

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka

Toomas Alviste

RISTIKKOSUUNNITTELMIEN PUUNKÄYTTÖ

Opinnäytetyö 2010

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka

ALVISTE, TOOMAS	Ristikkosuunnitelmien puunkäyttö
Insinööri	24 sivua + 8 liitesivua
Työn ohjaaja	pt. tuntiopettaja, rakennusinsinööri Marko Viinikainen
Toimeksiantaja	Sepa Oy
Marraskuu 2010	
Avainsanat	ristikko, puunkäyttö

Tarkoituksena on selvittää ristikkosuunnitelmissa esitettyä puumateriaalin käyttöä. Saatuja tuloksia verrataan alustavasti yrityksen puutavarasaantoihin ja vallitsevaan tilanteeseen. Vertailun perusteella voidaan ottaa kantaa siihen, vastaako toteutunut puumateriaalin käyttö suunniteltua puumateriaalin käyttöä.

Tutkimuksen kannalta tärkeitä tietoja ristikkosuunnitelmissa olivat kapulan pituus, dimensio ja lujuusluokka. Näiden tietojen pohjalta voitiin laskea jokaiseen käsiteltävään ristikon kapuloihin kuuluva puumäärä. Kun puumäärät oli laskettu, ne koottiin yhteenvedoksi. Lopulta yhteenvedot pystyttiin kasamaan isoksi vertailukelpoiseksi kokonaisuudeksi.

Vertailun perusteella voitiin todeta, että suunniteltu käyttö ei vastaa toteutunutta käyttöä. Erityisesti korkeamman lujuusluokan materiaalia kuluu enemmän, kuin on suunniteltu käyttä. Pohditaan mahdollisia syitä, miksi toteutunut käyttö on eräissä lujuusluokissa isompi kuin suunniteltu sekä mahdollisia ratkaisuja, miten korkeiden lujuusluokkien ylikäyttöä voitaisiin vähentää.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Construction Engineering

ALVISTE, TOOMAS Wood Consumption in Roof Truss Plans.

Bachelor's Thesis 24 pages + 8 pages of appendices

Supervisor Marko Viinikainen, Lecturer

Commissioned by Sepa Oy

November, 2010

Keywords roof truss, wood usage

The aim of the study was to determine material usage shown in the designs. The results were compared to acquisition of wood material and current situation status. On the grounds of the comparison it was possible to determine if the real consumption of wood material is the same as shown in designs.

The important information for the study were length, height and strength category of each roof truss part. Based on the figures it was possible to calculate the quantity of wood in each roof trusses part. When the calculations were done the results were gathered into summaries. In the end the summaries of different roof trusses were gathered into one larger summary.

The results show that the actual wood usage did not match the planned usage. Especially in some wood strength categories wood consumption was much higher than planned in designs. Reasons behind the results and possible solutions how to cut down the overconsumption of wood of good strength category are discussed.

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	5
2. SUUNNITTELU JA TUOTANTOPROSESSI	7
2.1 Suunnittelu	7
2.2 Höyläys ja lujuuslajittelu	9
2.3 Puuvarastot	10
2.4 Puunjakelu ja osanteko	10
2.5 Ristikoiden kokoaminen	10
2.6 Kuljetus, varastointi & suojaus	12
2.7 Asennus	13
2.8 Nurjahdus & jäykistys	14
3. TUTKIMUKSEN TAVOITE JA TUTKIMUSONGELMAT	15
4. TUTKIMUKSEN TOTEUTUS JA TULOKSET	16
4.1 Tutkimuksen toteutus	16
4.2 Tutkimustulokset	19
5. ANALYSOINTI	21
LÄHTEET	24
LIITTEET	
Liite 1 Sepa-kattoristikkotyypit	
Liite 2 Ristikon naamakuva ja kapulaluettelo	
Liite 3 Malli Excel-tiedostosta	
Liite 4 Yhteenveto: Harjat	
Liite 5 Yhteenveto: Sakset	
Liite 6 Yhteenveto: Ullakot	
Liite 7 Yhteenveto: Kehät	
Liite 8 Yhteenveto: Kaikki	

1. JOHDANTO

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää ristikoiden suunnitelmissa esitettyjen lujuusluokkien käyttöä dimensioittain.

Työn tilaajana toimii Sepa Oy, joka on vuonna 1982 perustettu perheyritys. Yli 25 vuoden toiminnan aikana yritys on kasvanut kotimaan merkittävimmäksi kattoristikoiden valmistajaksi. Yritys on valmistanut ja toimittanut yli 2,5 miljoonaa kattotuolia. Erityyppisten kattoristikoiden (liite 1) lisäksi Sepa Oy valmistaa siltamuotteja, puubetoniliitto-laattoja, kevytlaattoja, mansardikattoja, runkokehiä ja paloristikoita. /1./

NR- eli naulalevyrakenteilla tarkoitetaan puisia rakenteita, joiden osat on yhdistetty toisiinsa naulalevyillä. Naulalevy on liitin, jota käytettäessä päästään tarkkaan ja tehokkaaseen puun käyttöön. Naulalevyin koottu vesikattokannatin on jäykkä rakenne, jonka taipumat ovat pieniä. Tehdasvalmisteiset naulalevykannattimet ovat keveitä ja mittatarkkoja, mikä nopeuttaa ja helpottaa kattorakenteiden asentamista sekä yläpohjan lämmöneristystyötä. /2./

Sepa Oy:ssä ristikot suunnitellaan lähtötietojen perusteella käyttäen Inspecta-Sertifointi Oy:n hyväksymää suunnitteluohjelmaa ja alan uusinta tekniikkaa. Oman ohjelman avulla pyritään minimoimaan ristikoissa käytettävien puuosien lujuusluokka. Tuotannossa käytettävä puutavara mitallistetaan, höylätään ja lujuuslajitteellaan sekä leimataan koneellisesti tehtaan omilla laitteilla. /1./

Sahatavaran lujuuslajittelulla tarkoitetaan sahatavaran jaottelemista luokkiin arvioidun lujuuden perusteella. Sahatavaran ominaisuudet vaihtelevat ympäristötekijöiden ja puun sisäisten ominaisuuksien mukaan, joten sahatavaran jakaminen lujuuden mukaan luokkiin on tarpeellista sekä rakenteiden turvallisuuden takaamiseksi että ylimitoituksen ehkäisemiseksi. /3./

Sahatavara voidaan lujuuslajitella visuaalisesti tai koneellisesti. Visuaalisessa lujuuslajittelussa tarkastellaan silmämääräisesti esimerkiksi sahatavarakappaleen oksien määrää, sijaintia ja laatua sekä halkeamia, kieroutta, vääryyttä ja muita vikoja. Perinteinen koneellinen lujuuslajittelumenetelmä on sahatavarakappaleen taivuttaminen, jonka perusteella saadaan kimmomoduuli ja tätä kautta sahatavarakappaleen lujuusluokka. /4./

Sepa Oy:ssä lujuuslajittelu tehdään koneellisesti. Mekaaniset rullat painavat laiteessa puuta, jonka avulla saadaan selville puutavaran jäykkyys. Saadun tuloksen perusteella tietokone laskee puun lujuuden. Jokaisessa puussa on oltava tunnus, joka merkataan lujuuslajittelijassa. Jos kyseinen leima puuttuu, puu on automaattisesti huonointa lujuusluokkaa.

Lujuuslajittelun kautta saatava materiaalimäärä korkeissa luokissa on suurempi, kuin suunnittelun mukaan tarvitaan. Kuitenkin tilanne on se, että korkeat lujuusluokat varastossa ovat aina melko vähissä. Koska saannot (prosessista saatavien kelvollisten tuotteiden määrä) on tilastoitu pitkältä ajalta, voidaan työn tulosta käyttää pohjana arvioidessa seuraavia asioita:

- Miten paljon tuotanto ”ylikäyttää” lujuusluokkia?
- Mitkä ovat siihen syyt?

Tutkimuksessa käsitellään neljää ristikkotyyppeä jotka ovat harjat, sakset, ullakot ja kehät. Jotta saatuja tuloksia voidaan hyödyntää myöhemmin toisen projektin yhteydessä, on ristikkotyypit jaettu alapaarepituuksien perusteella ryhmiin siten, että harja- ja saksiristikoissa on kuusi ryhmää, ullakkoristikoissa neljä ja kehissä kolme ryhmää.

Tutkittavissa ristikoissa keskitytään viimeisimmän isomman muutoksen jälkeisiin ristikkokuviin. Tässä tapauksessa keskitytään töihin, jotka on tehty sen jälkeen, kun Eurocode5 tuli voimaan. Tosin on mahdollista, että erinäisistä syistä voidaan joutua ottamaan mukaan myös vanhempia kuvia. Alustavana tavoitteena on käydä läpi jokaisesta ristikon pituus ryhmästä sata kuvaa; ryhmiä on yhdeksäntoista eli tuhat yhdeksänsataa kuvaa yhteensä.

2. SUUNNITTELU JA TUOTANTOPROSESSI

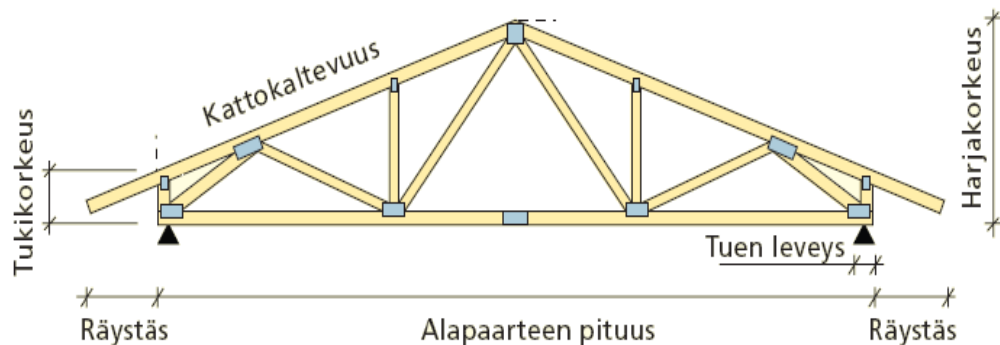
Tuotantoprosessissa (kuva 1) osien lujuusluokkiin pystytään suoranaisesti vaikuttamaan suunnitteluvaiheessa ja osien sahauksen yhteydessä. Ristikön valmistusprosessi lähtee liikkeelle myynnistä, jossa asiakkaalle tehdään tarjous häneltä saatujen lähtötiedot pohjalta. Kun tarjous hyväksytään, lähtötiedot siirretään eteenpäin suunnitteluun.



Kuva 1. Ristikön valmistus prosessin kuvaus /1./

2.1 Suunnittelu

Ristikot suunnitellaan asiakkaalta saamien lähtötietojen pohjalta. Lähtötiedoista pitää käydä ilmi ristikön geometria (kuva 2), tyyppi, ristikkojako sekä kuormat.



Kuva 2. Ristikön suunnitteluun tarvittavat mitat /1./

Kuormiin vaikuttavat ristikön tyyppi, katemateriaali sekä rakennuspaikkakunta, jonka mukaan määräytyy lumikuorma. Myöskin rakennuksen käyttötarkoitus on hyvä tietää, sillä erityyppisten rakennusten eristeiden kuormat vaikuttavat ristiköiden alapaarrekuormiin hyvinkin paljon.

Kokeneempi suunnittelija pystyy heti hahmottamaan, miten kyseinen työ kannattaa tehdä, sekä pystyy ottamaan huomioon tehtaan tuotantoketjun. Kokenut suunnittelija pystyy myös hahmottamaan kokonaisuuden paremmin tilanteissa, jossa sarjassa on useampi samantyyppinen ristikko, jotka eroavat vain hieman toisistaan.

Suunnittelija pystyy tekemään perusmallin, jota hyödynnetään sarjan muita ristikoita tehtäessä, jolloin eri ristikoihin saadaan samanlaisia sauvoja. Näin pystytään toimimaan esimerkiksi sellaisissa tapauksissa, joissa sarjassa ristikon toinen puoli pitenee tai lyhenee, tai tapauksissa, jossa kaksi ristikkoa on mitoiltaan samanlaisia mutta toisessa on yhdessä tai molemmissa päässä lovi. Perusristikoissa ja pienissä sarjoissa pyritään siihen, että käytetään ristikoissa mahdollisimman vähän eri dimensioita (mahdollisuuksien mukaan myös lujuusluokkia), mikä helpottaa muiden osapuolien työtä.

Suunnittelun aikana suunnittelijalla on käytössä varastossa olevan puumateriaalin inventaariolista, josta näkee helposti varastosta löytyvät puunkoot sekä pituudet. Täten ristikot pystytään suunnittelemaan reaaliaikaisen varastossa vallitsevan materiaalitytilanteen mukaan. Tehtäessä suuria sarjoja inventaariolista on erittäin hyödyllinen koska suunnittelija pystyy tekemään tietojen pohjalta parhaan mallin kyseisen ristikon puunkäytöstä. Näin vältetään tilanteet, joissa suunnittelutyössä käytetään pituutta, jota ei ole varastossa ja osat joudutaan tekemään pitemmästä puutavarasta, kuin oli tarkoitus ja materiaalihukka on suuri.

Suunnittelijat pystyvät vaikuttamaan myöskin osantekoon ja kasaukseen kuluvaan aikaan. Osanteossa kuluva aika on suoraan verrannollinen osien määrään ja kasauksen yhteydessä puristuspisteillä on merkittävä rooli. Yksi merkittävä alue, johon kannattaa keskittyä, ovat ristikon paarteet. Vaikka mitat määräytyvät tilausvaiheessa saatavan geometrian mukaan, suunnittelija voi suunnitella paarteiden liitoskohdat niin, että ne tehdään yhdestä puusta tai mahdollisten osien mitat ovat toisiinsa suhteessa sellaiset, että osanteossa ei tarvitse vaihtaa turhaan käytettävän materiaalin nippua.

Jatkoskohdat pyritään myöskin saamaan sellaisiin kohtiin joista ei aiheudu ylimääräisiä puristuspisteitä. Yläpaarteen suunnittelussa kannattaa käyttää puolenkertaisuutta, jolloin pyritään käyttämään sellaisia tavara-pituuksia, jonka puolikaasta saadaan paarteen toinen osa. Tällä tavalla kummatkin yläpaarteen osat saadaan samasta nipusta ja sitä kautta säästetään osantekijöitten aikaa. Pitkissä ristikoissa kannattaa alapaarteen jatkokset suunnitella siten, että alapaarteen pätkät ovat samanmittaisia tai jompikumpi alapaarteen pätkä on samanlainen kuin yläpaarteen pätkä. Kummallakin tavalla saadaan ristikkoon useampi samanlainen osa, mikä säästää osanteossa aikaa.

2.2 Höyläys ja lujuuslajittelu

Sahatavaran kuorman tultaessa tehdas alueelle kuorma puretaan pyöräkuormaajan avulla ja esivarastoitaan. Myöhemmin puutavara siirretään höylälle, jossa se höylätään tehtaalla käytettävien puumittojen mukaisesti. Jännemitaltaan yli 18–metrisissä ristikoissa käytetään puutavaraa, jonka paksuus on 48 mm, ja alle 18–metrisissä ristikoissa paksuus on vastaavasti 44 mm.

Höyläyksen jälkeen puutavara kulkee lujuuslajittelijan läpi. Standardissa SFS-EN 338 on puutavaralle 12 mahdollista lujuusluokkaa: C14, C16, C18, C20, C22, C24, C27, C30, C35, C40, C45 ja C50, joista Suomessa yleisemmin käytössä ovat C18, C24, C30, C35 ja C40. Luokan numero ilmaisee taivutuslujuuden, esimerkiksi 20 N/mm². Sepa Oy:ssä lujuuslajittelu tehdään koneellisesti. Mekaaniset rullat painavat laitteessa puuta, jonka avulla saadaan selville puutavaran jäykkyys. Saatuun tuloksen perusteella tietokone laskee puun lujuuden. Jokaisessa puussa on oltava tunnus, joka merkataan lujuuslajittelijassa. Jos kyseinen leima puuttuu, puu on automaattisesti huonointa lujuusluokkaa. Puut lajitellaan omiin lokeroihinsa lujuusluokan mukaan, niputetaan ja siirretään varastoihin. /5./

2.3 Puuvarastot

Lujuuslajiteltu puutavara varastoidaan puun poikkileikkauksen, pituuden ja lujuusluokan mukaan katettuihin ulkovarastoihin. Varastoitavia pituusmittoja on kaksitoista, ja ne vaihtelevat 2,7 metristä 6 metriin asti 30 senttimetrin välein. Pituus- ja lujuusluokkavaihtelut tuovat lisähaastetta varastointiin. Yleisesti 48 mm vahvaa puuta on varastoissa pienet määrät sen harvemman käytön vuoksi, eli pääasiallisesti puuvarastot ovat 42 mm:n vahvuista puutavaraa. Varsinaisia varastolokeroita on käytössä seitsemän, ja niiden lisäksi on pienempiä varastointialueita, joissa varastoidaan enimmäkseen huonompia lujuusluokkia.

2.4 Puunjakelu ja osanteko

Sahuri käy yhdessä jakajan kanssa tehtävät työt läpi ja suunnittelee osientekojärjestyksen. Yleisesti osien teko aloitetaan isoimmasta dimensioista ja siirrytään osalistassa aina pienempiin päin. Kuljettajat saavat työpisteilleen suunniteltujen ristikoiden valmistukseen tarvittavien puiden listat, joiden avulla valitaan varastosta osantekijöille sopivan dimension ja lujuuden omaavaa materiaalia. Puutavara jaetaan varastoista pyöräkuormaajilla.

Sahauksen yhteydessä sahuri poistaa muotoviollisen puutavaran kuten kierot, vajaakanttiset, lahot ja halkeilleet puut. Valmiiden osien mittatoleranssi on 1 mm ristikkosuunnitelmiin nähden.

2.5 Ristikoiden kokoaminen

Ristikot kootaan joko laserohjatuilla linjoilla tai magneettilinjoilla, joissa asetteet tehdään käsin. Käytettävästä linjasta riippumatta ristikot kasataan samassa järjestyksessä. Ensin tehdään asete ja jaetaan ristikon osat paikalleen. Kun asete on valmis ja osat paikallaan, voidaan sarjan ristikot koota loppuun. Naulalevyjen asennustoleranssi on 7mm.

Magneettilinjoilla ristikko kootaan kestomagneettipukkien avulla. Pukit lukitaan lattialla oleviin teräslevyihin, jotta asete ei pääse muuttumaan kesken sarjan. Koska levy puristetaan puuhun pukin avulla, se sijoitetaan aina naulalevyjen kohdalle. Levyt puristetaan puuhun C-puristimella (kuva 3). Ristikot nostetaan kokoamisen jälkeen kuljetusvaunuihin, joissa saman sarjan ristikot sidotaan nippuun. Nipun tullessa täyteen kuljetusvaunu työnnetään hallista ulos, jotta trukin kuljettaja voi siirtää valmiin ristikkonipun varastoalueelle.



Kuva 3. Laserlinja – Rullapuristin – C-puristin (Mitek 30) /1./

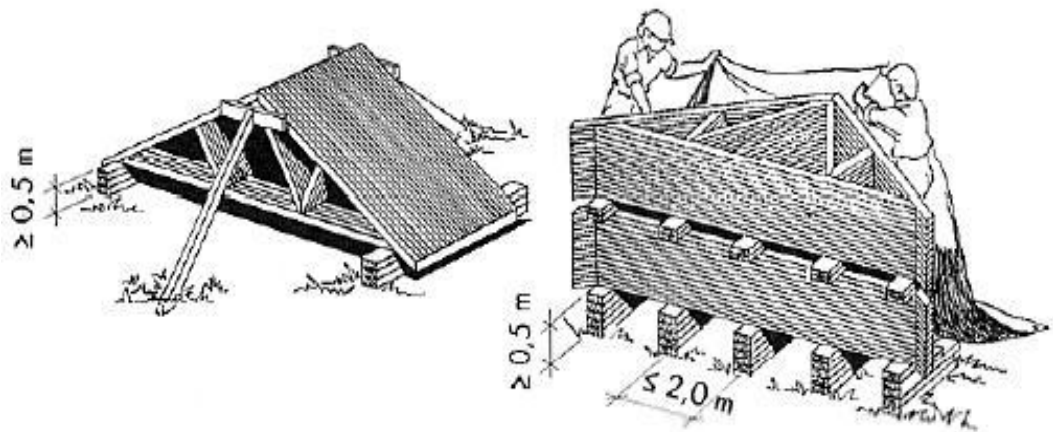
Laserlinjalla (kuva 3) katossa oleva laser osoittaa kasauspöydällä naulalevyn oikean paikan. Laserin osoittamalle paikalle asennetaan aluslevy naulalevylle, joka toimii samalla puristuspisteenä. Kun osat ja levyt on asetettu paikalleen, ristikot esipuristetaan pöydällä ajamalla esipuristimella ristikon yli. Naulalevyt puristuu kiinni puun pintaan mutta ei kuitenkaan loppuun saakka. Levy puristetaan varsinaisesti rullapuristimella (kuva 3), jossa kaksi teräsrullaa puristaa levyn puuhun kiinni ristikon mennessä ulos hallista. Tämän jälkeen rata kuljettaa ristikon pinkkarille, joka nostaa ristikot nippuun trukin kuljettajan noudettavaksi ja sidottavaksi.

Uusimmassa tuotantohallissa on käytössä uuden sukupolven järjestelmä, jossa hyödynnetään niin laserlinjan kuin magneettilinjan periaatteita. Ristikko kasataan magneettipukkien päälle, joiden paikat laser osoittaa. Levyt ja osat nostetaan pukkien päälle. Osien ja levyjen ollessa paikallaan puristetaan levyt puuhun kiinni esipuristimen avulla.

Esipuristusvaiheen jälkeen nosturin avulla ristikko nostetaan kuljetusketjulle. Se kuljettaa ristikon rullapuristimen läpi, jossa levyt puristuvat lopullisesti kiinni. Pinkkari nostaa valmiin ristikon nippuun, ja trukin kuljettaja pääsee sitomaan ja siirtämään valmiin nipun varastoalueelle.

2.6 Kuljetus, varastointi & suojaus

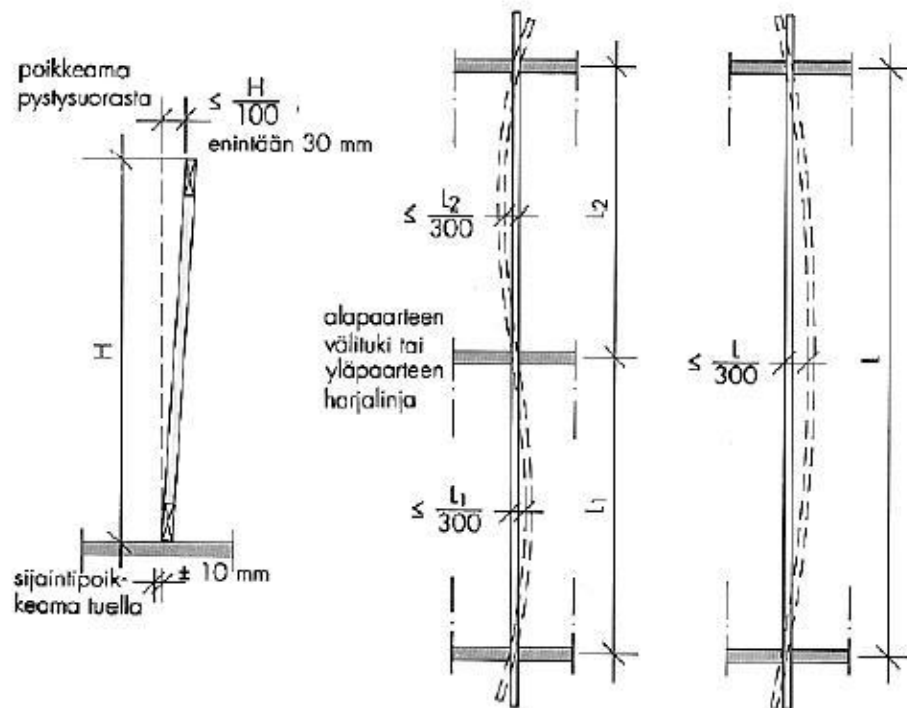
Naulalevykannattimet on suunniteltu toimiviksi pystyasennossa, joten ne tulisi myös kuljettaa pystyasennossa. Jos useampia kannattimia kuljetetaan vaakasennossa, ne kiinnitetään toisiinsa, jotta estetään niiden liiallinen taipuminen.



Kuva 4. Naulalevykannattimien varastointi /2./

Naulalevykannattimet varastoidaan rakennuspaikalla pysty- tai vaakasennossa vaakasuoralla alustalla, jotta estetään pysyvien taipumien muodostuminen. Kannattimet varastoidaan aluspuiden päälle, jotta kannattimen alapaare ja räystäs eivät olisi maakosketuksessa. Pystyasennossa varastoitaessa naulalevykannattimet niputetaan toisiinsa ja tuetaan tukipisteistä. Jos kannattimet varastoidaan vaakasennossa päällekkäin ja tuet sijoitetaan eri tasoihin, tulee niiden sijaita samalla pystylinjalla (kuva 4).

Naulalevykannattimet suojataan rakennuspaikalla myös sateelta, lumelta ja jäältä. Suojauksesta huolehditaan myös asennuksen aikana ennen katteen rakentamista. Suojuksen alle jätetään tuuletusväli, joka estää homeen muodostumisen ja pitää puun kosteuden hyväksytyllä tasolla. /2./



Kuva 5. Naulalevykannattimien asennustoleranssit /2./

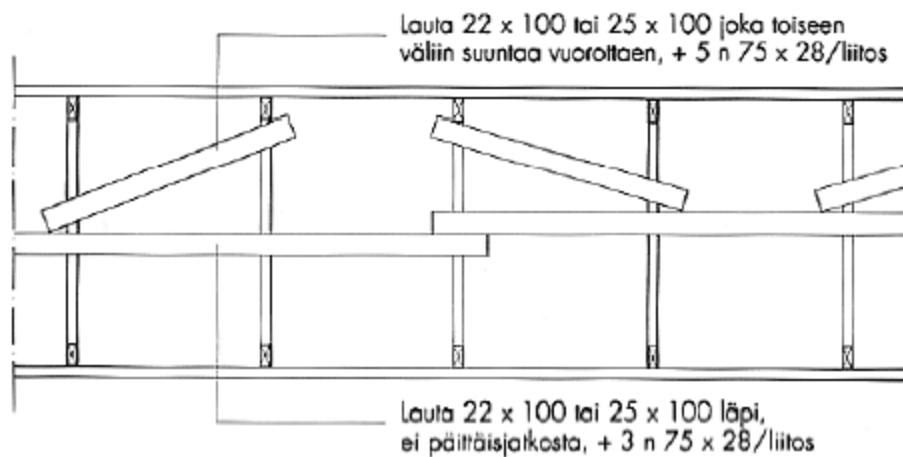
2.7 Asennus

Naulalevykannattimien asennuksessa noudatetaan toimitukseen sisältyviä asennus- ja käsittelyohjeita, jossa on myös ohjeet tavallisten naulalevyrakenteiden kiinnitykseen ja tuentaan. Asennusaikainen tuenta tehdään niin tukevasti, että kannattimet pysyvät asemassaan rakennusaikaisilla kuormilla. Naulalevykannattimet tuetaan yleensä syrjälleen tai lappelleen sijoitetulle sahatavaralle. Kannattimien sijoituksessa, pystysuoruudessa ja paarteiden suoruudessa noudatetaan vähintään kuvassa 5 esitettyjä toleranssivaatimuksia.

Kannattimien yläpaarteet tuetaan ruoteilla, joiden naulausohjeet on esitetty asennusohjeissa. Myös katkaistujen ristikoiden yläosan orret ja aumakattokannattimien yläpaarteiden vaakaosat tuetaan kuten yläpaarre. /2./

2.8 Nurjahdus & jäykistys

Nurjahdustuenta hoidetaan siten, että nurjahdustuettaviin sauvoihin kiinnitetään sauvojen keskipisteeseen vaakalauta, joka sidotaan ylä- ja alapaarretasolle vinolaudoilla (kuva 6). Nurjahdustuenta suunnitellaan ja mitoitetaan jokaisen sauvan vaakavoimalle, joka on vähintään 2 % sauvan puristusvoimasta. Puristetut paarteet nurjahdustuetaan ruoteilla, umpeen laudoituksella tai suoraan paarteisiin kiinnitetyillä levyillä. Tuentaväli on enintään ruodevälin pituinen.



Kuva 6. Puristussauvojen nurjahdustuentasuunnitelma /2./

Rakennuskohteeseen tulee aina laatia erillinen vesikaton jäykistysuunnitelma, jossa tuulikuormat ja kannattimien yläpaarteiden nurjahdustuennasta aiheutuvat lisävaakakuormat johdetaan jäykistäville seinälinjoille.

Vesikaton mahdollisia jäykistystapoja ovat:

- naulalevyrakenteiset tai paikalla rakennettavat jäykistysristikot tai -pukit,
- levyjäykistys paarteissa tai ruoteissa,
- pystytuet yhdessä alapaarteen levyjäykistyksen kanssa.

Bitumikermikaton ponttilaudoituksella ei yleensä ole riittävää levyjäykistysvaikutusta. Muotolevykatteiden kiinnitys voidaan mitoittaa siten, että kate toimii jäykistävänä levynä. /2./

3. TUTKIMUKSEN TAVOITE JA TUTKIMUSONGELMAT

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää ristikoiden suunnitelmissa esitettyjen lujuusluokkien käyttöä eri dimensioittain. Teoreettisesti ongelmaksi muodostuu tutkimuksen laajuus omalta osaltaan sekä se, millaisia suunnitelmia käydään läpi.

Yritys on toiminut alalla jo yli 25 vuotta, joten tutkimusmateriaalia on paljon. Toisaalta vuosien varrella useat asetukset ovat muuttuneet monta kertaa, ja niillä on vaikutus myös ristikoissa käytettäviin kapuloiden dimensioihin ja lujuusluokkiin. Tutkittavien suunnitelmien pitäisi olla tehty viimeisimmän isomman muutoksen jälkeen, jolla on ollut vaikutusta ristikkoihin. Siksi tässä käsitellään ristikon kuvia, jotka on tehty sen jälkeen, kun Eurocode5 tuli voimaan.

Läpikäytävien suunnitelmien vaikutus on suurempi ryhmäkohtaisiin tuloksiin kuin tutkimuksen lopputulokseen viimeistään ryhmien jatkokäsittelyn yhteydessä (ryhmät esitellään kohdassa 4.1 Tutkimuksen toteutus). Vaikka ryhmien jatkokäsittelyä ei tehdä tässä työssä, asia kannattaa kuitenkin huomioida jo nyt. Ongelma piilee siinä, että joissakin ryhmissä suunnitelmia tehdään enemmän kuin toisissa. Jos suunnitelmia on viimeisimpien muutosten jälkeen tiettyyn ryhmään tehty vähän, joudutaan harkitsemaan, pitääkö turvautua vanhempiin suunnitelmiin, jotta haluttu läpikäytävien suunnitelmien laajuus jokaista ryhmää kohti saavutetaan. Tällä tavoin toimittaessa kyseisen ryhmän tulokset vääristyvät, koska kaikki läpikäydyt työt eivät olisi nykyisten standardien mukaisia.

Vaihtoehtona on myös jättää kyseessä olevan ryhmän läpikäytävien suunnitelmien määrä vajaaksi. Tulokset olisivat voimassa olevien standardien mukaisia, mutta eivät ole välttämättä tarpeeksi monipuolisia. Vaihtoehtoisesti vaikka kuvia olisi enemmän ryhmässä, kuin olisi tarkoitus käsitellä, tulokset saattavat silti olla yksipuolisia. Tämä johtuu siitä, että käsiteltävissä suunnitelmissa saattaa olla useampi samantapainen kuva, joka ei tuo materiaalin käyttöön monipuolisuutta. Esimerkiksi useamassa eri työssä on käytetty pohjana samaa ristikkoa, joka on todettu tehokkaaksi materiaalin käytössä.

Tehokkaaseen materiaalin käyttöön toki pyritään, mutta tulosten valossa olisi parempi, että ne perustuvat useiden ”omanlaisten” ristikoiden pohjalle kuin useisiin ristikoihin, jotka perustuvat yhteen alkuperäiseen suunnitelmaan. Vaikka tällaisen todennäköisyys on melko pieni, se on kuitenkin olemassa.

4 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS JA TULOKSET

4.1 Tutkimuksen toteutus

Työssä käsitellään neljän ristikkotyypin suunnitelmia. Ristikkotyypit on jaettu ryhmiin alapaarteen pituuksien mukaan seuraavasti:

	1	2	3	4	5	6
Harjaristikot	alle 5 m	5,1–7 m	7,1–10 m	10,1–13 m	13,1–18 m	yli 18 m
Saksiristikot	alle 5 m	5,1–7 m	7,1–10 m	10,1–13 m	13,1–18 m	yli 18 m
Ullakkoristikot	alle 5 m	5,1–7 m	7,1–10 m	yli 10 m		
Kehäristikot	alle 7 m	7,1–10 m	yli 10 m			

Tällaiseen jakoon päätytiin, jotta ennalta helpotetaan tulosten jatkokäsittelyä toisen projektin yhteydessä. Jaolla ei kuitenkaan ole suoranaista vaikutusta tämän osion tulosten kannalta.

Tutkimuksen kannalta tärkeitä tietoja ristikkosuunnitelmissa ovat kapulan pituus, dimensio ja lujuusluokka. Kyseisten tietojen pohjalta pystytään laskemaan jokaiseen kapulaan menevä puumäärä sekä tekemään yhteenveto työssä käytettyistä dimension ja lujuusluokan yhdistelmästä. Kun ristikkosuunnitelmat on käyty läpi, saadut tulokset voidaan jakaa pituuksien mukaisiin ryhmiin. Tulosten perusteella voidaan tehdä yhteenveto kyseisestä ryhmästä.

Tulokset voidaan vastaavasti kasata ristikkotyypikohtaiseen taulukkoon, josta ilmenee eri dimensioitten ja lujuusluokkien yhdistelmien %-osuus suhteutettuna kaikkeen puumäärään jokaiselle lokerolle. Näin voidaan tehdä yhteenveto kaikista ryhmistä kyseessä olevasta ristikkotyypistä. Ristikkotyypikohtaiset taulukot voidaan kasata omaksi taulukoksi, josta ilmenee kaikkien ristikoiden yhteenveto.

Itse tutkiminen on melko kaavamaista jokaisessa suunnitelmassa. Otetaan käsiteltävä työ, joka sisältää ristikon naamakuvan sekä kapulaluettelon tai -luettelot (liite 2), ja lasketaan jokaisen kapulaan kuuluva puumäärä. Kun kapulakohtaiset puumäärät on laskettu, ne kasataan suunnitelman kohtaiseen yhteenvetoon.

Jotta suunnitelmien läpikäyminen olisi nopeampaa kuin laskea jokaisen kapulan kohdalla erikseen, paljonko materiaalia siihen kuluu, tein Excel-pohjan (kuva 6), joka on melko yksinkertainen. Pohjasta löytyvät tiedot ovat puun dimensio sekä dimension mitat, eli paljonko puuta menee yhtä juoksumetriä kohti. Pohjaan on myöskin upotettu kaava, joka antaa lukuarvon kapulan menevästä materiaalmäärästä sen jälkeen, kun syötetään kapulan pituus sille osoitetulle kohdalle. Pohjasta löytyy myöskin kohta, johon syötetään kapulan määrä ristikossa joka yleisesti on 1 tai 2. Tällä tavalla pohja kertoo puumäärän, joka menee kapulaan kapulan määrään kanssa ristikossa. Näin saadaan kokonaismäärä materiaalille, joka kuluu ristikossa kyseisen kapulan kohdalla.

dim.	mitat (mm)	per jm.	kapulan pituus	m3/kapula	kapula määrä ristikossa	
3"	75x44	0,0033	0	0,0000	0	0,0000
4"	100x44	0,0044	0	0,0000	0	0,0000
5"	125x44	0,0055	0	0,0000	0	0,0000
6"	150x44	0,0066	0	0,0000	0	0,0000
7"	175x44	0,0077	0	0,0000	0	0,0000
8"	200x44	0,0088	0	0,0000	0	0,0000
9"	225x44	0,0099	0	0,0000	0	0,0000

Kuva 6. Excel-pohja

Suunnitelmakohtaisen yhteenvedon tekeminen kävi seuraavasti. Excel-tiedostoon syötettiin ensin tiedot, jotka jokaisessa käsiteltävässä työssä ovat: tyyppi, alapaarteen pituus sekä työnnumero. Seuraavaksi syötettiin kapuloitten numerot, niiden lujuusluokat ja dimensiot. Kun nämä tiedot oli tiedostoon syötetty, pystyttiin käyttämään ennalta tehtyä Excel-pohjaa apuna copy- ja paste-toimintojen avulla kullekin kapulalle omaa dimensiota vastaava rivi.

Tämän vaiheen jälkeen voitiin syöttää kapuloitten pituudet keltaisiin ruutuihin ja kapuloitten määrä ristikossa sinisiin ruutuihin, jolloin jokaisen riviin loppuun saadaan arvo, joka kuvaa kyseisen kapulaan menevä puumäärä ristikkoo kohti. Lopulta tehtiin yhteenvedo tiedostoon, jossa ilmaistaan, miten paljon tietyn dimensioista ja lujuusluokkaista puuta menee kuutioina, litroina sekä suhteutettuna prosentteina (liite 3).

Kun suunnitelmat oli käyty läpi, laskettiin lokeroitten kohtaiset keskiarvot kullekin lokerolle. Kyseiset keskiarvot kasattiin tyyppikohtaisiksi taulukoiksi joitten pohjalta tehtiin yhteenvedo puun käytöstä suunnitelmissa kaikkien lokeroitten kohdalla. Tyyppikohtaisten taulukoiden lopputulokset kasattiin omaksi taulukoksi. Josta selviää kaikkien ristikontyyppien suhteellinen puunkäyttö.

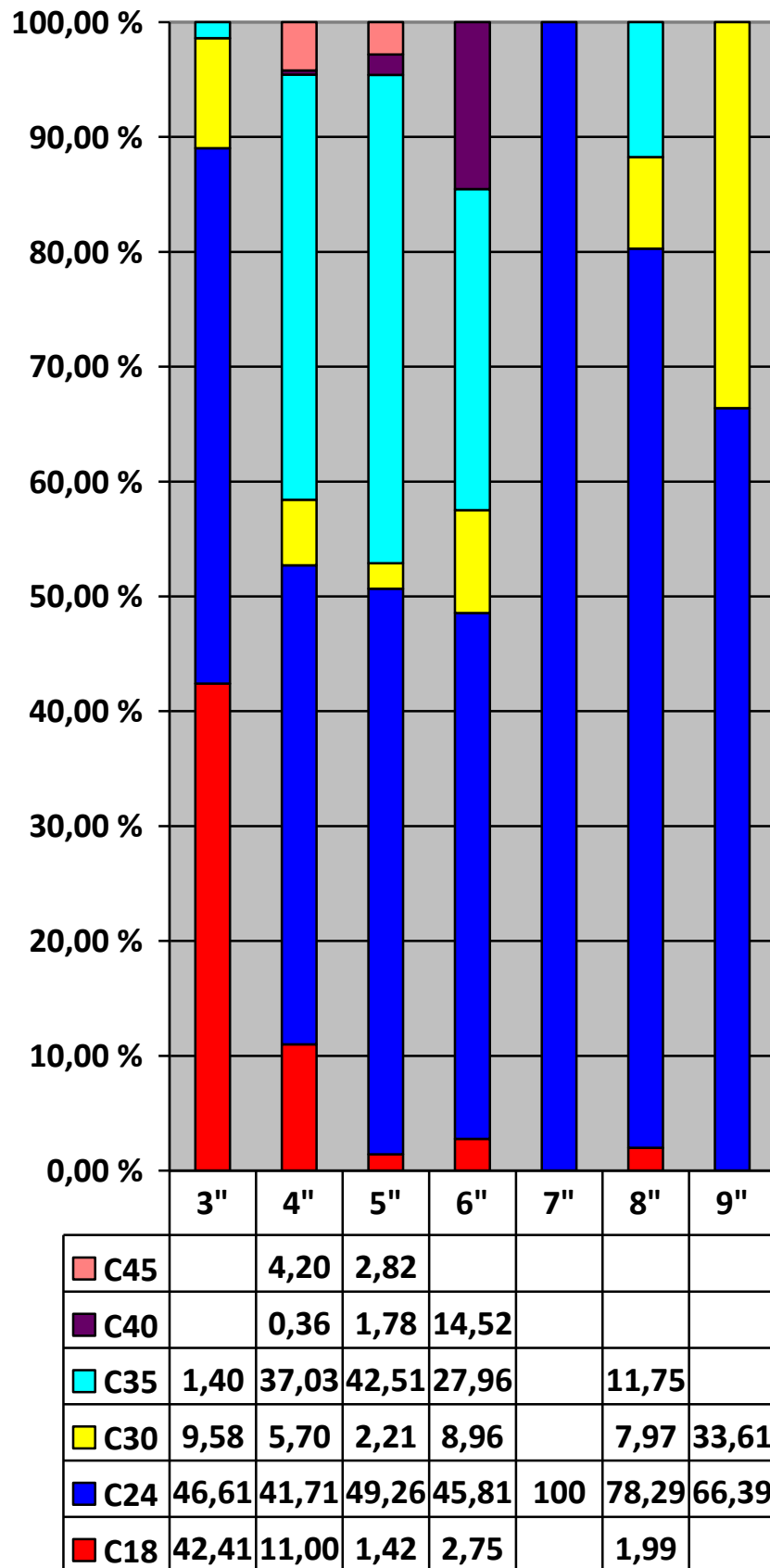
4.2 Tutkimustulokset

Ristikotyypien yhteenvedot esitetään erikseen liitteinä seuraavasti:

- Harjat: liite 4.
- Sakset: liite 5.
- Ullakot: liite 6.
- Kehät: liite 7.
- Kaikki ristikot osalta: liite 8.

Lopulliset tulokset ovat seuraavat:

	Kaikkien Kuvien Keskiarvo	lujuusluokan osuus dimensiosta
9" C30	1,21%	33,61%
9" C24	2,39%	66,39%
8" C35	0,59%	11,75%
8" C30	0,40%	7,97%
8" C24	3,93%	78,29%
8" C18	0,10%	1,99%
7" C24	0,34%	100,00%
6" C40	2,01%	14,52%
6" C35	3,87%	27,96%
6" C30	1,24%	8,96%
6" C24	6,34%	45,81%
6" C18	0,38%	2,75%
5" C45	0,97%	2,82%
5" C40	0,61%	1,78%
5" C35	14,61%	42,51%
5" C30	0,76%	2,21%
5" C24	16,93%	49,26%
5" C18	0,49%	1,42%
4" C45	1,41%	4,20%
4" C40	0,12%	0,36%
4" C35	12,42%	37,03%
4" C30	1,91%	5,70%
4" C24	13,99%	41,71%
4" C18	3,69%	11,00%
3" C35	0,13%	1,40%
3" C30	0,89%	9,58%
3" C24	4,33%	46,61%
3" C18	3,94%	42,41%
	100,00%	



Kuvaaja lujuusluokkien osuuksista eri dimensioissa.

5. ANALYSOINTI

Koska materiaalisaannot ovat salaisia tietoja, niitä ei pystytä esittelemään tässä työssä. Vertailun perusteella voidaan kuitenkin todeta, että saannot korkeissa lujuusluokissa ovat isompia, kuin on tutkimustulosten mukainen harkittu käyttö. Tämä taas tarkoittaa sitä, että korkean lujuusluokan materiaalia pitäisi löytyä varastoista koko ajan. Todellisuudessa asian laita ei kuitenkaan ole niin, vaan useimmiten tiettyjen dimensioitten korkeat lujuusluokat ovat melko vähissä, eli toteutunut käyttö on isompi kuin suunniteltu käyttö. Koska ristikon hinnasta yli 40 % muodostuu puumateriaalista, on tärkeä minimoida lujuusluokkien ja puumateriaalin käyttö.

Tulosten valossa voidaan todeta, että jos tuotanto käytäisi suunnitelmissa esitettyjä lujuusluokkia korkeitten luokkien menekki ei olisi niin iso suhteessa saantoon, suunniteltuun käyttöön ja toteutuneeseen käyttöön. Materiaalin käytön suhteen tämä pitää paikkaansa. Jos käytettäisiin aina suunnitelmien mukaisia lujuusluokkia, säästettäisiin korkeita lujuusluokkia ja siten materiaalikustannuksia. Kuitenkin kustannustehokkaasti tällainen toiminta ei ole aina tehokasta, vaan korkeiden luokkien liikkakäyttö tulee toisinaan halvemmaksi kuin suunnitelmien mukainen materiaalikäyttö. Tämä selittyy säästyneellä ajalla, joka on arvoltaan isompi, kuin jos käytettäisiin suunnitelmien mukaisia lujuuksia.

Useimmiten jos kyseessä on pieni ristikkosarja, ristikot pyritään tekemään samalla dimensiolla. Kuitenkin jos suunnitelmissa on yksi korkean lujuusluokan sauva, koko ristikko tehdään korkean lujuusluokan materiaalista. Tällainen on tyypillinen esimerkki siitä, että säästetään aikaa niin paljon, että se on arvokkaampaa kuin ylikäytetty korkealuokkainen puumateriaali.

Otetaan esimerkiksi 3,8 m:n harjaristikko, jonka sarjakoko on kolme kappaletta. Sen suunniteltu ja toteutunut materiaalin käyttö esitetään alla olevassa taulukossa.

Suunniteltu käyttö			Toteutunut käyttö		
dim.	lujuus	%	dim.	lujuus	%
5"	C35	41,33	5"	C35	41,33
4"	C24	32,47	4"	C24	32,47
3"	C35	9,46	3"	C35	26,21
3"	C24	16,75	3"	C24	0,00

Toinen kohta, jossa lujuusluokkien säästöä voitaisiin harkita, ovat ristikoiden paarteet, erityisesti alapaarre. Tämäkin on melko tapauskohtaista. Yleisesti kuitenkin huonoluokkaisessa puumateriaalissa oletetaan olevan mahdollisia vaurioita ja/tai muotovikoja, esimerkiksi kieroutta joka ristikoiden asennuksen yhteydessä tekee asennustyön hankalaksi.

Todennäköisesti kukaan ei haluaisi taloonsa sellaista ristikkoa jonka paarteessa esiintyy vaurioita. Talo kun on kuitenkin pitkäaikainen investointi, jossa halutaan varmistaa rakenteiden kestävyys pitkällä aikavälillä, ja muotoviollinen alapaare ristikkossa ei sitä varmuutta asiakkaalle anna.

Kun tavoitteena on saada toteutunut puumateriaalin käyttö vastamaan harkittua käyttöä siten, että ajankäyttö ei lisääntyisi sen takia, minkälaisia mahdollisuuksia olisi tarjolla? Yhtenä vartenotettavana vaihtoehtona olisi se, että suunnittelupuoli pyrkisi välttämään ristikoissa yksittäisiä korkean lujuusluokan kapuloita. Näin vältetään tilanteita, jossa ristikkossa olisi yksi sellainen sauva ja että koko ristikko tehtäisiin korkeanlujuusluokan puusta. Vaihtoehtoja, miten asian voisi hoitaa on useampia. Jos ristikko ei kestä vaadittuja kuormia ilman, että yksi sauva olisi korkeampaa lujuusluokkaa, voidaan vaihtaa ristikon muotoa alkuperäiseen verrattuna. Ongelmaksi tulee se, että jos tekee suunnitelmat uudestaan erilaisella tavalla kuin alunperin suunnitteli, siihen kuluu ylimääräistä aikaa, mikä ei ole hyvä

kustannustehokasta. On mahdollista sekin, että ristikko tarvitsee silti yhden tai useamman korkeanlujuuksisen sauvan, jotta se kestäisi vaaditut kuormitukset, jolloin on turhaan käytetty työaikaa ja hyöty on nolla. Vaihtoehtoisesti voidaan korkeanlujuuksinen sauva poistaa ristikosta siten, että kyseinen sauva laitetaan isompaa dimensiota mutta heikompaa lujuusluokkaa. Tällä tavalla vältetään toki käyttämästä korkeanlujuista puumateriaalia mutta samalla käytetään ristikkoon enemmän materiaalia. Pienissä sarjoissa tällainen tapa toimii, mutta isommissa sarjoissa tulee edullisemmaksi käyttää korkeamman lujuusluokan puuta, jonka dimensio on pienempi. Tosin silloin pitää varmistaa, että vain vaaditut sauvat ovat korkeanlujuusluokkaisia ja muut sitä lujuusluokkaa, mitä suunnitelmissa on osoitettu käytettäväksi.

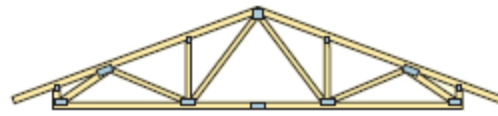
Toinen harkittava vaihtoehto olisi se, että saman ristikon osia tehtäisiin useammalla paikalla. Paikassa A voitaisiin tehdä heikomman lujuuksisia ristikon osia ja paikassa B korkeamman lujuuksisia ristikon osia. Tällä tavalla vaikka ristikossa olisi yksi korkean lujuusluokan osa vain ne osat tehtäisiin kyseisestä materiaalista ja muut heikomman lujuusluokan tavarasta, kuten pitääkin.

Tällainen tapa saata olla logistisesti haastava, sillä ristikon osat joudutaan hakemaan useasta paikasta kokoamista varten. Logistiikan lisäksi myös ajallinen käyttö saattaa vaikeutua tilanteissa, joissa yhden paikan osat ovat valmiina ja ristikoiden kasaus haluttaisiin aloittaa, mutta toisen paikan osat ovat vielä tekovaiheessa, jolloin joudutaan odottamaan kunnes toisesta paikasta saadaan osat kasaamista varten. Toisaalta voidaan myös olettaa, että osat valmistuvat nopeammin ja kasaus voidaan aloittaa aikaisemmin. Tämän tavan toimivuus selviää testaamalla, ja tulosten valossa voidaan päättää, tehostuiko tuotanto siitä, että osia tehdään useammalla pisteellä, jotta ehkäistään tai pienennetään korkeampien lujuusluokkien liikakäyttöä.

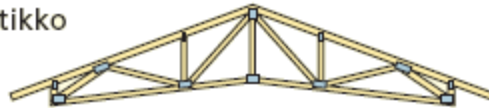
LÄHTEET

1. www.sepa.fi – 6.3.2010
2. RT 85-10495 PUURISTIKOT JA -KEHÄT
3. VTT Julkaisuja 820, Camilla Lindgren 1997
Sahatavaran visuaalinen ja koneellinen lujuuslajittelu
4. www.puuinfo.fi – rakennesahatavara – 6.3.2010
5. RT 21-10978 PUUTAVARA

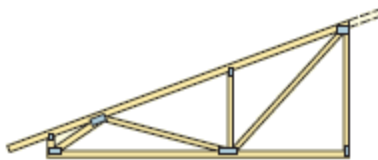
Sepa-kattoristikkotyypit



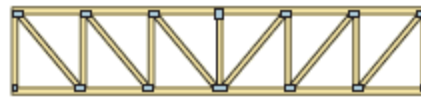
1. Harjaristikko



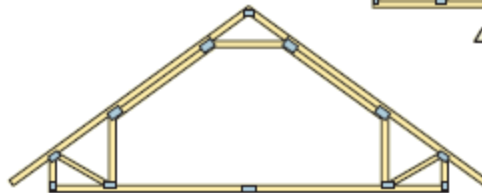
2. Saksiristikko



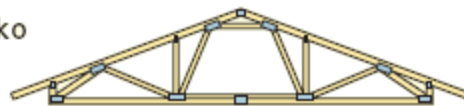
3. Pulpettiristikko



4. Palkkiristikko



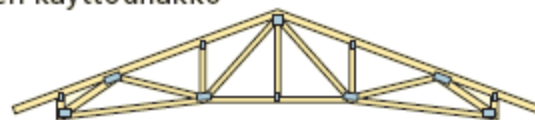
5. Kehäristikko



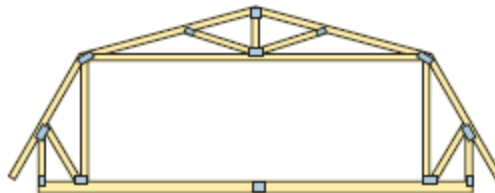
6. Vinosauvainen käyttöullakko



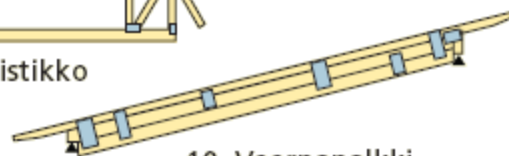
7. Suorasauvainen käyttöullakko



8. T-saksiristikko



9. Mansardiristikko



10. Vaarnapalkki

LIITE 6

Yhteenveto Ullakot					
	Pituudet				
	alle 5m	5,1-7m	7,1-10m	yli 10,1m	kaikki
9° C24		0,29%			0,07%
7° C24		4,88%			1,22%
6° C35				1,18%	0,29%
6° C24	4,90%	0,34%	1,11%	3,49%	2,46%
5° C35		3,93%	14,64%	32,47%	12,76%
5° C30		12,08%			3,02%
5° C24	29,72%	25,32%	18,37%	9,50%	20,73%
5° C18		4,53%	0,53%		1,27%
4° C45			6,34%		1,58%
4° C35	13,32%	15,08%	33,22%	22,07%	20,92%
4° C30	20,67%	4,17%			6,21%
4° C24	19,95%	12,53%	2,31%	17,59%	13,10%
4° C18	1,08%	1,18%	0,71%		0,74%
3° C30				1,19%	0,30%
3° C24		6,77%	13,34%	10,80%	7,73%
3° C18	10,36%	8,90%	9,43%	1,71%	7,60%
	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

LIITE 7

Yhteenveto	Kehät			
	Pituudet			
	alle 7m	7,1-10m	yli 10,1m	kaikki
9° C30			14,54%	4,85%
9° C24		28,53%		9,51%
8° C35	6,72%			2,24%
8° C30		4,84%		1,61%
8° C24	26,70%	9,95%	3,80%	13,48%
6° C35		3,13%	3,71%	2,28%
6° C24	23,25%	10,73%	13,72%	15,90%
5° C35	3,20%	4,75%	19,63%	9,19%
5° C24	33,80%	27,42%	22,38%	27,87%
4° C45			6,15%	2,05%
4° C35	2,39%		3,18%	1,86%
4° C24	1,59%	10,10%	12,89%	8,19%
3° C24	2,35%	0,55%		0,97%
	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

LIITE 8

	Yhteenveto KAIKKI				
	Harjat	Sakset	Ullakot	Kehät	Keskisarvo
9 ^o C30				4,85%	1,21%
9 ^o C24			0,07%	9,51%	2,39%
8 ^o C35	0,12%			2,24%	0,59%
8 ^o C30				1,61%	0,40%
8 ^o C24	0,34%	1,91%		13,48%	3,93%
8 ^o C18	0,40%				0,10%
7 ^o C24		0,15%	1,22%		0,34%
6 ^o C40		8,04%			2,01%
6 ^o C35	8,88%	4,03%	0,29%	2,28%	3,87%
6 ^o C30		4,94%			1,24%
6 ^o C24	1,11%	5,91%	2,46%	15,90%	6,34%
6 ^o C18	0,28%	1,25%			0,38%
5 ^o C45	3,20%	0,66%			0,97%
5 ^o C40		2,43%			0,61%
5 ^o C35	18,79%	17,70%	12,76%	9,19%	14,61%
5 ^o C30			3,02%		0,76%
5 ^o C24	8,03%	11,09%	20,73%	27,87%	16,93%
5 ^o C18	0,69%		1,27%		0,49%
4 ^o C45		1,99%	1,58%	2,05%	1,41%
4 ^o C40		0,47%			0,12%
4 ^o C35	15,86%	11,04%	20,92%	1,86%	12,42%
4 ^o C30		1,42%	6,21%		1,91%
4 ^o C24	18,79%	15,86%	13,10%	8,19%	13,99%
4 ^o C18	10,50%	3,53%	0,74%		3,69%
3 ^o C35	0,52%				0,13%
3 ^o C30	0,37%	2,91%	0,30%		0,89%
3 ^o C24	4,88%	3,75%	7,73%	0,97%	4,33%
3 ^o C18	7,24%	0,92%	7,60%		3,94%
	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%