



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](#)

Putkipalkkiristikoiden mitoitus

Kristian Witting
Kehityspäällikkö, Rautaruukki Oyj
kristian.witting@rautaruukki.fi

2

Hitsattujen putkipalkkiristikoiden käyttö on Suomessa varsin tavallista. Ristikot sopivat hyvin teollisuus-, varasto- ja hallirakennusten katokannattajiksi mm. keveytensä ja mittatarkkuutensa ansiosta. Lisäksi ne sallivat erittäin vaivan installaatioiden asennuksen.

Vanhat rutiinit eivät kuitenkaan riitä, sillä uudet, yleiseurooppalaiset mitoitusnormit ja toimitusstandardit sisältävät uusia suunnittelijoille ja valmistajille tärkeitä asioita. Myös rakentamisen kiire on tuonut tarvetta tarkistaa toimintatapoja: kiireessä laadituissa urakkasuunnitelmissa ristikon liitosten mitoitus näyttää jääneen usein tekemättä. Lopullisessa suunnittelussa on sitten jouduttu muuttamaan profiilikokoja tai tekemään kalliita toimenpiteitä liitosten vahvistamiseksi.

Tässä artikkelissa annetaan käytännön vihjeitä ja apuneuvoja lähinnä kattoristikoiden alustavaan mitoitukseen. Mitoituksen kaikissa vaiheissa on liitosmitoitus otettava huomioon, jotta ristikko toimisi lasketulla tavalla. Liitogeometria on suunniteltava aina siten, että liitos ja valitut profiilit täyttävät niille asetetut vaatimukset.

Uusien Eurocode-normien vaikutus ristikoiden mitoitukseen on varsin vähäinen. Sekä Suomen rakennusmääräysten että Eurocodien mukainen mitoitus antaa lasketulle esimerkiksi ristikkolle täsmälleen samat profiilit.

1 Uusi toimitusstandardi EN 10219

Rautaruukki Metform on huhtikuun 1998 alusta alkaen toiminut kaikki kylmämuovattut rakenneputket toimitusstandardin EN 10219 mukaan. Vakioeräslajina käytetään S355J2H:ta, jonka myötölujuus on 355 MPa. Standardin EN 10219 vaatimukset eivät kaikilta osin takaa putkipalkkien turvallista käyttöä kylmemmässä kuin -20 °C :ssa.

Varmistaakseen putkipalkkiensa turvallisen käytön myös alhaisissa lämpötiloissa, Rautaruukki takaa putkipalkeissaan käytettävälle teräslajille S355J2H seuraavat lisäominaisuudet:

- Iskusitkeys taataan -40 °C asteessa, kun testausenergia on 35 J/cm^2 .
- Materiaali täyttää myös Eurocode 3:ssa plastiisuusteorian mukaiselle mitoitukselle asetetut lisäehdot.
- Hiilikvivalentti on virheettömän hitsauksen takaamiseksi max. 0,39.
- Putkipalkkien nurkat ovat säröttömiä.
- Lisäksi on huomattava, että EN 10219:ssa on muutettu putkipalkin nurkkien pyörityssäteitä. Uudet pyörityssäteet ovat:
 - $r = 2 \times t$, kun $t < 6\text{ mm}$
 - $r = 2,5 \times t$, kun $6 < t < 10\text{ mm}$
 - $r = 3 \times t$, kun $t > 10\text{ mm}$.

Aikaisemmin ei $3 \times t$:n suuruista pyörityssädettä ollut ollenkaan ja raja $2 \times t$:n ja $2,5 \times t$:n välillä kulki 4 mm :ssä.

2 Putkipalkkien mitoitus Eurocode 3:n mukaan

Euroopan unionin alueella ollaan vähitellen siirtymässä Eurocode-normien käyttöön. Suomen teräsrakentamisen kansallinen normi B7 ja Eurocode 3 ovat kohtuullisen lähellä toisiaan. Eurocode on hiukan tarkempi ja työlämpi kuin oma tuttu B7:mme. Putkipalkkien Eurocode 3:n mukaiset mitoitusohjeet ja kaavat on koottu Rautaruukin putkipalkkikäsikirjaan.

Eniten hämmennystä ja tulkintaeroja Eurocode 3:ssa aiheuttaa erilaisten nurjhduskäyrrien käyttö. Kylmämuovattut putket voidaan mitoittaa joko nurjhduskäyrällä b tai nurjhduskäyrällä c käyttäen hyväksi ns. korotettua myötörajan. Myötörajan kohoamisen suuruus riippuu kylmämuovausasteesta ja muovausmenetelmästä. Korotettu myötöraja on suurimmillaan 20 % korkeampi kuin lähtöaineen myötölujuus. Korotetun myötörajan käyttö antaa lisää nurjhduskapasiteettia etenkin pienillä hoikkuuksilla eli lyhyillä nurjhdusputiuksilla. Rautaruukki suositaa kuitenkin käytettäväksi yksinkertaisinta ja varmalla puolella olevaa menetelmää eli nurjhduskäyrää c ja normaalia myötörajan eli 355 MPa :a.

3 Putkipalkkiristikoiden mitoitus

Putkipalkeista koottavien ristikoiden mitoitus on kolme vaihetta:

- ristikon osasauvojan mitoitus
- liitosten mitoitus
- ristikon kokonaisstabiileetin tarkastus.

3.1 Osasauvojen mitoitus

Ristikon osasauvojen mitoitus perustuu oletta- mukseen, että paarteiden ja diagonaalien väli- nen liitos toimii nivelenä. Ristikon diagonaalit voidaan näin ollen mitoittaa puhtaasti puristet- tuna tai vedettyä rakenteena (olettaen, että dia- gonaaleihin ei kohdistu ulkoisia kuormia). Dia- gonaalin nurjahduspituus riippuu diagonaalien ja paarteiden jäykkyys-suhteista. Eri lähteissä on esitetty hiukan erilaisia tapoja nurjahduspuitu- den laskemiseksi. Taulukossa 1 on esitetty var- malla puolella olevat normaalilämpötilan ja pa- lotilanteen nurjahduspuituu- det. Näiden arvojen käyttöä edellyttää normaalin ympärihirsatun lii- toksen käyttöä diagonaalien kiinnityksessä paar- teeseen.

Ristikon yläpaarteet mitoitetetaan taivutettuna ja puristettuna rakenteena. Taivutusmomentti riippuu siitä, miten ulkoiset kuormat tuodaan ristikolle. Momentin vaikutuksen useimmiten unohtaa, jos kuormat tuodaan suoraan ristikon solmupiteisiin esimerkiksi orsien välityksellä. Jos kuormat tuodaan esimerkiksi profiililevyn välityksellä tasaisena kuormana ristikon paar- teelle, on näin aiheutuvat momentit ehdottomas- ti huomioitava mitoituksessa. Tällöin kannattaa harkita vahvempaan suuntaan taivutetun suora- kaideprofiilin käyttöä paarteena.

Paarten nurjahduspuituu- det tasossa lasketaan solmupistevälin mukaan. Tasosta pois- päin tapahtuvan nurjahduspuituu- den laskenta perustuu ulkoisten sivuttaistukien välimatkaan, esimer- kiksi orsiväliin. Alapaarteessa on useimmiten vain vetojännityksiä. Joissakin kevytrakenteis- sissa halleissa ristikon alapaarteeseen saattaa tuulen imukuormasta syntyä myös pieni puris- tusjännitys. Tällöin useimmiten alapaarten nurjahduspuitus on koko alapaarten pituus.

3.2 Liitosten mitoitus

Putkipalkkiristikoiden liitosten on joustettava niin, että oletus diagonaalien nivellellisestä kiin- nityksestä toteutuu. Liitoksen on voitava siirtää diagonaalin veto- tai puristuskuorma paarteelle. Liitosten mitoitusmenetelmät ja kaavat perustu- vat eri puolilla maailmaa tehtyihin kokeellisiin tutkimuksiin. Kaavoja on sekä Eurocode 3:n lii- teessä K että kansainvälisen putkentekijöiden järjestön CIDECT:in oppaissa. Liitoksen lujuus on tarkistettava näiden kaavojen mukaan. Kaa- voissa on lisäksi annettu joukko erilaisia voi- massaoloheitoja, joita on ehdottomasti noudatet- tava. Osa ehdoista johtuu siitä, että kokeita ei ole tehty kaikilla mahdollisilla diagonaalien ja paar- teiden kombinaatioilla ja osa siitä, että liitoksen toiminta saattaa muuttua ratkaisevasti näiden ra- joitusalueiden ulkopuolella. Esimerkiksi liian hoikkaseinämainen paarre saattaa lommahtaa.

Kuvassa 1 on esitetty osa putkipalkkien hoik- kuusrajoista lähinnä alustavaa profiilinvalintaa varten. Yhtenäiset viivat kuvaavat vedettyä dia- gonaalia ja paarretta. Katkoviiva kuvaa vastaa- vasti puristettua diagonaalia. Kuvasta 1 näh- dään, että jos puristetun diagonaalien ulkomitat ovat 80 x 80, pitää ainepaksuus valita väliltä 3...6 mm. Vastaavasti 180 x 180 paarreprofiilin pitää olla vähintään 6 mm paksu.

3.3 Kokonaisstabiileetti

Ristikon kokonaisstabiileetti tulee yleensä mää- räväksi vain, jos puristettu paarre on sivusuun- nassa tukematon. Tyypillisiä tapauksia ovat put- kisiltarakenteet, kaarirakenteet, jatkuvien risti- koiden välitukien alueet, kehärakenteiden nur- kat sekä tavallisten kattokannattajien alapaar- teet, joihin aiheutuu tuulen imukuormituksesta puristusta. Tavalliset hallien kattoristikot suun- nitellaan yksiaukkoisina ja tuetaan painopis- teensä yläpuolelta. Puristettu yläpaarre tuetaan sivusuunnassa kattorakenteisiin. Tällaiset risti- kot eivät yleensä menetä kokonaisstabiileetti- aan. Ristikkoa tukevat kattorakenteet, esimer- kiksi orret tai kattopelti on mitoittettava kestä- mään sivusuuntaisesta tukemisesta aiheutuvat kuormitukset.

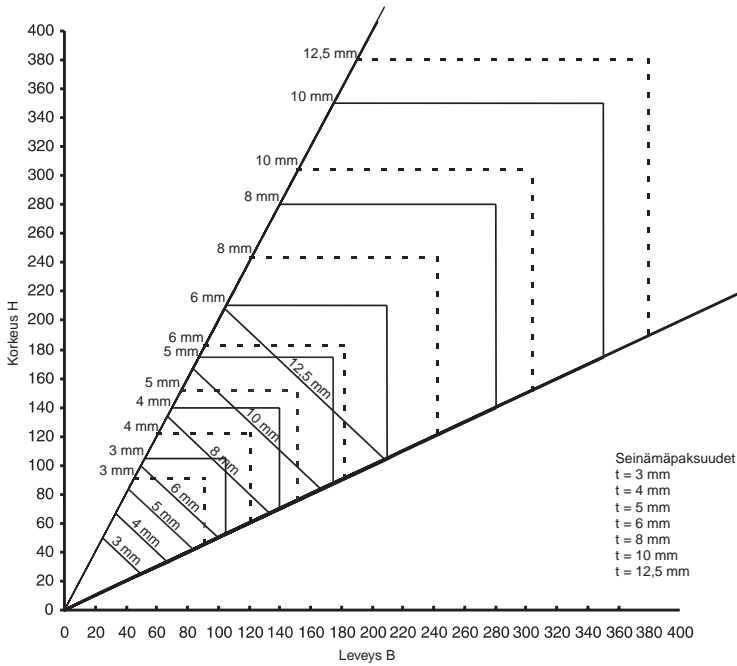
Taulukko 1. Ristikon osasauvojen nurjahduspuituu- det.

Rakenneos	Nurjahduspuitus normaalilanteessa		Nurjahduspuitus palotilanteessa	
	Tasossa	Tasosta ulospäin	Tasossa	Tasosta ulospäin
Paarre	1	1	0,9	0,9
Uumasauva	0,9	0,9	0,75	0,75

Paarteiden ja diagonaalien hoikkusrajat

Katkoviiva = Puristettu diagonaali

Yhtenäinen viiva = Paarre ja vedetty diagonaali



Kuva 1. Liitosten geometriaehtoja.

3.4 Palomitoitus

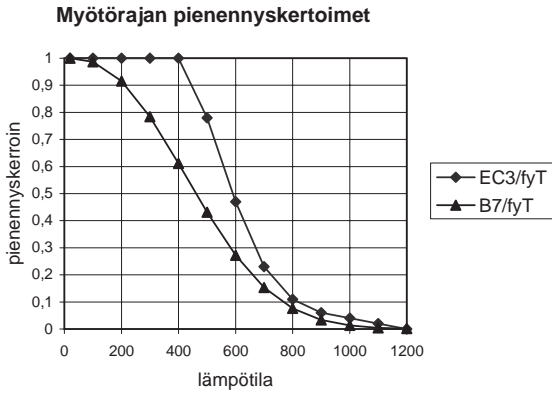
Palomitoituksessa käytettävillä materiaalimalleilla pyritään kuvaamaan rakenneteräksen ja teräsrakenteen käyttäytymistä korkeissa lämpötiloissa. Eurocode-kehitystyötä tehtäessä nämä materiaalimallit ovat kehittyneet huomattavasti. Eurocode 3:n osassa 1.2 on esitetty kaksi mallia materiaalien käsittelyyn: tehollinen myötöraja ja muunnettu kerroin.

Muunnettua kerrointa käytetään silloin, kun rakenteille asetetaan muodonmuutuskriteereitä esimerkiksi palosuojaamateriaalien kiinnityksien vuoksi. Tehollista myötörajaa voidaan käyttää palosuojaamattomien teräsrakenteiden mitoittamiseen tai silloin kun muodonmuutuskriteerit otetaan huomioon muulla tavoin. Teräsrakenneyhdistys on julkaissut normikortin numero 13 ”Teräksen materiaalimallit mitoittaessa palosuojaamattomia teräsrakenteita”. Normikortin mukaan teräsrakenteet voidaan mitoittaa joko Eurocode 3:n mukaan tai SRakMK:n osan B7:n mukaan käyttäen Eurocoden mukaista materiaalimallia.

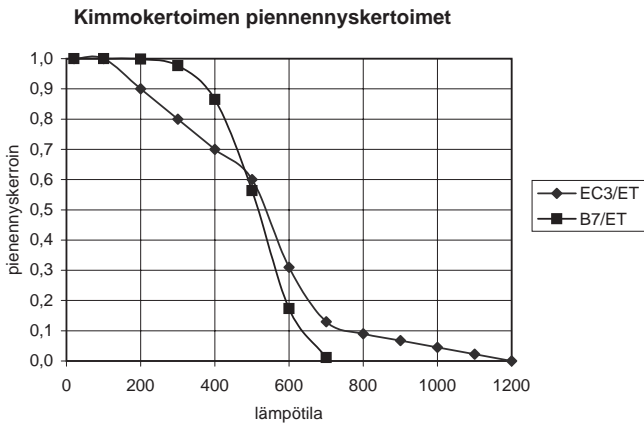
Mitoitettaessa rakenteita standardipalokäyrän mukaan 15 minuuttiin teräsrakenteiden lämpötila vaihtelee F/V-suhteesta riippuen 450 ja 650 asteen välillä. Kuvasta 2 nähdään selvästi, että Eurocoden ja B7:n mukaiset myötörajat eroavat tällä lämpötila-alueella merkittävästi toisistaan. Vastaavasti nähdään erot Eurocoden ja B7:n mukaisissa kimmokerroimien arvoissa. Erityisesti on huomattava, että B7:n mukainen kimmokerroin menee käytännössä nollean 700 asteen lämpötilassa. Tämän jälkeen ei ole mahdollista laskea teräsrakenteita esimerkiksi FEM-menetelmällä, sillä jäykkyysmatriisia ei voida ratkaista.

Laskettaessa sauvan kestävyyttä palotilanteessa erilaisten stabiiliusilmiöiden suhteen, on otettava huomioon myös ylimääräinen kokeellinen korjauskerroin 1.2. Eurocoden mukaan tämä ylimääräinen varmuuskerroin ottaa huomioon monia vaikutuksia.

Nurjahdusluokka valitaan palomitoituksessa aina C:ksi.



Kuva 2. Myötörajan riippuvuus teräksen lämpötilasta Eurocoden ja B7:n mukaan.



Kuva 3. Kimmokertoimen riippuvuus teräsrakenteen lämpötilasta Eurocoden ja B7:n mukaan.



Ristikoiden, joille asetetaan palonkestävyysvaatimuksia, mitoituksen peukalosäännöt:

- Valitse ristikon korkeus mieluummin hieman matalammaksi kuin liian korkeaksi. Diagonaalien nurjahduspituus ja hoikkuus ovat tällöin hallinnassa.
- Sommittele diagonaalit siten, että puristettujen diagonaalien nurjahduspituus on pieni. Ota erityisesti huomioon kaksi eniten puristettua diagonaalia, jotka useimmiten ovat kriittisiä R15-mitoituksessa
- Tee uumasauvojen nurjahduspituuden reduointi R15-mitoituksessa.
- Vältä liian ohuita materiaaleja. Paksumman materiaalin käyttö pienentää profiiliin lämpötiloja eli laskee käyttöastetta ja nostaa lujuutta.

Tarkastellaan tyypillistä hallin kattoristikkoa, jonka jännemitta on 24 m, kehäajo 6 m ja solmupisteiden väli 2 m. Ristikon rakenteellisen korkeuden lujuusopillinen optimi on lähellä korkeutta $L/10 \dots L/12$. Muut seikat, kuten hallin vapaa korkeus, saattavat rajoittaa optimikorkeutta hieman. Esimerkissä rakenteelliseksi korkeudeksi valitaan tasan 2 m. Ristikon kokonaiskorkeus saadaan lisäämällä rakenteelliseen korkeuteen paarteitten korkeuksien puolikkaat. Tuen vieressä ristikon korkeus on 1,65 m, jolloin kattolapteen kallistukseksi tulee noin 1:16.

Kattorakenteiden omapaino on $0,4 \text{ kN/m}^2$, ristikon omapainoarvio $0,1 \text{ kN/m}$ ja lumikuorma $2,0 \text{ kN/m}^2$. Ristikolle kohdistuvaksi kokonaismetrikuormaksi saadaan (laskettu Eurocode 3 mukaan käyttäen Suomen NAD:in mukaisia kertoimia):

$$g_{\text{oma}} = 1,2(6\text{m}(0,4\text{kN/m}^2 + 0,1\text{kN/m}^2)) = 3,6\text{kN/m}$$

$$q_{\text{lumi}} = 1,5(6\text{m}2\text{kN/m}^2) = 18\text{kN/m}$$

$$\Rightarrow \text{kokonaiskuorma} = 21,6\text{kN/m}$$

Ristikon paarteissa vaikuttavat voimat voidaan arvioida laskemalla ristikossa vaikuttava momentti yksiaukkaisen palkin mukaan ja jakamalla tämä momentti ristikon rakenteellisella korkeudella. Yläpaarteissa vaikuttava jatkuva kuormasta aiheutuva momentti voidaan arvioida jatkuvan palkin mukaan eli:

$$M_{\text{ristikko}} = \frac{q_{\text{ristikko}}^2}{8} = \frac{21,6\text{kN/m}^2 \cdot 24^2 \text{m}^2}{8} \approx 1555\text{kNm}$$

$$F_{\text{parre}} = \frac{M_{\text{ristikko}}}{h_{\text{ristikko}}} = \frac{1555\text{kNm}}{2\text{m}} = 777\text{kN}$$

$$M_{\text{parre}} = \frac{q_{\text{solmuväli}}^2}{10} = \frac{21,6\text{kN/m} \cdot 3^2 \text{m}^2}{10} \approx 19\text{kNm}$$

Seuraavaksi arvioidaan diagonaaleille tuleva rasitus. Oletetaan, että diagonaali on 45 asteen kulmassa eli ensimmäisessä diagonaalissa vaikuttava voima on

$$\sqrt{2} \times \text{tukireaktio eli:}$$

$$F_{\text{diagonaali}} = \frac{q_{\text{ristikko}} \sqrt{2}}{2} = \frac{21,6\text{kN/m} \cdot 24\text{m} \sqrt{2}}{2} \approx 380\text{kN}$$

Ristikon parretta valittaessa on otettava huomioon 777 kN puristavan voiman ja 19 kNm momentin yhteisvaikutus siten, että nurjahduspituus on 3 m. Mitoitettava diagonaali ei yleensä ole ensimmäinen (vedetty) vaan toinen (puristettu) diagonaali. Jos ensimmäinen diagonaali mitoitetaan ikäänkuin se olisi puristettu, saadaan useimmiten kohtuullisen hyvä tulos. Diagonaali mitoitetaan siis 380 kN:n puristukselle ja noin 2 metrin nurjahduspituudelle. Näiden voimasuureiden perusteella valitaan alustavat profiilit. Profiilien laskenta on suoritettu Rautaruukin Putki-ohjelmalla.

Parre:

EN 10219-2 – 180 x 180 x 6.3 RHS S355J2H EN 10219

$$[5.11;3;6] \text{ NSd/(XAfyd/gM1)+(kyMy.Sd)/(Wfyd/gM1))}$$

$$+(kzMz.Sd)/(Wfy/gM1)) = 0,97 < 1,00$$

$$[5.36] \text{ (NSd/Npl.Rd)+(My.Sd/Mpl.y.Rd)}$$

$$+(Mz.Sd/Mpl.z.Rd) = 0,78 < 1,00$$

$$[5.16] \text{ NSd/Nc.Rd} = 0,57 < 1,00$$

$$[5.35] \text{ (My.Sd/MNy.Rd)a+(Mz.Sd/MNz.Rd)b}$$

$$= 0,09 < 1,00$$

$$[5.20/58] \text{ Vz.Sd/Vpl.Z.Rd/ba.Z.Rd} = 0,00 < 1,00$$

$$[5.20/58] \text{ Vy.Sd/Vpl.Y.Rd/ba.Y.Rd} = 0,00 < 1,00.$$

Diagonaali:

EN 10219-2 – 110 x 110 x 4.0 S355J2H EN 10219

$$[5.11;3;6] \text{ NSd/(XAfygM1)+(kyMy.Sd)/(Wfy/gM1))}$$

$$+(kzMz.Sd)/(Wfy/gM1)) = 0,91 < 1,00$$

$$[5.16] \text{ NSd/Nc.Rd} = 0,71 < 1,00$$

$$[5.24] \text{ (My.Sd/Mpl.y.Rd)+(NSd/Npl.Rd)} = 0,51 < 1,00$$

$$[5.17] \text{ My.Sd/My.c.Rd} = 0,00 < 1,00.$$

Kun tarkastellaan kuvaa 1, huomataan kuitenkin, että profiili 180 x 180 x 6,3 on hyvin lähellä hoikkuusrajoituksia, eli nurkkaliitosten laskennassa saattaa tulla ongelmia. Tämän vuoksi valitaan profiili, jonka ainepaksuus on hieman suurempi. Seuraavaksi kevein profiili, joka täyttää kuvan 1 reunaehtot, on 160 x 160 x 8. Tällöin ristikon kokonaispaino 2200 kg.

Ristikon liitosten laskenta käsin on työlästä. Alustavassa mitoituksessa riittää yleensä, että valitaan ristikon sauvojen dimensiot seuraavien periaatteiden mukaan:

- Valittujen sauvojen soveltuvuus tarkistetaan kuvasta 1. Profiili valitaan mielellään keskel-tä sovellettavaa aluetta.
- Paarresauvoissa käytetään mieluummin hiukan paksumpaa seinämää ja pienempää ulkomittaa kuin ohuempaa seinää ja suurempaa ulkomittaa.
- Uumasauvat valitaan siten, että uumasauvan leveyden suhde paarteiden leveyteen on 0,7 – 0,8.
- Ristikon muoto valitaan siten, että uumasauvojen ja paarteiden välinen kulma on lähellä 45 astetta. Varsinkin pienet kulmat aiheuttavat ongelmia.
- Käytetään mieluiten vapaavälistä liitosta. Huolehditaan että lopullisessa rakenteessa vapaavälit ovat riittävän suuria.

Esimerkkiristikon liitoksissa edellä mainitut liitossuunnittelun periaatteet on otettu huomioon. Tällöin on varsin todennäköistä, että lopullisessa mitoituksessa ei liitosten kanssa tule isoja ongelmia.

Esimerkkiristikon tarkka ratkaisu Winrami-ohjelmalla

Rautaruukki on kehittänyt tasokehien ja ristikoiden mitoitusohjelman, Winramin, jolla voidaan laskea helposti nimenomaan putkipalkkiristikoita. Mitoitus voidaan tehdä sekä Suomen teräsrakennenormin, B7:n että Eurocode 3:n mukaan.

Edellä alustavasti mitoitettu ristikko on las-kettu myös Winrami-ohjelmalla, jolla on mallinnettu ristikon lisäksi liitokset. Tulokset ovat seuraavat:

Paarteet:	160 x 160 x 8	S355J2H / yläpaarre
	120 x 120 x 5	S355J2H / alapaarre
Diago-naalit:	110 x 110 x 4	S355J2H / kaksi reu-nimmaista diagonaalia
	80 x 80 x 4	S355J2H / keskim-mäiset diagonaalit

Paino: 1665 kg

Liitokset: kaikki liitokset kestävä.

Tuen vieressä oleva liitos kannattaa useimmiten suunnitella samalla kun suunnitellaan ristikon liittyminen pilariin. Liitos voidaan tarvittaessa vahvistaa paarteiden pinnan ja diagonaalin väliin tulevalla vahvikelevyllä. Tarkassa laskennassa voidaan helposti optimoida diagonaalisauvoja niissä vallitsevan rasitustilan mukaan. Ristikossa käytetään tyyppisesti neljää eri kokoa: yläpaarre, alapaarre, 2 tyyppiä diagonaaleja. Tode-ttakoon tässä vielä, että alustavan valinnan mukainen paarreprofiili ei olisi läpäissyt liitoksen mitoitusta.

Palomitoituksessa R15-luokkaan joudutaan eniten puristettujen diagonaalien seinämät kas-vattamaan 5 mm paksuisiksi ja alapaarre 6 mm paksuiseksi. Tällöin paino nousee 1780 kg:an eli painon lisäys tässä tapauksessa on vajaat 7 %.

LÄHTEITÄ

SFS-ENV 1993-1-1 Eurocode 3 Teräsrakenteiden suunnittelu

SFS-ENV 1993-1-1 Eurocode 3 Teräsrakenteiden suunnittelu/Liite K

CIDECT: Design guide for rectangular hollow section joints under predominantly static loading

CIDECT: Structural stability of hollow sections RAUTARUUKKI: Rautaruukin putkipalkkikä-sikirja 1/98

RAUTARUUKKI: Winrami-ohjelma ja sen käyttöopas

Teräsrakenneyhdistys: Normikortti 13 Teräksen materiaalimallit mitoitettaessa palosuojaa-mattomia teräsrakenteita

<http://www.rautaruukki.fi/ten>

<http://www.try.vtt.fi>