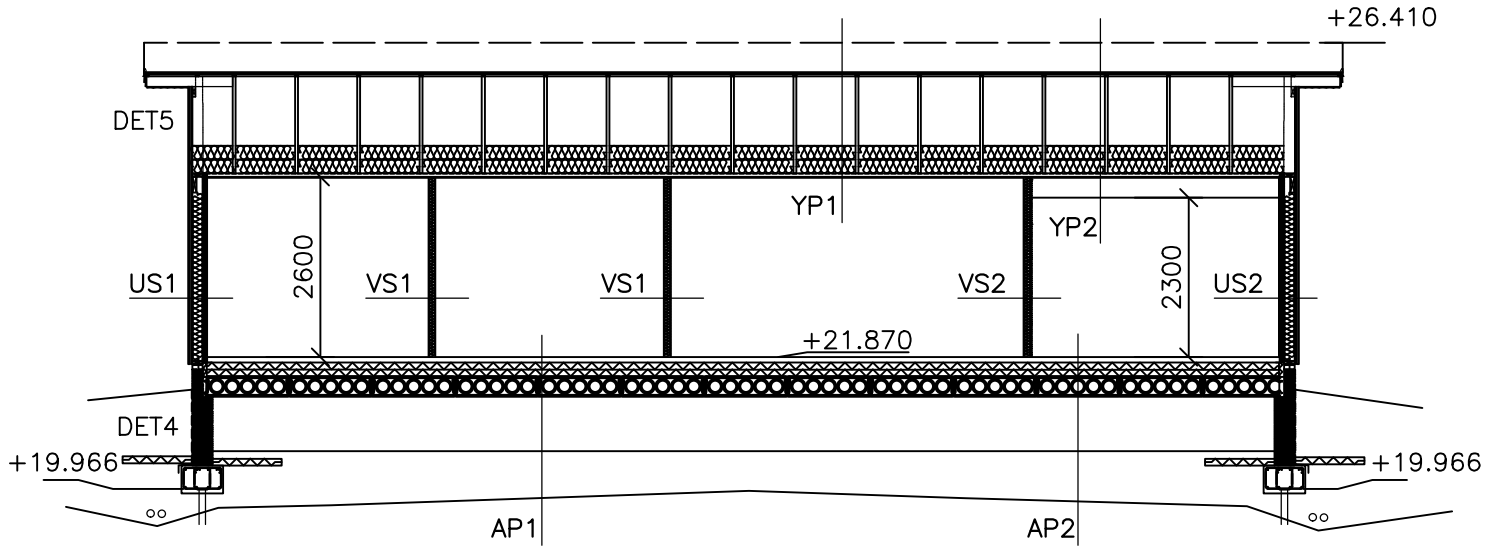
K.oso/kyliä 453	Korttel/Tila 1412	Tontti/R.no 3	Vironalaisen arkitointimerkintöji varten	
Rakennustoimenpide UUDISRAKENNUS			Piirustusaji RAKENNEPIIRRUSTUS	Juoks.no
Rakennuskohteen nimi ja osoite OMAKOTITALO AL-RAKENNUS JA REMONTTIPALVELU OY LOPPISTENTIE 21530 PAIMIO			Piirustuksen sisältö YLÄPOHJAN TASOPIIRRUSTUS	Mittakaavat EI MITTAKAAVASSA
Suunnittelijan nimi ja päiväys Jani Myllyniemi 25.03.2020			Suunnitteluaja, työn numero ja piirustuksen numero RAK 551 04	



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

K.oso/kytä	Korttel/Tila	Tontti/Rno	Viranomaisen arkiatointimerkintäjä varten	
453	1412	3		
Rakennustoimenpide			Piirustustaji	Juoka.nro
UUDISRAKENNUS			RAKENNEPIIRRUSTUS	
Rakennuskohteen nimi ja osoite			Piirustuksen sisältö	Mittakaavat
OMAKOTITALO AL-RAKENNUS JA REMONTTIPALVELU OY LOPPISTENTIE 21530 PAIMIO			LEIKKAUS A - A	EI MITTAKAAVASSA
Suunnittelijan nimi ja päiväys			Suunnitteluala, työn numero ja piirustuksen numero	
Jani Myllyniemi 25.03.2020			Muutos	
			RAK	551 05



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

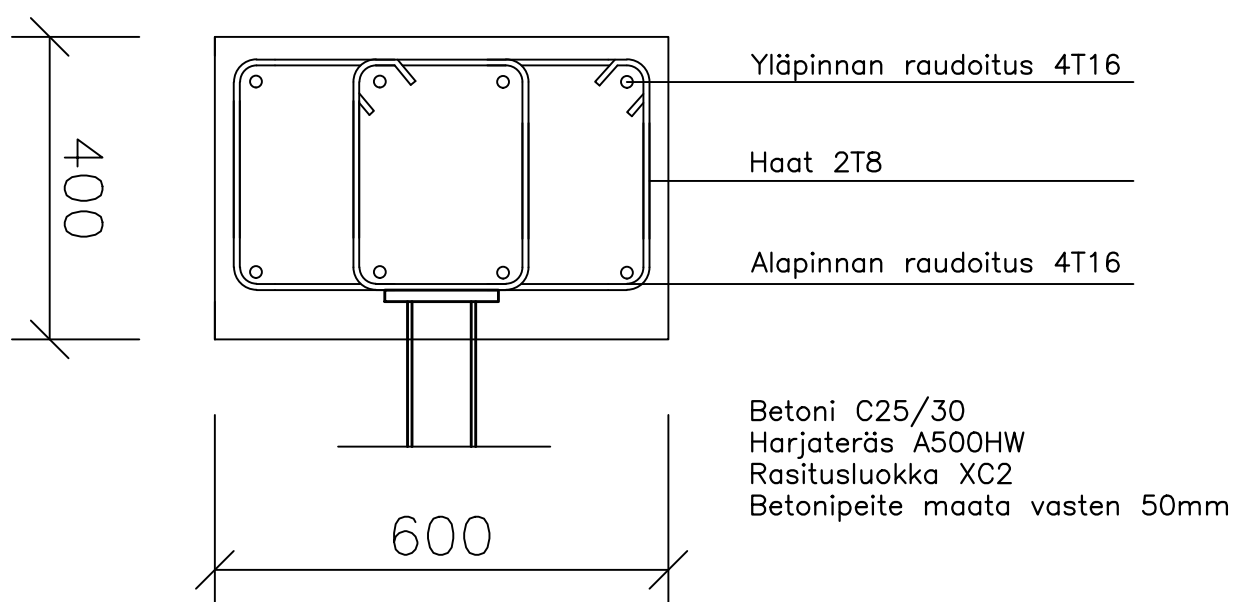
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

K.oso/työ	Kortti/Tila	Tontti/Rno	Viranomaisen arkiarvomerkitöj varten	
453	1412	3		
Rakennustoimenpide			Piirustelaji	Juoksa.no
UUDISRAKENNUS			RAKENNEPIIRRUSTUS	
Rakennuskohteen nimi ja osoite			Piirustuksen sisältö	Mittakaavat
OMAKOTITALO AL-RAKENNUS JA REMONTTIPALVELU OY LOPPISTENTIE 21530 PAIMIO			LEIKKAUS B - B	EI MITTAKAAVASSA
Suunnittelijan nimi ja päiväys			Suunnittelu- ja piirustuksen numero	
Jani Myllyniemi 25.03.2020			Muutos	
			RAK	551 06

Rakennuskohde Omakotitalo Loppistentie, Paimio 21530	Sisältö Jatkuva paaluantura, Leikkaus	<h1>1-1</h1>	
	Työnumero 551	Tekijä Jani M.	Pvm 20.3.2020

1:10

1 - 1

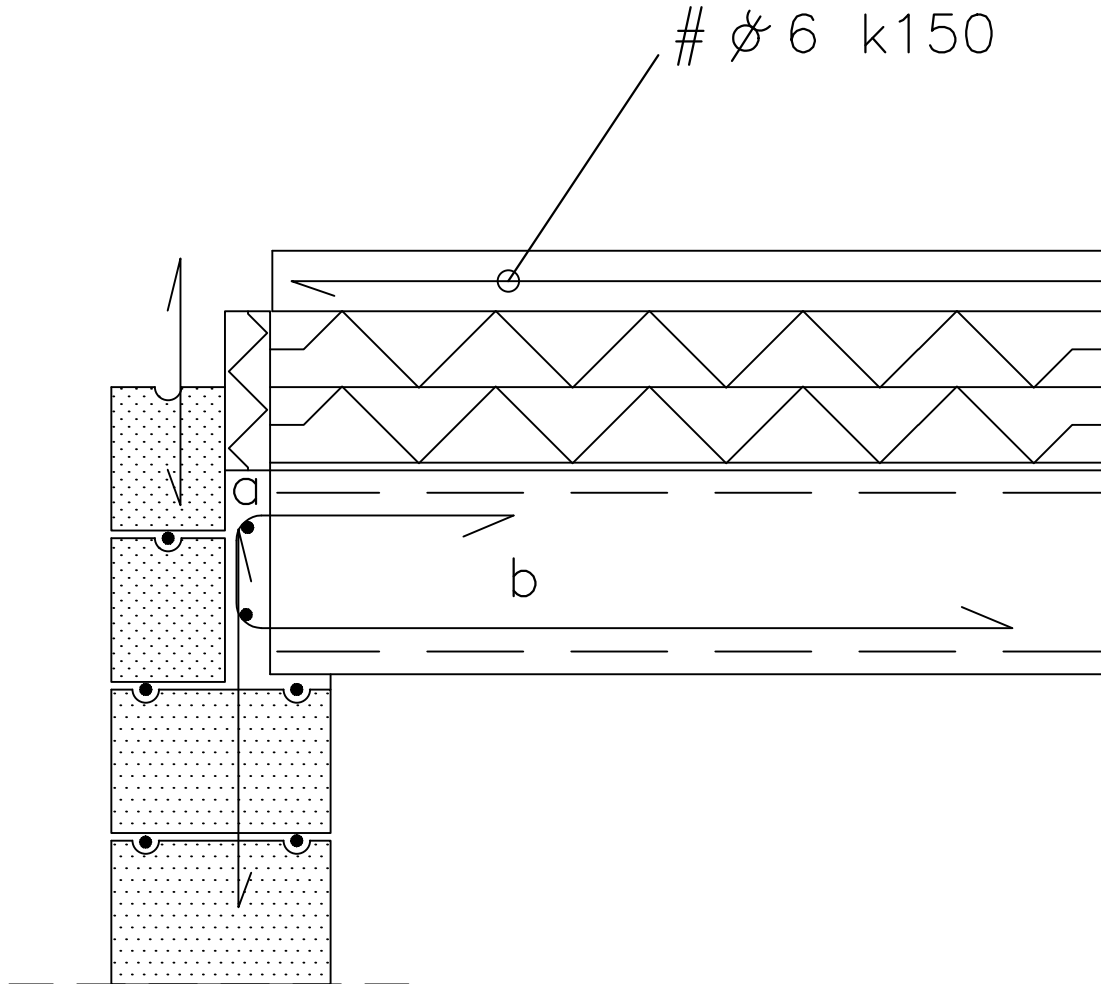


PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

Rakennuskohde Omakotitalo Loppistentie, Paimio 21530	Sisältö Alapohjan ja perustuksen liitos, raudoitus leikkaus	3-3	
	Työnumero 551	Tekijä Jani M.	Pvm 20.3.2020

1:10



- a = 2 Ø10 -läpi, jatkospituus >700, jatkokset eri paikoissa
- b = Ø10  saumassa
- c = Ø10  alapinnassa
- d = Ø10  kulmissa

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



Rakennuskohde  
**Omakotitalo**  
 Loppistentie, Paimio 21530

Sisältö  
 Ontelolaatta,  
 lappukuva

**P27--01**

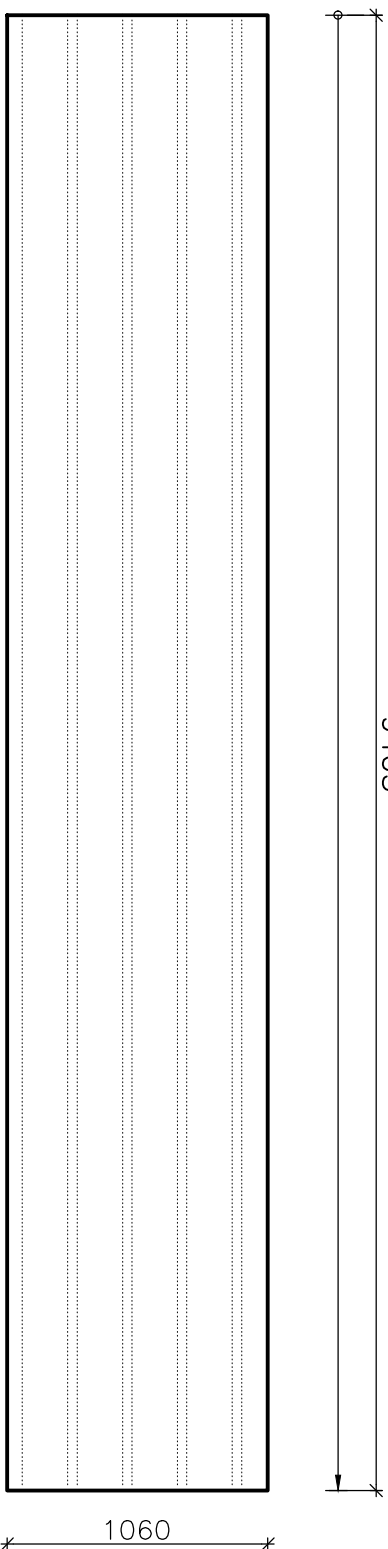
Työnumero  
**551**

Tekijä  
**Jani M.**

Pvm  
**20.3.2020**

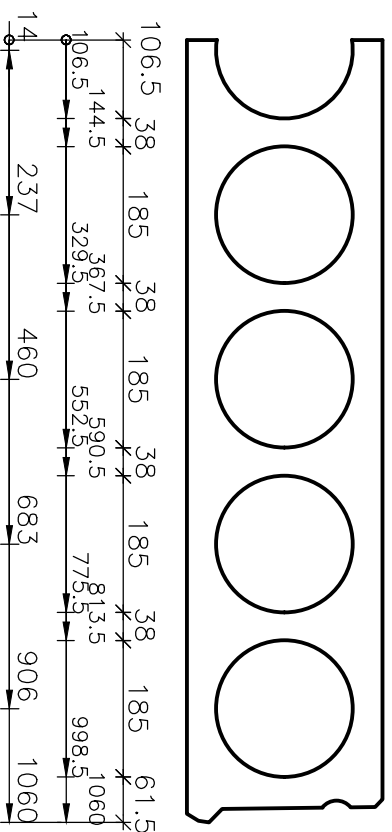
1:30

9405



1:10

265



Laatan paino 360 kg/m<sup>2</sup>

Syvennys



Reikä



Työn n:o	551	Piir. n:o	
Pvm.	24.3.2020	Paloluokka	REI60

Piirtäjä	Jani M.		
Kohde	Loppistentie		
	Elementin tunnus	<b>P27--01</b>	1 kpl

Rakennuskohde  
**Omakotitalo**  
 Loppistentie, Paimio 21530

Sisältö  
 Ontelolatta,  
 lappukuva

**P27 - -02**

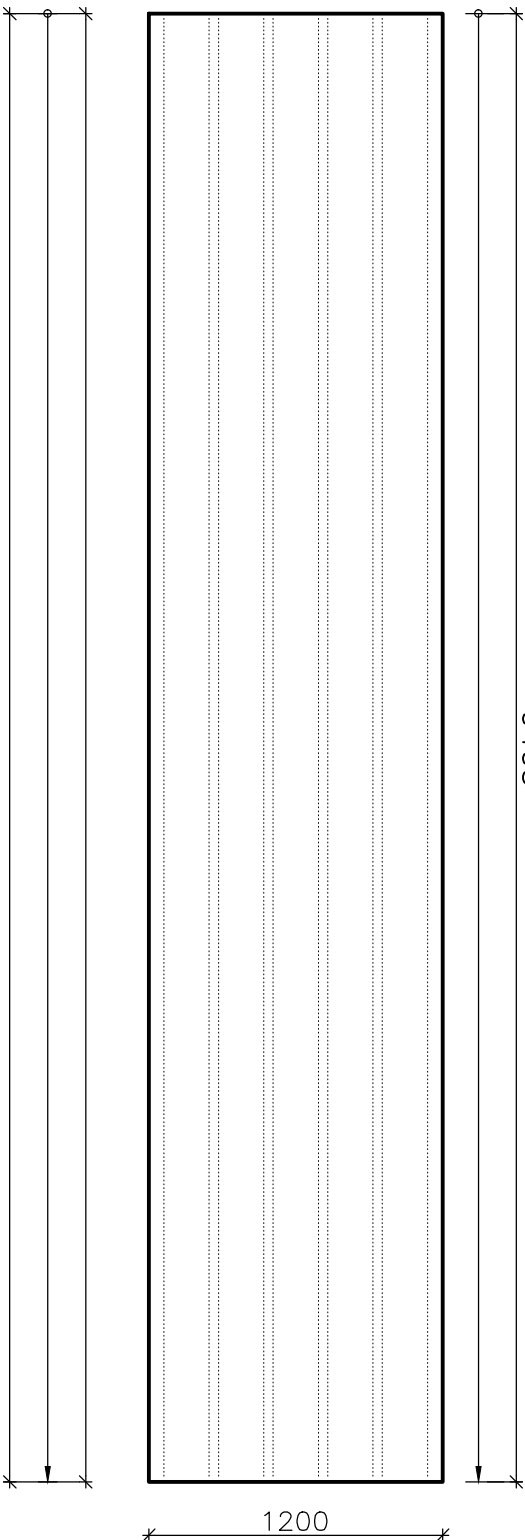
Työnumero  
**551**

Tekijä  
 Jani M.

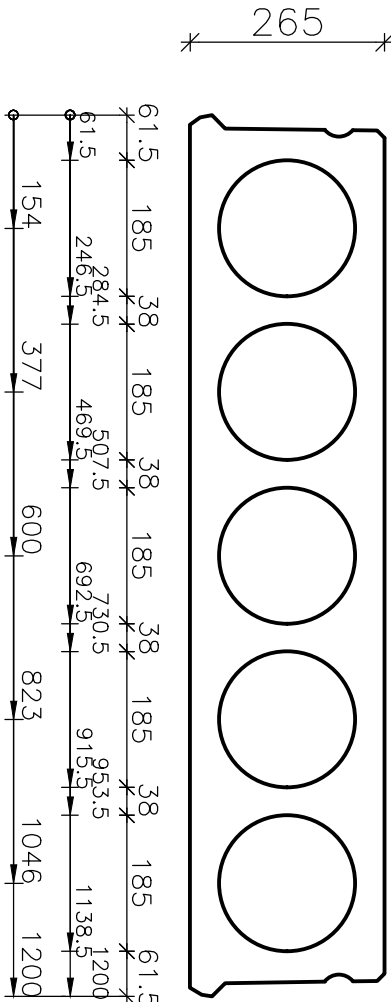
Pvm  
 20.3.2020

1:30

9405



1:10

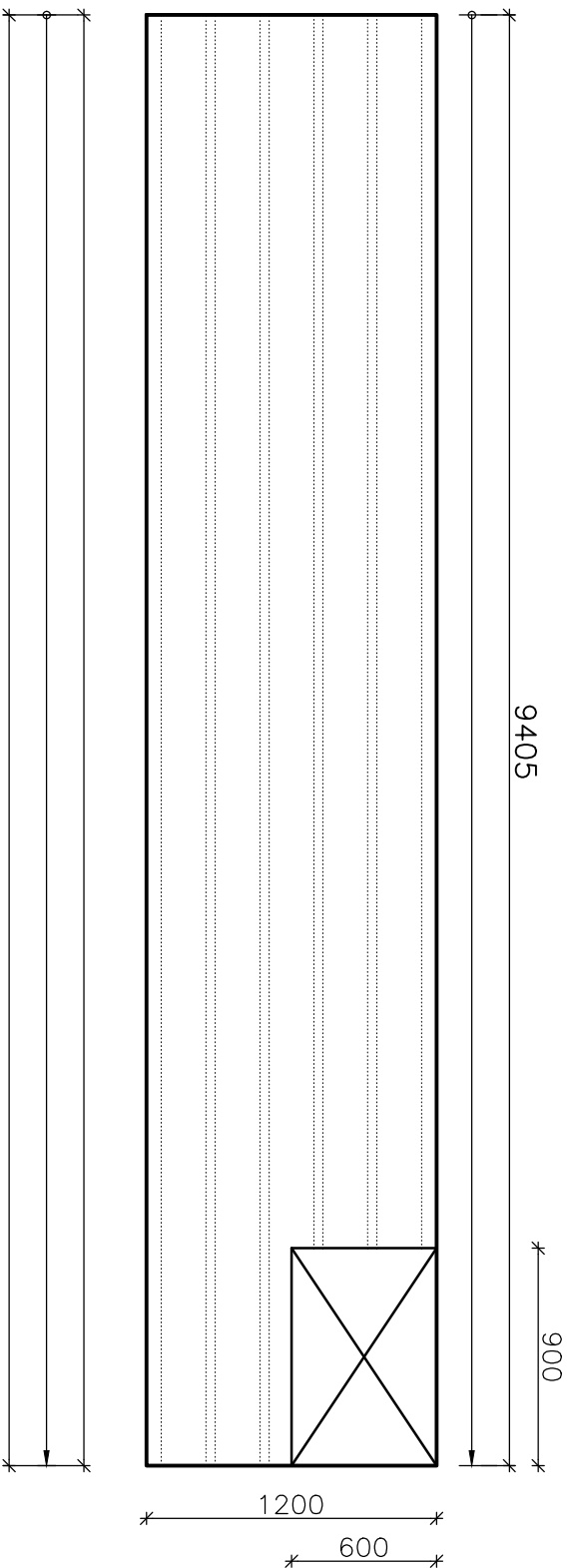


Reikä  Syvennys   
 Laatan paino 360 kg/m<sup>2</sup>

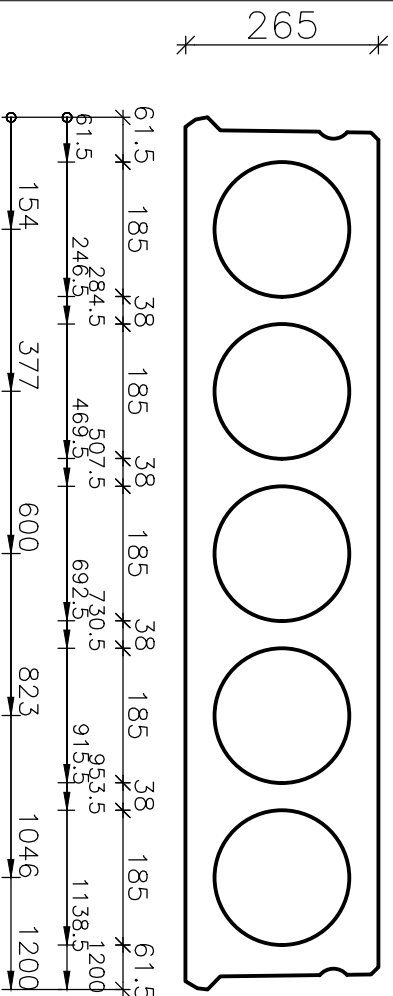
Työn n:o	551	Piir. n:o	
Pvm.	24.3.2020	Paloluokka	REI60
		Piirtäjä	Jani M.
Kohde	Loppistentie		
Elementin tunnus	<b>P27- -02</b>		11kpl

Rakennuskohde <b>Omakotitalo</b> Loppistentie, Paimio 21530	Sisältö Ontelolaatta, lappukuva	P27 - -03
Työnnumero <b>551</b>	Tekijä Jani M.	Pvm 20.3.2020

1:30



1:10



Laatan paino 360 kg/m<sup>2</sup>

Syvennys

Reika



Työn n:o	551	Piir. n:o	
Pvm.	24.3.2020	Paloluokka	REI60
		Piirtäjä	Jani M.
Kohde	Loppistentie		
Elementin tunnus	<b>P27- -03</b>		1kpl

Rakennuskohde  
 Omakotitalo  
 Loppistenie, Paimio 21530

Sisältö  
 NR-ristikon tilauskaavio

**KANNATTIN K1**

Työnumero  
 551

Tekijä  
 Jani M.

Pvm  
 20.3.2020

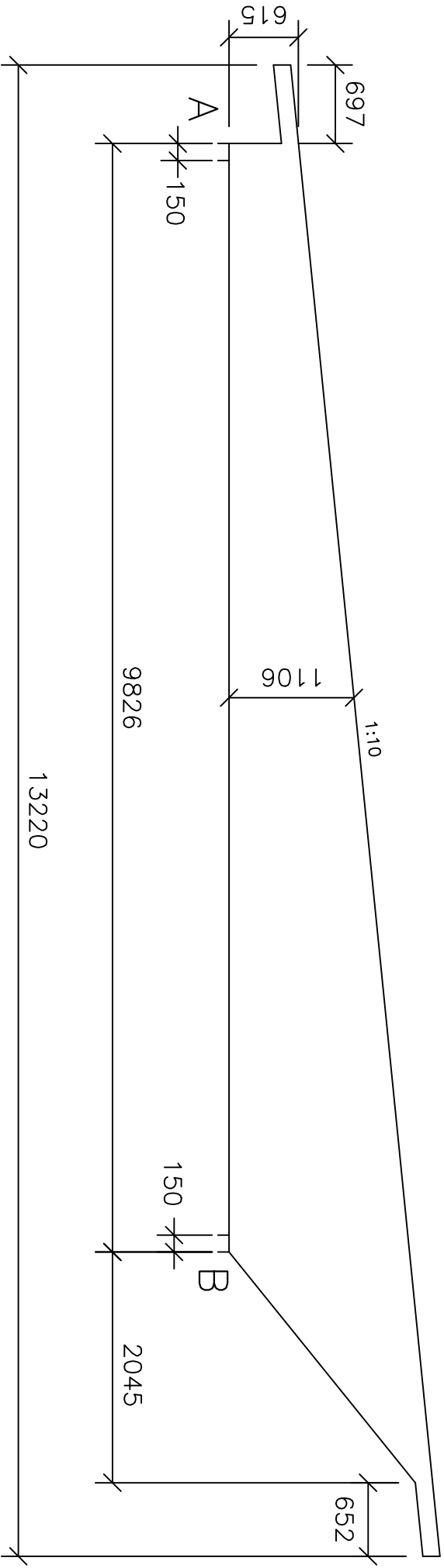
1:50

KANNATTIN K1 17kpl  
 kannatinjako 900mm  
 ruodejako 200mm  
 tukimateriaali puu lapppeellaan  
 tuenta vaihtoehdot A – B

KOSTEUSLUOKKA 2

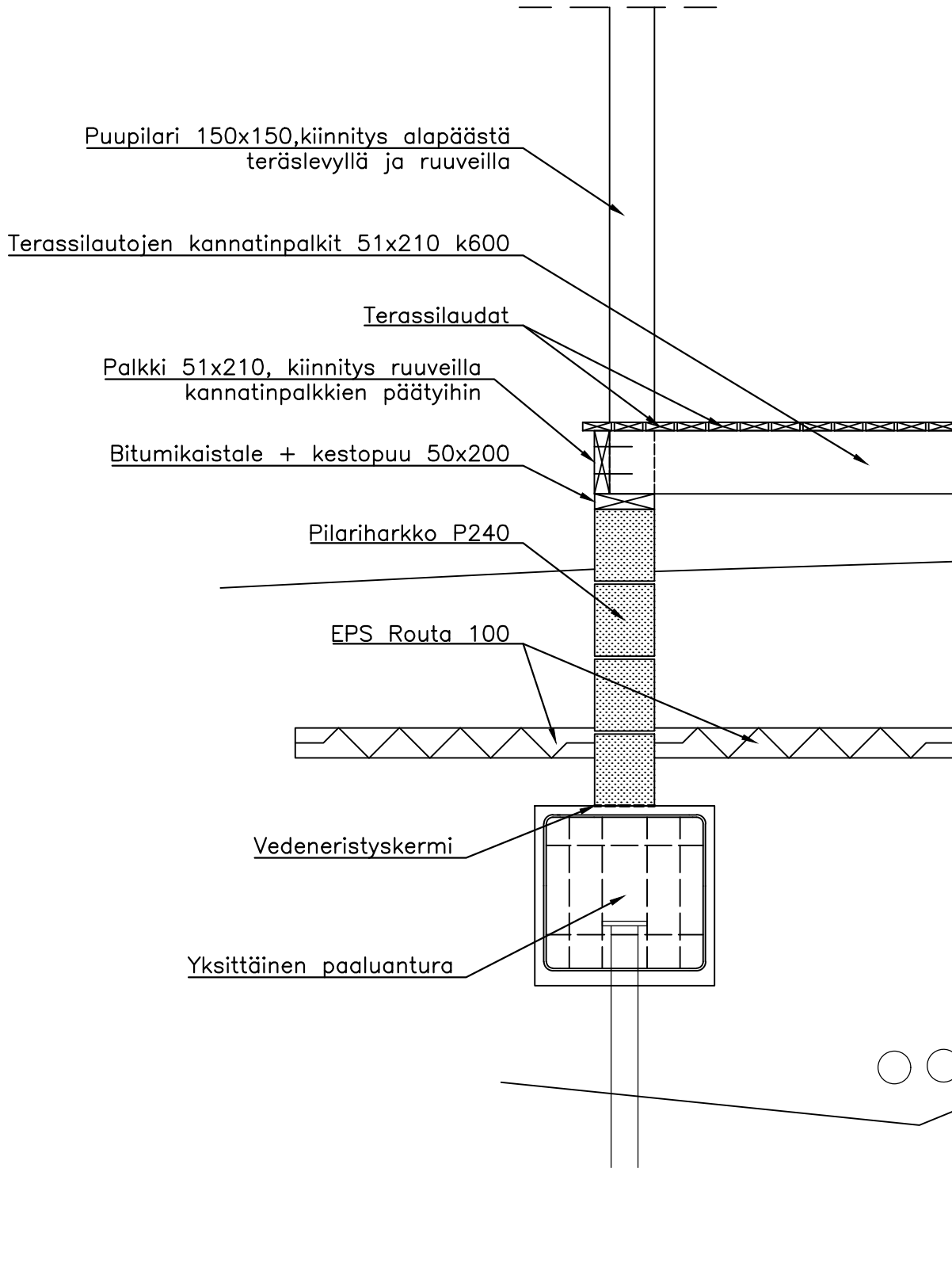
kuorritukset yläpaarre  
 alapaarre

lumiakuorma 2,08 kN/m<sup>2</sup>  
 tuuliakuorma 0,77 kN/m<sup>2</sup>  
 rakenteet 0,5 kN/m<sup>2</sup>  
 rakenteet 0,3 kN/m<sup>2</sup>



Rakennuskohde Omakotitalo Loppistentie, Paimio 21530	Sisältö Terassin perustus ja liitokset, detalji	DET1	
	Työnumero 551	Tekijä Jani M.	Pvm 20.3.2020

1:20



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

Rakennuskohde Omakotitalo Loppistentie, Paimio 21530	Sisältö Sivuäystäs, US-YP-liitos, detalji	DET2	
	Työnumero 551	Tekijä Jani M.	Pvm 20.3.2020

1:10

Kannatinpalkki 50x150 terassin kattopalkeille

Aluslaudat 18x95 k105

Yläohjauspuu 50x150

US1

YP1

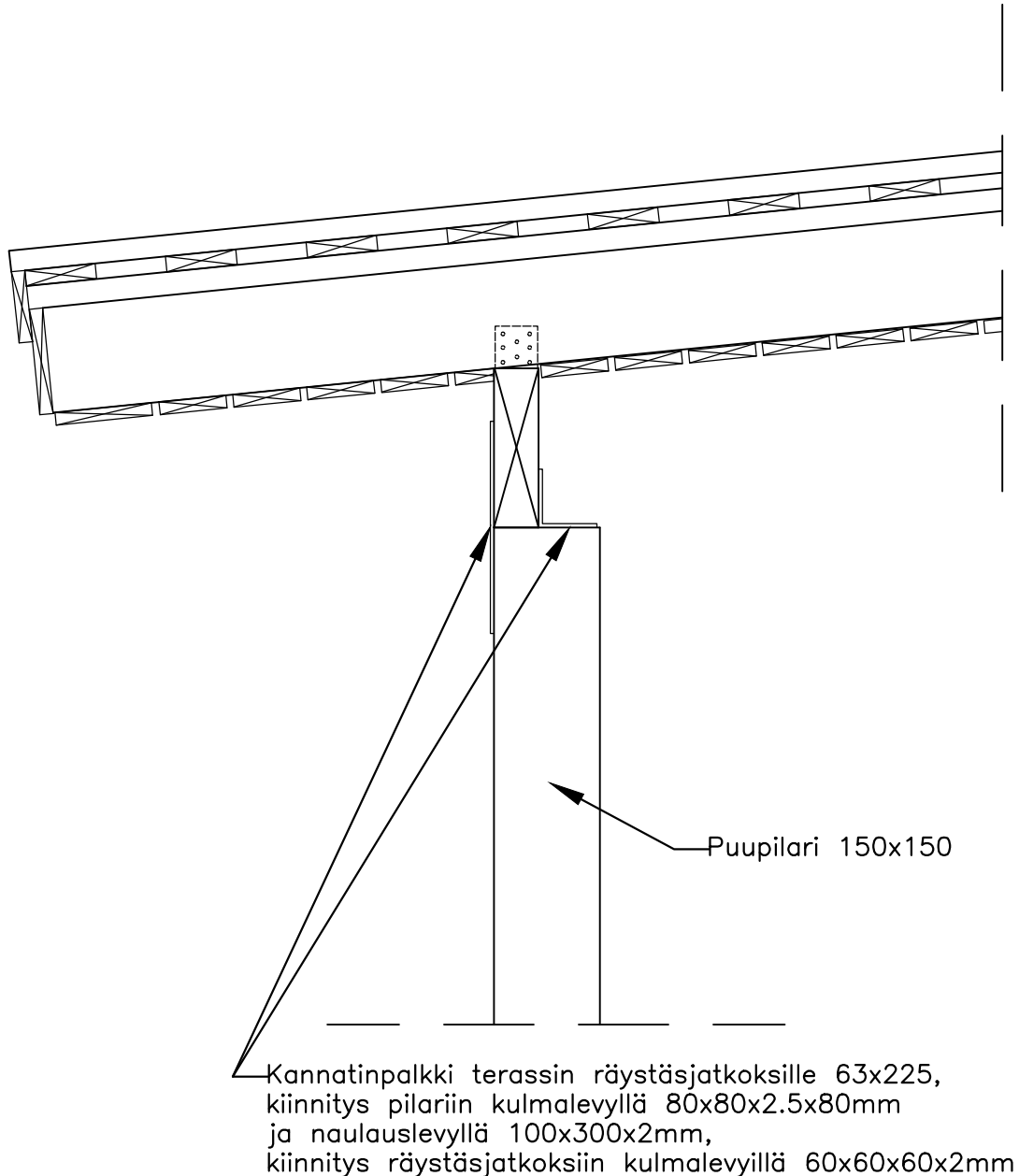
NR-ristikon kannatinpalkki Kerto-S 62x225

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

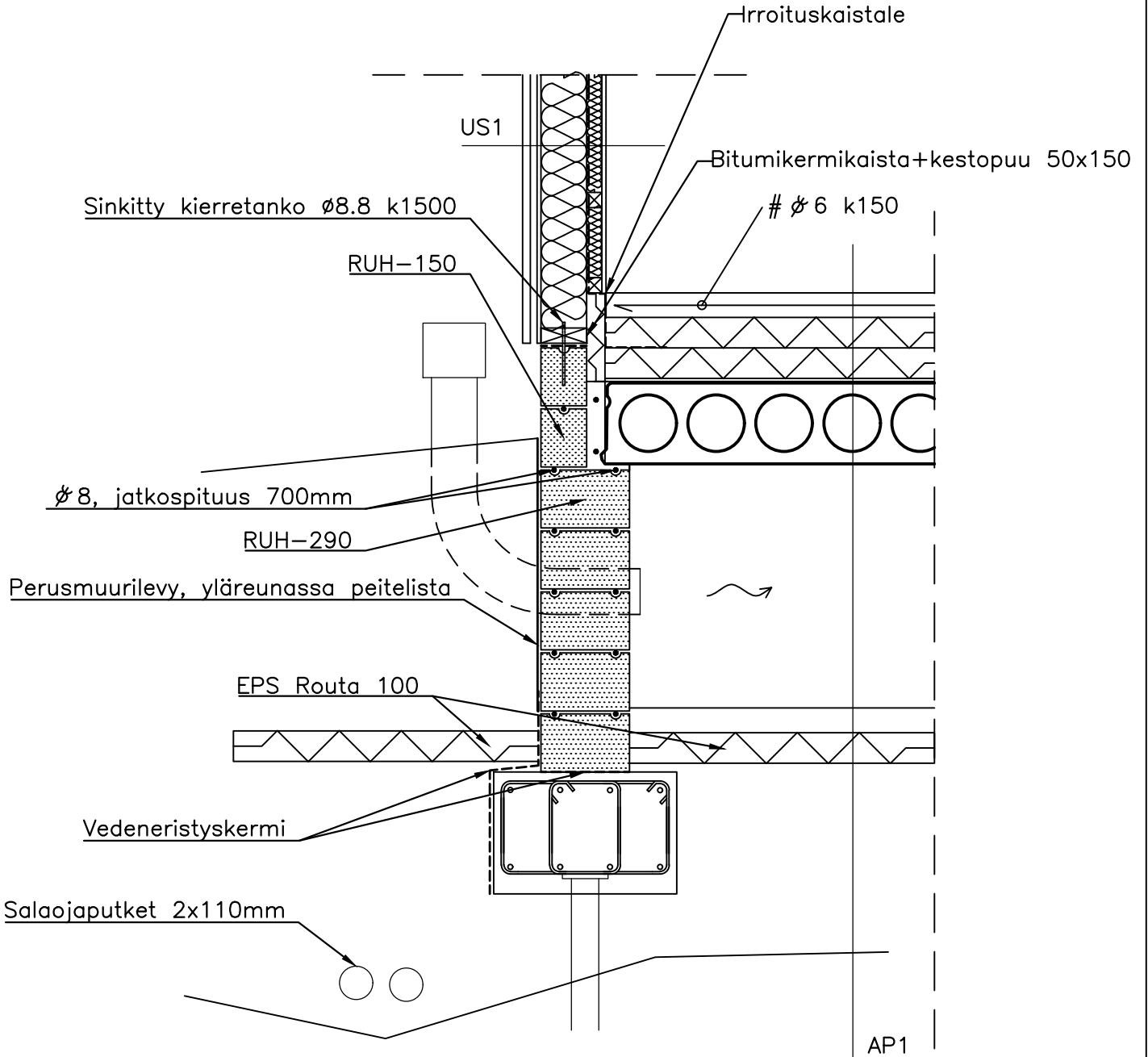
Rakennuskohde Omakotitalo Loppistentie, Paimio 21530	Sisältö Terassin räystäs, detalji	DET3	
	Työnumero 551	Tekijä Jani M.	Pvm 20.3.2020

1:10



Rakennuskohde Omakotitalo Loppistentie, Paimio 21530	Sisältö Alapohjan ja perustuksien liitos, detalji	<h1>DET4</h1>	
	Työnumero 551	Tekijä Jani M.	Pvm 20.3.2020

1:20



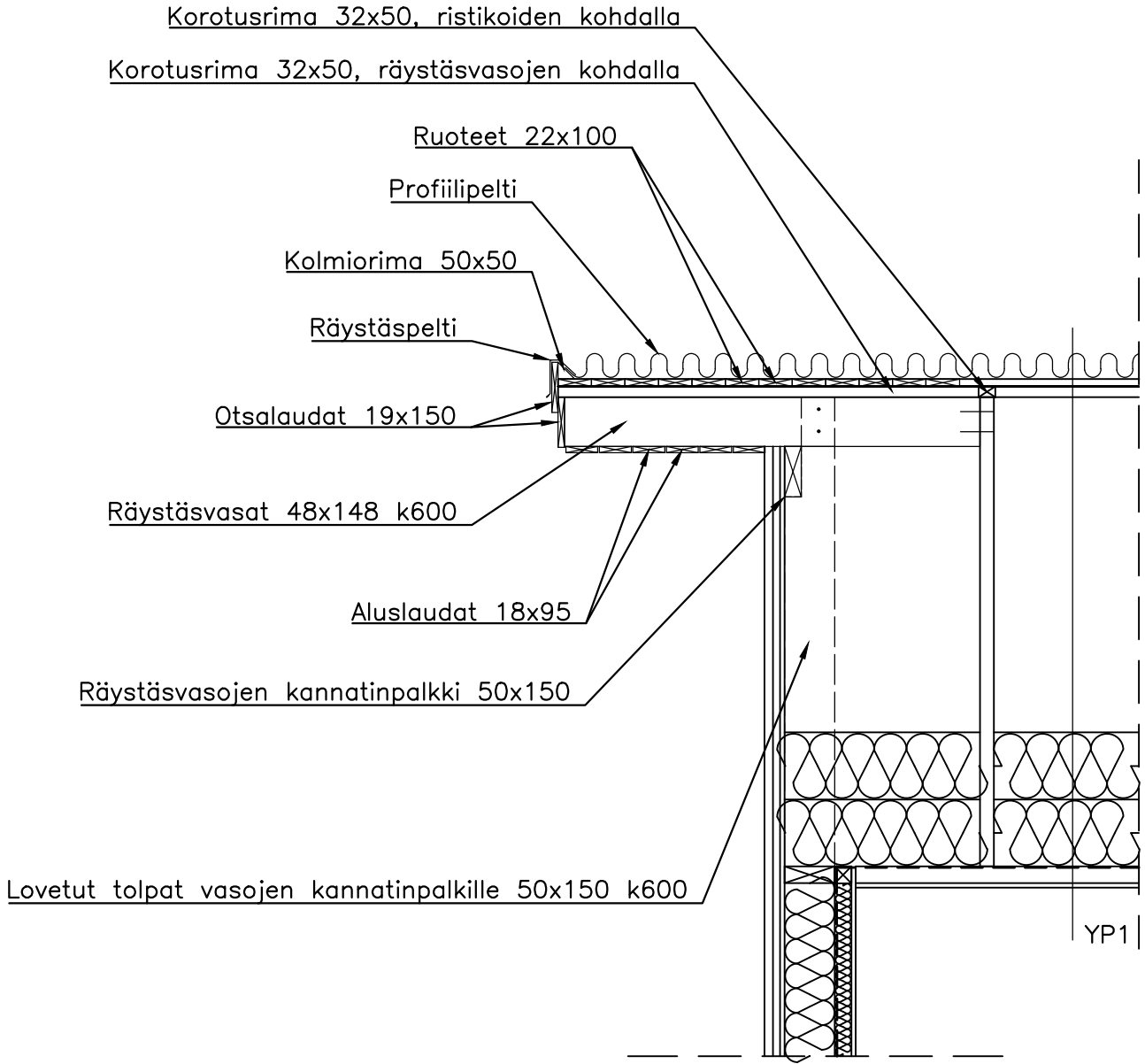
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



Rakennuskohde Omakotitalo Loppistentie, Paimio 21530	Sisältö Päätöraystäs, detalji	<h1>DET5</h1>	
	Työnumero 551	Tekijä Jani M.	Pvm 20.3.2020

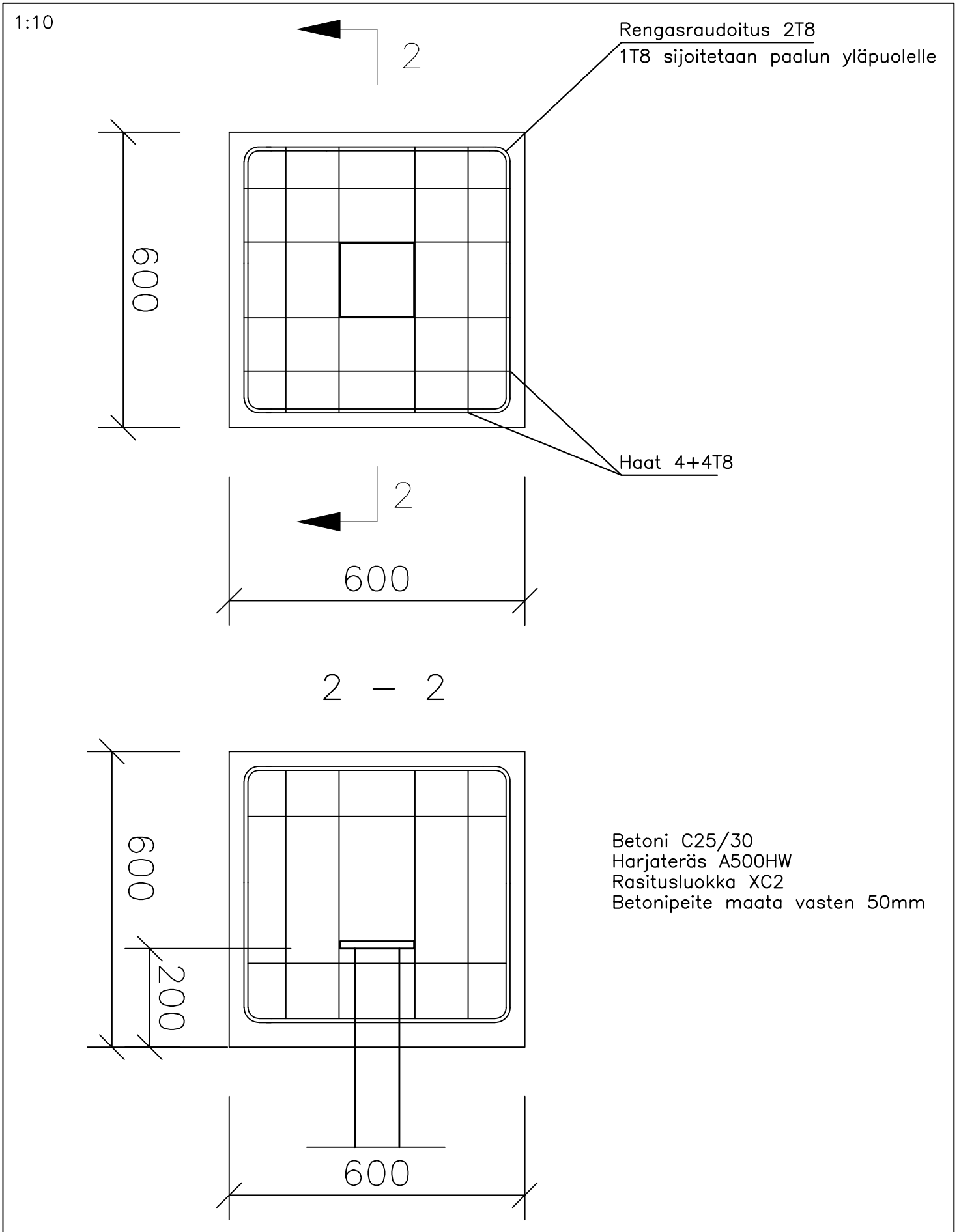
1:20



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

Rakennuskohde Omakotitalo Loppistentie, Paimio 21530	Sisältö Terrassin yksittäinen paaluantura, detalji	<h1>DET6</h1>	
		Työnumero 551	Tekijä Jani M.
		Pvm 20.3.2020	



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION