



RAKENNUSTIETO >

Rakennusalan täyden palvelun tietotalo

Rakennustieto Oy edistää hyvää rakennustapaa ja tuottaa rakentamisesta luotettavaa tietoa. Puolueettoman ja asiakaslähtöisen Rakennustieto Oy:n tuotteet kattavat rakentamisen koko elinkaaren suunnittelusta ylläpitoon. Yhtiön omistaa Rakennustietosäätiö RTS.

Tutustu palveluihimme

> rakennustieto.fi/rk/palvelut

Rakentajain kalenterin artikkelit

Tämä artikkeli on julkaistu alun perin Rakentajain kalenterissa, jota ovat julkaisseet Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry.

Julkaisu oli rakennusalan ammattilaisten ja opiskelijoiden käsikirja, joka yhdisteli teoriaa ja käytäntöä sekä kannusti hyvään rakentamiseen. Artikkelin vasemmassa reunassa olevasta vesileimasta näkee ko. Rakentajain kalenterin vuosikerran.

> [Artikkeliarkisto, kokoelma vuosien 1997–2018 Rakentajain kalenterissa julkaistuista artikkeleista](#)

Puurakenteiden suunnittelu ja mitoitus

Tekn. tri Mika Leivo

Puutuotealan osaamiskeskus, Wood Focus Oy/Puuinfo
mika.leivo@woodfocus.fi

2

Tässä artikkelissa esitellään pelkistettynä puurakenteiden mitoitusperusteita ja tavanomaisten puurakenteiden rakennemitoitusta. Osa puurakenteiden mitoituksista on selkeitä mitoitusohjeita. Puurakenteiden suunnittelua ohjaavat ohjeet ovat hieman vaikeaselkoisia tehtävän kannalta. Artikkelin tavoitteena onkin selvittää sekä yksinkertaistaa puurakenteiden rakennemitoitusta ja esittää alustavan mitoituksen suunnittelumenetelmiä, joita voidaan hyödyntää rakennusten luonnossuunnittelussa arvioitaessa rakenneosien poikkileikkauksien kokoa.

1 Uusi ohje: B10 Puurakenteet 2001

Puurakenteiden uudet ohjeet tulivat voimaan 1.1.2001. Ne korvaavat vuoden 1983 ohjeet. Uusissa ohjeissa on kolme muutosta vanhoihin ohjeisiin verrattuna:

- lujuuslajitellun puutavaran (T18, T24, T30 ja T40) tulee olla lujuuslajitteluleimalla merkittyä
- puun poikittaista puristuslujuuden $f_{c,⊥k}$ arvoa on pienennetty
- taivutetun palkin poikittaistuille on esitetty mitoituskaava.

Lujuuslajitteluleimauksen vaatimus koskee rakennuspuutavaraa eli kantavia sahatavarakenteita ja niiden osia.

Ympäristöministeriö on 3.4.2001 päivätyllä rakennusvalvojille osoitetulla kirjeellä selvittänyt vaatimusta. Kirjeessä lievennetään omasta metsästä sahatun sahatavaran leimausvaatimusta, jolloin alempien lujuusluokkien T18 sekä T24 omasta metsästä sahatua lujuuslajiteltua sahatavaraa ei tarvitse leimata. Tosin sanoen kaikki muu lujuuslajiteltu sahatavara tulee olla leimattua.

Puun poikittaisen puristuslujuuden arvojen pienentäminen perustuu sekä kotimaassa tehtyihin lujuuskokeisiin [8] että euronormiin [5]. Euronormin lujuusarvot eivät ole suoraan verrannollisia B10 lujuusarvoihin, koska euronormissa mm. lujuusarvot esitetään eri aikaluokassa kuin kotimaassa. Palkkien kiepahdustukien mitoituskaava selvittää mitoituskäytäntöjä.

2 Sahatavaran, liima- ja kertopuun lujuudet

Sahatavaran ja liimapuun lujuudet on esitetty Suomen rakentamismääräyskokoelmassa B10 [1]. Kertopuu on tyypipyykäsyttö tuote ja kertopuun lujuuksia ei ole sisällytetty määräyskokoelmaan vaan lujuusarvot ovat valmistajan teknisissä tiedotteissa ja neuvonta-aineistossa. Materiaalien lujuustaulukoissa on esitetty kattavasti kaikki materiaalin lujuustiedot; lujuustie-

Taulukko 1. Sahatavaran, liima- ja kertopuun ominaislujuudet f_k (N/mm²) ja taivutuskimmomoduuli E (N/mm²) aikaluokassa B ja kosteusluokassa 1-2.

Ominaislujuus	Sahatavara				Liimapuu L40	Kertopuu Kerto-S
	T40	T30	T24	T18		
Lujuusmitoitus						
Taivutus f_{bk}	29	23	20	16	31	37
Puristus f_{ck}	28	22	19	15	30	30
Puristus $f_{c,⊥k}$	4,5	3,7	3,1	2,6	4,3	7
Veto f_{tk}	19	15	13	8	21	32
Leikkaus f_{vk}	2	2	2	2	2,4	3,5
Taipumamitoitus						
Kimmomoduuli E	8500	7000	6500	5500	8500	10400

toja on enemmän kuin yleensä mitoitettaessa tarvitaan. Taulukkoon 1 on kerätty sahatavaran, liima- ja kertopuun tarvittavat lujuustiedot, kun mitoitetaan tavanomaisempia puurakenteita.

Puulla on luonnonmateriaalina ajasta ja kosteudesta riippuva lujuus: puun lujuus on suuri lyhytaikaisella kuormalla ja kuivalla puulla. Puurakenteiden käyttökohteiden olot ja kuormitusten kestot vaihtelevat. Vaihtelut otetaan huomioon kantavien puurakenteiden mitoituksessa puun kosteusluokkina 1–4 ja kuormien aikaluokkina A–C. Käytännössä nämä kosteusluokkien ja aikaluokkien vaihtelut ovat hyvin yksinkertaiset. Sisätalissa ja sateelta suojatuissa kohteissa puun kosteusluokka on 1 ja 2, jolloin puun lujuus on ohjeiden [1] mukaan sama. Hyöty- ja lumikuorman kesto on viikkoja, ja kuorman aikaluokka on B. Lähes aina talonrakennuksen kantavien puurakenteiden mitoituksessa kuorman aikaluokka on B ja kosteusluokka 1 tai 2; taulukon 1 lujuusarvot vastaavat jo valmiiksi yleisintä mitoitustilanteen kestoa ja oloa. Ainoa poikkeus on tuulikuorma, joka on kolmen sekunnin puuskan nopeuspaine, tällöin puun lujuus on 1,3-kertainen taulukon 1 arvoon verrattuna.

Puurakenteiden lujuusmitoitus tehdään murtorajatilassa. Taulukon 1 lujuusarvot ovat todellisia puun murtolujuuksia siten, että 95 % lujuusluokan kappaleista täyttää lujuusvaatimuksen. Poikkileikkauksen kapasiteetteja määritettäessä käytettävä mitoituslujuus on ”todellinen murtolujuus” eli karakteristinen ominaislujuus jaettuna materiaalin osavarmuuskertoimella γ_m , joka on puurakenteilla 1,3.

3 Puurakenteiden kuormat ja kuormitusyhdistelmät

Kantavien puurakenteiden primaaritehtävä on siirtää seuraavat kuormat

- omapainokuorma
- hyötykuormat (oleskelu-, kokoontumis-, tungos- ja tavarakuorma)
- lumikuorma
- tuulikuorma.

Kuormien suuruutta, esiintymistodennäköisyyttä ja jakautumista ohjaavat määräykset [3] ja ohjeet [4] antavat yksityiskohtaisia kuormitusvaihtoehtoja. Hyöty- ja luonnonkuormat esiintyvät erikseen tai yhdessä erilaisina kuormitusyhdistelminä sekä jakautuneena tasaisesti tai satunnaisesti, jolloin teoriassa rakenteella voi esiintyä jopa useita kymmeniä kuormitusvaihtoehtoja, mutta kuitenkin käytännössä rakenteen mitoittaa jopa vain yksi kuormitusvaihtoehto.

Luonnonkuormat eli lumi- ja tuulikuorma esiintyvät erikseen tai yhdessä siten, että toinen täysin 100 % ja toinen 50 %, koska luonnonkuormien esiintymistodennäköisyydet ovat pienet.

Vaakarakenteet mitoittaa lähes poikkeuksetta suurin rakenneosalle kohdistuva hyöty- tai lumikuorma. Seinärakenteilla eli pilareilla ja seinätolpilla sekä niiden liitoksilla kuormitusvaihtoehtoja on enemmän. Tuulen nopeuspaine kohdistuu pääasiassa seinärakenteille ja tämä kuormitus lisää seinärakenteeseen kohdistuvia kuormitusvaihtoehtoja. Seinärakenne koostuu rakenneosista ja niiden välisistä liitoksista, jolloin esimerkiksi lumikuorma mitoittaa pilarin ja tuulikuorma pilarin kiinnitykset. Taulukossa 2 on esitetty seinärakenteelle kohdistuvia kuormitusvaihtoehtoja ja yhdistelmiä.

Taulukko 2. Seinärakenteille kohdistuvat lumi- ja tuulikuorman kuormitusvaihtoehdot, yhdistelmät ja esimerkit kuormituksen mitoittavasta rakenneosasta tai detaljista.

Kuormitusvaihtoehto	Yhdistelmä	Esimerkki
Valmistus, kuljetus ja asennus	75 % tuuli	Pilareiden ja elementtien nostokohdat sekä tuenta
Käyttö:		
"kesä ja kova tuuli"	100 % tuuli	Jäykistys, tuulipilarit, liitokset ja kiinnitykset
"kova talvi"	100 % lumi	Pilarit (ja liitokset)
"kova talvi ja tuuli"	100 % lumi ja 50 % tuuli	Liitokset (ja pilarit)
"talvi ja kova tuuli"	50 % lumi ja 100 % tuuli	Liitokset (ja pilarit)
Onnettomuustilanne:		
palo	50 % lumi tai 30 % tuuli	Pilarit ja liitokset
törmäyskuorma	Vaakasuora pistekuorma	Pilarit ja liitokset

Rakenneosien mitoitettavat kuormitusvaihtoehdot voidaan esittää karkeasti pelkistettynä seuraavasti

- yläpohjarakenteet; omapaino- ja lumikuorman yhdistelmä
- ala- ja välipohjarakenteet; omapaino- ja hyötykuorman yhdistelmä
- seinärakenteiden pilarit ja tolpat; omapaino-, hyöty- ja lumikuorman yhdistelmä
- seinärakenteiden liitokset; tuulikuorma tai omapaino-, hyöty- ja lumikuorman yhdistelmä
- jäykistys; omapaino ja tuulikuorma.

Puurakenteiden kuormat ovat rakenteelle kohdistuvia todellisia kuormituksia ja niiden arvoissa ei ole ylimääräisiä varmuuksia. Esimerkiksi asuintilojen oleskelukuorma on $1,5 \text{ kN/m}^2$ (150 kg/m^2) ja kuorma sisältää asuintilojen asukkaat sekä kalusteet. Lujuuksien laskentakuorma saadaan kertomalla omapainokuorma osavarmuuskertoimella 1,2 ja hyöty- ja luonnonkuorma kertoimella 1,6.

4 Puurakenteiden mitoituskriteerit

Puurakenteiden mitoittamista ohjaavissa ohjeissa ja suunnitteluohjeissa on esitetty kattavasti kaikki mitoituskriteerit. Ohjeiden [1] ja [2] mukaiset mitoituskriteerit ovat

- taivutuslujuus; maksimitaivutusmomentin kohdalla poikkileikkauksen taivutuskestävyys
- kiepahdus; korkeiden ja kapeiden taivutettujen palkkien sivusuuntainen stabiliteettikestävyys
- puun syiden suuntainen puristuslujuus eli nurjahduslujuus; nurjahtavan sauvan puristuskestävyys
- syitä vastaan kohtisuora puristuslujuus; esimerkiksi ristikko- tai palkkirakenteen tarvittava tuen leveys
- vetolujuus; esimerkiksi ristikko- tai jäykistysrakenteen vetosauvan kestävyys

Taulukko 3. Eräitä puurakenteiden käyttökohteita ja niiden mitoittamisessa käytettäviä mitoituskriteerejä.

Käyttökohte	Mitoituskriteeri
Yläpohjapalkit	Taivutuslujuus, taipuma (ja kiepahdus)
Ala- ja välipohjapalkit	Taipuma
Seinätolpat	Nurjahduslujuus
Tuulipilarit	Taivutuslujuus
NR-rakenteet	Taivutuslujuus, nurjahduslujuus, syitä vastaan kohtisuora puristuslujuus, vetolujuus ja taipuma
Kehä- ja ristikkorakenteet	Taivutuslujuus, kiepahdus, nurjahduslujuus, syitä vastaan kohtisuora puristuslujuus, vetolujuus, leikkauslujuus ja taipuma

- leikkauslujuus; esimerkiksi poikkileikkauksen leikkauskestävyys tuella voimakkaasti kuormitetuilla lyhyillä palkkirakenteilla
- taipuma.

Luonnollisesti kaikkia em. mitoituskriteerejä ei tarvitse tarkistaa yksittäistä puurakenneosaa mitoittaessa. Rakennemitoituksen kokemuksen myötä suunnittelijalle kehittyä ammattitaito soveltaa laajoja ohjeita ja kriteerejä yksittäisen rakenneosan mitoittamiseen. Taulukossa 3 on esitetty puurakenteiden käyttökohteita ja niissä käyttökohteissa käytettäviä mitoituskriteerejä. Taulukon 3 mitoituskriteerit soveltuvat hyvin rakenneosan alustaan mitoitukseen, jossa tavoitteena on arvioida poikkileikkauksen kokoa.

Pientalojen puurakenteiden mitoittamisessa on mielenkiintoinen jako rakenneosan mitoittamisen vaativuudesta. Pientalojen puurakenteista palkit ja seinätolpat ovat suhteellisen yksinkertaisia mitoitettavia eikä näiden rakenneosien alustava mitoitus edellytä syvällisempää tietoa puurakenteista. Sen sijaan pientalojen NR-rakenteet, jäykistys ja detaljien liitokset ovat vaativampia mitoitustehtäviä. Isot puurakenteet eli NR-, kehä ja ristikkorakenteet edellyttävät jo useamman mitoituskriteerin ottamista huomioon mitoittamisessa ja rakenteiden taloudellinen mitoittaminen edellyttää sekä kokemusta että syvällisempää tietoa puurakenteista.

5 Suositeltavat lujuusluokat ja koot

Sahatavaralla on selvä lujuuden kokovaikutus siten, että suurilla dimensioilla ($50\text{--}75 \times 175\text{--}225 \text{ mm}^2$) ei ole yhtä paljon korkeita lujuusluokkia kuin pienemmillä dimensioilla ($50 \times 100\text{--}150 \text{ mm}^2$). Suurien dimensioiden sahatarviden suositeltavat lujuusluokat ovat T18 ja T24.

Sahatavaraa voi lujuuslajitella joko koneellisesti lujuuslajittelukoneella tai visuaalisesti henkilö, jolla on lujuuslajitteluoikeus. Koneellinen,

Taulukko 4. Puurakenteiden käyttökohteita ja niissä käytettävien sahatavaran, liima- ja kertopuun lujuusluokkia ja laatuja.

Käyttökohte	Sahatavara	Liimapuu	Kertopuu
Palkit	T24	L40	Kerto-S
Pilarit	T18	L40	Kerto-T
NR-rakenteet	T40, T30 ja T24		
Kehä- ja ristikkorakenteet		L40	Kerto-S

sahatavaraa testaava lujuuslajittelu on tehokkaampi menetelmä kuin sahatavaran vikojen visuaaliseen arviointiin perustuva menetelmä; sahatavaran lujuusluokkien saannot eli jakaumat lujuusluokkiin ovat koneellisessa lujuuslajittelussa paremmat. Koneellinen lujuuslajittelu on käytössä noin 20:lla saha- tai NR-tuotantolaitoksella, jotka toimittavat sahatavaraa jatkojalostajille tai hyödyntävät lajittelua omassa jatkojalostuksessaan. Visuaalinen lujuuslajittelu-oikeus on noin 3000:lla lujuuslajittelijalla, jotka toimivat esimerkiksi sahatavaran jälleenmyynnissä. Paikalla rakentamisessa tulee suosia lujuusluokkia T18 ja T24, joiden saatavuus on jälleenmyyjillä huomattavasti parempi kuin teollisessa tuotannossa käytettävien T30 ja T40 lujuusluokkien.

Taulukossa 4 on listattu suositeltavat sahatavaran, liima- ja kertopuun lujuusluokat tai laadut eri käyttökohteissa.

Puurakentamisessa käytetään yhä enemmän mitallistettua sahatavaraa, jolloin puurunkojen

mittatarkkuus ja sahatavaran käsiteltävyys paranevat. Mitallistaminen tarkoittaa sahatavaran (b x h) karkeahöyläämistä siten, että paksuudesta (b) höylätään 2 mm ja leveydestä (h) 3 mm. Näin nimellismittasta, esimerkiksi 50 x 100 mm² tulee mitallistamisen jälkeen 48 x 97 mm².

Pientalojen ristikkorakenteisen yläpohjan kantavana rakenteena on nykyään lähes poikkeuksetta naulalevyrakenteet, jotka NR-tuotantolaitokset mitoittavat. NR-rakenteiden tukina on kantavat ulkoseinät ja jännevälinä on rakennuksen runkosyvyys. Ala- ja välipohjissa tulisi kaikilla rakennusmateriaaleilla (puu, betoni ja teräs) ja rakennevaihtoehdoilla (palkki tai laatta) olla kantava välituki tai -seinä. Taulukossa 5 on esitetty sahatavaran, liima- ja kertopuupalkkien maksimijännevälit ala- ja välipohjissa, kun taipuman mitoituskriteerinä on joko 1/300 tai hyötykuorman 12 mm:n taipuma.

Lisäksi taulukkoon 5 on kirjattu ns. vaativamman jäykkyyden taipumakriteerin maksimijännevälit. Osittain samankaltainen kriteeri on käy-

Taulukko 5. Sahatavaran, liima- ja kertopuun maksimijännevälit yksiaukkoisina palkkeina eri k-jaoilla ala- ja välipohjissa. Kuormituksena on omapainokuorma (0,5 kN/m²) ja oleskelukuorma I (1,5 kN/m²). Kannattimien taipumaraja on 1/300, oleskelukuorman 12 mm ja pistekuorman 1,5 mm.

Tuote	k 600 mm	k 400 mm	k 300 mm	Vaativamman jäykkyyden mitoituskriteeri
Sahatavara				
48 x 147 T24	2,6 m	3,0 m	3,3 m	2,0 m
48 x 172 T24	3,0 m	3,5 m	3,8 m	2,3 m
48 x 197 T24	3,5 m	4,0 m	4,4 m	2,7 m
48 x 220 T24	3,9 m	4,5 m	4,9 m	3,0 m
Liimapuu				
42 x 225 L40	4,2 m	4,8 m	5,1 m	3,2 m
56 x 225 L40	4,6 m	5,1 m	5,5 m	3,5 m
56 x 315 L40	6,0 m	6,6 m	7,1 m	4,9 m
56 x 360 L40	6,6 m	7,3 m	7,8 m	5,6 m
Kertopuu				
45 x 225 Kerto-S	4,6 m	5,1 m	5,4 m	3,4 m
45 x 260 Kerto-S	5,1 m	5,6 m	6,1 m	4,0 m
45 x 300 Kerto-S	5,7 m	6,3 m	6,7 m	4,6 m
45 x 360 Kerto-S	6,6 m	7,2 m	7,7 m	5,5 m

tössä Ruotsissa ja euronormissa [5] esitetään myös tämä yksinkertainen pistekuorman jäykkyysvaatimus

$$u/F < 1,5 \text{ mm/kN}$$

jolloin 1 kN:n pistekuorma aiheuttaa 1,5 mm:n aikaluokan C taipuman. Tämä yksittäiselle palkille tuleva pistekuorma kuvaa tilan käyttäjän kävelyä kannattimen päällä. Tässä kriteerissä ei ole otettu huomioon pistekuorman siirtymistä yläpuolisten levyrakenteiden ja poikittaisjäykisteiden kautta viereisille kannattimille.

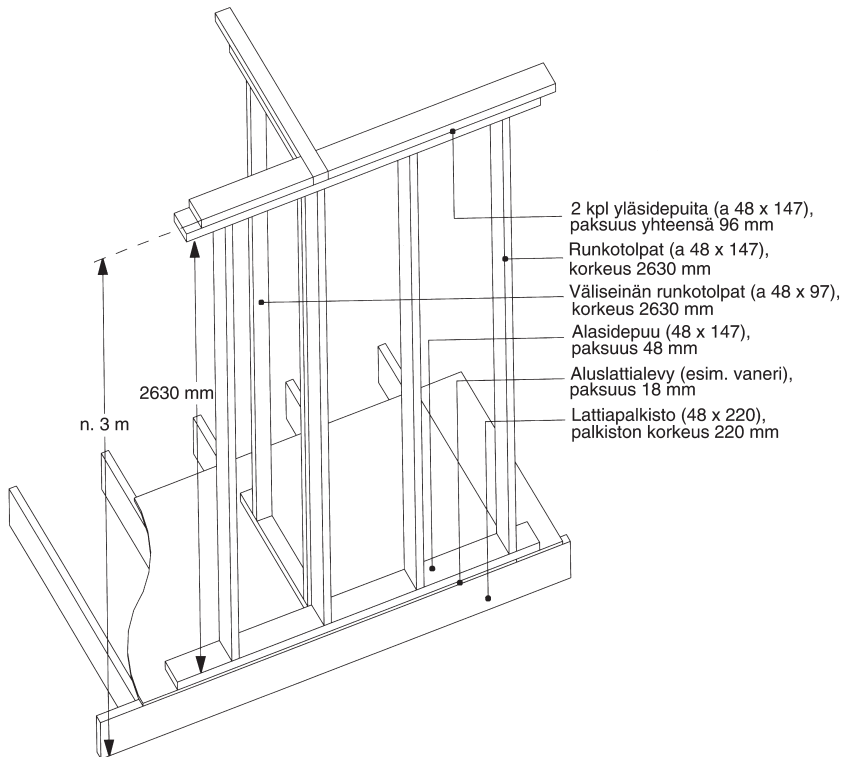
Kannattimet jaolla k 300 mm voidaan myös sijoittaa asentamalla kaksi kannatinta rinnakkain k 600 mm. Kertopuun yleisimmät varastokokojen paksuudet ovat 45 ja 51 mm. Paksuus 45 mm voidaan luonnollisesti tarvittaessa korvata 51 mm paksuudella.

6 Mitoitus esimerkit

Esimerkeissä mitoitetaan yksikerroksisen pientalon puurakenteita, kun

- yläpohjan kantavana rakenteena on NR-ristikot k 900 mm, jänneväli 8600 mm, 600 mm räystäät ja $g_{k, \text{yläpohja}} = 0,6 \text{ kN/m}^2$
- seinän puurunkona on $48 \times 147 \text{ mm}^2$ T 18 k 600 mm
- rossipohjan $g_{k, \text{alapohja}} = 0,5 \text{ kN/m}^2$, oleskelukuorma I, maksimijänneväli 3000 mm ja pääkannattimet ovat sahatavara $48 \times 220 \text{ mm}^2$ T24, liimapuu $56 \times 225 \text{ mm}^2$ L40 tai Kerto-S $45 \times 225 \text{ mm}^2$
- rakennuspaikka Keski-Suomi ja maastoluokka II.

Mitoitus esimerkkiä voidaan soveltaa paikalla rakennettavaan ns. pitkistä sahatavarasta rakennettavaan puurunkoon tai platform-runkoon. Platform-rakenteen kantava runko on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Mitoitus esimerkin kantava seinä- ja alapohjarakenteen mittaperiaate. Järjestelmän mittojen lähtökohtana on määrämittaan 2630 mm korkea seinätolppa, jolloin mitoitus soveltuu rakennuslevyjen 2750 pituusmittaan [6].

6.1 Mitoitusesimerkki, seinätolpan mitoitus

Lähtökohta

Seinätolppa on kuvan 1 mukaan mitallistettu 48 x 147 mm² T18 k 600 mm ja tolpan pituus on 2630 mm.

Kuormitus

Seinärunkoa kuormittaa yläpohjan omapainon lisäksi kaksi luonnonkuormaa, lumi- ja tuulikuorma. Rakennuspaikka on Keski-Suomi ja kuormat ovat

$$\begin{aligned} q_k \text{ lumi} &= 1,8 \text{ kN/m}^2 \\ q_k \text{ tuuli} &= 0,5 \text{ kN/m}^2 \text{ (maastoluokka II)} \\ g_k \text{ yläpohja} &= 0,6 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Nämä kaksi luonnonkuormaa q_k eivät esiinny täysin samanaikaisesti, jolloin seinätolpan mitoituksessa käsitellään sekä 100 %:n että 50 %:n lumikuorman mitoitus.

Voimasuureet

Ristikon tukireaktiot ovat

$$\begin{aligned} R_{d, 100\% \text{ lumikuorma}} &= 0,9 \text{ m} \times ((0,6 \text{ m} + 8,6 \text{ m} + 0,6 \text{ m})^2) \times \\ &(1,2 \times 0,60 \text{ kN/m}^2 + 1,6 \times 1,8 \text{ kN/m}^2) = 15,9 \text{ kN} \\ R_{d, 50\% \text{ lumikuorma}} &= 0,9 \text{ m} \times ((0,6 \text{ m} + 8,6 \text{ m} + 0,6 \text{ m})^2) \times \\ &(1,2 \times 0,60 \text{ kN/m}^2 + 0,5 \times 1,6 \times 1,8 \text{ kN/m}^2) = \\ &9,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

Ristikon tukireaktio oletetaan tulevan yhdelle seinätolpalle ja näin ristikoiden sijoittelu ei ole sidottu seinätolppien sijaintiin.

Tuulikuorma kuormittaa seinärakennetta ja seinätolpat sekä ulkoverhous siirtävät taivutettuna pilarina tuulikuorman perustuksille ja yläpohjalle. Seinätolpat mitoitetaan 100 %:n tuulenpaineelle, kun ulkoverhouksena on puuverhous. Tolpat tulisi mitoitaa 100 %:n tuulenpaineelle, vaikka ulkoverhouksena on kuorimuuri. Kuorimuuri sidotaan seinärunkoon ja muurin taivutusjäykkyys on pienempi kuin rungon, jolloin tuulenpaine kuormittaa pääasiassa seinärunkoa. Tarvittaessa tuulenpaine voidaan jakaa kuorimuuriin ja rungon taivutusjäykkyyksien EI suhteessa muurille ja rungolle. Seinätolpalle tuleva 100 %:n tuulenpaineen viivakuorma on

$$q_d = 0,6 \text{ m} \times 1,6 \times 0,5 \text{ kN/m}^2 = 0,5 \text{ kN/m}$$

ja tolppalle tuleva taivutusrasitus on

$$M_d = q_d l^2 / 8 = 0,5 \text{ kN/m} \times 2,63^2 \text{ m}^2 / 8 = 0,43 \text{ kNm}$$

Mitoitus

a) Materiaaliarvot

Sahatavaran lujuusluokka on T18 ja kosteusluokka 1-2 (vientilajittelu nykyinen laatuluokka B tai C ja aiemmin käytetty laatuluokka V tai VI). T18 sahatavaran lujuudet ovat

$$\begin{aligned} f_{cd} &= 15 \text{ N/mm}^2 / 1,3 = 11,5 \text{ N/mm}^2 \\ f_{bd} &= 16 \text{ N/mm}^2 / 1,3 = 12,3 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

b) Jännitykset

Valittu seinätolppa on 48 x 147 mm² ja rasisusten aiheuttamat jännitykset ovat

$$\begin{aligned} \sigma_c \text{ 100\% lumikuorma} &= R_d / A = \\ &15900 \text{ N} / (48 \times 147 \text{ mm}^2) = 2,25 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_c \text{ 50\% lumikuorma} &= R_d / A = \\ &9500 \text{ N} / (48 \times 147 \text{ mm}^2) = 1,35 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_b \text{ 100\% tuulikuorma} &= M_d / W = 0,43 \times 10^6 \text{ Nmm} / \\ &(1/6 \times 48 \times 147^2 \text{ mm}^3) = 2,49 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

c) Hoikkuus

Tolpan hoikkuus vahvempaan suuntaan on

$$\lambda = l_c / i = 2630 \text{ mm} / (0,289 \times 147 \text{ mm}) = 62$$

Seinäverhouksen tulee estää seinätolpan nurjahdus heikompaan suuntaan, koska tolpan hoikkuus ($\lambda = 2630 \text{ mm} / (0,289 \times 48 \text{ mm}) = 190$) ylittää rajan 170.

d) Nurjahduslujuus

Nurjahduskerroin ks saadaan B10 kuvan 5.3 sahatavaran alkuepäkeskisyyden $l/200$ kuvaajasta hoikkuuden λ funktiona ja kerroin on

$$ks = 0,38$$

eli sauvan nurjahdus pienentää tolpan kapasiteettia siten, että sauvan nurjahduslujuus on 38 % puristuslujuudesta. Nurjahduskerroin ks on sauvan alkuepäkeskisyyden funktio ja alkuepäkeskisyyden ($l/200 = 2630 \text{ mm} / 200 = 13 \text{ mm}$) käsitteää tolpan syrjäväärtyden, kuorman epäkeskisyyden ja tuulikuorman aiheuttaman taipuman.

e) Nurjahdusalttiin sauvan mitoitus

Saavaa kuormittaa sekä tolpan suuntainen normaalivoima eli ristikon tukireaktio että tolpan taivutusrasitus eli tuulikuorman aiheuttama momentti, ja yhteisvaikutusehto on seuraava

$$\sigma_c / (k_s f_{cd}) + \sigma_b / f_{bd} \leq 1$$

Seinätolppaa kuormittaa sekä pelkkä lumikuorma että lumi- ja tuulikuorman yhdistelmät, ja tolpan kestävyys tulee tarkistaa kolmella eri kuormitustapauksella.

Kuormitustapaus ”kova talvi”; 100 % lumikuorma, aikaluokka B:

$$\sigma_c / (k_s f_{cd}) = 2,25 \text{ N/mm}^2 / (0,38 \times 11,5 \text{ N/mm}^2) = 0,51 < 1 \text{ OK}$$

Kuormitustapaus ”kova talvi ja tuuli”; 100 % lumikuorma ja 50 % tuulikuorma, aikaluokka C:

$$\sigma_c / (k_s f_{cd}) + \sigma_b / f_{bd} = 2,25 \text{ N/mm}^2 / (0,38 \times 1,3 \times 11,5 \text{ N/mm}^2) + (0,5 \times 2,49 \text{ N/mm}^2) / (1,3 \times 12,3 \text{ N/mm}^2) = 0,40 + 0,08 = 0,48 < 1 \text{ OK}$$

Kuormitustapaus ”talvi ja kova tuuli”; 50 % lumikuorma ja 100 % tuulikuorma, aikaluokka C:

$$\sigma_c / (k_s f_{cd}) + \sigma_b / f_{bd} = 1,35 \text{ N/mm}^2 / (0,38 \times 1,3 \times 11,5 \text{ N/mm}^2) + 2,49 \text{ N/mm}^2 / (1,3 \times 12,3 \text{ N/mm}^2) = 0,24 + 0,16 = 0,40 < 1 \text{ OK}$$

Yhteenveto

Valitun seinätolpan 48 x 147 mm² T18 kapasiteetista on käytetty maksimissaan 51 %.

Seinätolpan kapasiteetin käyttöasteet on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Mitoitusmerkin seinätolpan kapasiteetin käyttöasteet eri kuormitustapauksissa.

Kuormitustapaus	Aikaluokka	Kapasiteetin käyttöaste %
kova talvi	B	51
kova talvi ja tuuli	C	48
talvi ja kova tuuli	C	40

Mitoittava kuormitustapaus on omapaino- ja lumikuorman yhdistelmä. Tämä havainto tukee olettamusta, että pientalon seinärungon mitoittamisessa riittää yleensä aikaluokan B kuormitusten aiheuttamien rasitusten tarkistaminen. Varsinkin alustavassa mitoituksessa voidaan tarkastella vain ns. kovan talven aiheuttamaa kuormitusta. Se yksinkertaistaa huomattavasti edellä esitettyjä laskelmia: tuulikuorman osuus voidaan jättää pois laskelmista ja luonnonkuormana on vain lumikuorma. Ko. esimerkin mitoitus on tällöin pelkistettynä seuraava

a) Materiaaliarvo T18 lujusluokalle
 $f_{cd} = 15 \text{ N/mm}^2 / 1,3 = 11,5 \text{ N/mm}^2$

b) Jännitykset

$$\sigma_c \text{ 100 \% lumikuorma} = R_d / A = 2,25 \text{ N/mm}^2$$

c) Hoikkuus

$$\lambda = l_c / i = 62$$

d) Nurjahduslujuus

$$k_s = 0,38$$

e) Nurjahdusalttiin sauvan mitoitus

$$\sigma_c / (k_s f_{cd}) = 0,51 < 1 \text{ OK}$$

Ikkunan pielitolpat tarkistetaan tapauskohtaisesti. Pieliin laitetaan vähintään kaksi tolppaa. Esimerkin lopputuloksen mukaan kaksi pielitolppaa riittää hyvin yleisimmillä ikkuna-aukoilla.

Seinätolpan nurjahdusmitoituksessa tulee käyttää sauvan alkuepäkeskisyyteen 1/200, koska sahatavaran lajitteluohjeet sallivat suunnilleen jo olettamuksen suuruisen syrjäväärtyden ja tuulikuorman aiheuttama taipuma tulee sisällytyä alkuepäkeskisyyteen.

6.2 Mitoitusmerkki, seinärungon yläjuoksun mitoitus

Lähtökohta

Pitkästä sahatavaraista rakennettavassa seinärungossa yläjuoksu on syrjällään oleva palkki, jonka päälle asennetaan yläohjauspuu. Yläjuoksun koko on suurempi kuin seinätolpan koko ja yläohjauspuun koko on luonnollisesti seinätolpan koko. Valitaan yläjuoksuksi 48 x 220 mm² T24 (kuvan 2 malli a).

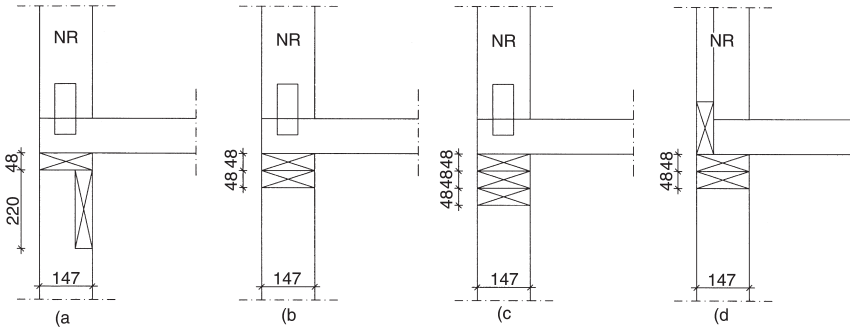
Platform-seinärungossa yläjuoksu muodostuu vähintään kahdesta lappeellaan olevasta yläohjauspuusta, jonka koko on sama kuin seinätolpan koko (kuvan 2 malli b). Tätä ratkaisua käytetään sekä välipohjissa että palkkirakenteisissa yläpohjissa. Ko. mitoitusmerkissä ristikoiden tukireaktio on suhteellisen suuri, valitaan rakenteellisena yläjuoksuna toimivaksi kolme yläohjauspuuta 48 x 147 mm² T24 (kuvan 2 malli c).

Platform-senärungon yläjuoksu voidaan toteuttaa myös ns. kainalokannatteisen ristikon avulla (kuvan 2 malli d). Tämä ratkaisu on vakiointu platform-detalji ja ko. ratkaisussa ristikolla on tukialueella kaksi tukipistettä, kainalokannattimen palkki ja yläohjauspuut.

Kuormitus

Ristikon maksimitukireaktio on edellisen esimerkin mukaan

$$R_{d \text{ 100 \% lumikuorma}} = 15,9 \text{ kN}$$



Kuva 2. Seinärungon yläjuoksun vaihtoehdot a) - d).

Voimasuureet

Yläjuoksun staattinen malli voidaan yksinkertaistaa yksiaukkoiseksi palkiksi. Yläjuoksun maksimitaivutusrasitus on ristikon tukireaktion sijaitessa seinätolppien keskellä ja rasitus on

$$M_d = R_d l / 4 = (15,9 \text{ kN} \times 0,6 \text{ m}) / 4 = 2,39 \text{ kNm}$$

Yläjuoksun maksimileikkaurasitus on tukireaktion sijaitessa yläjuoksun korkeuden päässä teulta ja rasitus on

$$Q_d = (15,9 \text{ kN} \times 380 \text{ mm}) / 600 \text{ mm} = 10,1 \text{ kN}, \text{ kun } h = 220 \text{ mm} \text{ (malli a)}$$

ja

$$Q_d = (15,9 \text{ kN} \times 552 \text{ mm}) / 600 \text{ mm} = 14,6 \text{ kN}, \text{ kun } h = 48 \text{ mm} \text{ (malli c)}$$

Kainalokannatteinen ratkaisu on staattisesti määräämätön ja tukireaktiot tulee laskea tapauskohtaisesti sekä mitoittaa palkki kyseiselle tukireaktiolle. Tälle vakioidulle detaljille on myös esitetty kapasiteettitaulukot platform-järjestelmän teknisissä tiedotteissa. Esimerkkitapauksessa palkille tulee 66 % tukireaktiosta ja loput tukireaktiosta menee toisen tukipisteen kautta yläohjauspuille. Lisäksi palkin tukipisteestä tulevat rasitukset jakautuvat sekä syrjälleen olevalle palkille että lappeellaan oleville yläohjauspuille jäykkyysien suhteessa, jolloin esimerkiksi ratkaisussa palkille tulee tukipisteen rasituksesta 82 %. Palkin taivutusrasitus on

$$M_d = R_d l / 4 = (0,66 \times 0,82 \times 15,9 \text{ kN} \times 0,6 \text{ m}) / 4 = 1,29 \text{ kNm}$$

ja

$$Q_d = (0,66 \times 0,82 \times 15,9 \text{ kN} \times 453 \text{ mm}) / 600 \text{ mm} = 6,6 \text{ kN}, \text{ kun } h = 147 \text{ mm} \text{ (malli d)}$$

Mitoitus

a) Materiaaliarvot

Sahatavaran T24 lujuuudet ovat

$$f_{bd} = 20 \text{ N/mm}^2 / 1,3 = 15,4 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{vd} = 2 \text{ N/mm}^2 / 1,3 = 1,54 \text{ N/mm}^2$$

b) Taivutuslujuus

Yläjuoksun 48 x 220 mm² taivutusjännitys on

$$\sigma_b = M_d / W = 2,39 \times 10^6 \text{ Nmm} / (1/6 \times 48 \times 220^2 \text{ mm}^3) = 6,2 \text{ N/mm}^2 < f_{bd} = 15,4 \text{ N/mm}^2 \text{ OK}$$

ja vastaavasti kolmen 48 x 147 mm² yläohjauspuun taivutusjännitys on

$$\sigma_b = M_d / W = 2,39 \times 10^6 \text{ Nmm} / (3 \times 1/6 \times 147 \times 48^2 \text{ mm}^3) = 14,1 \text{ N/mm}^2 < f_{bd} = 15,4 \text{ N/mm}^2 \text{ OK}$$

ja kainalokannattimen palkin 48 x 147 mm² taivutusjännitys on

$$\sigma_b = M_d / W = 1,29 \times 10^6 \text{ Nmm} / (1/6 \times 48 \times 147^2 \text{ mm}^3) = 7,6 \text{ N/mm}^2 < f_{bd} = 15,4 \text{ N/mm}^2 \text{ OK}$$

c) Leikkauslujuus

Yläjuoksun 48 x 220 mm² leikkausjännitys on

$$\tau = 3 Q_d / (2 b h) = 3 \times 10100 \text{ N} / (2 \times 48 \times 220 \text{ mm}^2) = 1,43 \text{ N/mm}^2 < f_{vd} = 1,54 \text{ N/mm}^2 \text{ OK}$$

ja vastaavasti kolmen 48 x 147 mm² yläohjauspuun leikkausjännitys on

$$\tau = 3 Q_d / (2 b h) = 3 \times 14600 \text{ N} / (2 \times 3 \times 147 \times 48 \text{ mm}^2) = 1,03 \text{ N/mm}^2 < f_{vd} = 1,54 \text{ N/mm}^2 \text{ OK}$$

ja kainalokannattimen palkin 48 x 147 mm² leikkausjännitys on

$$\tau = 3 Q_d / (2 b h) = 3 \times 6600 \text{ N} / (2 \times 48 \times 147 \text{ mm}^2) = 1,43 \text{ N/mm}^2 < f_{vd} = 1,54 \text{ N/mm}^2 \text{ OK}$$

Taulukko 7. Mitoitusesimerkin seinärungon yläjuoksun kapasiteetin käyttöasteet eri rakennejärjestelmissä.

Rakenne	Taivutuslujuus %	Leikkauslujuus %
Yläjuoksu 48 x 220 mm ² ja yläohjauspuu 147 x 48 mm ² malli a)	40	93
Yläjuoksuna 3 kpl yläohjauspuuta 147 x 48 mm ² malli c)	92	67
Kainalokannatin malli d)	49	93

Yhteenveto

Seinärungon yläjuoksun kapasiteetin käyttöasteet on esitetty taulukossa 7.

Valittiin yläjuoksu 48 x 220 mm² on suurempi kuin toteutuneissa kohteissa on totuttu käyttämään ja silti leikkauslujuudesta on käytetty jopa 92 %. Tämä lopputulos tukee havaintoa, että monissa pitkistä sahatavaraista paikalla rakennetuissa kohteissa tai elementtirakenteissa seinän yläjuoksu on alimitoitettu. Syrjällään olevan yläjuoksun alimitoitus ei kuitenkaan välttämättä johda yläjuoksun sortumiseen vaan tuella tapahtuvaan sahatavaran halkeamiseen ja aukon taipuman kasvamiseen. Lisäksi mitoituksen olettamuksena olevan kuormitustilanteen esiintymistodennäköisyys on verrattain pieni silloin, kun ristikon tukireaktio sijaitsee joko lähempänä tukea tai aukon keskipointia, koska leikkausrasitus pienenee.

Kahden yläohjauspuun ja kainalokannattimen käyttäminen kuormia siirtävänä rakenteellisena yläjuoksuna on platform-rakennetekniikassa. Sahatavaran menekki on molemmissa ratkaisussa lähes yhtä suuri. Platform-detalji on työteknisesti yksinkertaisempi työmaalla, kun seinätolppiin ei tarvitse loveita syrjällään olevan yläjuoksun vaatimia loveuksia. Teollisesti valmistetuissa NR-ristikoissa kainalokannattimen loveuksien tekeminen on suhteellisen yksinkertaista ja korostaa NR-ristikoiden mahdollisuuksia yläpohjakannattimena. Lisäksi ratkaisu on stabiliteetin kannalta parempi, sillä kainalokannattimen sivuttaistuenta on parempi. Ratkaisu on myös lujuusopillisesti parempi, koska ristikon tukireaktion tasaaminen usealla yläohjauspuulla on varmempaa kuin yksittäisellä yläohjauspuulla, joka ristikon tukipaineen tasaajana toimii ulokeena yläjuoksun päällä.

Lisäksi seinärungossa tulee mitoittaa aukkopalkit, jotka siirtävät ristikoiden tukireaktiot taivutettuna palkkina seinätolpille.

6.3 Rossipohjan pääkannattimen mitoitus

Lähtökohta

Rossipohjan kantavien pääkannattimien jänneväli on 3000 + 2600 + 3000 mm. Kannatin on jatkuva, jolloin sekä rasitukset että taipumat ovat oleellisesti pienemmät kuin jäljempänä tehtävän alustavan mitoituksen mukaisesti yksi-

aukkoisena palkkina. Tämä johtaa kannattimen ylimitoitukseen alustavan mitoituksen periaatteen mukaan, mikäli lopullisessa mitoituksessa halutaan optimoida kannattimia, on tukimontin vähennykset taipumaan otettava huomioon. Taulukon 5 mukaan soveliaat pääkannattimet ovat

- sahatavara 48 x 220 mm² T24 k 600 mm
 - liimapuu 56 x 225 mm² L40 k 600 mm
 - kertopuu 45 x 225 mm² Kerto-S k 600 mm.
- Sahatavaran dimensio 48 x 220 mm² on suhteellisen uusi sahatavaran jälleenmyyjien valikoimaan lisätty koko. Dimensio 48 x 220 mm² on tarkoitettu välipohjiin. Se ei ole standardin mukainen normaali mitallistettu dimensio, vaan mitallistamalla korkeutta poikkeuksellisesti 5 mm nimellismitasta 225 mm halutaan varmistaa molempien syrjien höyläys.

Kuormitus

Rossipohjan kuormitukset ovat

$$q_k = 1,5 \text{ kN/m}^2 \text{ (oleskelukuorma I)}$$

$$g_k \text{ alapohja} = 0,5 \text{ kN/m}^2$$

ja laskentakuormat ovat murtorajatilassa lujuita laskettaessa

$$p_d = 0,6 \text{ m} \times (1,2 \times 0,5 \text{ kN/m}^2 + 1,6 \times 1,5 \text{ kN/m}^2) = 1,80 \text{ KN/m}$$

ja käyttörajatilassa taipumaa laskettaessa

$$p_k = 0,6 \text{ m} (0,5 \text{ kN/m}^2 + 1,5 \text{ kN/m}^2) = 1,20 \text{ KN/m}$$

Mitoitus

a) Materiaaliarvot

Taulukossa 8 on sahatavaran, liima- ja kertopuun taivutuksen laskentalujuudet ja taipumaa laskettaessa käytettävät kimmomoduulit.

Taulukko 8. Pääkannattimen taivutuslujuus f_{bd} (N/mm²) ja keskimääräinen kimmomoduuli E (N/mm²).

Pääkannatin	Taivutuslujuus f_{bd} (N/mm ²)	Kimmomoduuli E (N/mm ²)
Sahatavara T24	15,4	6500
Liimapuu L40	23,9	8500
Kertopuu Kerto-S	28,5	10400

Taulukko 9. Pääkannattimien taivutusrasitus M_d , taivutusjännitys σ_b ja kapasiteetin käyttöasteet σ_b / f_{bd}

Pääkannatin	Taivutusjännitys $\sigma_b = M_d / W, N/mm^2$	Kapasiteetin käyttöasteet σ_b / f_{bd}
Sahatavara 48 x 220 mm ² T24 k 600 mm	5,2	0,34 < 1 OK
Liimapuu 56 x 225 mm ² L40 k 600 mm	4,3	0,18 < 1 OK
Kertopuu 45 x 225 mm ² Kerto-S k 600 mm	5,4	0,19 < 1 OK

b) Taivutuslujuus

Taulukossa 9 on valittujen pääkannattimien taivutusmitoituksien yhteenveto, kun taivutusrasitus on

$$M_d = p_d l^2 / 8 = 2,03 \text{ kNm}$$

c) Taipuma

Taipumalla on kaksi kriteeriä ala- ja välipohjissa [1]

- omapaino- ja oleskelukuorman kokonaistaiipuman tulee olla pienempi kuin 1/300
- oleskelukuorman aiheuttaman taipuman tulee olla pienempi kuin 12 mm. Kriteerillä pyritään rajaamaan väli- ja alapohjien värähtelyä.

Lisäksi taipumalle voidaan soveltaa yksinkertaistettua jäykkyuden vaatimusta [5] mukaan, jolloin 1 kN:n eli 100 kg:n pistekuorman taipuma rajataan 1,5 mm:n aikaluokan C taipuma-arvoon. Tällä vaatimuksella halutaan pienentää kannattimen värähtelyä.

Taulukossa 10 on valittujen pääkannattimien aikaluokan B taipumien yhteenveto. Omapaino- ja oleskelukuorman taipumaraja on 1/300 (3000 mm / 300 = 10 mm), oleskelukuorman 12 mm ja pistekuorman 1,5 mm.

Taipumat on laskettu yksiaukkoiselle palkille. Esimerkiksi taulukon 10 sahatavaran sekä omapaino- ja oleskelukuorman taipuma-arvio 5 mm on laskettu seuraavasti

$$v = 5 p_k l^4 / 384 EI = 5 \times 1,20 \text{ N/mm} \times 3000^4 \text{ mm}^4 / (384 \times 6500 \text{ N/mm}^2 \times 1/12 \times 48 \times 220^3 \text{ mm}^4) = 5 \text{ mm}$$

Yhteenveto

Mitoitusmerkin rossipohjan kantavaksi pääkannattimiksi soveltuvat valitut poikkileikkaukset

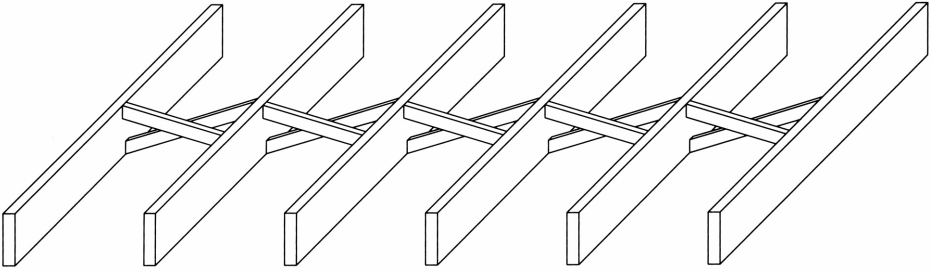
- sahatavara 48 x 220 mm² T24 k 600 mm
- liimapuu 56 x 225 mm² L40 k 600 mm
- kertopuu 45 x 225 mm² Kerto-S k 600 mm.

Taulukko 10. Pääkannattimien mitoituskuormien taipumat.

Pääkannatin	Omapaino- ja oleskelukuorman taipuma mm	Oleskelukuorman taipuma mm	Pistekuorman taipuma mm
Sahatavara 48 x 220 mm ² T24 k 600 mm	5	3	1,5
Liimapuu 56 x 225 mm ² L40 k 600 mm	3	2	1
Kertopuu 45 x 225 mm ² Kerto-S k 600 mm	3	2	1

Taulukko 11. Pääkannattimien taivutuslujuuksien ja taipumien käyttöasteet.

Pääkannatin	Taivutuslujuuden käyttöasteet σ_b / f_{bd}	Taipuman käyttöasteet tasaiselle kuormalle (v/V_{sall})	Taipuman käyttöasteet pistekuormalle (v/V_{sall})
	%	%	%
Sahatavara 48 x 220 mm ² T24 k 600 mm	34	46	100
Liimapuu 56 x 225 mm ² L40 k 600 mm	18	28	64
Kertopuu 45 x 225 mm ² Kerto-S k 600 mm	19	30	68



Kuva 3. Esimerkki ala- ja välipohjan poikittaisjäykistyksestä [7].

Sahatavara on mitoitusmerkin edullisin pääkannatin. Pidemmillä jänneväleillä tai suuremmilla mitoituskuormilla sahatavara tulee korvata joko liima- tai kertopuulla. Kannattimen valintaan vaikuttaa luonnollisesti kohteessa käytettävät muut rakenneosat ja valintaa ei voi aina tehdä pelkästään yksittäisen rakenneosan taloudellisuuden perusteella.

Taulukossa 11 on yhteenvetona mitoitusmerkin pääkannattimien taiputuslujuuden kapasiteetin käyttöasteet ja kuormien aiheuttamien taipumien suhteet sallittuun taipumaan 1/300.

Taipuma on mitoittava kriteeri mitoitusmerkissä. Tämä johtopäätös tukee olettamusta, että taipuma mitoittaa ala- ja välipohjarakenteet. Pääkannattimilla jää lujuusreserviä ja hyötykuorman mahdollinen ylittyminen ei johda rakenteen murtumiseen. Kannattimen taipumaa tulisi aina kun on mahdollista pienentää käyttämällä useampiaukkoisia palkkeja tai kytkemällä yksiaukkoiset palkit toisiinsa ruuvi- tai naulaliitoksella.

Pistekuorman eli vaativamman jäykkyyden mitoituskriteeri oli taulukon 11 mukaan mitoitettava. On huomattava, että tätä mitoituskriteeriä käytetään vain poikkeuksellisen tiukoilla jäykkyys- ja värähtelyvaatimuksia vaativilla rossipohjilla. Tätä pistekuorman aiheuttamaa taipumaa voidaan pienentää ottamalla huomioon palkin jatkuvuus tai tekemällä rossipohjan pintarakenne jäykäksi ja siirtämällä kuormaa viereisille kannattimille.

Oleskelukuorman ja kävelyn aiheuttamaa värähtelyä tulee aina pienentää asentamalla pää-

kannattajien väliin poikittaisjäykisteet esimerkiksi kuvan 3 mukaisesti.

LÄHDELUETTELO

- [1] B10. Puurakenteet, ohjeet 2001. Suomen rakentamismääräyskokoelma, Ympäristöministeriö, Helsinki.[1]
- [2] RIL 120-1991. Puurakenteiden suunnitteluohjeet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto, Helsinki.
- [3] B1. Rakenteiden varmuus ja kuormitukset, määräykset 1998. Suomen rakentamismääräyskokoelma, Ympäristöministeriö, Helsinki.
- [4] RIL 144-1997. Rakenteiden kuormitusohjeet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto, Helsinki.
- [5] RIL 205-1997. Puurakenteiden suunnittelu, euronormi. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto, Helsinki.
- [6] RT 82-10693. Pientalon puurakenteet 2. Avoin puurakennusjärjestelmä, ohjetiedosto. Rakennustietosäätiö, Helsinki, 1999.
- [7] RT82-10679. Puukerrostalon rakenteet 1. Avoin puurakennusjärjestelmä, ohjetiedosto. Rakennustietosäätiö, Helsinki, 1998.
- [8] NR-kannattimen tukialueen mitoitusohje. Tutkimuslousutus n:o TRT0891. TKK talonrakennustekniikan laboratorio, Espoo, 1991.