

Saimaan ammattikorkeakoulu  
Tekniikka Lappeenranta  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Rakennesuunnittelu

Maija Ahonen

# **TERÄSPUTKIPROFIILIN 1- JA 2-LEIKKEISTEN SIDELIITOSTEN EUROKOODIMITOITUS**

Opinnäytetyö 2011

## TIIVISTELMÄ

Maija Ahonen

Teräsputkiprofiilien 1- ja 2-leikkeisten sideliitosten eurokoodimitoitus

63 sivua, 3 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu, Lappeenranta

Tekniikka, Rakennustekniikan koulutusohjelma

Rakennesuunnittelu

Opinnäytetyö 2011

Ohjaajat: Lehtori Petri Himmi, Saimaan ammattikorkeakoulu,

DI Fia Inkala, Aaro Kohonen Oy

Opinnäytetyössäni olen käsitellyt erikokoisten teräsputkiprofiilien 1- ja 2-leikkeisiä sideliitoksia. Työni tarkoituksena oli päivittää Suomen Rak.Mk. B7:ään perustuvia standardiliitoksia eurokoodi 3:n mukaisiksi.

Tämän työn tilaajana toimi Aaro Kohonen Oy. Yritys lähetti minulle päivitettävät standardikortit PDF-tiedostoina. Sain lisäksi käyttööni yrityksen oman liitosten mitoitus-MathCADin, jonka kävin läpi siihen tutustuen ja sen oikeellisuutta varmistaen. Tein myös oman Excel-pohjaisen mitoituskortin sideliitoksille.

Työssäni olen käsitellyt putkiprofiilien tavallisimmat rakenteet ja liitostavat yleisellä tasolla. Tarkemmin olen keskittynyt sideliitokseen, jossa liitoslevy on upotettu putkiprofiilin päähän leikattuun railoon ja hitsattu kiinni. Jokaista sideliitosta tarkastellessa olen tutkinut ruuvien, hitsien, liitoslevyjen putkiprofiilin kestävyyskäyttäytymistä. Kaikissa tarkasteluissa olen käyttänyt Eurocoden mukaisia standardeja.

Asiasanat: Eurokoodi, putkiprofiili, sideliitos.

## ABSTRACT

Maija Ahonen

The Eurocode dimensioning of single and double lap joints in steel hollow sections

63 pages, 3 appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta

Civil and Construction Engineering

Structural Design

Thesis, 2011

Instructors: Senior lecturer Petri Himmi, Saimaa University of Applied Sciences

Master of Science in engineering Fia Inkala, Aaro Kohonen Oy

The thesis examined single and double lap brace joints in different size steel hollow sections. The purpose of this thesis was to update standard-joints from The National Building Code of Finland's section B7 to follow the standard of Eurocode 3.

This thesis was commissioned by Aaro Kohonen Ltd. The company delivered the standard-cards to be updated in PDF-files. Also the company's own MathCAD –dimensioning program was used, inspected and verified. In addition a dimensioning tool with Excel for the brace joints was made.

The thesis examined the most common hollow section steel structures in general and the joint types. The work focused on brace joints, joined using connection plates placed partly inside the brace and welded to the steel hollow section. The work examined the resistances of bolts, welds, plates and the cross section of the brace. In every examination the standards according to the Eurocode have been used.

Keywords: Eurocode, steel hollow section, brace joint

## SISÄLTÖ

SYMBOLILUETTELO .....	- 5 -
1 JOHDANTO .....	- 7 -
2 PUTKPROFIILIEN LIITOSTAVAT .....	- 9 -
2.1 Ristikkorakenteet .....	- 10 -
2.2 Kehärakenteet .....	- 11 -
2.3 Jatkosliitokset .....	- 13 -
2.3.1 Hitsattu jatkosliitos .....	- 13 -
2.3.2 Ruuviliitos liitoslevyllä .....	- 15 -
2.3.3 Ruuviliitos laipoilla .....	- 16 -
2.4 Putkiprofiilin liitos pilariin .....	- 17 -
2.5 Putkiprofiilin perustusliitos .....	- 18 -
3 PUTKIPROFIILIN SIDELIITOKSEN MITOITUS .....	- 19 -
3.1 Ruuvien leikkauskestävyys .....	- 19 -
3.2 Liitoslevyjen kestävyudet .....	- 23 -
3.2.1 Reunapuristuskestävyys .....	- 23 -
3.2.2 Palamurtumiskestävyys .....	- 24 -
3.2.3 Levyn perusaineen vetokestävyys .....	- 26 -
3.2.4 Levyn perusaineen puristuskestävyys .....	- 29 -
3.3 Putkiprofiilin kestävyudet .....	- 31 -
3.3.1 Putkiprofiilin bruttopoikkileikkauksen vetokestävyys .....	- 32 -
3.3.2 Putkiprofiilin nettopoikkileikkauksen vetokestävyys .....	- 32 -
3.4 Hitsien kestävyudet .....	- 33 -
3.4.1 Yksinkertaistettu menetelmä .....	- 35 -
3.4.2 Komponenttimenetelmä .....	- 35 -
3.4.3 Pienahitsiliitoksia .....	- 37 -
3.5 Päätylevylitosis .....	- 40 -
4 ESIMERKKITAPAUKSIA SIDELIITOKSISTA .....	- 42 -
4.1 1-leikkeinen liitos RHS 150x150x5 / 4M20 .....	- 42 -
4.2 2-leikkeinen liitos RHS 200x200x8 / 6M24 .....	- 50 -
5 PÄÄTELMÄT .....	- 60 -
KUVAT .....	- 62 -
KAAVIOT .....	- 62 -
TAULUKOT .....	- 62 -
LÄHTEET .....	- 63 -

## LIITTEET

Liite 1 Taulukot

Liite 2 Excel-mitoituskortti sideliitoksille

Liite 3 Mallit standardikorteista

## SYMBOLILUETTELO

$A$	ruuvin bruttopinta-ala
$a$	pienahitsin efektiivinen a-mitta
$A_{\text{eff}}$	poikkileikkauksen tehollinen pinta-ala tasaisessa puristuksessa
$A_{\text{net}}$	liitoslevyn nettopoikkileikkauksen pinta-ala
$A_{\text{nt}}$	vedon rasittama nettopinta-ala liitoslevyssä
$A_{\text{nv}}$	leikkauksen rasittama nettopinta-ala liitoslevyssä
$A_s$	ruuvin tai peruspultin jännityspoikkipinta-ala
$\alpha_v$	kerroin, joka määräytyy ruuvin lujuusluokan mukaan laskettaessa ruuvin leikkauskestävyyttä
$\alpha_b$	reunapuristuskestävyyden laskennassa käytetty kerroin
$b$	liitoslevyn leveys
$b_{\text{eff}}$	T-liitoksen tehollinen leveys
$\beta_w$	pienahitsin korrelaatiokerroin
$d$	ruuvin nimellishalkaisija, niveltapin halkaisija tai kiinnittimen halkaisija
$d_0$	ruuvin, niveltapin tai niitin reiän halkaisija
$E$	kimmokerroin (teräksellä 210 000 N/mm <sup>2</sup> )
$e_1$	kiinnittimen reiän keskiön ja viereisen rakenneosan päädyn välinen päätyetäisyys mitattuna siirrettävän voiman suunnassa
$e_2$	kiinnittimen reiän keskiön ja viereisen rakenneosan reunan välinen reunaetäisyys mitattuna kohtisuorassa suunnassa siirrettävään voimaan nähden
$F_{b,Rd}$	ruuvin reunapuristuskestävyyden mitoitusarvo ruuvia kohti
$F_{Ed}$	murtorajatilan mitoitusarvo
$f_u$	rakenneteräksen vetomurtolujuuden nimellisarvo
$f_{ub}$	ruuvin vetomurtolujuuden nimellisarvo
$f_y$	myötörajan nimellisarvo
$F_{v,Rd}$	ruuvin leikkauskestävyyden mitoitusarvo ruuvia kohti
$F_{w,Ed}$	hitsin pituusyksikköä kohden vaikuttava mitoitusvoima
$F_{w,Rd}$	hitsin pituusyksikön kestävyys mitoitusarvo
$k_1$	reunapuristuskestävyyden laskennassa käytetty kerroin
$L_c$	palkin nurjahduspituus
$l_{\text{eff}}$	pienahitsin tehollinen pituus
$L_w$	hitsin pituus
$n$	kiinnittimien reikien lukumäärä leikkautumistasossa tai sisäänvedettyjen liitoslevyjen määrä
$N_{b,Rd}$	nurjahduskestävyyden mitoitusarvo
$N_{c,Rd}$	puristuskestävyyden mitoitusarvo
$N_{Ed}$	murtorajatilan mitoitusarvo
$N_{pl,Rd}$	bruttopoikkileikkauksen plastisuusteorian mukainen vetokestävyys mitoitusarvo
$N_{t,Rd}$	reiällisen poikkileikkauksen vetokestävyys mitoitusarvo
$N_{u,eff,Rd}$	laipan murtokestävyys mitoitusarvo
$N_{u,Rd}$	nettopoikkileikkauksen vetokestävyys mitoitusarvo kiinnittimien reikien kohdalla
$p_1$	kiinnittimien keskiöiden välinen etäisyys siirrettävän voiman suunnassa

$p_2$	viereisten kiinnitinrivien välinen keskiöetäisyys mitattuna siirrettävää voimaa vastaan kohtisuorassa suunnassa
$\sigma_b$	lamellirepeytymiskestävyyden mitoitusarvo
$\sigma$	hitsin laskentapintaan nähden kohtisuora normaalijännitys
$\sigma_{\parallel}$	hitsin akselin suuntainen normaalijännitys
$\tau$	hitsin akseliin nähden kohtisuora leikkausjännitys
$\tau_{\parallel}$	hitsin akselin suuntainen leikkausjännitys
$t$	levyosan paksuus
$t_p$	sisäänvedetyn liitoslevyn paksuus
$t_w$	uuman tai levyn paksuus
$V_{\text{eff},1,\text{Rd}}$	levyosan palamurtumiskestävyys keskeisellä kuormalla
$V_{\text{eff},2,\text{Rd}}$	levyosan palamurtumiskestävyys epäkeskeisellä kuormalla
$\gamma_{\text{Mi}}$	osavarmuusluku
CHS:	"pyöreä rakenneputki"
RHS:	"suorakaiteen muotoinen rakenneputki", joka kattaa myös neliön muotoiset rakenneputket

# 1 JOHDANTO

Eurokoodien historia ulottuu vuoteen 1975, jolloin komissio päätti toimenpideohjelmasta yhtenäistää kantavien rakenteiden suunnittelustandardeja ja poistaa kaupankäynnin teknisiä esteitä Euroopan unionin alueella ja muualla maailmassa (Eurokoodi help desk).

Kymmenen vuoden työn jälkeen komissio julkaisi 1. sukupolven eurokoodit vuonna 1984. Tämän jälkeen standardien valmistelu ja julkaisu siirrettiin toimeksiantona CEN:lle (Comité Européen de Normalisation, Euroopan standardijärjestö). (Eurokoodi help desk.)

Vuosien 1992-1998 välisenä aikana CEN julkaisi yhteensä 62 esistandardia (ENV). Vuodesta 1998 eteenpäin aloitettiin ENV-versioiden muuntaminen varsinaisiksi EN-standardeiksi. Eurokoodien ensimmäinen paketti yhdessä kansallisten liitteiden (NA) kanssa on otettu Suomessa käyttöön 1.11.2007. (Eurokoodi help desk.) Kaikkiaan standardeja on 58.

Eurokoodijärjestelmä jakautuu seuraaviin pääosiin:

*EN 1990 Eurokoodi 0: Suunnittelun perusteet*

*EN 1991 Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormitukset*

*EN 1992 Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu*

*EN 1993 Eurokoodi 3: Teräsrakenteiden suunnittelu*

*EN 1994 Eurokoodi 4: Teräs-betoniliittorakenteiden suunnittelu*

*EN 1995 Eurokoodi 5: Puurakenteiden suunnittelu*

*EN 1996 Eurokoodi 6: Muurattujen rakenteiden suunnittelu*

*EN 1997 Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu*

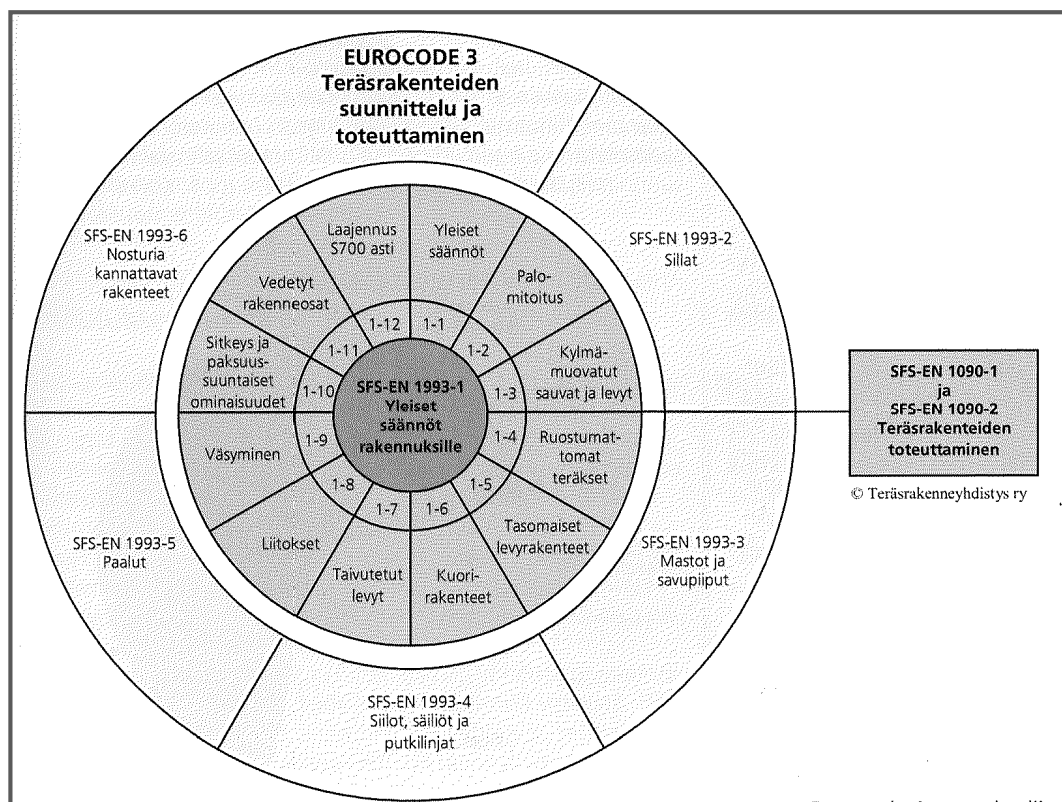
*EN 1998 Eurokoodi 8: Rakenteiden suunnittelu kestävyys-suhteen  
maanjäristyksessä*

*EN 1999 Eurokoodi 9: Alumiinirakenteiden suunnittelu (SFS-standardisointi)*

On erittäin tärkeää, ettei mitään mitoitusjärjestelmiä käytetä sekaisin. Suunnitteluprosessin alusta loppuun on siis noudatettava saman standardin ohjeita. Toisistaan erillisiä järjestelmiä ovat siis muun muassa Suomen rakentamis-määräyskokoelma (B7), ENV ja EN. Käytettäessä lähteitä sekaisin

voi lopputuloksena olla merkittävästi epävarma tai huomattavasti ylimitoitettu rakenne, sillä jokaisella mitoitusjärjestelmällä on oma sisäänrakennettu laskentavarmuus. (Kaitila, O., Kumar, R., Martikainen, L., Saarinen, E., Leskelä, M.V., Heinisuo, M., Inha, T., Kemppe, M., Yrjölä, P., Jyrkäs, K. & Ilveskoski, O. 2010.)

Eurokoodi 3, eli standardisarja SFS-EN 1993 käsittelee teräsrakentamisen mitoitusta ja koostuu kuudesta pääosasta. Rakennuksia koskeva ensimmäinen pääosa SFS-EN 1993-1 koostuu 12 erillisestä standardista [ks. Kuva 1.]. Lisäksi sarja SFS-EN 1090 käsittelee teräsrakenteiden toteutusta asettaen ehtoja ja vaateita mitoitukselle. (Kaitila ym. 2010.)



Kuva 1. Eurocode 3 -järjestelmän rakenne (Kaitila ym. 2010)

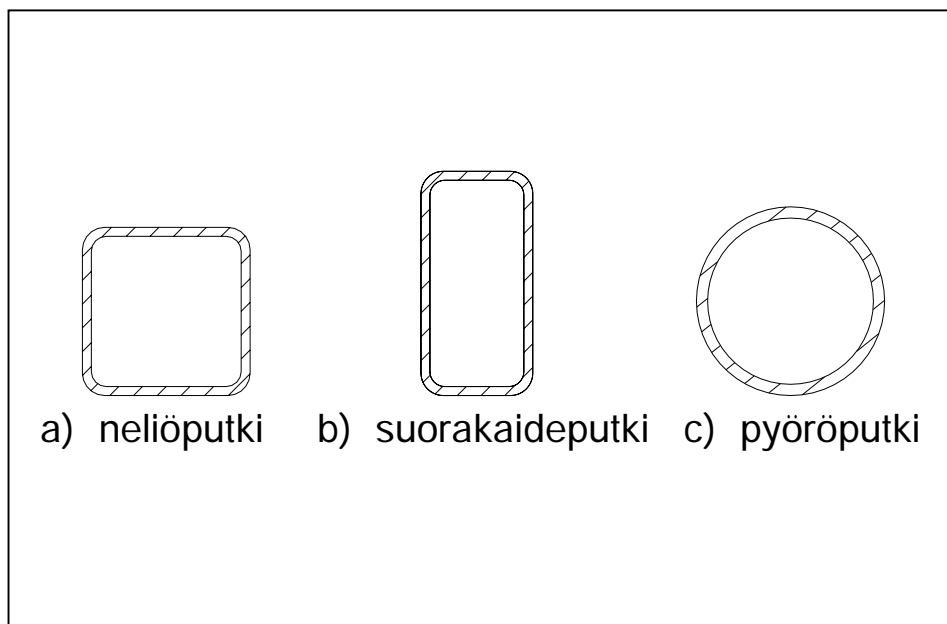
Opinnäytetyöni tarkoituksena on auttaa ymmärtämään eurokoodijärjestelmää ja kuinka erilaisia putkiprofiilien sideliitoksia mitoitetaan EN-standardien mukaan. Lisäksi olen työni edetessä tutkinut sitä, mistä suunnittelun vaatimat materiaali-, mitta- ja mitoitusstandardit löytyvät ja mitkä B7:n aikaiset standardit niillä on korvattu.



## 2 PUTKPROFIILIENTIIVIT

Nykyaikaisessa rakentamisessa putkiprofiileilla (ks. kuva 2) on merkittävä osuus. Kierrätettävyytensä ansiosta putkiprofiilit ovat ekologinen rakennusvalinta ja niiden yksinkertainen muoto ja hyvät lujuusominaisuudet tarjoavat kevyen ja edullisen rakenneratkaisun. Lisäksi putkiprofiilin jäykkyyttä, lujuutta ja painoa voidaan säädellä helposti seinämäpaksuuksilla muuttamalla profiilin ulkodemensioita. (Vainio 2000.)

Rakenneputket voidaan valmistustapansa mukaan jakaa kahteen tyyppiin: saumattomiin ja hitsattuihin. Hitsatut rakenneputket valmistetaan levynauhasta valsaamalla pyöreäksi putkeksi, jonka sauma kuumennetaan ja hitsataan. Neliö- ja suorakaideputket (RHS-putket) valmistetaan pyöröputkea (CHS-putki) edelleen kylmämuovaamalla. (Kaitila ym. 2010.)



**Kuva 2. Putkiprofiilien poikkileikkauksia**

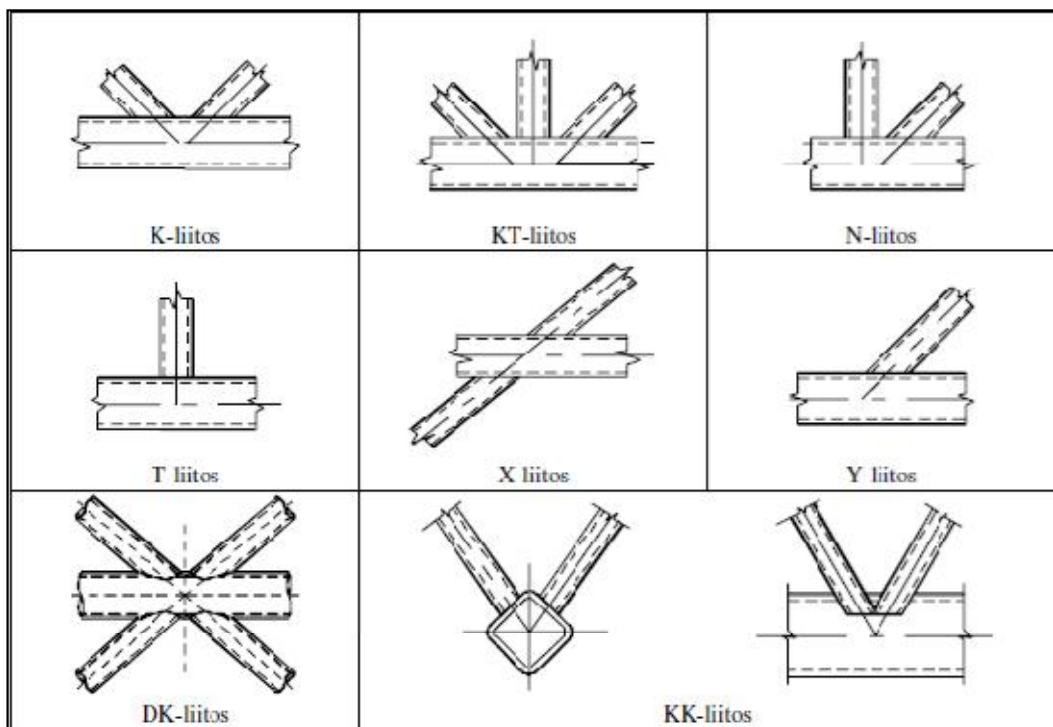
Putkirakenteen suuri nurjahduslujuus mahdollistaa muun muassa ristikkorakenteissa pitkät jännevälit ja väljän diagonaalijaon. Suljettu profiili tarjoaa mahdollisuuden liittorakenteille ja omaa myös korkean vääntöjäykkyyden, joka takaa hyvän kestävyuden kiepahdusta vastaan. Putkirakenteet saadaan lisäksi liitettyä yksinkertaisilla ja avarilla liitosdetaljeilla, jotka yhdessä profiilin pyöreiden nurkkien kanssa helpottavat pintakäsittelyä. (Vainio 2000.)

## 2.1 Ristikkorakenteet

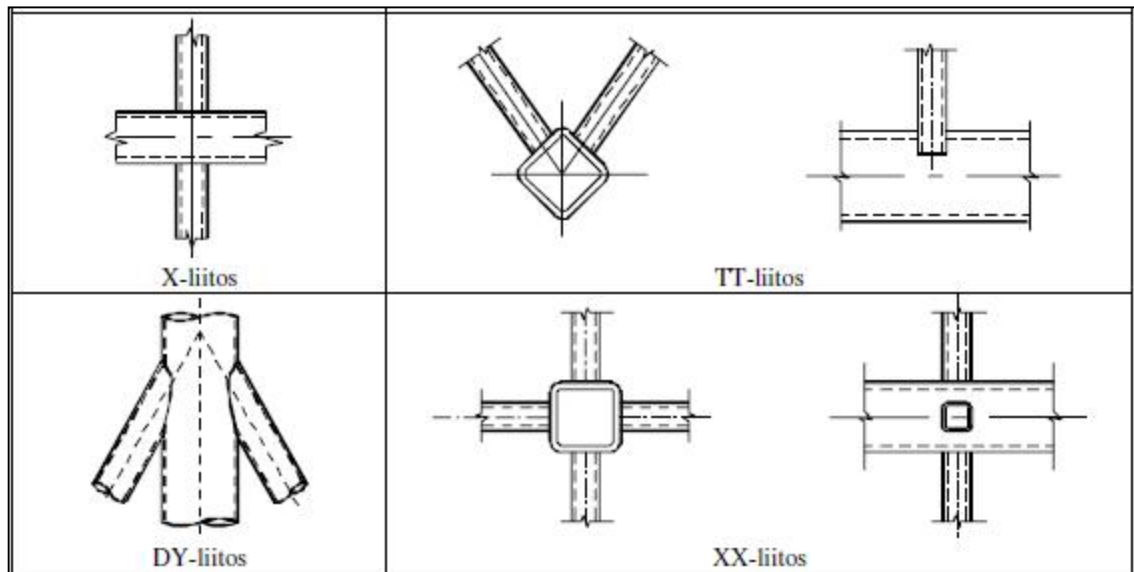
Ristikkorakenteita käytetään pääasiallisesti kattorakenteissa. Ristikot ovat veto- ja puristussauvojen muodostamia rakenteita. Teoriassa ristikoiden liitokset, eli nurkkapisteet käsitellään usein nivelellisiä, mutta todellisuudessa niissä on aina tietty kiertymisjäykkyys. Ristikon osia ovat ylä- ja alapaarteet eli paarresauvat, vinosauvat (diagonaalit) sekä pystysauvat (vertikaalit). (Kaitila ym. 2010.)

Uumasauvat mitoitetaan aina normaalivoiman suhteen ja paarteet tulee mitoittaa puristukselle ja taivutukselle. Ristikon liitosten mitoitukseen on olemassa valmiita laskentakaavoja, jotka ovat kuitenkin voimassa ainoastaan käytettäessä putkiprofiileja, jotka täyttävät laskentataulukoiden voimassaoloehdot. (Vainio 2000.)

Ristikoissa voidaan käyttää sekä suorakaide- ja neliöputkia että pyöröputkia. Ristikoiden osat liitetään toisiinsa pääasiallisesti hitsiliitoksilla niin, että kaikkien sauvojen akselit leikkaavat toisensa samassa pisteessä. Käytännössä kuitenkin akselien leikkauspisteissä on lähes aina epäkeskisyyksiä, joista osa otetaan usein jo mitoitusvaiheessa huomioon. (Ks. kuvat 3 ja 4.)



Kuva 3. Erilaisia putkiristikoiden liitostyyppejä 1 (SFS-EN 1993-1-8)



Kuva 4. Erilaisia putkiristikoiden liitostyyppejä 2 (SFS-EN 1993-1-8)

Rakenneputkien ristikkoliitoksien tyypillisimmät murtomekanismit on esitetty esimerkkikuvilla varustettuna SFS-EN 1993-1-8 -standardin osassa 7.2.2.

Yleisimmät murtumismuodot ovat

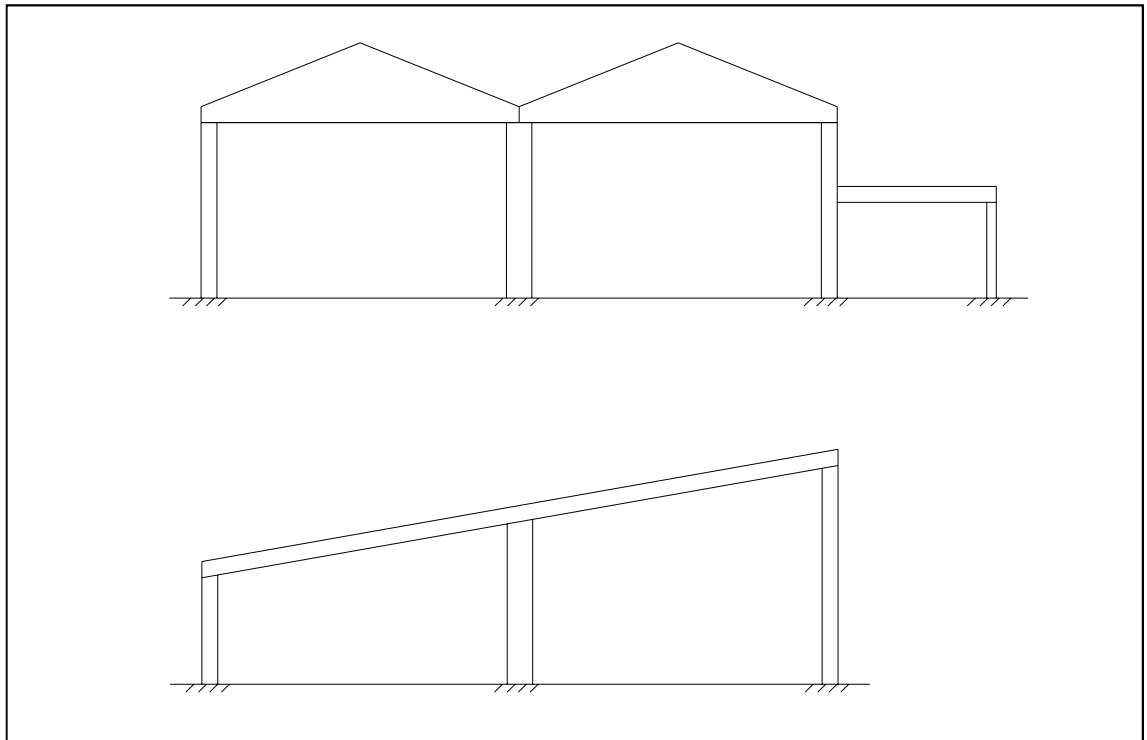
- paarteen plastisoituminen tai paarteen pinnan murtuminen
- paarteen sivun tai uuman murtuminen myötäämällä, puristamalla tai lommahtamalla
- paarteen leikkausmurto
- paariesauvan lävistysleikkautuminen
- uumasauvan murtuminen
- uuma- tai paariesauvan liitoksen paikallinen lommahdus.

## 2.2 Kehärakenteet

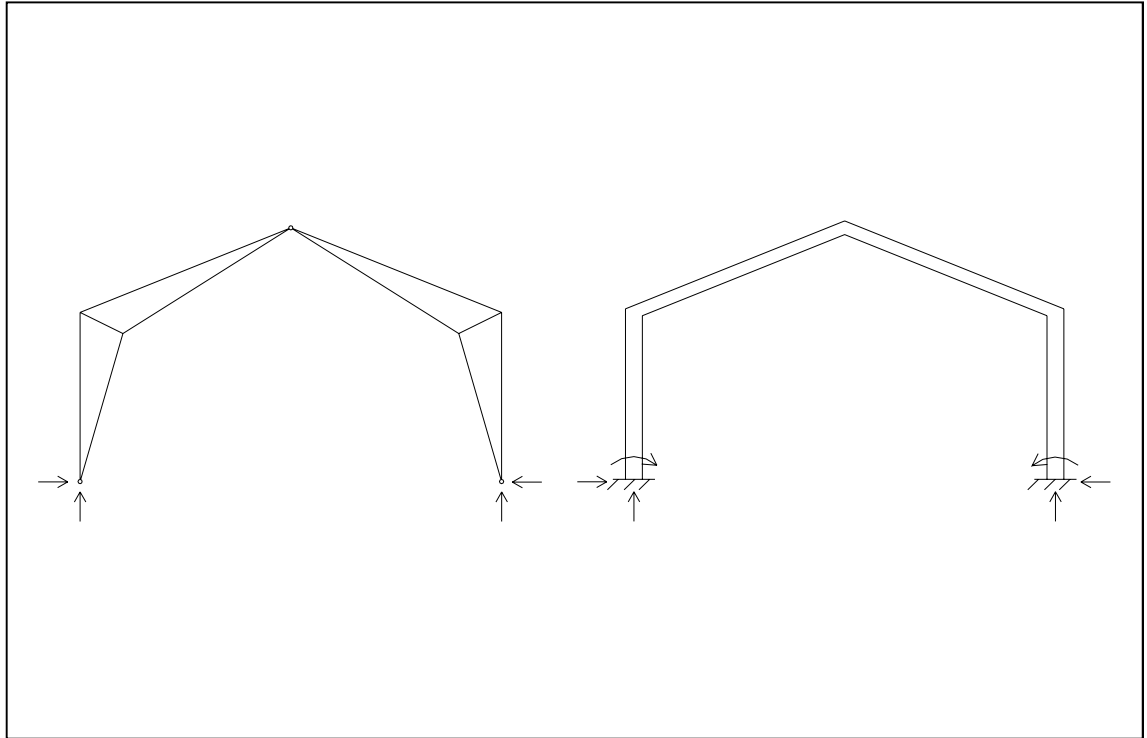
Palkkien ja pilarien välisten liitosten ollessa vähintään osittain jäykkiä, voidaan rakennusrunko jäykistää kehrarakenteilla. On mahdollista jäykistää koko rakenne kehillä, hyödyntää sitä vain osassa rakennusta tai yhdistellä jäykistävinä rakenteina kehiä, ristikoita ja levyjäykisteitä. (Kaitila ym. 2010.)

Tavallisesti kehäjäykistystä käytetään vain matalissa rakennuksissa, jolloin kehien vaakasiirtymät ovat suhteellisen pieniä. Kehäjäykistystä voidaan käyttää myös useampikerroksisissa rakennuksissa, jolloin suuret pystykuormat edellyttävät suurempia ja jäykempiä pilareita. Tällöin rungosta tulee jäykempi ja vaakasiirtymät ovat pienempiä. (Kaitila ym. 2010.)

Kehissä käytettävät liitokset määräytyvät pääosin käytettävästä kehätyypistä. Mastokehissä (ks. kuva 5) kantavat vaakapalkit on kiinnitetty nivelellisesti pilareihin ja pilarit on tuettu perustuksiin jäykästi. Yksilaivaisissa halleissa (ks. kuva 6) käytettävissä kaksi- ja kolminivelkehissä voi nivelet olla joko perustusliitoksessa, palkin ja pilarin liitoksessa ja/tai kehän lakipisteessä (ks. kuva 6). Yksilaivainen kehä voi olla myös täysin jäykkäkantainen. (Kaitila ym. 2010.)



**Kuva 5. Esimerkkejä mastokehistä**



**Kuva 6. Esimerkkejä yksilaivaisista jäykkänurkkaisista kehistä**

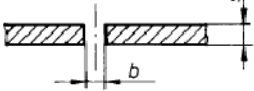
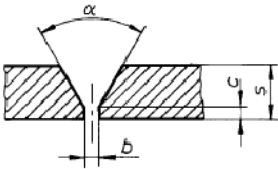
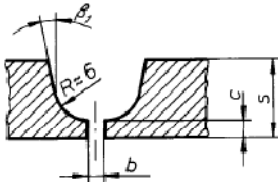
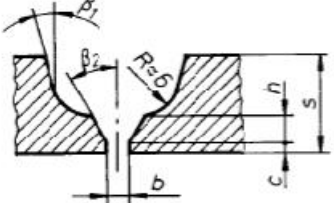
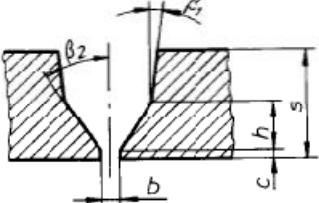
Kehän nurkkien liitosten suunnittelu vaikuttaa siis oleellisesti rakenteen toimintaan, jäykkyyteen sekä kestävyuteen. Mitoituksessa käytetään standardin SFS-EN 1993-1-8 luvun 6 mukaista lineaarisesti kimmoiseen tai kimmo-plastiseen materiaalmalliin perustuvaa analyysia. (Kaitila ym. 2010.)

### **2.3 Jatkosliitokset**

Jatkosliitokset ovat usein välttämättömiä, eteenkin putkiprofiileilla, sopivan kokoisen rakenteen saamiseksi tai kuljetuksen ja asennuksen helpottamiseksi. Jatkosliitoksia voidaan valmistaa joko puhtaasti hitsaamalla tai erilaisilla ruuviliitoksilla. Ruuviliitokset edellyttävät, että putkiprofiileihin on asennettu konepajalla hitsaamalla tarvittavat liitoslevyt.

#### **2.3.1 Hitsattu jatkosliitos**

Kun jatkosliitos tehdään hitsaamalla, on se mieluiten tehtävä konepajalla. Liitoksen kestävyys on vastattava palkin plastisen kestävyuden suuruutta ja hitsin lujuuden on oltava vähintään palkin lujuuden suuruinen. Erilaiset hitsiliitokset railomuotojen ja juuritukien käytön suhteen määräytyvät pääasiassa palkkien seinämän paksuuksien mukaan. (Vainio 2000.) (Ks. kuva 7.)

Seinämän paksuus $s$ Gods- tjocklek mm	Nimitys Benämning	Railo leikattuna Fogen i snitt
≥ 3	I-railo fog	
≥ 16	V-railo fog	
≥ 12	U-railo fog	
≥ 12	Erikois-U-railo Special-U-fog	
≥ 16	Erikois-V-railo Special-V-fog	

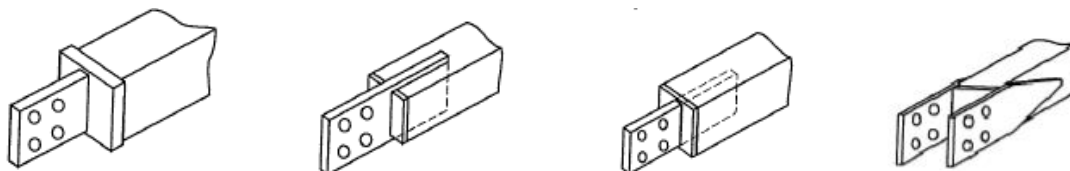
Kuva 7. Suositut railomuotoja (SFS 2143)

Kuvassa 7 standardin SFS 2143 mukaisissa läpihitsaustapauksissa voidaan putkissa käyttää myös toisistaan eroavia seinämäpaksuuksia. Tässä tapauksessa on kuitenkin tarvittavilla ja sopivilla toimenpiteillä saatettava putkien sisäpinnat samaan tasoon hitsiliitoksen edellyttämällä tarkkuudella.

Hitsatusta jatkosliitoksesta voidaan tehdä myös juurituellinen, jolloin railon kapeammalle puolelle (putkiprofiilin sisäpuolelle) liitetään tukipala. Tällöin voidaan eripaksuisia profiileja liittäessä jättää ulkopinnat samaan tasoon. (Vainio 2000.)

### 2.3.2 Ruuviliitos liitoslevyillä

Ruuviliitokset ovat nopeita ja helppoja asentaa työmaolosuhteissa. Liitoksen kaikki hitsausta vaativat osat pyritään tekemään jo konepajalla. On tärkeää, että liitos siirtää kuormia profiilin suhteen mahdollisimman keskeisesti ja että kaikki liitoskomponentit ovat jäykkyyden suhteen homogeenisiä. (Vainio 2000.)



Kuva 8. Putkiprofiilin ruuvijatkos-liitoksia (Vainio 2000)

Tyypillisimpiä ruuveja ovat kuusioruuvit, joiden tunnuksena on M-kirjain. Tämän lisäksi ruuvin tunnuksessa on näkyvässä ruuvin nimellishalkaisija. Tavallisimmin käytetyt ruuvit ovat: M12, M16, M20, M22, M24, M27, M30 JA M36. Lisäksi ruuvit jaetaan lujuusluokkiin, joista yleisimpiä ovat luokat 8.8 ja 10.9. Lujuusluokka määrää ruuvin nimellisen myötörajan ja vetomurtolujuuden arvot (Kaitila ym. 2010), jotka on luettavissa SFS-EN 1993-1-8 luvun 3 taulukosta s.21 (ks. liite 1, taulukko 1).

Ruuviliitokset voivat olla suunnitelman mukaan joko esijännitetyjä tai esijännittämättömiä. Esijännitetyillä liitoksilla on muun muassa suurempi jäykkyys, liukumis- sekä väsymiskestävyys, mutta liitokset vaativat enemmän työvoimaa ja kalustoa. Standardissa SFS-EN 1090-2 on määrätty esijännitettyjen liitoksien toteuttamisesta. Lisäksi esijännitetyille ruuveille, liittyville muttereille ja aluslevyille on määrätty soveltuvuusarvot standardeissa EN 14399-1...10. (Kaitila ym. 2010.)

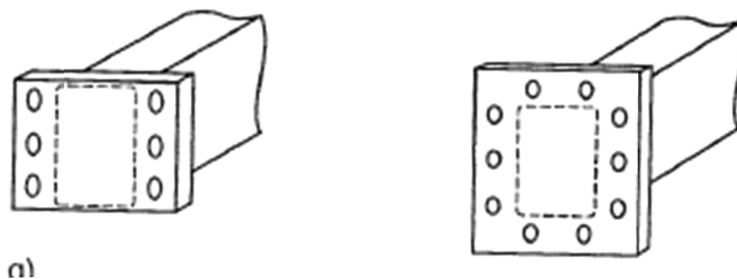
Ruuvien lisäksi liitoksen lujuuteen vaikuttaa liitoslevyt ja ruuvien reikien koko sekä sijoittelu. Standardi SFS-EN 1090-2 määrittelee teräsrakenteille toteutusluokat EXC1, EXC2, EXC3 ja EXC4, jotka ohjaavat koko rakennetta, rakenteen osaa tai tiettyä yksityiskohtaa. Luokkien mukaan määräytyy muun muassa soveltuva liitoslevyn reikien lävistystapa. Samaisessa standardissa

määrätään myös ruuvien nimellisvälykset. Keskiövälien, pääty- ja reunaetäisyyksien maksimiarvot on esitetty standardin SFS-EN 1993-1-8 taulukossa 3.3 sivulla 24. (Kaitila ym. 2010.) (Ks. liite 1, taulukko 4).

Liitoslevyihin toteutetuissa jatkosliitoksissa merkittävimmät jännitykset muodostuvat puristuksesta ja/tai vedosta. Tällöin mitoittavat murtomekanismit ovat yleensä ruuvien leikkautuminen sekä levyosien reunapuristus-, veto- tai palamurto.

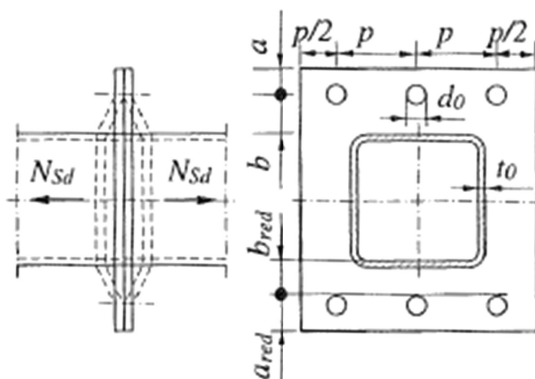
### 2.3.3 Ruuviliitos laipoilla

Laipat eli päätylevyt voidaan asentaa sekä CHS- että RHS-putkien päihin. Käytettäessä laippaliitosta on otettava huomioon eri rasitusten vaikutukset. Vedosta ja momentista aiheutuu ruuveille niiden varren suuntaisia rasituksia. Lisäksi laippojen taipuessa on huomioitava myös mahdollinen vipuvaikutus. Standardissa SFS-EN 1993-1-8 on määrätty ohjeet kyseisen liitoksen mitoittamiseen ja annettu kaavat vipuvaikutuksen laskentaan. (Kaitila 2010.)

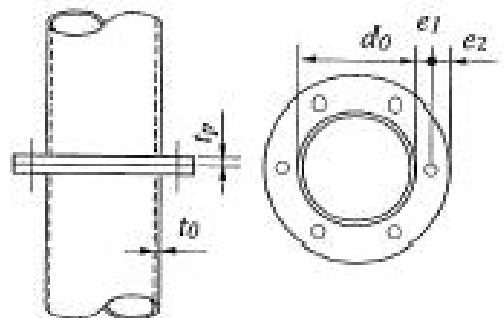


a)

Kuva 9. Esimerkkejä RHS-putken laipoista (Vainio 2000)



Kuva 10. Vedetty jatkosliitos (Vainio 2000)

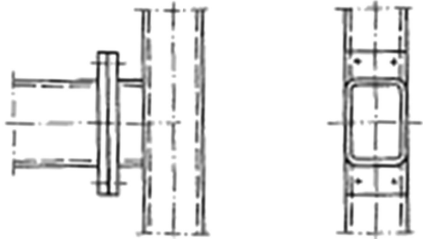
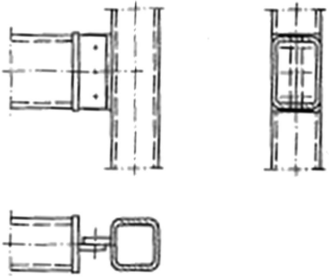
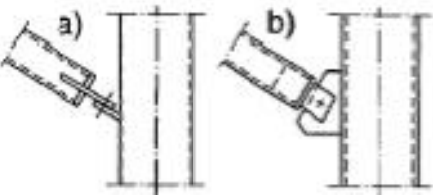
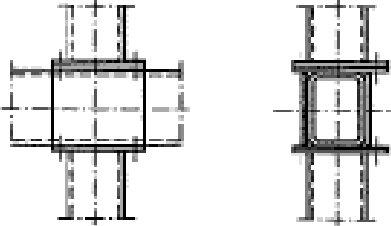


Kuva 11. CHS-putken jatkosliitos laipoilla (Vainio 2000)



## 2.4 Putkiprofiilin liitos pilariin

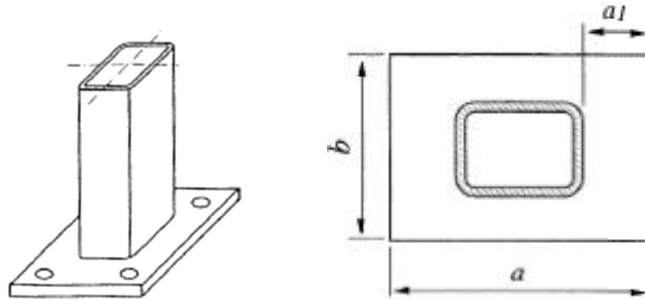
Putkiprofiilin ja pilarin liitoksiin on monia eri vaihtoehtoja. Kuitenkin mikäli liitokselta halutaan jäykkyyttä, on putket varustettava päätylevyillä. Joustavimmat, leikkausvoimia välittävät ruuviliitokset, tarjoavat enemmän säätövaraa, mutta mahdolliset syntyvät momenttirasitukset on tarkastettava. Laippaliitokset välittävät sekä leikkausvoimaa että taivutusmomenttia. Momenttikuormitus siirtyy palkin laipoilta pilarin leikkausvoimaksi, jolloin pilarin uuman leikkauskestävyys tulee tarkistaa. (Vainio 2000.) (Ks. kuva 12.)

<p>1. Putkiprofiilin laippaliitos. Yksinkertaisuutensa ansiosta liitos on suosittu ristikkorakenteissa. Huomioitava vipuvaikutus.</p>	
<p>2. Putkiprofiilin ruuviliitos. Sinällään liitos on epämääräinen taivutukseen nähden. Voidaan jäykistää vahvikelevyillä tai tekemällä kitkaliitos.</p>	
<p>3. Putkiprofiilin vinosideliitos pilariin.</p>	
<p>4. Jatkuvan palkin liitos pilariin. On tärkeää huomioida palkeilta tulevien erisuuruisten kuormien vaikutus pilariin.</p>	

Kuva 12. Esimerkkejä palkin ja pilarin välisistä liitoksista (Vainio 2000)

## 2.5 Putkiprofiilin perustusliitos

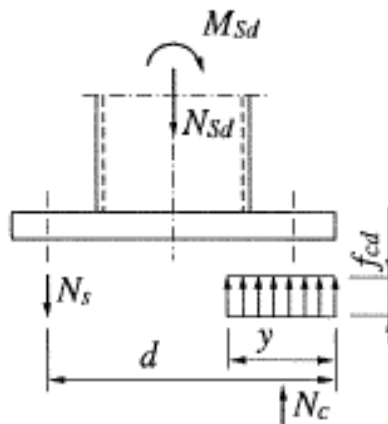
Tyypillisin perustusliitos putkiprofiilipilarille toteutetaan hitsatulla laipallisella pohjalevyllä ja peruspulteilla (ks. kuva 13). Pohjalevyliitos voidaan tehdä nivelelliseksi ja pohjalevyn paksuudella voidaan helposti säädellä liitoksen kapasiteettia. (Vainio 2000.)



Kuva 13. Putkiprofiilin perustusliitoksen pohjalevy (Vainio 2000)

Puhtaasti nivelellisessä liitoksessa vaikuttaa ainoastaan normaalivoima, jolloin mitoituksessa tulee ottaa huomioon perustuksen kestävyys ja muodostuva pintapaine. Pohjalevyä valittaessa se voidaan ajatella ulokepalkkina, jonka paksuus mitoitetaan pohjapaineen aiheuttamalle taivutuskuormalle. (Vainio 2000.)

Jäykässä liitoksessa pohjalevy voidaan mitoittaa samalla tavalla kuin nivelellisessä liitoksessa, mutta peruspultit tulee tarkastaa myös vetokuormituksen suhteen (ks. kuva 14). Pulteille lasketaan myös asennuksen aikainen kuormitustilanne ennen jälkivalua, jolloin kaikki voimat siirtyvät niiden kautta (Vainio 2000). Perustusliitoksen voi toteuttaa myös ilman jälkivalua, kun se otetaan mitoituksessa huomioon.

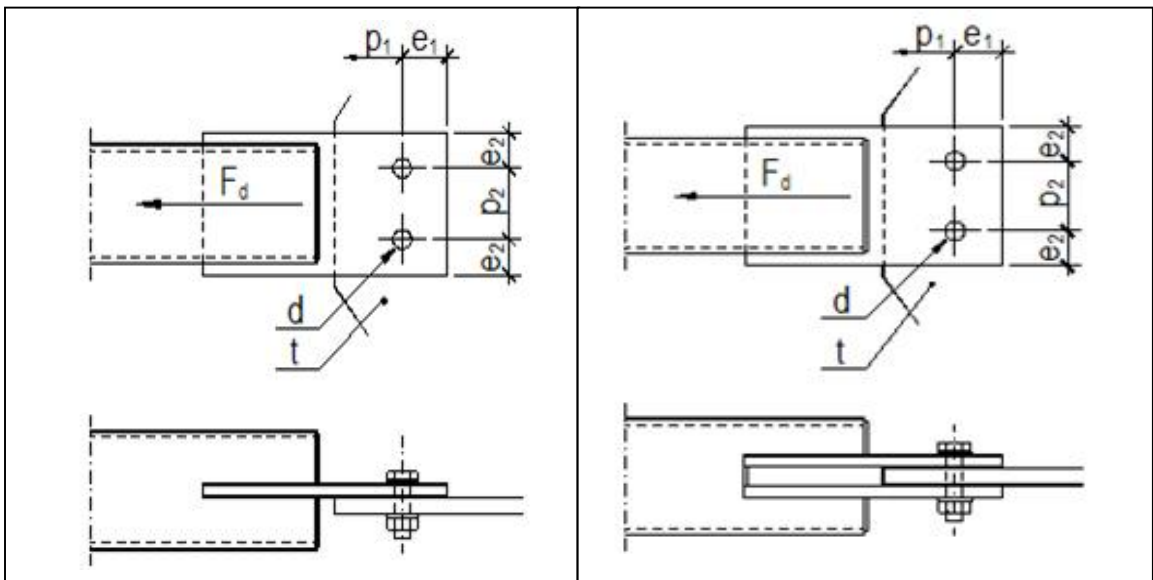


Kuva 14. Jäykän perustusliitoksen voimat (Vainio 2000)

### 3 PUTKIPROFIILIN SIDELIITOKSEN MITOITUS

Tässä osiossa tarkastelen sideliitoksen komponentteja sekä niiden mitoitusta eurokoodin mukaisen laskennan näkökulmasta. Tarkastelussani ovat 1- ja 2-leikkeiset sideliitokset (ks. kuva 15), joissa päälevyt on upotettu putkiprofiileihin leikattuihin hahloihin ja kiinnitetty hitsaamalla.

Olen lisäksi koonnut kaavioita, joissa tarkastelen liitoksen eri komponenttien vaikutuksia liitoksen kestävyteen. Kaaviovertailussa (ks. kaaviot 1-3) olen käyttänyt upotettua liitoslevyä käyttäen koottua sideliitosta RHS 150x150x5 profiililla (ks. luku 4.1).



Kuva 15. 1- ja 2-leikkeiset sideliitokset (AKO)

#### 3.1 Ruuvien leikkauskestävyys

Ruuvi voi leikkautua oli liitos sitten vedetty tai puristettu. Standardissa SFS-EN 1993-1-8 taulukossa 3.4 sivulla 28 on kaava yhden ruuvin leikkauskestävyyden  $F_{v,Rd}$  laskentaan:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v * f_{ub} * A}{\gamma_{M2}} \quad (1)$$

missä  $\alpha_v = 0,6$  lujusluokilla 4.6, 5.6 ja 8.8 tai kun ruuvin kierteetön osa on leikkaustasossa

$\alpha_v = 0,5$  lujusluokilla 4.8, 5.8, 6.8 ja 10.9

$f_{ub}$  = ruuvien vetomurtolujuus (ks. liite 1, taulukko 1)

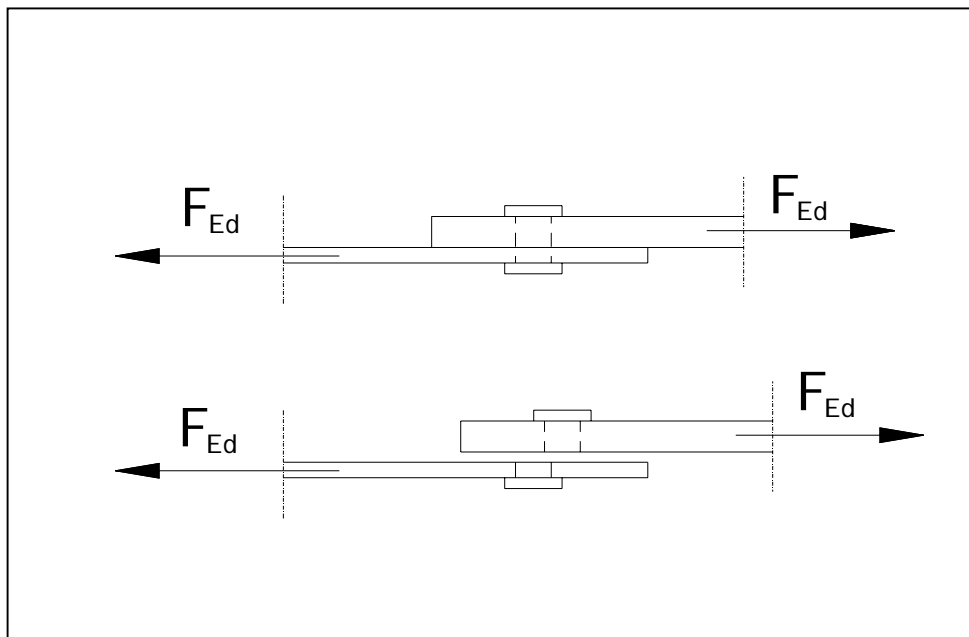
$A$  = ruuvien poikkileikkauksen pinta-ala =  $(\pi * d^2) / 4$

**Huom.** Jos ruuvien kierteet ovat leikkaustasossa, käytetään  $A = A_s$ ; ( $A_s \sim 0,78 * A$ , mutta) tarkat  $A_s$ -arvot voi ottaa standardista SFS-EN ISO 898-1 tai ruuvitoimittajilta.

$d$  = ruuvien halkaisija

$\gamma_{M2}$  = osavarmuusluku (ks. liite 1, taulukko 2)

Liitoksen ruuvien yhteenlaskettu leikkauslujuuden arvo  $F_{Rd}$  saadaan kertomalla  $F_{v,Rd}$  liitoksen ruuvien ja leikkeiden määrällä. Esimerkiksi liitoksen ollessa 2-leikkeinen ja kiinnitetty neljällä ruuvilla  $F_{Rd} = 2 * 4 * F_{v,Rd}$ . Kestävyyden ehto:  $F_{Rd} \geq F_{Ed}$ .



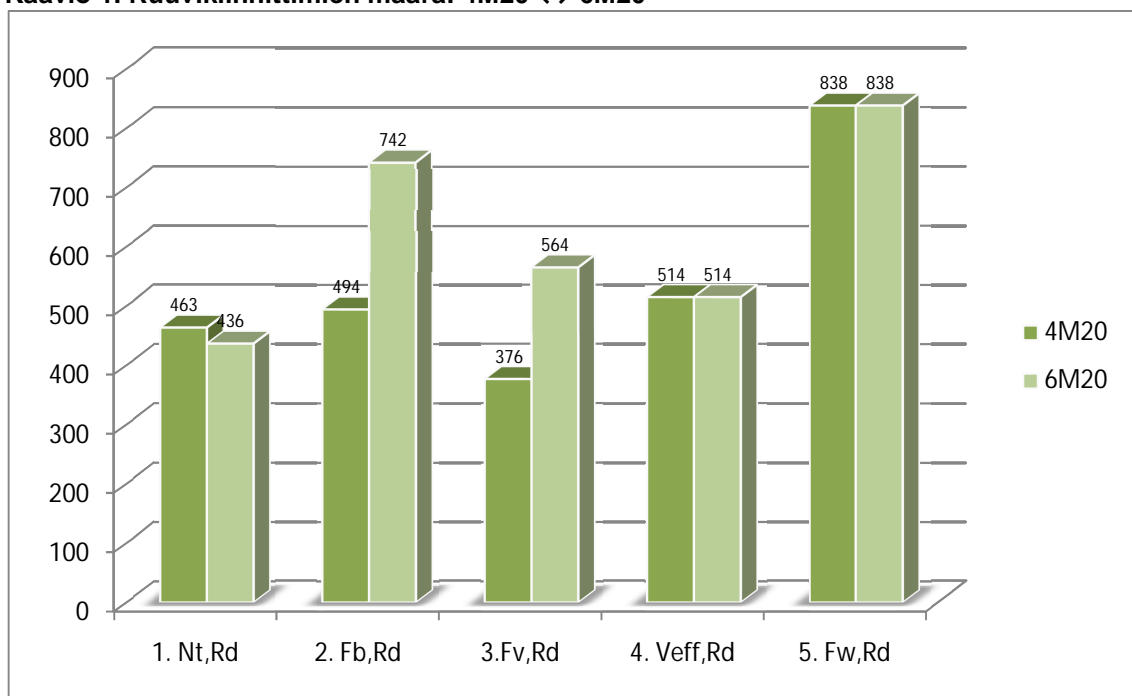
Kuva 16. Ruuvien leikkausmurto

Seuraavissa kaavioissa on esitetty, kuinka liitoksen kestävyysarvoihin vaikuttaa, kun neljän M20 ruuvien sijaan on käytetty kuutta ruuvia, kun M20 ruuvien sijaan on käytetty M24 ruuveja ja kun liitos vaihdetaan 1-leikkeisestä 2-leikkeiseksi. Tarkasteltu liitos on lähtötiedoiltaan 1-leikkeinen, ruuvit 4M20, liitoslevyjen paksuus 10 mm ja teräslaji S355. Mitoituskuormana on käytetty 305 kN.

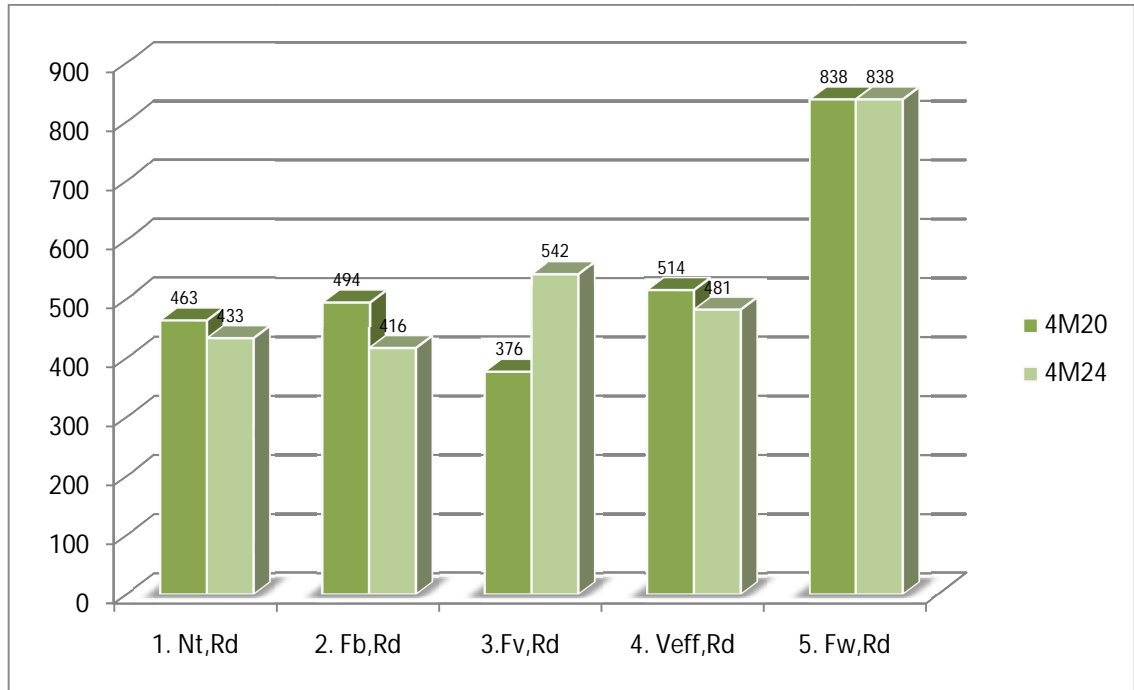
Pystyakselilla on liitoksen kestävyysarvot [kN]. Vaaka-akselilla on liitoksen tarkasteltava kestävyys:

1.  $N_{t,Rd}$  = liitoslevyn poikkileikkauksen vetokestävyys
2.  $F_{b,Rd}$  = liitoslevyn reunapuristuskestävyys
3.  $F_{v,Rd}$  = ruuvien leikkauskestävyys
4.  $V_{eff,Rd}$  = liitoslevyn palamurtokestävyys
5.  $F_{w,Rd}$  = kylkipienahitsin kestävyys putkiprofiilissa

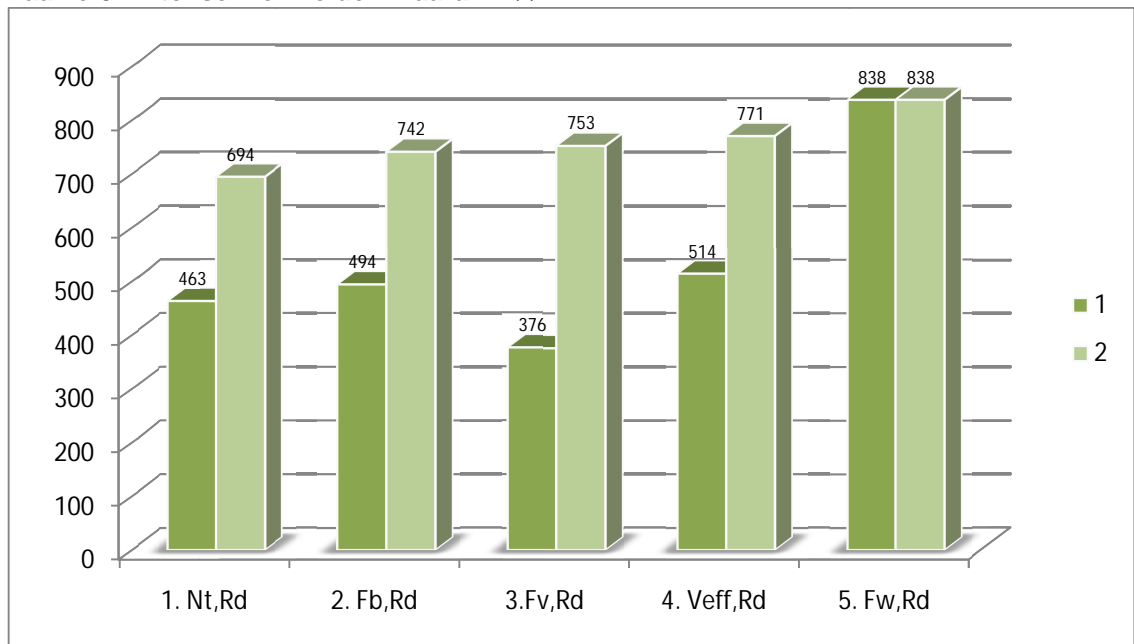
**Kaavio 1. Ruuvikiinnittimien määrä: 4M20 ↔ 6M20**



**Kaavio 2. Ruuvikiinnittimien koko: M20 ↔ M24**



**Kaavio 3. Liitoksen leikkeiden määrä: 1 ↔ 2**



Kaavioista näemme, että ruuvien määrää lisäämällä voimme vaikuttaa merkittävästi liitoslevyjen reunapuristuskestävyyteen sekä ruuvien leikkauskestävyyteen. Ruuvien paksuuden kasvattaminen vaikutti positiivisesti ruuvien leikkauskestävyyteen, mutta hieman heikentävästi liitoslevyn kestävyysiin. Selkeästi kaikista eniten liitoksen kestävyys vaikuttaa leikkeiden määrää. Millään näistä tekijöistä ei ollut vaikutusta hitsien kestävyys.

## 3.2 Liitoslevyjien kestävydet

Oleellisesti liitoslevyjien kestävyteen ja murtomekanismeihin vaikuttaa ruuvien reikien koot sekä niiden reuna- ja keskiöetäisyydet. Normaaliin pyöreiden reikien halkaisija  $d_0$  määräytyy ruuvien nimellishalkaisijan mukaan seuraavasti:

$$\begin{aligned}d &\leq 14 \text{ mm}, & d_0 &= d + 1 \text{ mm} \\14 &\leq d \leq 24 \text{ mm}, & d_0 &= d + 2 \text{ mm} \\d &\geq 27 \text{ mm}, & d_0 &= d + 3 \text{ mm}.\end{aligned}$$

Ylisuurille ja pidennetyille rei'ille on myös annettu omat arvot standardissa SFS-EN 1090-2 (ks. liite 1 taulukko 3). Minimi- ja maksimiarvot reikien reuna- ja keskiöetäisyyksille voidaan määrittää standardin SFS-EN 1993-1-8 sivun 24 taulukon 3.3 mukaan (ks. liite 1, taulukko 4). Reunaetäisyyksiä merkitään symboleilla  $e_1$  sekä  $e_2$  ja keskiöetäisyyksiä symboleilla  $p_1$  ja  $p_2$ .

### 3.2.1 Reunapuristuskestävyys

Reunapuristuksessa levyn osa voi murtua tai revetä ruuvien kohdalta (ks. kuva 18). Reunapuristuskestävyys  $F_{b,Rd}$  lasketaan standardin SFS-EN 1993-1-8 sivun 28 taulukon 3.4 mukaan seuraavasti:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 * \alpha_b * f_u * d * t}{\gamma_{M2}} \quad (2)$$

missä  $k_1$  = pienin arvoista:

reunarivin ruuveille:  $2,8 * (e_2/d_0) - 1,7$  ja  $2,5$

muille kuin pään ruuveille:  $1,4 * (p_2/d_0) - 1,7$  ja  $2,5$

$\alpha_b$  = pienin arvoista  $\alpha_d$ ;  $(f_{ub}/f_u)$  ja  $1,0$

jossa  $\alpha_d$  = levyn pään ruuveille:  $e_1/(3 * d_0)$

ja muille kuin pään ruuveille:  $p_1/(3 * d_0) - (1/4)$

$f_{ub}$  = ruuvien vetomurtolujuus (ks. liite 1, taulukko 1)

$f_u$  = rakenneteräksen vetomurtolujuus (ks. liite 1, taulukko 5)

$d$  = pultin halkaisija

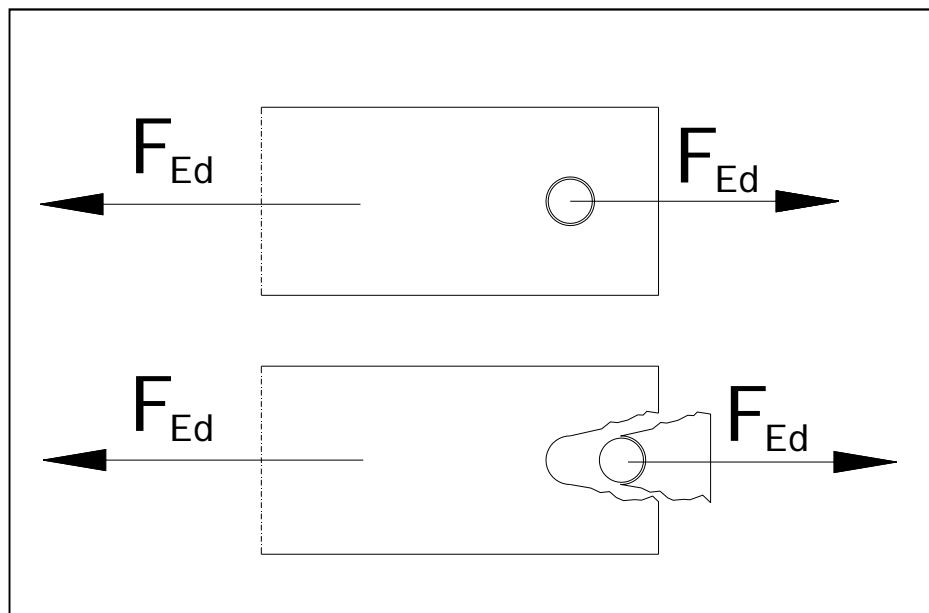
$d_0$  = reiän halkaisija (ks. liite 1, taulukko 3)

$t$  = levyosan paksuus

$\gamma_{M2}$  = osavarmuusluku (ks. liite 1, taulukko 2)

Liitoksen siteen levyjen yhteenlaskettu reunapuristuskestävyyden arvo  $F_{Rd}$  saadaan kertomalla  $F_{b,Rd}$  liitoksen ruuvien ja leikkeiden määrällä. Esimerkiksi liitoksen ollessa kiinnitetty neljällä ruuvilla ja ollessa 2-leikkeinen  $F_{Rd} = 4 * 2 * F_{b,Rd}$ . Kestävyyden ehto:  $F_{Rd} \geq F_{Ed}$ .

2-leikkeisellä liitoksella kuitenkin mitoittavaksi tulee usein vastinlevy, vaikka se olisikin siteen levyjä paksumpi. Vastinlevyn reunapuristuskestävyys tulee siis myös aina tarkastaa ja sitä laskettaessa leikkeiden määrää ei huomioida.



Kuva 17. Liitoslevyn reunapuristusmurto

### 3.2.2 Palamurtumiskestävyys

Palamurrossa ruuviryhmä irtoaa levyn perusaineen leikkausmurtuessa pitkin ruuvien keskilinjoja (ks. kuva 19). Riippuen ruuviryhmästä, palamurto voi tapahtua useallakin eri tavalla. (Kuvan 19 tapaus 2 voidaan käsitellä myös levyosan vetomurtona.) Standardin SFS-EN 1993-1-8 kohdassa 3.10.2 sivulla 34 annetaan seuraavat ohjeet palamurtumiskestävyden laskentaan:

kun symmetriseen ruuviryhmään kohdistuu keskeinen kuorma:



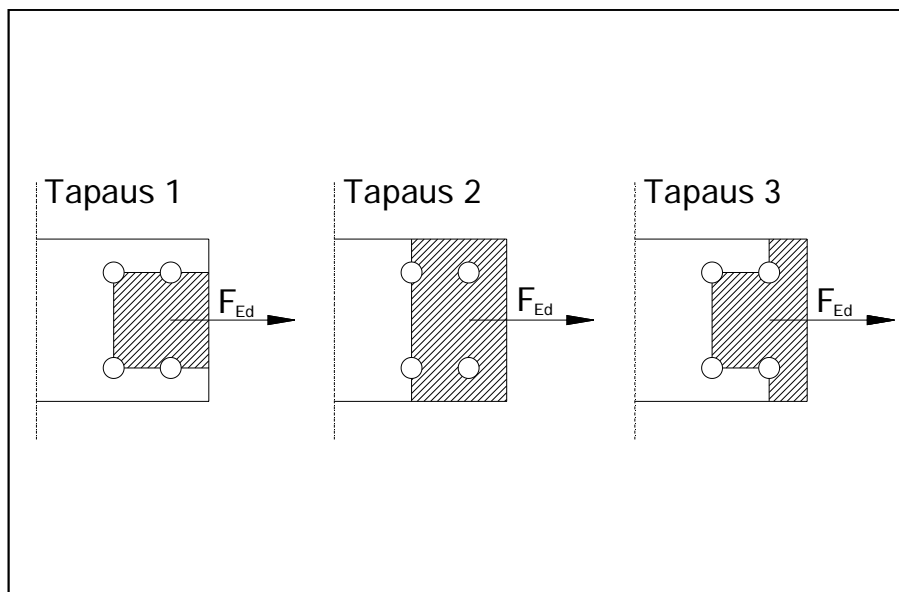
$$V_{eff,1,Rd} = \frac{f_u * A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right) \frac{f_y * A_{nv}}{\gamma_{M0}} \geq F_{Ed} \quad (3)$$

kun ruuviryhmään kohdistuu epäkeskeinen kuorma:

$$V_{eff,2,Rd} = 0,5 \frac{f_u * A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right) \frac{f_y * A_{nv}}{\gamma_{M0}} \geq F_{Ed} \quad (4)$$

joissa  $f_u$  = vetomurtolujuus (ks. liite 1, taulukko 5)  
 $A_{nt}$  = vedon rasittama nettopinta-ala  
 $\gamma_{M2}$  ja  $\gamma_{M0}$  = osavarmuuslukuja (ks. liite 1, taulukko 2)  
 $f_y$  = levyosan myötöraja (ks. liite 1, taulukko 5)  
 $A_{nv}$  = leikkauksen rasittama nettopinta-ala  
 $F_{Ed}$  = rakenteeseen kohdistuva murtorajatilan mitoituskuorma

Kun nettopinta-aloja lasketaan eri murtomekanismeja vastaaviksi, löydetään rakenteen todennäköisin palamurtumistapaus. Kun kyseessä on 2-leikkeinen sideliitos, tulee (laskettaessa siteen levyjä) kestävyys arvo kertoa kahdella ja liitoksen kaikkien liitoslevyjen palamurtumiskestävyys on hyvä tarkastaa erikseen, sillä ne ovat usein eripaksuisia. Laskettaessa vastinlevyn palamurtokestävyttä ei leikkeiden määrää huomioida.



Kuva 18. Erilaisia palamurtumismekanismeja

### 3.2.3 Levyn perusaineen vetokestävyys

Liitoslevyjen vetokestävyys on luonnollisesti heikoimmillaan reikien kohdalta, jossa poikkileikkauksen pinta-ala on pienimmillään. Kuvassa 19 tapaus 2 voidaan luokitella myös vetomurtomekanismiksi, koska poikkileikkaus katkeaa koko pituudelta ja suoraviivaisesti. Vetomurto on esitetty myös kuvassa 20.

Standardin SFS-EN 1993-1-1 sivulla 52 luvussa 6.2.3 on laskentakaavat reiällisen poikkileikkauksen vetokestävyydelle  $N_{t,Rd}$ , joka on pienempi arvoista:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} \geq N_{Ed} \quad (5)$$

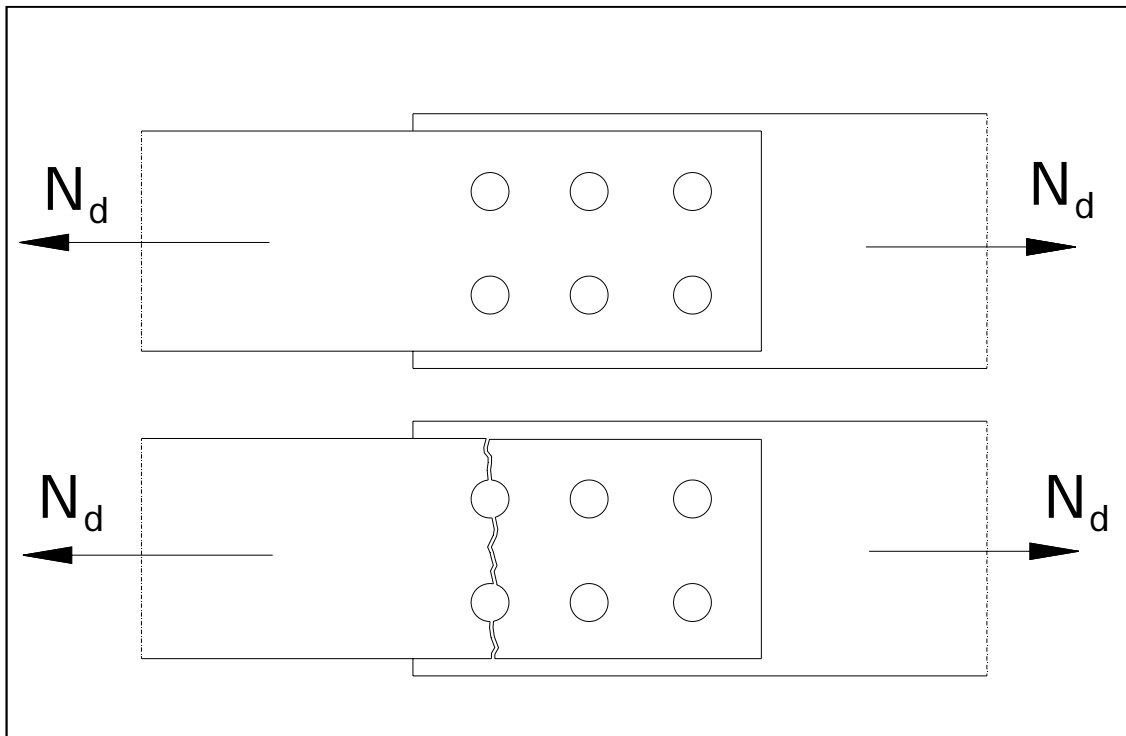
$$\text{ja} \quad N_{u,Rd} = \frac{0,9 * A_{net} * f_u}{\gamma_{M2}} \geq N_{Ed} \quad (6)$$

joissa  $A$  = liitoslevyn poikkileikkauksen bruttopinta-ala  
 $f_y$  = myötörajan nimellisarvo (ks. liite 1, taulukko 5)  
 $\gamma_{M0}$  ja  $\gamma_{M2}$  = osavarmuuslukuja (ks. liite 1, taulukko 2)  
 $N_{Ed}$  = rakenteeseen kohdistuva murtorajatilan mitoituskuorma  
 $A_{net}$  = liitoslevyn poikkileikkauksen nettopinta-ala =  $t * (b - n * d_0)$   
missä  $t$  = levyosan paksuus  
 $b$  = levyosan leveys  
 $n$  = reikien lukumäärä leikkaustasossa  
 $d_0$  = reiän halkaisija (ks. liite 1, taulukko 3)  
 $f_u$  = vetomurtolujuus (ks. liite 1, taulukko 5)

Kaavassa 5 on laskettu levyrakenteen bruttopoikkileikkauksen kestävyuden mitoitusarvo plastisuusteorian mukaan ja kaavassa 6 nettopoikkileikkauksen kestävyuden mitoitusarvo. Näistä yleensä jälkimmäinen tulee mitoittavaksi, mutta ilman täyttä varmuutta asia tulee tarkistaa.

Mikäli liitos on 2-leikkeinen tulee vetokestävyuden arvo ( $N_{u,Rd}$  tai  $N_{pl,Rd}$ ) kertoa kahdella laskettaessa siteen liitoslevyjä, jotta saadaan liitoksen kokonais-

vetokestävyys  $N_{t,Rd}$ . Vastinlevyn vetokestävyyttä laskettaessa leikkeiden määrää ei huomioida.

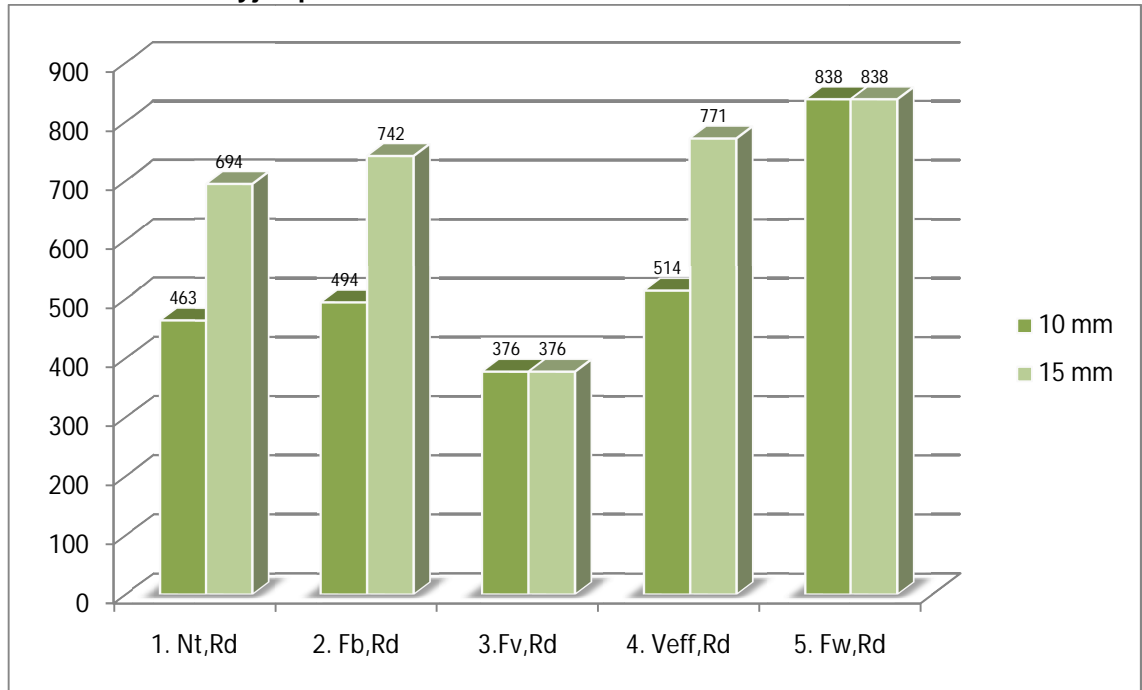


Kuva 19. Liitoslevyn vetomurto

Seuraavissa kaaviossa 4–5 on esitetty, kuinka liitoslevyjen paksuuden muuttaminen 10 mm:stä 15 mm:iin tai ruuvirivien sijoittelu vaikuttaa liitoksen kestävyysarvoihin. Tarkasteltu liitos on lähtötiedoiltaan 1-leikkeinen, ruuvit 4M20, liitoslevyjen paksuus 10 mm ja teräslaji S355. Mitoituskuormana on käytetty 305 kN. Pystyakselilla on liitoksen kestävyysarvot [kN]. Vaaka-akselilla on liitoksen tarkasteltava kestävyys:

1.  $N_{t,Rd}$  = liitoslevyn poikkileikkauksen vetokestävyys
2.  $F_{b,Rd}$  = liitoslevyn reunapuristuskestävyys
3.  $F_{v,Rd}$  = ruuvien leikkauskestävyys
4.  $V_{eff,Rd}$  = liitoslevyn palamurtokestävyys
5.  $F_{w,Rd}$  = kylkipienahitsin kestävyys putkiprofiilissa

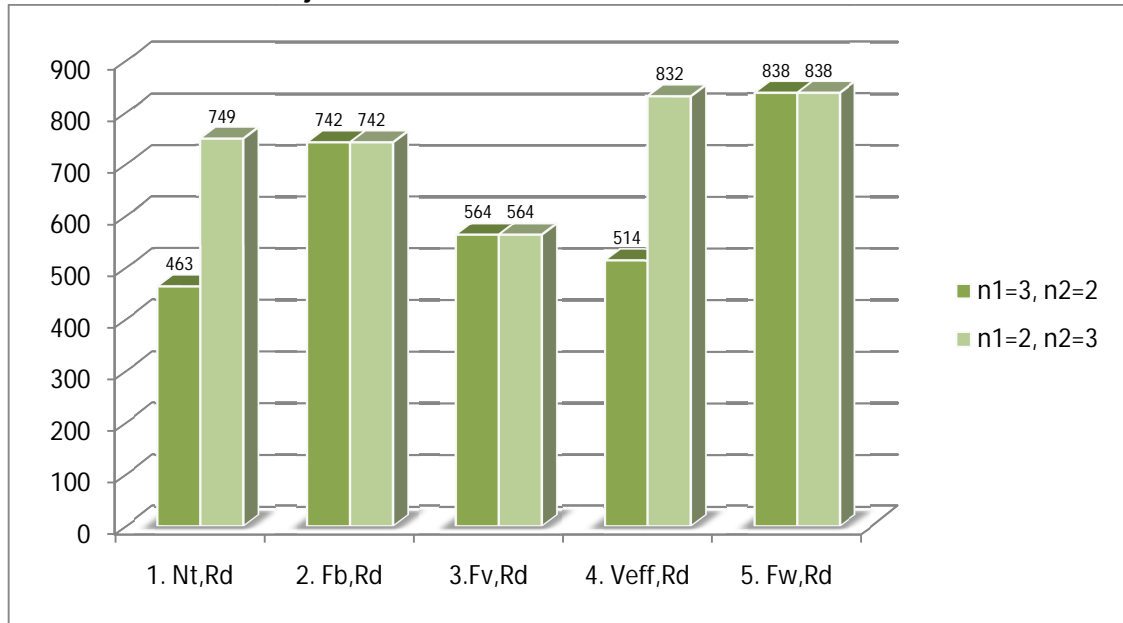
**Kaavio 4. Liitoslevyjien paksuudet: 10mm ↔ 15mm**



Liitoslevyjien paksuus vaikuttaa merkittävästi levyjen poikkileikkaus-, reunapuristus- sekä palamurtumiskestävyyteen. Ruuvien leikkauskestävyyteen tai kylkipienahitsien kestävyysiin liitoslevyjien paksuuksilla ei ole vaikutusta.

Seuraavassa kaaviossa 5 on verrattu tilanteita, joissa ruuvirivit ovat vaihtoehtoisesti vaaka- tai pystyasennoissa. Ensimmäisessä tapauksessa liitoksen suuntaisia eli pituussuuntaisia ( $n_1$ ) ruuveja on 3 ja vaakasuuntaisia ( $n_2$ ) ruuveja on 2. Toisessa tapauksessa pituussuuntaisia ruuveja on 2 ja vaakasuuntaisia 3.

**Kaavio 5. Ruuvirivien sijoittelu: 3x2 ↔ 2x3**



Kaaviosta voi havaita, että liitoslevyjen veto- ja palamurtokestävydet ovat selvästi suuremmat käytettäessä useampia ruuveja vaakasuunnassa kuin pituussuunnassa. Tämä kuitenkin edellyttää leveämpää liitoslevyä, joka taas voi vaikuttaa profiilin koon valintaan ja sitä kautta muihin kestävyysarvoihin sekä kustannuksiin.

### 3.2.4 Levyn perusaineen puristuskestävyys

Pitkissä liitoksissa ja käytettäessä suhteessa hoikkia levyrakenteita voi rakennelevy nurjahtaa eri tavoilla puristuksessa (ks. kuva 21). Käytännössä kuitenkin usein käytetään niin paksuja ja/tai lyhyitä levyjä, ettei nurjahtaminen pääse mitoittamaan rakennetta.

Standardissa SFS-EN 1993-1-1 sivun 53 luvussa 6.2.5 on laskentakaavat poikkileikkauksen puristuskestävyyden mitoitusarvon laskentaan seuraavasti:

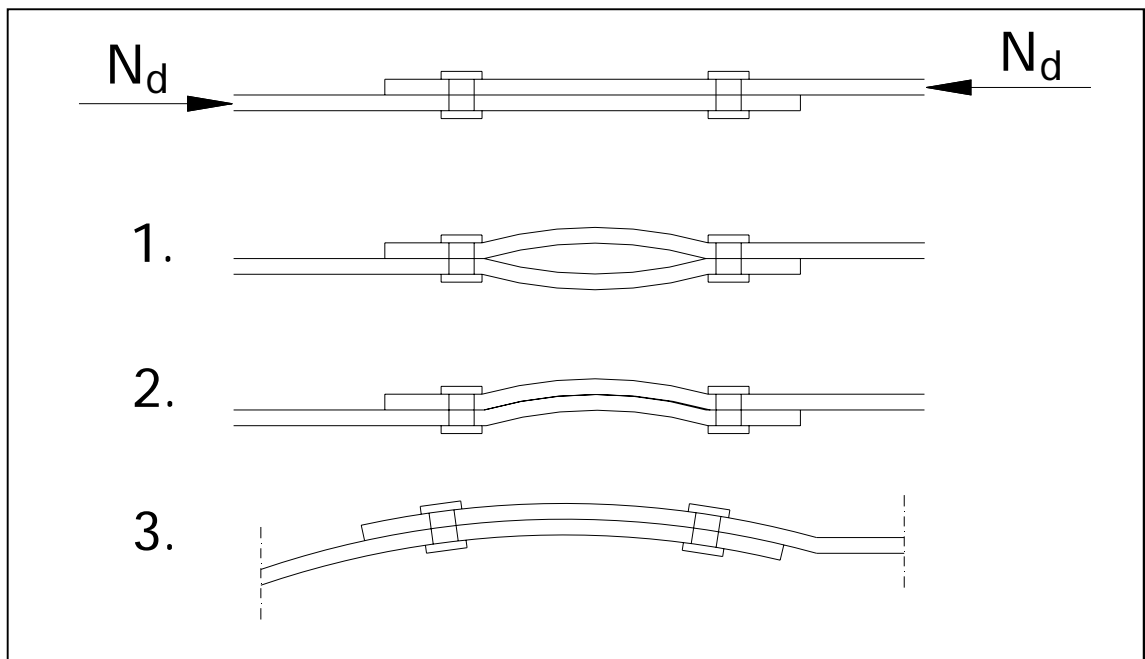
Poikkileikkausluokissa 1, 2 ja 3:

$$N_{c,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} \geq N_{Ed} \quad (7)$$

Poikkileikkausluokassa 4:

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} * f_y}{\gamma_{M0}} \geq N_{Ed} \quad (8)$$

joissa  $A$  = liitoslevyn poikkileikkauksen bruttopinta-ala  
 $f_y$  = myötörajan nimellisarvo (ks. liite 1, taulukko 5)  
 $\gamma_{M0}$  = osavarmuusluku (ks. liite 1, taulukko 2)  
 $N_{Ed}$  = rakenteeseen kohdistuva murtorajatilan mitoituskuorma  
 $A_{eff}$  = poikkileikkauksen tehollinen pinta-ala tasaisessa puristuksessa



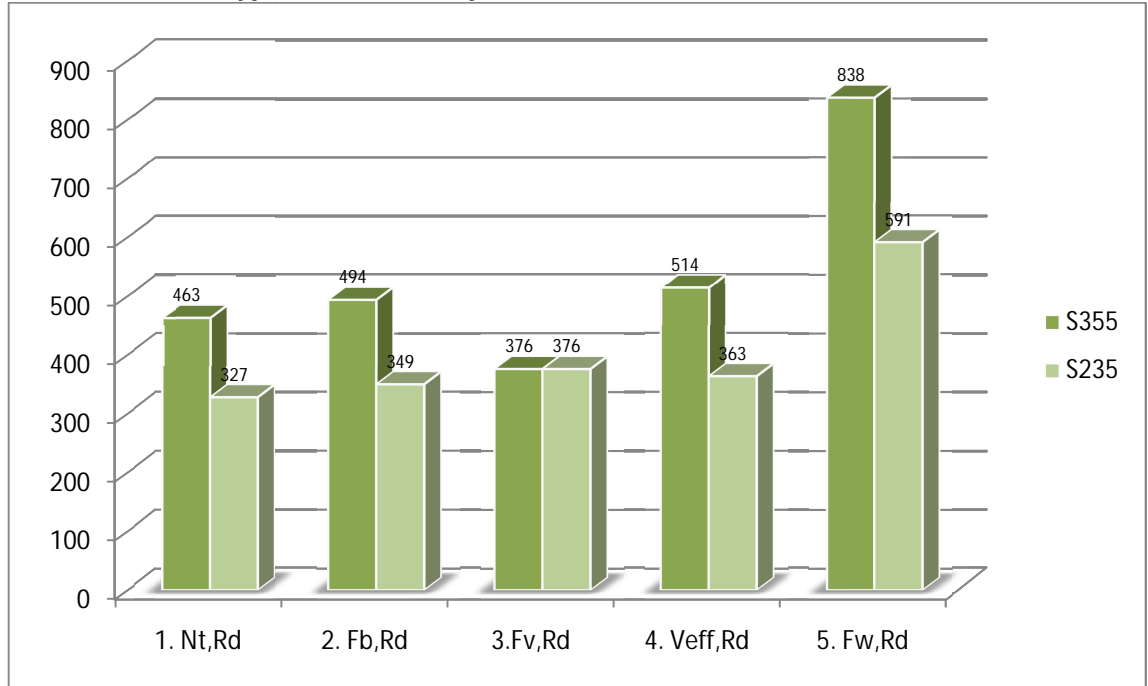
Kuva 20. Levyrakenteen nurjahdus

Seuraavassa kaaviossa on esitetty, kuinka liitoslevyjen teräslajin muuttaminen S355:stä S235:teen vaikuttaa liitoksen kestävyysarvoihin. Tarkasteltu liitos on lähtötiedoiltaan 1-leikkeinen, ruuvit 4M20, liitoslevyjen paksuus 10 mm ja teräslaji S355. Mitoituskuormana on käytetty 305 kN. Pystyakselilla on liitoksen kestävyysarvot [kN]. Vaaka-akselilla on liitoksen tarkasteltava kestävyys:

1.  $N_{t,Rd}$  = liitoslevyn poikkileikkauksen vetokestävyys
2.  $F_{b,Rd}$  = liitoslevyn reunapuristuskestävyys

3.  $F_{v,Rd}$  = ruuvien leikkauskestävyys
4.  $V_{eff,Rd}$  = liitoslevyn palamurtokestävyys
5.  $F_{w,Rd}$  = kylkipienahitsin kestävyys putkiprofiilissa

**Kaavio 6. Liitoslevyjen materiaalin lujuus: S355 ↔ S235**



Teräsmateriaalin muuttaminen lujuusluokasta S355 lujuusluokkaan S235 vaikuttaa merkittävästi liitoslevyjen kestävyysiin ja eniten kylkipienahitsien kestävyys. Ruuvien leikkauslujuuteen liitoslevyjen materiaalin lujuusluokalla ei ole vaikutusta.

### 3.3 Putkiprofiilin kestävyudet

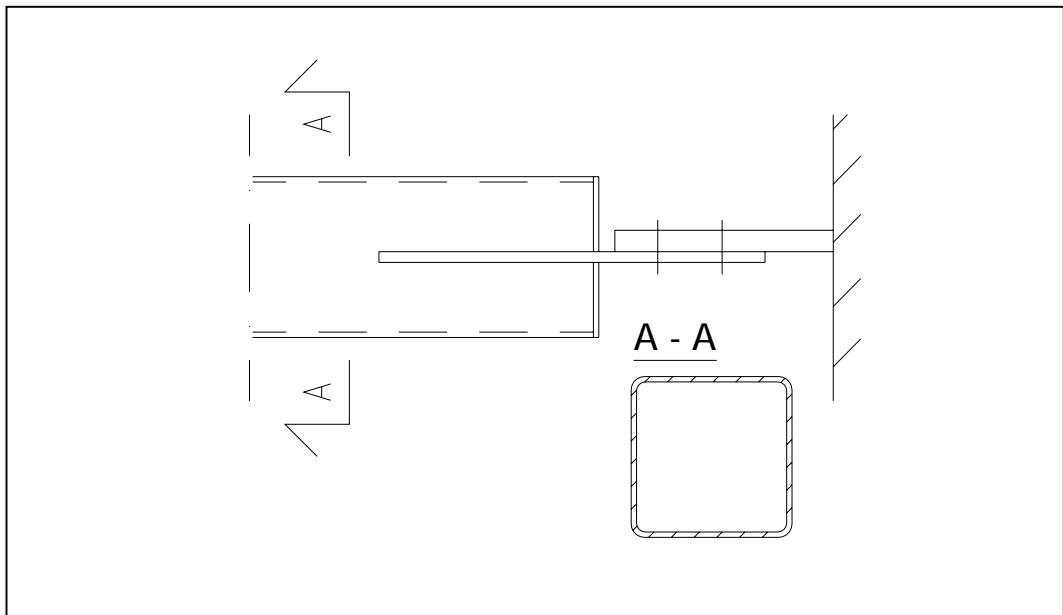
Tässä osiossa tarkastelen putkiprofiilin kestävyuden laskentaa vetorasitukselle. Laskennalla varmistetaan, että profiili on riittävä liitoksen kuormille. Käytettäessä valmiita standardiprofiileja putkien poikkileikkausluokat, puristus- ja nurjahduskestävyyksien arvot löytyvät valmistajan omista taulukoista. Mikäli käytetään hitsattuja profiileja, tulee nurjahduskestävyys laskea poikkileikkausluokan mukaan (ks. luku 3.2.4).

### 3.3.1 Putkiprofiilin bruttopoikkileikkauksen vetokestävyys

Putkiprofiilin perusaineen kestävyyttä  $N_{pl,Rd}$  laskettaessa sovelletaan samaa kaavaa kuin laskettaessa liitoslevyn perusaineen vetokestävyyttä (ks. luku 3.2.3):

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} \geq N_{Ed} \quad (9)$$

missä  $A$  = putkiprofiilin bruttopoikkileikkauksen pinta-ala  
 $f_y$  = myötörajan nimellisarvo (ks. liite 1, taulukko 6)  
 $\gamma_{M0}$  = osavarmuusluku (ks. liite 1, taulukko 2)  
 $N_{Ed}$  = rakenteeseen kohdistuva murtorajatilan mitoituskuorma



Kuva 21. Esimerkki putkiprofiilin bruttopoikkileikkauksesta

### 3.3.2 Putkiprofiilin nettopoikkileikkauksen vetokestävyys

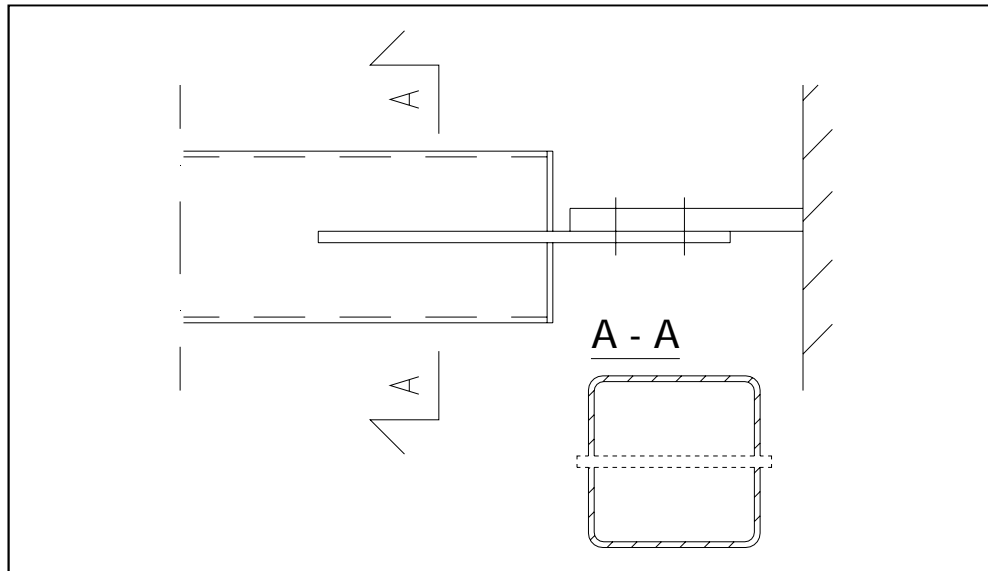
Nettopoikkileikkauksen, eli putkiprofiilin siteen kohdan (ks. kuva 22), perusaineen kestävyyttä tarkastellaan samalla tavoin kuin levyrakenteen vetokestävyyttä ruuvien kohdalla (ks. luku 3.2.3). Standardin SFS-EN 1993-1-1 luvun 6.2.3 mukaan poikkileikkauksen vetokestävyuden arvoa  $N_{t,Rd}$  vastaa pienempi seuraavista:



$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} \geq N_{Ed} \quad (10)$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 * A_{net} * f_u}{\gamma_{M2}} \geq N_{Ed} \quad (11)$$

joissa  $A$  = putkiprofiilin bruttopoikkileikkauksen pinta-ala  
 $f_y$  = myötörajan nimellisarvo (ks. liite 1, taulukko 6)  
 $\gamma_{M0}$  ja  $\gamma_{M2}$  = osavarmuuslukuja (ks. liite 1, taulukko 2)  
 $N_{Ed}$  = rakenteeseen kohdistuva murtorajatilan mitoituskuorma  
 $A_{net}$  = liitoslevyn nettopoikkileikkauksen pinta-ala  
 $= A - (n * 2 * t_w * t_p)$   
 missä  $n$  = leikkeiden määrä  
 $t_w$  = putkiprofiilin seinämän paksuus  
 $t_p$  = sisäänvedetyn liitoslevyn paksuus

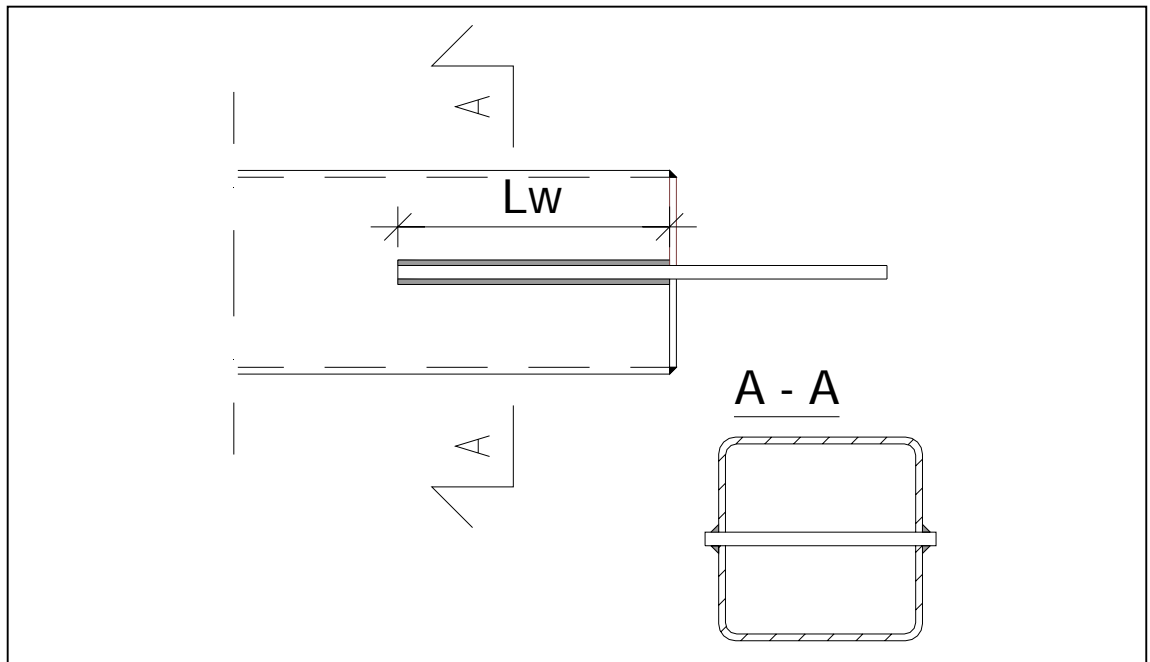


Kuva 22. Esimerkki putkiprofiilin nettopoikkileikkauksesta

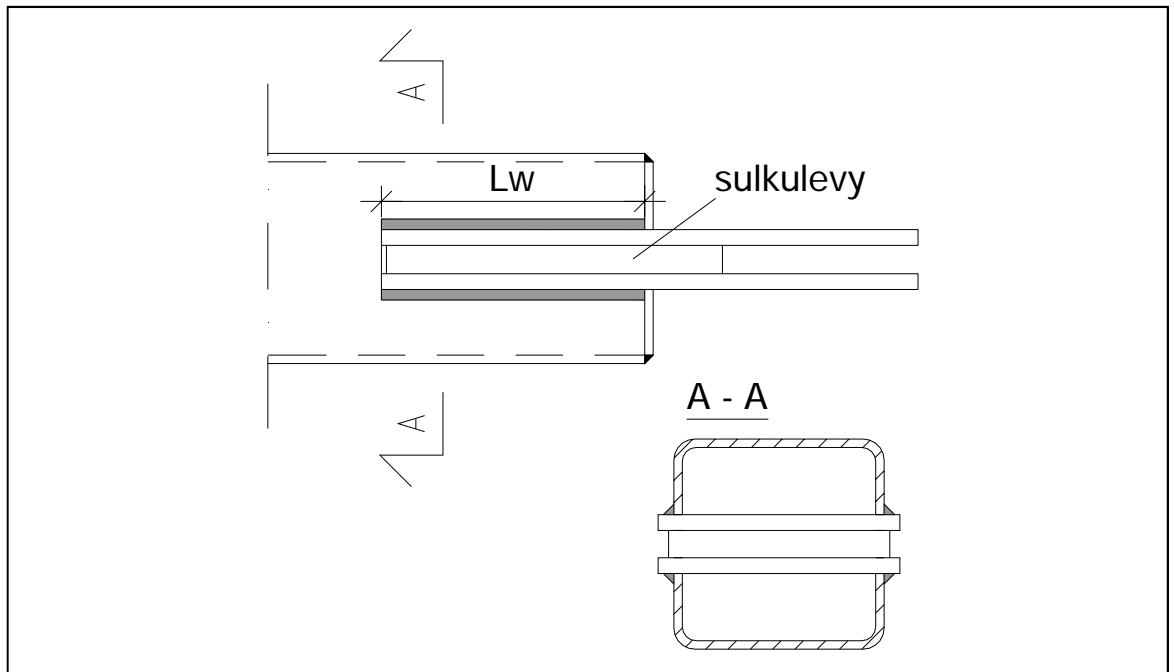
### 3.4 Hitsien kestävydet

Standardissa SFS-EN 1993-1-8 määritellään pienahitsien kestävydet, kun liitospintojen muodostama kulma on 60–120°. Pienahitsit hitsataan, mikäli se on liitoksen muodon kannalta mahdollista, jatkuvina sekä täysikokoisina kulman ympäri kaksi kertaa hitsin kyljen pituiseksi. Kestävyyden mitoitusarvo voidaan

laskea joko yksinkertaistetun menetelmän tai komponenttimenetelmän avulla.  
Kuvissa 23 ja 24 on esitelty liitoslevyjen hitsit profiilin siteeseen.



**Kuva 23. 1-leikkeisen sideliitoksen hitsit**



**Kuva 24. 2-leikkeisen sideliitoksen hitsit**

### 3.4.1 Yksinkertaistettu menetelmä

Pienahitsin kestävyys voidaan olettaa riittäväksi, jos hitsin koko pituudella sen jokaisessa pisteessä kaikkien voimien resultantti täyttää seuraavan ehdon:

$$F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd} \quad (12)$$

missä  $F_{w,Ed}$  = hitsin pituusyksikköä kohden vaikuttava mitoitusvoima  
 $F_{w,Rd}$  = hitsin pituusyksikön kestävyuden mitoitusarvo, joka lasketaan kaavasta:

$$F_{w,Rd} = f_{vw.d} * a \quad (13)$$

missä  $a$  = pienahitsin efektiivinen a-mitta [mm]  $\geq 3$  mm (ks. kuva 25)  
 $f_{vw.d}$  = hitsin leikkauslujuuden mitoitusarvo, joka lasketaan kaavasta:

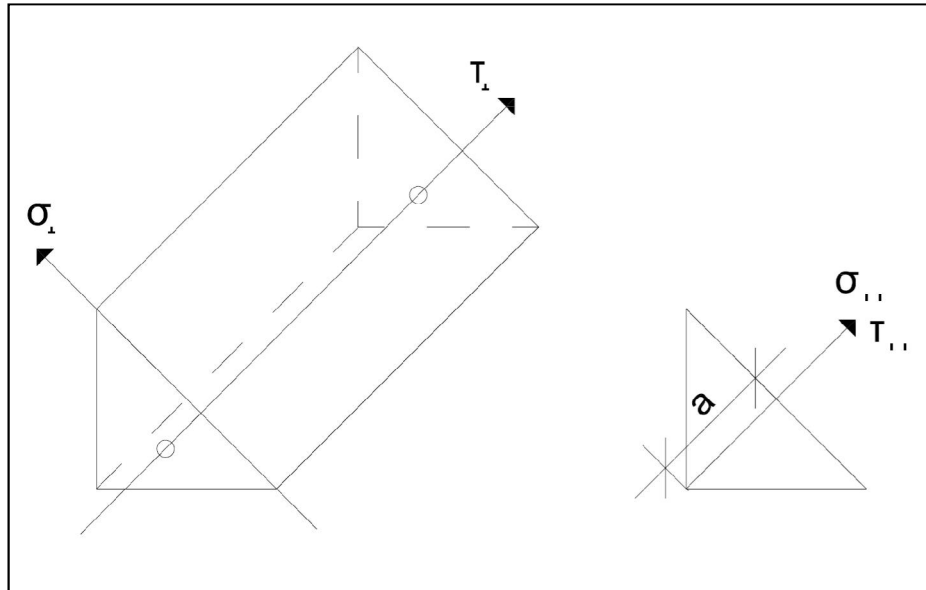
$$f_{vw.d} = \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w * \gamma_{M2}} \quad (14)$$

missä  $f_u$  = heikomman liitettävän osan vetomurtolujuus (ks. liite 1, taul. 5)  
 $\beta_w$  = pienahitsin korrelaatiokerroin (ks. liite 1, taulukko 7)  
 $\gamma_{M2}$  = osavarmuusluku (ks. liite 1, taulukko 2)

Kyseinen menetelmä on käsitelty standardin SFS-EN 1993-1-8 sivulla 47 luvussa 4.5.3.3.

### 3.4.2 Komponenttimenetelmä

Komponenttimenetelmässä voimat jaetaan sekä hitsin pituussuuntaisen akselin että hitsin laskentapinnan suhteen yhdensuuntaisiin ja kohtisuoriin komponentteihin (ks. kuva 26).



Kuva 25. Pienahitsien laskentapoikkipinnan jännitykset

Kuvassa 26 esitettyjen termien merkitykset:

$\sigma_{\perp}$  = laskentapintaan nähden kohtisuora normaalijännitys

$\sigma_{\parallel}$  = hitsin akselin suuntainen normaalijännitys

$\tau_{\perp}$  = hitsin akseliin nähden kohtisuora leikkausjännitys

$\tau_{\parallel}$  = hitsin akselin suuntainen leikkausjännitys

$a$  = pienahitsin efektiivinen a-mitta [mm]  $\geq 3$  mm

Pienahitsin kestävyys katsotaan riittäväksi, mikäli seuraavat ehdot ovat voimassa:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} \quad (15)$$

ja 
$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 * \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \quad (16)$$

joissa ( $\sigma_{\perp}$ ,  $\sigma_{\parallel}$ ,  $\tau_{\perp}$  ja  $\tau_{\parallel}$  = selitetty yllä kuvan 26 yhteydessä)

$f_u$  = heikomman liitettävän osan vetomurtolujuus (ks. liite 1, taul. 5)

$\beta_w$  = pienahitsin korrelaatiokerroin (ks. liite 1, taulukko 7)

$\gamma_{M2}$  = osavarmuusluku (ks. liite 1, taulukko 2)

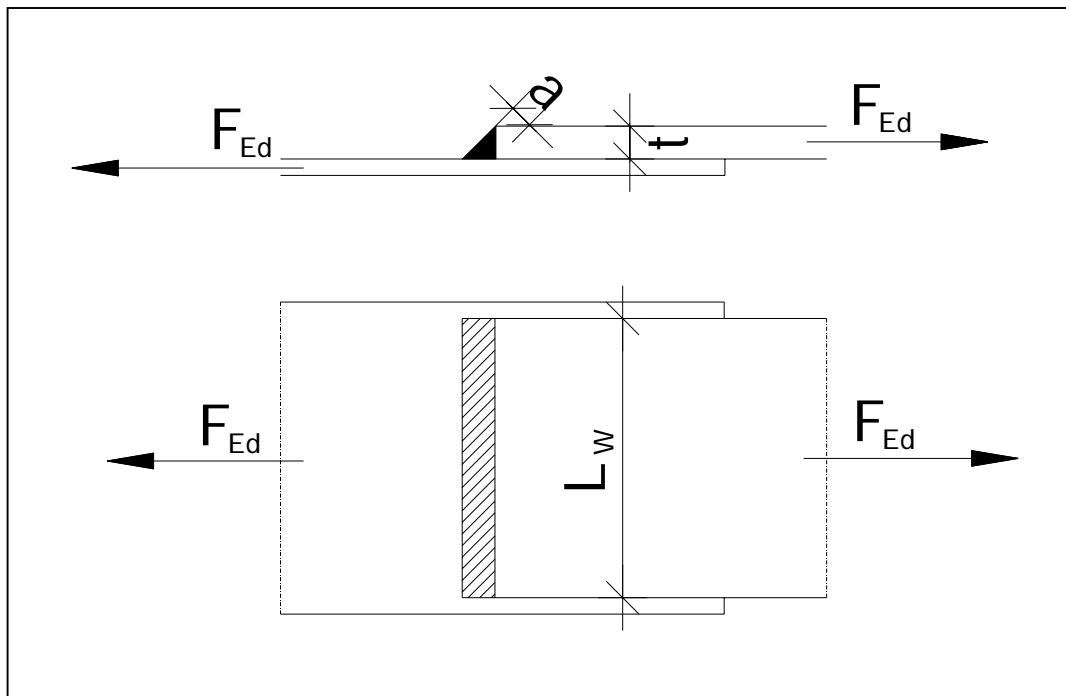
Kyseinen menetelmä on käsitelty standardin SFS-EN 1993-1-8 sivulla 45 luvussa 4.5.3.2.

### 3.4.3 Pienahitsiliitoksia

Yksinkertaistetun menetelmän ja komponenttimenetelmän kaavoja soveltamalla saadaan mitoitus ehdot vaaditulle a-mitalle, ja jälleen kaavoja kääntämällä saadaan myös mitoitus ehto tietyn kokoisen pienahitsin kestävyydelle. Kyseiset sovelluskaavat löytyvät hitsausstandardista SFS 2373: *Staattisesti kuormitettujen teräsrakenteiden hitsausliitosten mitoitus ja lujuuslaskenta*.

Pienahitsiliitokset voidaan jakaa kolmeen tapaukseen:

1. Otsapienahitsi (ks. kuva 27)
2. Kylkipienahitsi (ks. kuva 28)
3. Yleinen tapaus (ks. kuva 29)



Kuva 26. Otsapienahitsi

1. Otsapienahitsi:

Kaavojen 13 ja 14 perusteella saadaan mitoitusehto otsapienahitsin vaaditulle a-mitalle:

$$a \geq \frac{F_{Ed} * \beta_w * \gamma_{M2} * \sqrt{2}}{L_w * f_u} \quad (17)$$

Kun pienahitsin efektiivinen a-mitta on tiedossa, kaavaa kääntämällä saadaan mitoitusehto jännityksen arvolle seuraavasti:

$$F_{Ed} \leq \frac{a * f_u * L_w}{\beta_w * \gamma_{M2} * \sqrt{2}} \quad (18)$$

joissa

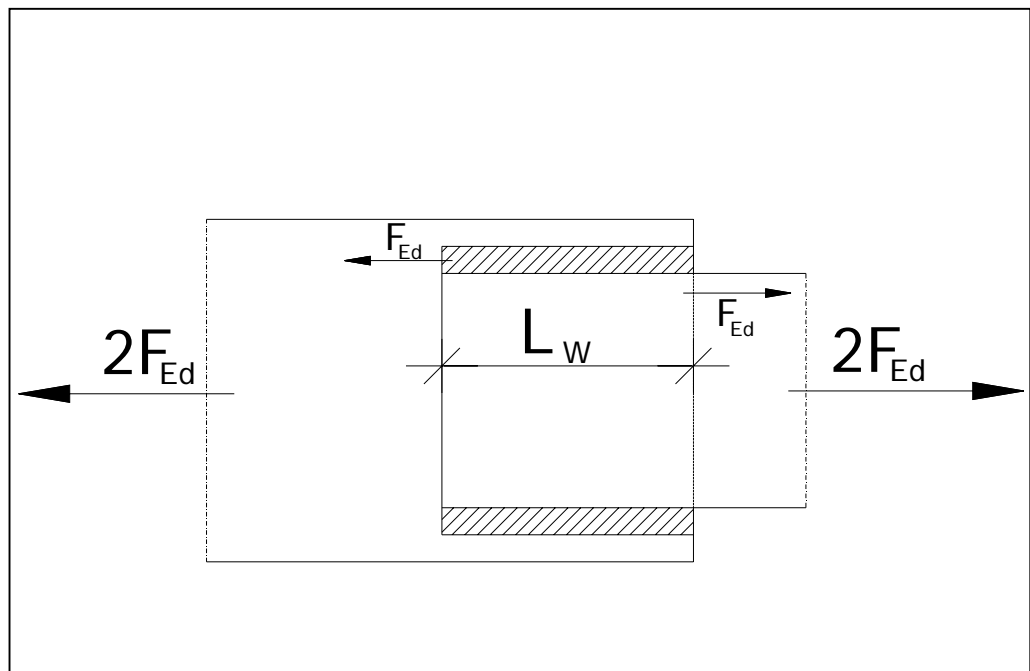
$F_{Ed}$  = voiman mitoitusarvo

$\beta_w$  = pienahitsin korrelaatiokerroin (ks. liite 1, taul. 7)

$\gamma_{M2}$  = osavarmuusluku (ks. liite 1, taulukko 2)

$L_w$  = hitsin pituus

$f_u$  = heikomman liitettävän osan vetomurtolujuus (ks. liite 1, taulukko 5)

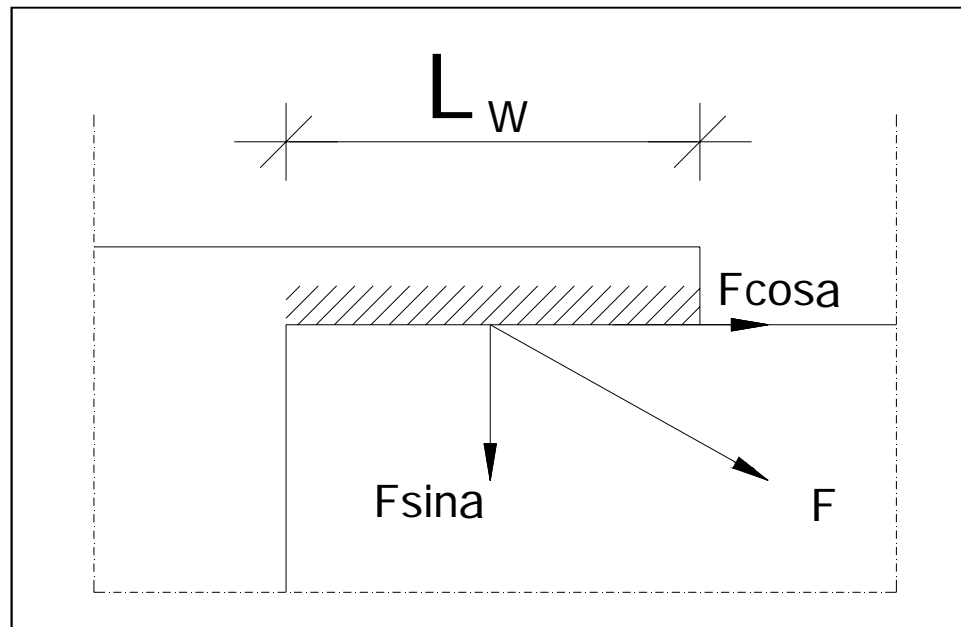


Kuva 27. Kylkiapienahitsit

## 2. Kylkiplenahitsi:

Vaaditulle a-mitalle pätee täsmälleen sama kaava kuin otsapienahitsille (ks. kaavat 17 ja 18).

**Huom.** Sekä otsa- että kylkiplenahitsillä on voimassa ehto  $L_w \geq 30$  mm ja  $6 \cdot a$ . Kuitenkin, kun hitsin pituus ylittää mitan  $150 \cdot a$ , on kestävyuden mitoitusarvoa laskiessa sovellettava pitkien liitosten mitoitusta (ks. SFS-EN 1993-1-8 luku 4.11 sivu 51).



Kuva 28. Yleinen tapaus pienahitsistä

## 3. Yleinen tapaus:

Kuormituksen voimaresultantin muodostaessa liitettävien osien tason ja pienahitsin pituusakselin suhteen kulman  $\alpha$ , saadaan vaaditulle a-mitalle mitoitusehdoksi:

$$a \geq \frac{F_{Ed} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}}{L_w \cdot f_u} \sqrt{(2 \sin^2 \alpha + 3 \cos^2 \alpha)} \quad (19)$$

Kun hitsissä vaikuttaa poikittainen jännitys  $\sigma_z$  ja leikkausjännitys  $\tau_z$ , saadaan kaavasta seuraavanlainen muoto:

$$a \geq \frac{\beta_w * \gamma_{M2} * t}{2 * f_u} \sqrt{(2\sigma_z^2 + 3\tau_{yz}^2)} \quad (20)$$

joissa  $F_{Ed}$  = voiman mitoitusarvo

$\beta_w$  = pienahitsin korrelaatiokerroin (ks. liite 1, taul. 7)

$\gamma_{M2}$  = osavarmuusluku (ks. liite 1, taulukko 2)

$L_w$  = hitsin pituus

$f_u$  = heikomman liitettävän osan vetomurtolujuus (ks. liite 1, taul. 5)

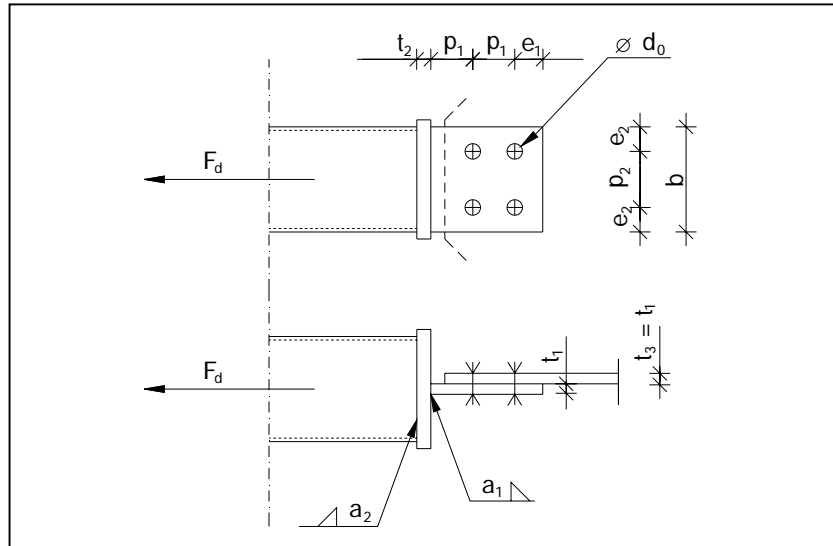
$t$  = levyn paksuus

### 3.5 Päätylevyliitos

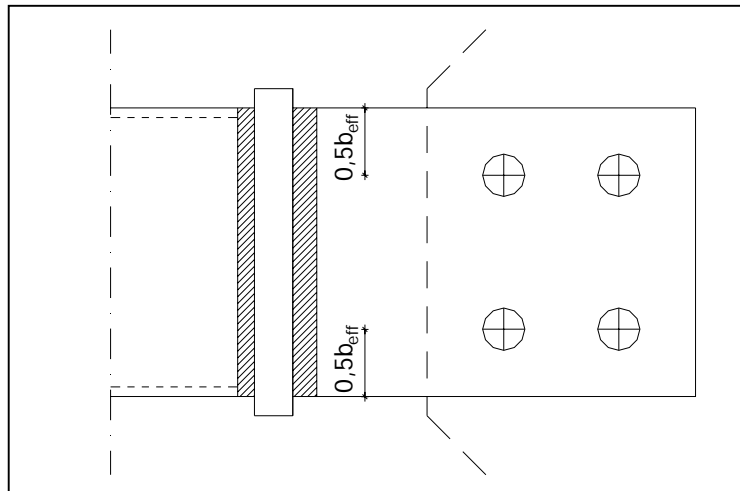
Mitoittaessa päätylevyllä toteutettua sideliitosta (ks. kuva 29) lasketaan ripalevyn veto-, reuna- ja palamurtokestävyydet sekä ruuvien leikkauskestävyys aivan samalla tavoin kuin liitoksissa, joissa levyt on kiinnitetty putkiprofiileihin upottamalla ja hitsaamalla. Hitsejä mitoittaessa tulee kuitenkin ottaa huomioon myös liitoslevyjen lamellirepeytymiskestävyydet ( $\sigma_b$ ) sekä laipan murtokestävyys ( $N_{u,eff,Rd}$ ), koska kuormitus ei siirry tarpeeksi suoraa tietä profiilille. Mitoituksessa käytetään jäykistämättömien T-liitosten tehollisia leveyksiä ( $b_{eff}$ ) (ks. kuvat 30 ja 31), joiden laskentaan on ohjeet standardin SFS-EN 1993-1-8 luvussa 4.10: *Kiinnitykset jäykistämättömiin laippoihin*.

Päätylevyliitoksen voi myös toteuttaa sekä 1- että 2-leikkeisenä. 2-leikkeisessä liitoksessa ripalevyjä hitsataan päätylevyyn kaksi kappaletta ja vastinlevy sijoitetaan ripalevyjen väliin.

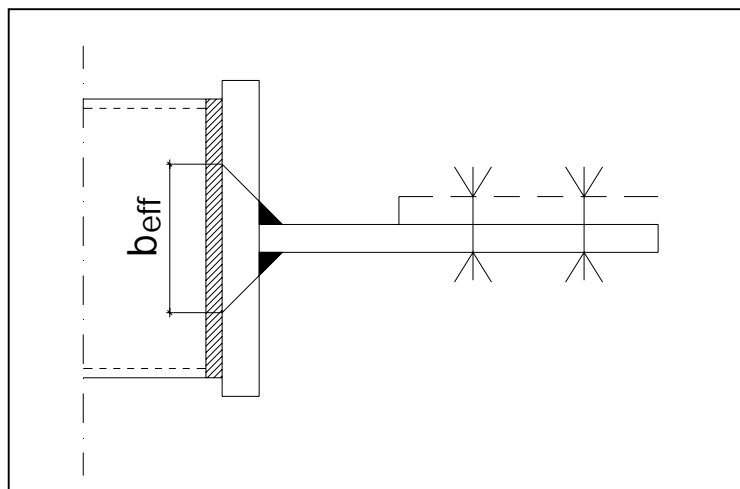




Kuva 29. Sideliiitos päätylevyllä



Kuva 30. Hitsin tehollinen leveys ripalevyssä



Kuva 31. Hitsin tehollinen leveys päätylevyssä

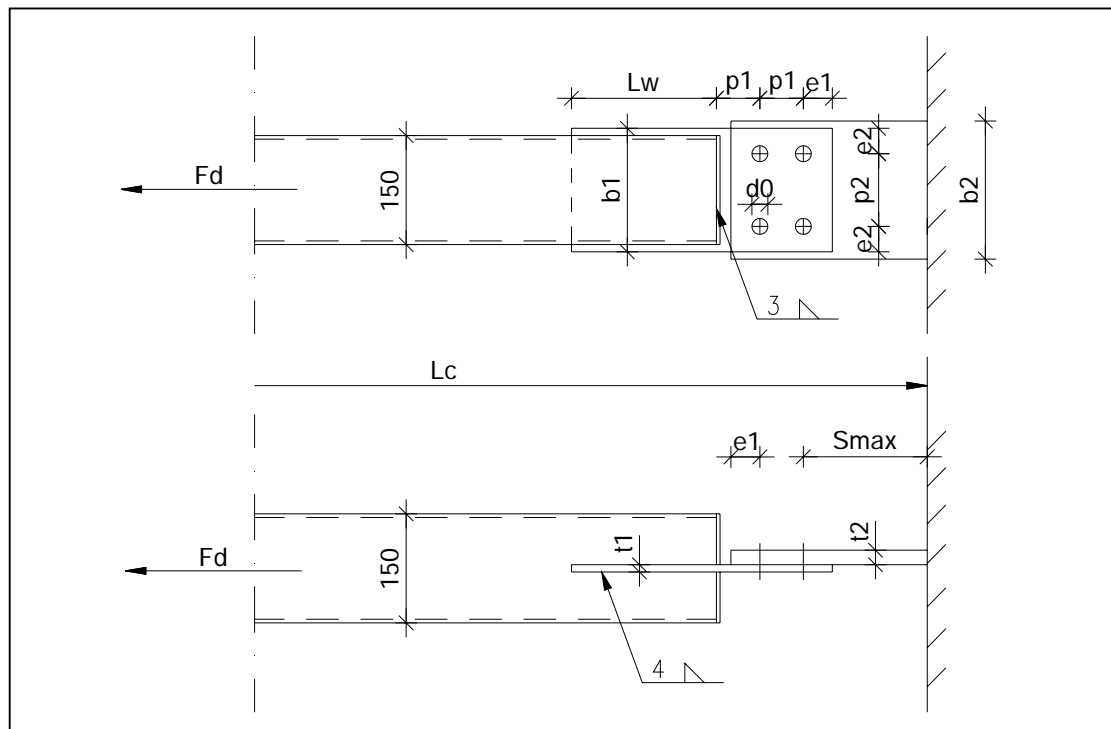
## 4 ESIMERKKITAPAUKSIA SIDELIITOKSISTA

Työni viimeisessä osiossa käyn läpi kaksi palkin ja pilarin välistä sideliitostapausta. Molemmissa tapauksissa palkissa on käytetty sisäänvedettyä liitoslevyä ja periaatteeltaan liitokset toimivat samalla tavalla. Tapaukset eroavat toisistaan profiilien koossa sekä leikkeiden määrässä. Suuremman profiilin liitoksessa on lisäksi käytetty enemmän ja suuremman lujuusluokan ruuveja.

Esimerkeissäni tarkastelen ruuvien, liitoslevyn, hitsien sekä perusaineiden kestävyksiä palkin siteen ja liitoslevyn kohdalla, kun palkin nurjahduspituus ( $L_c$ ) on 6 metriä. Olen tarkastellut liitoslevyistä ainoastaan pienempää (eli heikompaa), koska se tulee mitoittavaksi ennen suurempaa liitoslevyä ja sen mitoitus toimii teorialtaan täysin samalla tavalla. 2-leikkeisissä liitoksissa tulee kuitenkin tarkistaa kestävydet kaikilta levyosilta. En ota laskennassa kantaa pilarin kestävyksiin.

### 4.1 1-leikkeinen liitos RHS 150x150x5 / 4M20

Kuvassa 32 on esitetty mitoittettava sideliitos.

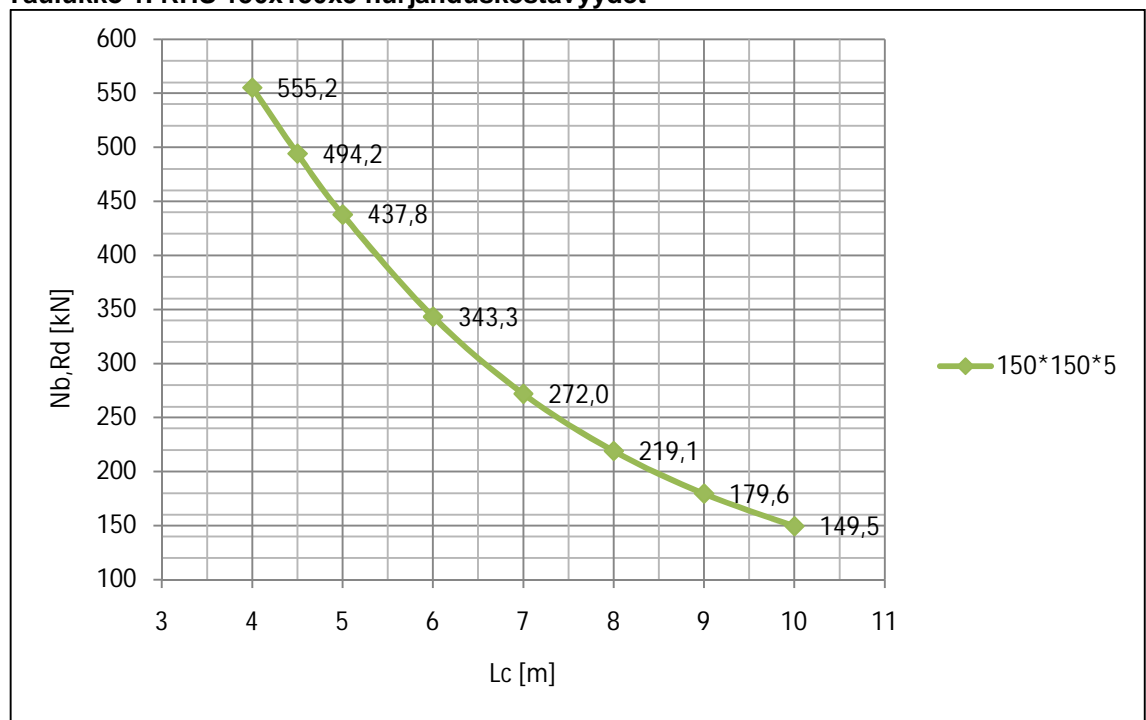


Kuva 32. Esimerkkiliitos 1

Materiaalit: Putkipalkki S355J2H	PL 2 (Vainio 2000)
Liitoslevyt S355	PL 1 (SFS-EN 1993-1-1, taul. 5.2, s.45)
Ruuvit 8.8	(kokokierreruuvit)
Mutterit 8	
Hitsausluokka c	

Taulukossa 1 on kerätty profiilille 150x150x5 Rautaruukin putkipalkkikäsikirjan ilmoittamia nurjahduskestävyyden ( $N_{b,Rd}$ ) arvoja S355J2H teräslajille nurjahdusluokassa c nurjahduspituuden ( $L_c$ ) suhteen.

**Taulukko 1. RHS 150x150x5 nurjahduskestävyydet**



Liitoksen laskennassa käytetään mitoituskuormana kuuden metrin putkiprofiilin nurjahduskestävyyden arvoa (ks. taulukko 1). → Mitoituskuorma  $F_{Ed} \approx 340$  kN.

### 1. Lähtötiedot

Päätetyäisyys $e_1$ :	40 mm
Päätetyäisyys $e_2$ :	35 mm (liitoslevy 1)
Päätetyäisyys $e_{2_2}$ :	55 mm (liitoslevy 2)
Keskiöetäisyys $p_1$ :	60 mm
Keskiöetäisyys $p_2$ :	100 mm

Levyosan paksuus $t_1$ :	10 mm
Levyosan paksuus $t_2$ :	10 mm
Levyosan leveys $b_1$ :	170 mm
Levyosan leveys $b_2$ :	210 mm
Ruuvien halkaisija $d$ :	20 mm
Reikien halkaisija $d_0$ :	22 mm (ks. liite 1, taulukko 3)
Siteen kylkiänpahitsin a-mitta:	4 mm
Siteen kylkiänpahitsin pituus $L_w$ :	200 mm
Osavarmuusluvut:	$\gamma_{M0}=1,00$ ; $\gamma_{M2}=1,25$ (ks. liite 1, taulukko 2)
Liitoslevyjen murtoraja $f_u$ :	510 N/mm <sup>2</sup> (ks. liite 1, taulukko 5)
Liitoslevyjen myötöraja $f_y$ :	355 N/mm <sup>2</sup> (ks. liite 1, taulukko 5)
Ruuvien myötöraja $f_{yb}$ :	640 N/mm <sup>2</sup> (ks. liite 1, taulukko 1)
Ruuvien vetomurtolujuus $f_{ub}$ :	800 N/mm <sup>2</sup> (ks. liite 1, taulukko 1)
Ruuvien jännityspoikkipinta-ala $A_s$ :	245 mm <sup>2</sup> (SFS-EN ISO 898-1)

## 2. Laskenta

### 2.1 Ruuvien leikkauskestävyys (ks. luku 3.1)

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 * 800 \frac{N}{mm^2} * 245 mm^2}{1,25} = 94080 N \quad (1)$$

$$F_{v,Rd} = \frac{94080 N}{1000} \approx 94 kN$$

Liitos on 1-leikkeinen ja ruuveja on yhteensä 4 kpl, jolloin:

$$F_{Rd} = 1 * 4 * F_{v,Rd} = 4 * 94 kN = \mathbf{376 kN}$$

Ehto:  $F_{Rd} \geq F_{Ed}$  ; 376 kN  $\geq$  340 kN      **OK**

Käyttöaste:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} * 100\% = \frac{340 kN}{376 kN} * 100\% = 90\%$$

## 2.2 Liitoslevyjen kestävydet

Tarkistetaan reuna- ja keskiöetäisyydet (ks. liite 1, taulukko 4):

Minimiarvot:

$$(e_1=40 ; e_2=35 ; e_{2_2}=55) \text{ mm} > 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 22 = 26,4 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$p_1 = 60 \text{ mm} > 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 22 \text{ mm} = 48,4 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$p_2 = 100 \text{ mm} > 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 22 \text{ mm} = 52,8 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Maksimiarvot:

$$(e_1=40 ; e_2=35 ; e_{2_2}=55) \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 80 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$p_1 = 60 \text{ mm} < 14 \cdot t = 140 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$p_2 = 100 \text{ mm} < 14 \cdot t = 140 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

### 2.2.1 Reunapuristuskestävyys (ks. luku 3.2.1)

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot 0,606 \cdot 510 \frac{N}{mm^2} \cdot 20 \text{ mm} \cdot 10 \text{ mm}}{1,25} = 123624 \text{ N} \quad (2)$$

$$F_{b,Rd} = \frac{123624 \text{ N}}{1000} \approx 124 \text{ kN}$$

Liitoksessa on ruuveja yhteensä 4 kpl, jolloin:

$$F_{Rd} = 4 \cdot F_{b,Rd} = 4 \cdot 124 \text{ kN} = \mathbf{496 \text{ kN}}$$

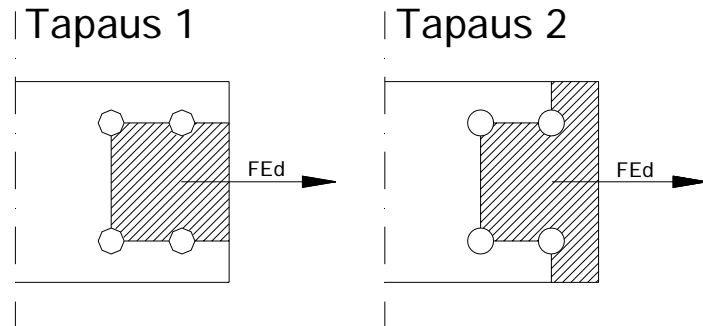
Ehto:  $F_{Rd} \geq F_{Ed}$ ;  $496 \text{ kN} \geq 340 \text{ kN}$  OK

Käyttöaste:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} \cdot 100 \% = \frac{340 \text{ kN}}{496 \text{ kN}} \cdot 100 \% = 69 \%$$

### 2.2.2 Palamurtumiskestävyys (ks. luku 3.2.2)

Liitoslevy voi palamurtua kahdella tavalla, joten laskennassa täytyy tarkistaa molemmat tapaukset.



Tapaus 1:

$$V_{eff,1,Rd} = \frac{510 \frac{N}{mm^2} * 780 mm^2}{1,25} + \left( \frac{1}{\sqrt{3}} \right) \frac{355 \frac{N}{mm^2} * 1340 mm^2}{1,00} = 592886 N \quad (3)$$

$$V_{eff,1,Rd} = \frac{592886 N}{1000} \approx 593 kN$$

Tapaus 2:

$$V_{eff,1,Rd} = \frac{510 \frac{N}{mm^2} * 1260 mm^2}{1,25} + \left( \frac{1}{\sqrt{3}} \right) \frac{355 \frac{N}{mm^2} * 760 mm^2}{1,00} = 669849 N \quad (3)$$

$$V_{eff,1,Rd} = \frac{669849 N}{1000} \approx 670 kN$$

Tapauksista heikomman tulee täyttää:

Ehto:  $V_{eff,Rd} \geq F_{Ed}$  ;  $593 kN \geq 340 kN$       OK

Käyttöaste:

$$\frac{F_{Ed}}{V_{eff,Rd}} * 100 \% = \frac{340 kN}{593 kN} * 100 \% = 57 \%$$

### 2.2.3 Vetokestävyys (ks. luku 3.2.3)

$$N_{t,Rd} = \frac{0,9 * 1260 \text{ mm}^2 * 510 \text{ N/mm}^2}{1,25} = 462672 \text{ N} \quad (6)$$

$$N_{t,Rd} = \frac{462672 \text{ N}}{1000} \approx 463 \text{ kN}$$

Ehto:  $N_{u,Rd} \geq F_{Ed}$  ; 463 kN  $\geq$  340 kN      OK

Käyttöaste:

$$\frac{F_{Ed}}{N_{t,Rd}} * 100 \% = \frac{340 \text{ kN}}{463 \text{ kN}} * 100 \% = 73 \%$$

### 2.2.4 Puristuskestävyys (ks. luku 3.2.4)

$$N_{c,Rd} = \frac{1700 \text{ mm}^2 * 355 \text{ N/mm}^2}{1,00} = 603500 \text{ N} \quad (7)$$

$$N_{c,Rd} = \frac{603500 \text{ N}}{1000} \approx 604 \text{ kN}$$

Ehto:  $N_{c,Rd} \geq F_{Ed}$  ; 604 kN  $\geq$  340 kN      OK

Käyttöaste:

$$\frac{F_{Ed}}{N_{c,Rd}} * 100 \% = \frac{340 \text{ kN}}{604 \text{ kN}} * 100 \% = 56 \%$$

### 2.3 Putkiprofiilin kestävyys

Putkiprofiilin kestävyystarkastelu puristuksen suhteen on käsitelty jo nurjahduskestävyyden arvon laskennassa, joten tässä osiossa tarkastellaan vain vetokestävyyttä.

### 2.3.1 Putkiprofiilin bruttopoikkileikkauksen vetokestävyys (ks. luku 3.3.1)

$$N_{pl,Rd} = \frac{2836 \text{ mm}^2 * 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,00} = 1006780 \text{ N} \quad (9)$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{1006780 \text{ N}}{1000} \approx 1007 \text{ kN}$$

Ehto:  $N_{pl,Rd} \geq F_{Ed}$  ;  $1007 \text{ kN} \geq 340 \text{ kN}$       OK

Käyttöaste:

$$\frac{F_{Ed}}{N_{pl,Rd}} * 100 \% = \frac{340 \text{ kN}}{1007 \text{ kN}} * 100 \% = 34 \%$$

### 2.3.2 Putkiprofiilin nettopoikkileikkauksen vetokestävyys (ks. luku 3.3.2)

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 * 2736 \text{ mm}^2 * 510 \text{ N/mm}^2}{1,25} = 1004659 \text{ N} \quad (11)$$

$$N_{u,Rd} = \frac{1004659 \text{ N}}{1000} \approx 1005 \text{ kN}$$

Ehto:  $N_{u,Rd} \geq F_{Ed}$  ;  $1005 \text{ kN} \geq 340 \text{ kN}$       OK

Käyttöaste:

$$\frac{F_{Rd}}{N_{u,Rd}} * 100 \% = \frac{340 \text{ kN}}{1005 \text{ kN}} * 100 \% = 34 \%$$

### 2.4 Hitsin kestävyys (ks. luku 3.4.3)

Koska on tiedossa siteen kylkipienahitsin efektiivinen a-mitta, tarkistetaan ainoastaan ko. hitsin kestävyuden mitoitusarvo. Kaava on johdettu kaavasta 18 ja siinä on otettu huomioon kylkipienahitsien lukumäärä (4 kpl) (ks. kuva 23).



$$F_{w,Rd} = \frac{4 * 4 \text{ mm} * 510 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 200 \text{ mm}}{0,9 * 1,25 * \sqrt{3}} = 837543 \text{ N}$$

$$F_{w,Rd} = \frac{837543 \text{ N}}{1000} \approx 838 \text{ kN}$$

Ehto:  $F_{w,Rd} \geq F_{Ed}$  ; 838 kN  $\geq$  340 kN      OK

Käyttöaste:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{w,Rd}} * 100 \% = \frac{340 \text{ kN}}{838 \text{ kN}} * 100 \% = 41 \%$$

### 3. Tulokset

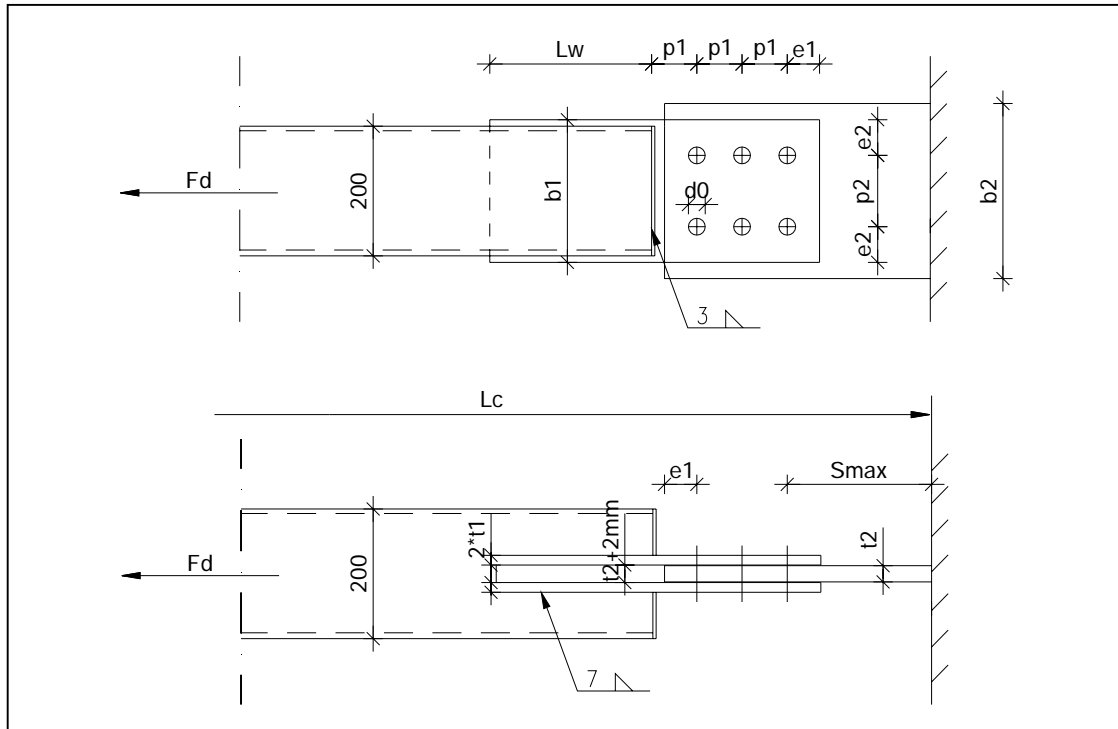
Putkiprofiilin pituuden ollessa 6 m rakennetta mitoittaa putkiprofiilin nurjahduskestävyys = 340 kN. Liitoksen komponenttien kestävydet kyseisessä rasiituksen arvossa tulevat vastaan seuraavassa järjestyksessä:

Ruuvien leikkauskestävyys:	376 kN	90 %
Liitoslevyn vetokestävyys:	463 kN	73 %
Liitoslevyn reunapuristuskestävyys:	496 kN	69 %
Liitoslevyn palamurtumiskestävyys:	593 kN	57 %
Liitoslevyn puristuskestävyys:	604 kN	56 %
Hitsin kestävyys:	838 kN	41 %
Palkin nettopoikkileikkauksen vetokestävyys:	1005 kN	34 %
Palkin bruttopoikkileikkauksen vetokestävyys:	1007 kN	34 %

Ruuvien leikkauskestävyys tulee usein mitoittavaksi tekijäksi, kuten tässäkin tapauksessa. Aikaisemmin tehdyistä vertailukaavioista voi kuitenkin nähdä, että mikäli halutaan parantaa ruuvien leikkauskestävyyksiä, on yksinkertaisin keino kasvattaa ainoastaan ruuvikiinnittimien kokoa (ks. kaavio 2). Tällöin on kuitenkin huomioitava, että liitoslevyn kestävyysominaisuudet hieman heikkenevät.

## 4.2 2-leikkeinen liitos RHS 200x200x8 / 6M24

Kuvassa 33. on esitetty mitoitettava sideliitos.

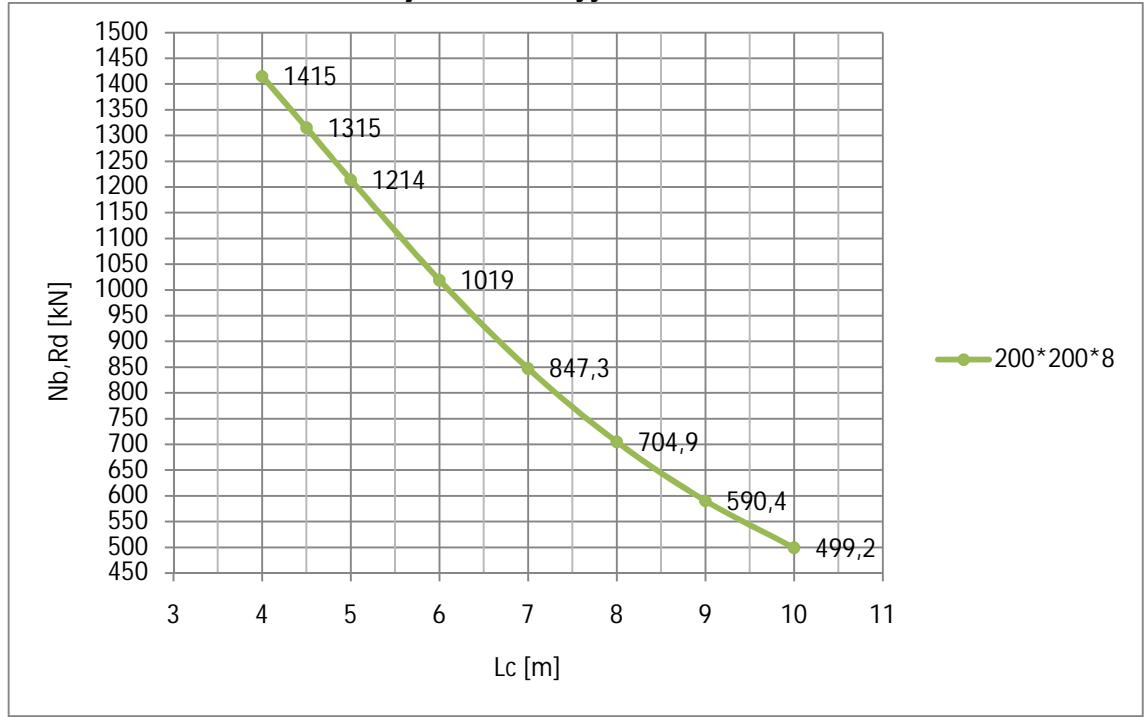


Kuva 33. Esimerkkilliitos 2

Materiaalit: Putkipalkki S355J2H    PL 1 (Vainio 2000)  
Liitoslevyt S355                    PL 1 (SFS-EN 1993-1-1, taul 5.2, s.45)  
Ruuvit 8.8                            (kokokierreruuvit)  
Mutterit 8  
Hitsausluokka c

Seuraavalla sivulla olevassa taulukossa 2 on kasattu profiilille 200x200x8 Rautaruukin putkipalkkikäsikirjan ilmoittamia nurjahduskestävyyden ( $N_{b,Rd}$ ) arvoja S355J2H teräslajille nurjahdusluokassa c nurjahduspituuden ( $L_c$ ) suhteen.

**Taulukko 2. RHS 200x200x8 nurjahduskestävyydet**



Liitoksen laskennassa käytetään mitoituskuormana kuuden metrin putkiprofiilin nurjahduskestävyyden arvoa (ks. taulukko 2). → Mitoituskuorma  $F_{Ed} = 1019$  kN.

### 1. Lähtötiedot

Päätetyäisyys $e_1$ :	50 mm
Päätetyäisyys $e_2$ :	55 mm (liitoslevyt 1)
Päätetyäisyys $e_{2_2}$ :	80 mm (liitoslevy 2)
Keskiöetäisyys $p_1$ :	70 mm
Keskiöetäisyys $p_2$ :	110 mm
Levyosien paksuudet $t_1$ :	15 mm
Levyosan paksuus $t_2$ :	25 mm
Levyosan leveys $b_1$ :	220 mm
Levyosan leveys $b_2$ :	270 mm
Ruuvien halkaisija $d$ :	24 mm
Reikien halkaisija $d_0$ :	26 mm (ks.liite 1, taulukko 3)
Siteen kylkipienahitsin a-mitta:	7 mm
Siteen kylkipienahitsin pituus $L_w$ :	250 mm
Osavarmuusluvut:	$\gamma_{M0}=1,00$ ; $\gamma_{M2}=1,25$ (ks.liite 1, taulukko 2)

Liitoslevyjen murtoraja $f_u$ :	510 N/mm <sup>2</sup> (ks. liite 1, taulukko 5)
Liitoslevyjen myötöraja $f_y$ :	355 N/mm <sup>2</sup> (ks. liite 1, taulukko 5)
Ruuvien myötöraja $f_{yb}$ :	640 N/mm <sup>2</sup> (ks. liite 1, taulukko 1)
Ruuvien vetomurtolujuus $f_{ub}$ :	800 N/mm <sup>2</sup> (ks. liite 1, taulukko 1)
Ruuvien jännityspoikkipinta-ala $A_s$ :	353 mm <sup>2</sup> (SFS-EN ISO 898-1)

## 2. Laskenta

### 2.1 Ruuvien leikkauskestävyys (ks. luku 3.1)

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 * 800 \frac{N}{mm^2} * 353 mm^2}{1,25} = 135552 N \quad (1)$$

$$F_{v,Rd} = \frac{94080 N}{1000} \approx 136 kN$$

Liitos on 2-leikkeinen ja ruuveja on yhteensä 6 kpl, jolloin:

$$F_{Rd} = 2 * 6 * F_{v,Rd} = 2 * 6 * 136 kN = \mathbf{1632 kN}$$

Ehto:  $F_{Rd} \geq F_{Ed}$  ; 1632 kN  $\geq$  1019 kN      *OK*

Käyttöaste:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} * 100\% = \frac{1019 kN}{1632 kN} * 100\% = 62\%$$

### 2.2 Liitoslevyjen kestävydet

Tarkistetaan reuna- ja keskiöetäisyydet (ks. liite 1 taulukko 4):

Minimiarvot:

$$(e_1=50 ; e_2=55 ; e_2=80) \text{ mm} > 1,2*d_0 = 1,2*26 = 31,2 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$p_1 = 70 \text{ mm} > 2,2*d_0 = 2,2*26 \text{ mm} = 57,2 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$p_2 = 110 \text{ mm} > 2,4*d_0 = 2,4*26 \text{ mm} = 62,4 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Maksimiarvot:

$$(e_1=50 ; e_2=55 ; e_2=80) \text{ mm} < 4*t+40 \text{ mm} = 100 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$p_1 = 70 \text{ mm} < 14*t = 210 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$p_2 = 110 \text{ mm} < 14*t = 210 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

### 2.2.1 Reunapuristuskestävyys (ks. luku 3.2.1)

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 * 0,641 * 510 \frac{N}{mm^2} * 24 \text{ mm} * 15 \text{ mm}}{1,25} = 235375 \text{ N} \quad (2)$$

$$F_{b,Rd} = \frac{235375 \text{ N}}{1000} \approx 235 \text{ kN}$$

Liitoksessa on ruuveja yhteensä 6 kpl ja liitos on 2-leikkeinen, jolloin:

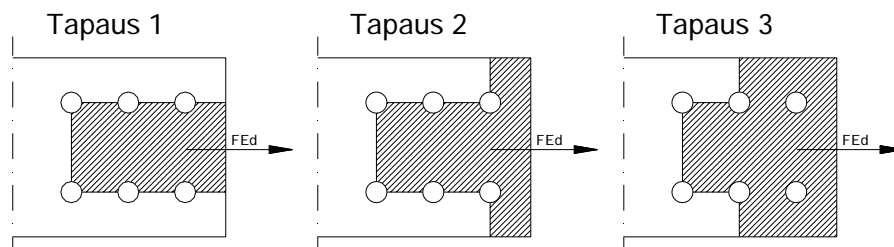
$$F_{Rd} = 6 * 2 * F_{b,Rd} = 6 * 2 * 235 \text{ kN} = \mathbf{2820 \text{ kN}}$$

Ehto:  $F_{Rd} \geq F_{Ed}$  ;  $2820 \text{ kN} \geq 1019 \text{ kN}$  OK

Käyttöaste:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} * 100 \% = \frac{1019 \text{ kN}}{2820 \text{ kN}} * 100 \% = 36 \%$$

### 2.2.2 Palamurtumiskestävyys (ks. luku 3.2.2)



Liitoslevyt voivat palamurtua monella tavalla, joten laskennassa täytyy tarkistaa vähintään ääripäiden tapaukset. Tässä laskennassa olen eritellyt kolme

tapausta, joista loput jäävät kestävyysarvoiltaan näiden väliin. Lisäksi, kun kyseessä on kaksileikkeinen liitos, on tarkasteltava sekä siteen liitoslevyt että pilariin liittyvä levy, koska ne ovat eripaksuisia.

Siteen liitoslevyt:

Tapaus 1:

$$V_{eff,1,Rd} = \frac{510 \frac{N}{mm^2} * 1260 mm^2}{1,25} + \left( \frac{1}{\sqrt{3}} \right) \frac{355 \frac{N}{mm^2} * 3750 mm^2}{1,00} = 1282678 N \quad (3)$$

$$V_{eff,1,Rd} = \frac{1282678 N}{1000} \approx 1283 kN$$

$$\rightarrow 2 \text{ liitoslevyä: } V_{1,Rd} * 2 = \mathbf{2566 kN}$$

Tapaus 2:

$$V_{eff,1,Rd} = \frac{510 \frac{N}{mm^2} * 2520 mm^2}{1,25} + \left( \frac{1}{\sqrt{3}} \right) \frac{355 \frac{N}{mm^2} * 2640 mm^2}{1,00} = 1569253 N \quad (3)$$

$$V_{eff,1,Rd} = \frac{1569253 N}{1000} \approx 1569 kN$$

$$\rightarrow 2 \text{ liitoslevyä: } V_{1,Rd} = \mathbf{3138 kN}$$

Tapaus 3:

$$V_{eff,1,Rd} = \frac{510 \frac{N}{mm^2} * 2520 mm^2}{1,25} + \left( \frac{1}{\sqrt{3}} \right) \frac{355 \frac{N}{mm^2} * 1320 mm^2}{1,00} = 1298706 N \quad (3)$$

$$V_{eff,1,Rd} = \frac{1298706 N}{1000} \approx 1298 kN$$

$$\rightarrow 2 \text{ liitoslevyä: } V_{1,Rd} * 2 = \mathbf{2596 kN}$$

Pilariin liittyvä levy:

Tapaus 1:

$$V_{eff,1,Rd} = \frac{510 \frac{N}{mm^2} * 2100 mm^2}{1,25} + \left( \frac{1}{\sqrt{3}} \right) \frac{355 \frac{N}{mm^2} * 6250 mm^2}{1,00} = 2137796 N \quad (3)$$
$$V_{eff,1,Rd} = \frac{2137796 N}{1000} \approx 2137 kN$$

Tapaus 2:

$$V_{eff,1,Rd} = \frac{510 \frac{N}{mm^2} * 5450 mm^2}{1,25} + \left( \frac{1}{\sqrt{3}} \right) \frac{355 \frac{N}{mm^2} * 4400 mm^2}{1,00} = 3125421 N \quad (3)$$
$$V_{eff,1,Rd} = \frac{3125421 N}{1000} \approx 3125 kN$$

Tapaus 3:

$$V_{eff,1,Rd} = \frac{510 \frac{N}{mm^2} * 5450 mm^2}{1,25} + \left( \frac{1}{\sqrt{3}} \right) \frac{355 \frac{N}{mm^2} * 2200 mm^2}{1,00} = 2674511 N \quad (3)$$
$$V_{eff,1,Rd} = \frac{2674511 N}{1000} \approx 2675 kN$$

Tapauksista heikomman (pilariin liittyvän levyn 1.tapaus) tulee täyttää:

Ehto:  $V_{eff,Rd} \geq F_{Ed}$  ;  $2137 kN \geq 1019 kN$  OK

Käyttöaste:

$$\frac{F_{Ed}}{V_{eff,Rd}} * 100 \% = \frac{1019 kN}{2137 kN} * 100\% = 48 \%$$

### 2.2.3 Vetokestävyys (ks. luku 3.2.3)

Myös vetokestävyys tulee tarkistaa sekä siteen liitoslevyjien että pilariin liittyvän levyn osalta.

Siteen liitoslevyt:

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 * 2520 \text{ mm}^2 * 510 \text{ N/mm}^2}{1,25} = 925344 \text{ N} \quad (6)$$

$$N_{u,Rd} = \frac{925344 \text{ N}}{1000} \approx 925 \text{ kN}$$

$$\rightarrow 2 \text{ liitoslevyä: } N_{u,Rd} * 2 = \mathbf{1850 \text{ kN}}$$

Pilariin liittyvä levy:

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 * 5450 \text{ mm}^2 * 510 \text{ N/mm}^2}{1,25} = 2001240 \text{ N} \quad (6)$$

$$N_{u,Rd} = \frac{2001240 \text{ N}}{1000} \approx 2001 \text{ kN}$$

Tapauksista heikomman (siteen liitoslevyt) tulee täyttää ehto:

$$\text{Ehto: } N_{u,Rd} \geq F_{Ed}; 1850 \text{ kN} \geq 1019 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

Käyttöaste:

$$\frac{F_{Ed}}{N_{u,Rd}} * 100 \% = \frac{1019 \text{ kN}}{1850 \text{ kN}} * 100\% = 55 \%$$

### 2.2.4 Puristuskestävyys (ks. luku 3.2.4)

Tarkistan puristuskestävyyden ainoastaan pilariin liittyvältä levyltä, koska tässä tapauksessa liitoslevyjien muodostama 2-leikkeinen rakenne on jäykempi.



$$N_{c,Rd} = \frac{6750 \text{ mm}^2 * 355 \text{ N/mm}^2}{1,00} = 2396250 \text{ N} \quad (7)$$

$$N_{c,Rd} = \frac{2396250 \text{ N}}{1000} \approx 2396 \text{ kN}$$

Ehto:  $N_{c,Rd} \geq F_{Ed}$  ; 2396 kN  $\geq$  1019 kN      OK

Käyttöaste:

$$\frac{F_{Ed}}{N_{c,Rd}} * 100 \% = \frac{1019 \text{ kN}}{2396 \text{ kN}} * 100 \% = 43 \%$$

### 2.3 Putkiprofiilin kestävyys

Putkiprofiilin kestävyystarkastelu puristuksen suhteen on käsitelty jo nurjahduskestävyyden arvon laskennassa, joten tässä osiossa tarkastellaan vain vetokestävyyttä.

#### 2.3.1 Putkiprofiilin bruttopoikkileikkauksen vetokestävyys (ks. luku 3.3.1)

$$N_{pl,Rd} = \frac{5924 \text{ mm}^2 * 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,00} = 2103020 \text{ N} \quad (9)$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{2103020 \text{ N}}{1000} \approx 2103 \text{ kN}$$

Ehto:  $N_{pl,Rd} \geq F_{Ed}$  ; 2103 kN  $\geq$  1019 kN      OK

Käyttöaste:

$$\frac{F_{Ed}}{N_{pl,Rd}} * 100 \% = \frac{1019 \text{ kN}}{2103 \text{ kN}} * 100 \% = 48 \%$$

### 2.3.2 Putkiprofiilin nettopoikkileikkauksen vetokestävyys (ks. luku 3.3.2)

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 * 5012 \text{ mm}^2 * 510 \text{ N/mm}^2}{1,25} = 1840406 \text{ N} \quad (11)$$

$$N_{u,Rd} = \frac{1840406 \text{ N}}{1000} \approx 1840 \text{ kN}$$

Ehto:  $N_{u,Rd} \geq F_{Ed}$  ; 1840 kN  $\geq$  1019 kN      OK

Käyttöaste:

$$\frac{F_{Ed}}{N_{u,Rd}} * 100 \% = \frac{1019 \text{ kN}}{1840 \text{ kN}} * 100 \% = 55 \%$$

### 2.4 Hitsin kestävyys (ks. luku 3.4.3)

Koska on tiedossa siteen kylkipienahitsin efektiivinen a-mitta, tarkistetaan ainoastaan ko. hitsin kestävyuden mitoitusarvo. Kaava on johdettu kaavasta 18 ja siinä on otettu huomioon kylkipienahitsien lukumäärä (4 kpl) (ks. kuva 25).

$$F_{w,Rd} = \frac{4 * 7 \text{ mm} * 510 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 250 \text{ mm}}{0,9 * 1,25 * \sqrt{3}} = 1832125 \text{ N}$$

$$F_{w,Rd} = \frac{1832125 \text{ N}}{1000} \approx 1832 \text{ kN}$$

Ehto:  $F_{w,Rd} \geq F_{Ed}$  ; 1832 kN  $\geq$  1019 kN      OK

Käyttöaste:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{w,Rd}} * 100 \% = \frac{1019 \text{ kN}}{1832 \text{ kN}} * 100 \% = 56 \%$$

### 3. Tulokset

Putkiprofiilin pituuden ollessa 6 m rakennetta mitoittaa putkiprofiilin nurjahduskestävyys = 1019 kN. Liitoksen komponenttien kestävyys kyseisessä rasituksen arvossa tulevat vastaan seuraavassa järjestyksessä:

Ruuvien leikkauskestävyys:	1632 kN	62 %
Hitsin kestävyys:	1832 kN	56 %
Palkin nettopoikkileikkauksen vetokestävyys:	1840 kN	55 %
Siteen liitoslevyjen vetokestävyys:	1850 kN	55 %
Pilarin liitoslevyn vetokestävyys:	2001 kN	51 %
Palkin bruttopoikkileikkauksen vetokestävyys:	2103 kN	48 %
Liitoslevyn palamurtumiskestävyys:	2137 kN	48%
(heikoin tapaus on pilarin liitoslevyllä)		
Liitoslevyn puristuskestävyys:	2396 kN	43 %
Liitoslevyjen reunapuristuskestävyys:	2820 kN	36 %

Esimerkin 2 liitoksessa on selvästi enemmän kapasiteettia kuin esimerkin 1 liitoksessa. Suurin eroavaisuus liitoksessa on leikkeiden määrä. Kuten jo aikaisemmin esittämästäni kaaviosta voi nähdä (ks. kaavio 3), että leikkeiden määrä vaikuttaa merkittävästi liitoksen kaikkiin kestävyysarvoihin, pois lukien pienahitsien kestävyys. Hitsien kestävyysiin pystyy vaikuttamaan ainoastaan teräksen lujuutta kasvattamalla tai a-mittaa suurentamalla.

## 5 PÄÄTELMÄT

Tässä opinnäytetyössä käsittelin teräsputkiprofiilien käyttöä liitoksissa. Aluksi kävin läpi eurokoodin historiaa, esittelin yleisimmät putkiprofiilirakenteet ja liitosten osat. Lähdin kuitenkin rajaamaan kerrontaa melko nopeasti keskittyen ainoastaan putkiprofiilien sideliitoksiin, joissa on käytetty sisäänvedettyä liitoslevyä.

Käsittelin vaihe vaiheelta 1- ja 2-leikkeisten sisäänvedetyillä levyillä toteutetun sideliitoksen mitoituksen. Otin kantaa ainoastaan putkiprofiiliin, liitoslevyihin ja niiden kiinnikkeisiin enkä lainkaan liitoksen toisen pään rakenteeseen (esim. pilariin). Jokaisen kestävyystarkastelun yhteyteen piirsin myös murtomekanismia tai käsiteltävää rakenteen osaa havainnollistavan kuvan.

Liitoksen tärkeimpiin ominaisuuksiin lukeutuu yksinkertaisuus suunnittelussa ja toteutuksessa sekä kestävyys ja taloudellisuus. Mielestäni kyseisessä sideliitoksissa nämä ominaisuudet toteutuvat hyvin. Lisäksi Aaro Kohonen Oy:ltä saamieni selkeiden lähtötietojen perusteella oli mielestäni helppo lähteä suunnittelemaan rakenteita. Käsin piirretyissä luonnoksissa oli kaikki tarvittavat lähtöarvot, niin dimensiot kuin maksimikuormatkin.

Työn tarkoituksena oli päivittää yrityksen vanhoja standardiliitoksia (ks. liite 3) ja tehdä selkeä ohjeistus sideliitosten eurokoodin mukaiseen mitoitukseen. (Liitteen mallikorteista on piilotettu numeroarvot.) Samalla opin itse hyvin kattavasti liitosten mitoituksen seikat ja opin paremmin lukemaan standardeja ja etsimään niistä tietoa. Kaikkia näitä tietoja jouduin soveltamaan työssäni.

Toimitin yritykselle myös tekemäni Excel-liitosmitoituskortit. Toinen mitoitus-korteista on opinnäytetyöni liitteenä ilman numeroarvoja (ks. liite 2). Mikäli yritys ottaa mitoituskorttini työntekijöiden yleiseen käyttöön, tulee kortin soveltuvuutta ja selkeyttä tarkastella ja tutkia vertaamalla yrityksen muihin mitoitusohjelmiin sekä järjestää kyselyitä henkilökunnalle säännöllisin väliajoin.

Työn edetessä huomasin, että vanhoille standardilähteille on paikoin työlästä löytää nykypäivänä voimassa olevat vastaavat lähdekoodit. Vuosien saatossa standardeja on kumottu ja päivitetty useaan otteeseen. Lisäksi kävi ilmi, että eurokoodit ovat vieläkin paikoin hyvin vaikeaselkoisia ja tarvittavat tiedot voivat olla hajautettuina useissa standardin eri osioissa. Lisäksi eurokoodi ei tarkastele kovin seikkaperäisesti erilaisia tapauksia ja tietoa joutuu itse yhdistelemään ja soveltamaan.

## KUVAT

Kuva 1. Eurocode 3 -järjestelmän rakenne (Kaitila ym. 2010) .....	- 8 -
Kuva 2. Putkiprofiilien poikkileikkauksia .....	- 9 -
Kuva 3. Erilaisia putkiristikoiden liitostyypppejä 1 (SFS-EN 1993-1-8) .....	- 10 -
Kuva 4. Erilaisia putkiristikoiden liitostyypppejä 2 (SFS-EN 1993-1-8) .....	- 11 -
Kuva 5. Esimerkkejä mastokehistä .....	- 12 -
Kuva 6. Esimerkkejä yksilaivaisista jäykkänurkkaisista kehistä .....	- 13 -
Kuva 7. Suosittuja railomuotoja (SFS 2143) .....	- 14 -
Kuva 8. Putkiprofiilin ruuvijatkos-liitoksia (Vainio 2000) .....	- 15 -
Kuva 9. Esimerkkejä RHS-putken laipoista (Vainio 2000) .....	- 16 -
Kuva 10. Vedetty jatkosliitos (Vainio 2000).....	- 16 -
Kuva 11. CHS-putken jatkosliitos laipoilla (Vainio 2000).....	- 16 -
Kuva 12. Esimerkkejä palkin ja pilarin välisistä liitoksista (Vainio 2000) .....	- 17 -
Kuva 13. Putkiprofiilin perustusliitoksen pohjalevy (Vainio 2000).....	- 18 -
Kuva 14. Jäykän perustusliitoksen voimat (Vainio 2000) .....	- 18 -
Kuva 15. 1- ja 2-leikkeiset sideliitokset (AKO) .....	- 19 -
Kuva 16. Ruuvien leikkausmurto.....	- 20 -
Kuva 17. Liitoslevyn reunapuristusmurto .....	- 24 -
Kuva 18. Erilaisia palamurtumismekanismia.....	- 25 -
Kuva 19. Liitoslevyn vetomurto .....	- 27 -
Kuva 20. Levyrakenteen nurjahdus.....	- 30 -
Kuva 21. Esimerkki putkiprofiilin bruttopoikkileikkauksesta.....	- 32 -
Kuva 22. Esimerkki putkiprofiilin nettopoikkileikkauksesta.....	- 33 -
Kuva 23. 1-leikkeisen sideliitoksen hitsit .....	- 34 -
Kuva 24. 2-leikkeisen sideliitoksen hitsit .....	- 34 -
Kuva 25. Pienahitsien laskentapoikkipinnan jännitykset .....	- 36 -
Kuva 26. Otsapienahitsi .....	- 37 -
Kuva 27. Kylkipienahitsit .....	- 38 -
Kuva 28. Yleinen tapaus pienahitsistä .....	- 39 -
Kuva 29. Sideliitos päätylevyllä.....	- 41 -
Kuva 30. Hitsin tehollinen leveys ripalevyssä .....	- 41 -
Kuva 31. Hitsin tehollinen leveys päätylevyssä.....	- 41 -
Kuva 32. Esimerkkiliitos 1 .....	- 42 -
Kuva 33. Esimerkkiliitos 2 .....	- 50 -

## KAAVIOT

Kaavio 1. Ruuvikiinnittimien määrä: 4M20 ↔ 6M20.....	- 21 -
Kaavio 2. Ruuvikiinnittimien koko: M20 ↔ M24 .....	- 22 -
Kaavio 3. Liitoksen leikkeiden määrä: 1 ↔ 2 .....	- 22 -
Kaavio 4. Liitoslevyjen paksuudet: 10mm ↔ 15mm.....	- 28 -
Kaavio 5. Ruuvirivien sijoittelu: 3x2 ↔ 2x3 .....	- 29 -
Kaavio 6. Liitoslevyjen materiaalin lujuus: S355 ↔ S235 .....	- 31 -

## TAULUKOT

Taulukko 1. RHS 150x150x5 nurjahduskestävyydet.....	- 43 -
Taulukko 2. RHS 200x200x8 nurjahduskestävyydet.....	- 51 -

## LÄHTEET

Eurokoodi help desk. <http://www.eurocodes.fi> (Luettu 7.2.2011)

Kaitila, O., Kumar, R., Martikainen, L., Saarinen, E., Leskelä, M.V., Heinisuo, M., Inha, T., Kemppe, M., Yrjölä, P., Jyrkäs, K. & Ilveskoski, O. 2010. Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus Eurocode 3-oppikirja. Helsinki: Teräsrakenneyhdistys ry.

Kinnunen, J., Saarinen, E., Tiira, S., Ulvinen, S. & Väänänen, E. 2004. Teräsrakenne-CD. Teräsrakenteiden suunnittelu. Teräsrakenteiden litokset, osa 4. TAMK.

SFS-EN 1090-2. Teräs- ja alumiinirakenteiden toteuttaminen. Osa 2: Teräsrakenteita koskevat tekniset vaatimukset. Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN 1993-1-1. Eurokoodi 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN 1993-1-5. Eurokoodi 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-5: Levyrakenteet. Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN 1993-1-8. Eurokoodi 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-8: Liitosten mitoitus. Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-standardisointi. <http://sfs.fi/julkaisut/eurokoodit/> (Luettu 7.2.2011)

Vainio, H. 2000. Rautaruukin putkipalkkikäsikirja. Rautaruukki Oyj. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

**Taulukko 1.** Ruuvien myötörajan  $f_y$  ja vetomurtolujuuden  $f_{ub}$  nimellisarvot (SFS-EN 1993-1-8)

Ruuvien lujuusluokka	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
$f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	240	320	300	400	480	640	900
$f_{ub}$ (N/mm <sup>2</sup> )	400	400	500	500	600	800	1000

Huom: Kansallisessa liitteessä voidaan jättää jotkut ruuvien lujuusluokat pois.

**Taulukko 2.** Rakennusten suunnittelussa suositeltavat osavarmuuslukujen arvot (SFS-EN 1993-1-1)

$\gamma_{M0} = 1,00$
$\gamma_{M1} = 1,00$
$\gamma_{M2} = 1,25.$

**Taulukko 3.** Nimellisvälykset ruuveille ja niveltapeille [mm] (SFS-EN 1090-2)

Ruuvien tai niveltapin nimellishalkaisija (mm)	12	14	16	18	20	22	24	27 ja yli
Normaalit pyöreät reiät <sup>a</sup>	1 <sup>b, c</sup>		2				3	
Ylisuurat pyöreät reiät	3		4				6	8
Lyhyet pidennetyt reiät (pituudelle) <sup>d</sup>	4		6				8	10
Pitkät pidennetyt reiät (pituudelle) <sup>d</sup>	1,5 d							
<sup>a</sup> Tornelle, mastoille ja vastaaville sovelutuksille normaalien pyöreiden reikien nimellisvälystä pienennetään 0,5 mm, ellei erikseen toisin esitetä. <sup>b</sup> Pinnotetuille kiinnittimille 1 mm:n nimellisvälystä voidaan suurentaa kiinnittimen pinnoitteen paksuuden verran. <sup>c</sup> Ruuveille, joiden nimellishalkaisija on 12 tai 14 mm ja uppokantaruuveille voidaan käyttää myös 2 mm:n välystä standardissa EN 1993-1-8 esitettyjä ehtoja noudattaen. <sup>d</sup> Pidennetyissä rei'issä ruuvien nimellisvälykset tulee leveys suunnassa olla sama kuin normaaleilla pyöreillä rei'illä.								



**Taulukko 4. Pienin ja suurin keskiöväli, pääty ja reunaetäisyydet (SFS-EN 1993-1-8)**

Pääty- ja reunaetäisyydet sekä keskiöväli, ks. kuva 3.1	Minimiarvo	Maksimiarvo <sup>1)2)3)</sup>		
		EN 10025 mukaisista teräksistä (paitsi EN 10025-5:n mukaiset teräkset) tehdyt rakenteet		EN 10025-5 mukaisista teräksistä tehdyt rakenteet
		Säälle tai muille korroosiorasituksille altis rakenne	Rakenne, joka ei ole altis säälle tai muille korroosiorasituksille	Suojaamaton rakenne
Päätyetäisyys $e_1$	$1,2d_0$	$4t + 40$ mm		Suurempi arvoista $8t$ ja 125 mm
Reunaetäisyys $e_2$	$1,2d_0$	$4t + 40$ mm		Suurempi arvoista $8t$ or 125 mm
Etäisyys $e_3$ Pidennetyissä rei'issä	$1,5d_0$ <sup>4)</sup>			
Etäisyys $e_4$ Pidennetyissä rei'issä	$1,5d_0$ <sup>4)</sup>			
Keskiöväli $p_1$	$2,2d_0$	Pienempi arvoista $14t$ ja 200 mm	Pienempi arvoista $14t$ ja 200 mm	Pienempi arvoista $14t_{\min}$ ja 175 mm
Keskiöväli $p_{1,0}$		Pienempi arvoista $14t$ ja 200 mm		
Keskiöväli $p_{1,L}$		Pienempi arvoista $28t$ ja 400 mm		
Keskiöväli $p_2$ <sup>5)</sup>	$2,4d_0$	Pienempi arvoista $14t$ ja 200 mm	Pienempi arvoista $14t$ ja 200 mm	Pienempi arvoista $14t_{\min}$ ja 175 mm
<p>1) Keskiöväleillä, pääty- ja reunaetäisyyksillä ei ole ylärajaa paitsi seuraavissa tapauksissa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- puristetussa rakenneosissa paikallisen lommahduksen ja korroosion välttämiseksi korroosiorasituksen alaisena ja;</li> <li>- korroosiorasitukselle alttiit vedetyt rakenneosat korroosion välttämiseksi.</li> </ul> <p>2) Kiinnittimien välisen puristetun levyn paikallinen lommahdus lasketaan standardin EN 1993-1-1 mukaan olettamalla levy pilariksi ja käyttämällä nurjahduspituutena arvoa <math>0,6p_1</math>. Kiinnittimien välisen puristetun levyn paikallista lommahdusta ei tarvitse tarkistaa, jos <math>p_1/t</math> on pienempi kuin 9€. Reunaetäisyys saa olla enintään ulokkeelliselle puristetulle taso-osalle esitetyn arvon suuruinen paikallisen lommahduksen estämiseksi, ks. standardi EN 1993-1-1. Tämä vaatimus ei koske päätyetäisyyttä.</p> <p>3) <math>t</math> on uloimman liitettävän osan pienempi paksuus.</p> <p>4) Pidennettyjen reikien raja-arvot esitetään kohdan 1.2.7 mukaisessa viitestandardiryhmässä 7.</p> <p>5) Limitetyille kiinnitinriveille voidaan käyttää minimiarvoa <math>p_2 = 1,2d_0</math>, jos kahden limityksessä olevan kiinnittimen välinen minimietäisyys <math>L \geq 2,4d_0</math>, ks. kuva 3.1b).</p>				

**Taulukko 5.** Kuumavalssattujen rakenneterästen myötörajan  $f_y$  ja vetomurtolujuuden  $f_u$  nimellisarvot (SFS-EN 1993-1-1)


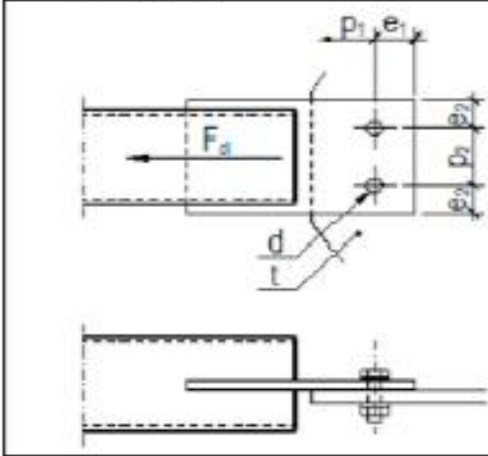
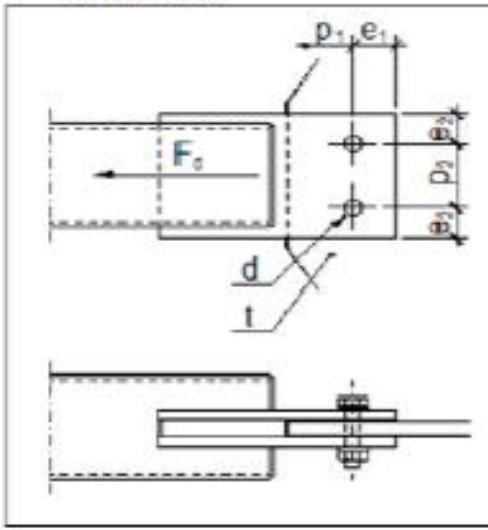
Standardi ja teräslaji	Nimellispaksuus $t$ [mm]			
	$t \leq 40$ mm		$40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm	
	$f_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_u$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_u$ [N/mm <sup>2</sup> ]
<b>EN 10025-2</b>				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	410	550
<b>EN 10025-3</b>				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
<b>EN 10025-4</b>				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
<b>EN 10025-5</b>				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490
<b>EN 10025-6</b>				
S 460 Q/QL/QL1	460	570	440	550

**Taulukko 6.** Rakenneputkien myötörajan  $f_y$  ja vetomurtolujuuden  $f_u$  nimellisarvot (SFS-EN 1993-1-1)


Standardi ja teräslaji	Nimellispaksuus $t$ [mm]			
	$t \leq 40$ mm		$40 \text{ mm} < t \leq 65$ mm	
	$f_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_u$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_u$ [N/mm <sup>2</sup> ]
<b>EN 10210-1</b>				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550
<b>EN 10219-1</b>				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S 275 NH/NLH	275	370		
S 355 NH/NLH	355	470		
S 460 NH/NLH	460	550		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 420 MH/MLH	420	500		
S 460 MH/MLH	460	530		

**Taulukko 7.** Pienahitsien korrelaatiokerroimet  $\beta_w$  (SFS-EN 1993-1-8)

Standardi ja teräslaji			Korrelaatiokerroin $\beta_w$
EN 10025	EN 10210	EN 10219	
S 235 S 235 W	S 235 H	S 235 H	0,8
S 275 S 275 N/NL S 275 M/ML	S 275 H S 275 NH/NLH	S 275 H S 275 NH/NLH S 275 MH/MLH	0,85
S 355 S 355 N/NL S 355 M/ML S 355 W	S 355 H S 355 NH/NLH	S 355 H S 355 NH/NLH S 355 MH/MLH	0,9
S 420 N/NL S 420 M/ML		S 420 MH/MLH	1,0
S 460 N/NL S 460 M/ML S 460 Q/QL/QL1	S 460 NH/NLH	S 460 NH/NLH S 460 MH/MLH	1,0

Yritys	Työnumero		Sivu
	Päiväys		1/6
	Tekijä		
	30.3.2011	MA	
Suunnittelija	Sisältö		
Maija Ahonen	Ruviliitos: Eurocode 3; Kestävyyksien mitoitusravot kiinnittimille, joihin kohdistuu leikkaus ja/tai veto.		
RHS000x000x0	nM20	xxx kN	
		täytettävä tieto	valmiiksi laskettu arvo
<b>Lähtötiedot:</b>			
Liitoslevyjen materiaali S355			
Normaalivoima $F_d$		kN	
Päätyetäisyys $e_1$		mm	
Reunaetäisyys $e_2$		mm	
Keskiöetäisyys $p_1$		mm	
Keskiöetäisyys $p_2$		mm	
Liitoslevyn paksuus $t$		mm	
Siteen liitoslevy(t) $t_1$		mm	
Liitoslevyn leveys $b$		mm	
Liitoslevyn murtoraja $f_u$	510	N/mm <sup>2</sup>	
Liitoslevyn myötöraja $f_y$	355	N/mm <sup>2</sup>	
Osavarmuusluku $\gamma_{M2}$	1.25		
Osavarmuusluku $\gamma_{M0}$	1		
Ruuvien lukumäärä:			
Pituussuunnassa $n_1$		kpl	
Vaakasuunnassa $n_2$		kpl	
Määrä yht. $\Sigma$		kpl	
<b>Ruuvit:</b>			
M16	<input type="checkbox"/>		
M18	<input type="checkbox"/>		
M20	<input checked="" type="checkbox"/>		
M22	<input type="checkbox"/>		
M24	<input type="checkbox"/>		
M27	<input type="checkbox"/>		
M30	<input type="checkbox"/>		
Ruvin halkaisija $d$	20	mm	
Reiän halkaisija $d_0$	22	mm	
$A_{s,ruuvi}$	245	mm <sup>2</sup>	
Ruuvien lujuusluokka	8.8		
(vain luokat 5.8, 8.8 ja 10.9)			
$f_{yb}$	640	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{ub}$	800	N/mm <sup>2</sup>	
1-leikkeinen:			
			
Tarkista ehto: $2 \times t_1 \geq t$			
2-leikkeinen:			
			
Minimi reuna- ja keskiöetäisyydet: (SFS-EN 1993-1-8, s.24)			
$e_1=e_2$		mm	
$p_1$		mm	
$p_2$		mm	



Yritys	Työnumero	Sivu	
	0	2/6	
	Päiväys		Tekijä
	30.3.2011		MA
Suunnittelija	Sisältö		
Maija Ahonen	Ruuviiliitos: Eurocode 3; Kestävyyksien mitoitusarvot kiinnittimille, joihin kohdistuu leikkaus ja/tai veto.		
RHS000x000x0 nM20 xxx kN			

Yksi-/kaksileikkeinen:

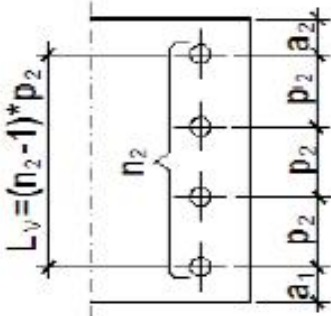
**1. Liitoslevyn t kestävyys**

Reunaetäisyydet:  $a_1=e_2=$   mm  
 $a_2=e_2=$   mm

**1.1 Poikkileikkauksen vetokestävyys**

Levyn poikkileikkauksen nettopinta-ala reikien kohdalla

$A_{net}=$   mm<sup>2</sup>  
 $L_v=$   mm



SFS-EN 1993-1-1, s.52 :

(2) Reiällisten poikkileikkausten vetokestävyysmitoitussarvo  $N_{t,Rd}$  on pienempi arvoista:

a) bruttopoikkileikkauksen plastisuusteorian mukaisen kestävyysmitoitussarvo:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

b) nettopoikkileikkauksen kestävyysmitoitussarvo kiinnittimien reikien kohdalla:

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$


Bruttopl.  $N_{pl,Rd}=$   kN


Nettopl.  $N_{u,Rd}=$   kN


Valittu->  kN

Ehto:  $N_{u,Rd} > F_d$   
 kN

Käyttöaste:  %

Yritys	Työnumero	Sivu
	0	3/6
	Päiväys Tekijä	
	30.3.2011 MA	
Suunnittelija	Sisältö	
Maija Ahonen	Ruuviiliitos: Eurocode 3; Kestävyyksien mitoitusarvot kiinnittimille, joihin kohdistuu leikkaus ja/tai veto.	
RHS000x000x0 nM20 xxx kN		
<b>1.2 Reunapuristuskestävyys</b>		
SFS-EN 1993-1-8, s.28 : Reunapuristuskestävyys		
$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_{tb} \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$		
missä $\alpha_b$ on pienin arvoista $\alpha_d$ ; $f_{ub}/f_u$ ja 1,0 :		
siirrettävän voiman suunnassa:		
- levyn pään ruuveille: $\alpha_d = \frac{e_1}{3d_0}$		
- muille kuin pään ruuveille: $\alpha_d = \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}$		
kohtisuorassa suunnassa siirrettävään voimaan nähden:		
- reunarivin ruuveille: $k_1$ on pienin arvoista $2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7$ ja 2.5		
- muille kuin pään ruuveille: $k_1$ on pienin arvoista $1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7$ ja 2.5		
<b>Siirrettävän voiman suunnassa:</b>		
Levyn pään ruuveille:		$\alpha_d =$ <input type="text"/>
Muille kuin pään ruuveille:		$\alpha_d =$ <input type="text"/>
→ Valitaan tähän ruutuun käytettävä arvo $\alpha_d$ : <input type="text"/>		
$\alpha_b$ on pienin arvoista $\alpha_d$ ; $f_{ub}/f_u$ ; 1.0		$\alpha_b =$ <input type="text"/>
<b>Kohtisuorassa suunnassa siirrettävään voimaan nähden:</b>		
$k_1$ on pienin arvoista: $2,8 \cdot (e_2/d_0) - 1,7$ ; $1,4 \cdot (p_2/d_0) - 1,7$ ; 2.5		$k_1 =$ <input type="text"/>
$F_{b,Rd} =$ <input type="text"/> kN	→ Ruuveja <input type="text"/> kpl	
	→ $F_{Rd} =$ <input type="text"/> kN	
<b>Ehto:</b> $F_{Rd} > F_d$		
>	kN	Käyttöaste: <input type="text"/> %

Yritys	Työnumero	Sivu	
	0	4/6	
	Päiväys		Tekijä
	30.3.2011		MA
Suunnittelija	Sisältö		
Maija Ahonen	Ruuviilitos: Eurocode 3; Kestävyyksien mitoitusarvot kiinnittimille, joihin kohdistuu leikkaus ja/tai veto.		
RHS000x000x0 nM20 xxx kN			
<h2>2. Ruuvien leikkauskestävyys</h2>			
<p>SFS-EN 1993-1-8, s.28: Leikkauskestävyys leikettä kohti</p> $F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}}$ <p>–kun ruuvien kierteet ovat leikkaustasossa (A on ruuvien jännityspoikkipinta-ala <math>A_s</math>):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– lujuusluokat 4.6, 5.6 ja 8.8: <math>\alpha_v = 0,6</math></li> <li>– lujuusluokat 4.8, 5.8, 6.8 ja 10.9: <math>\alpha_v = 0,5</math></li> </ul> <p>–kun ruuvien kierteetön osa on leikkaustasossa (A on ruuvien bruttopoikkileikkauksen pinta-ala):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <math>\alpha_v = 0,6</math></li> </ul>			
<p>Lujuusluokka: <input type="text"/> → <math>\alpha_v =</math> <input type="text"/></p> <p>Leikkautumistaso:</p> <p>Kierteellisellä alueella <math>A_s =</math> <input type="text"/> mm<sup>2</sup></p> <p>Kierteettömällä alueella A= <input type="text"/> mm<sup>2</sup></p> <p>→ Valitaan: <input type="text"/> mm<sup>2</sup></p> <p><math>F_{v,Rd} =</math> <input type="text"/> kN</p> <p>Leikkeiden ja pulttien määrät huomioon ottaen: <math>F_{Rd} =</math> <input type="text"/> kN</p> <p>Ehto: <math>F_{Rd} &gt; F_d</math> &gt; kN Käyttöaste: %</p>			

Yritys	Työnumero	Sivu
	0	5/6
	Päiväys Tekijä	
	30.3.2011 MA	
Suunnittelija	Sisältö	
Malja Ahonen	Ruuviiliitos: Eurocode 3; Kestävyyksen mitoitusarvot kiinnittimillä, joihin kohdistuu leikkaus ja/tai veto.	
RHS000x000x0 nM20 xxx kN		

### 3. Liitoslevyn palamurtumiskestävyys

SFS-EN 1993-1-8, s.34:  
Palamurtumiskestävyysmitoitussarvo  $V_{eff,1,Rd}$ , kun symmetriseen ruuviryhmään kohdistuu keskeinen kuorma, lasketaan seuraavasti:

$$V_{eff,1,Rd} = \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \left( \frac{1}{\sqrt{3}} \right) \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\gamma_{M2}}$$

missä:  $A_{nt}$  on vedon rasittama nettopinta-ala  
 $A_{nv}$  on leikkauksen rasittama nettopinta-ala

#### TAPAU 1

Vedon rasittama pinta-ala  $A_{nt} =$   mm<sup>2</sup> [  $A_{nt} = (L_v - (n-2) \cdot d_0) \cdot t$  ]  
 Leikkauksen rasittama pinta-ala  $A_{nv} =$   mm<sup>2</sup> [  $A_{nv} = ((e_1 + (n_1-1) \cdot p_1) - (n_1-0.5) \cdot d_0) \cdot t \cdot 2$  ]

$V_{eff,1,Rd} =$   kN  
 Ehto:  $V_{eff,1,Rd} > F_d$

Käyttöaste:  %

#### TAPAU 2

Vedon rasittama pinta-ala  $A_{nt} =$   mm<sup>2</sup>  
 Leikkautuvaa pintaa ei ole.

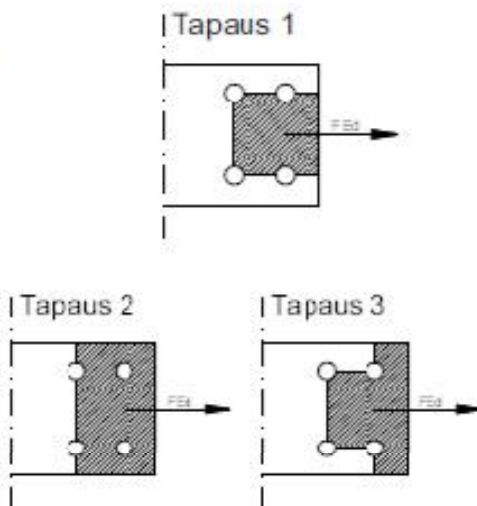
$V_{eff,1,Rd} =$   kN  
 Ehto:  $V_{eff,1,Rd} > F_d$

Käyttöaste:  %


  


#### TAPAU 3

$V_{eff,1,Rd} =$   kN  
 Käyttöaste:  %



Yritys	Työnumero	Sivu	
	0	6/6	
	Päiväys		Tekijä
	30.3.2011		MA
Suunnittelija	Sisältö		
Maija Ahonen	Ruuviiliitos: Eurocode 3; Kestävyyksien mitoitusarvot kiinnittimille, joihin kohdistuu leikkaus ja/tai veto.		
RHS000x000x0	nM20	xxx kN	
<h4>4. Kylkiänpahitsin kestävyys putkiprofilissa</h4>			
<p>Sovellettu standardin SFS-EN 1993-1-8 luvun 4.5 menetelmien kaavoja standardin SFS 2373 mukaisesti.</p>			
<p>Kylkiänpahitsi:                      mitoitusehto vaaditulle a-mitalle:</p>			
$a \geq \frac{F_{w,Rd} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}}{L_w \cdot f_u}$			
<p>Kun efektiivinen a-mitta on tiedossa, saadaan mitoitusehto jännitykselle</p>			
$F_{w,Rd} \leq \frac{a \cdot f_u \cdot L_w}{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}}$			
<p><math>F_{w,Rd} = </math> <input type="text"/> kN</p>			
<p>Hitsattujen sivujen määrät huomioon ottaen:</p>			
<p><math>F_{Rd} = </math> <input type="text"/> kN</p>			
<p><b>Ehto:</b>                      <math>F_{Rd} &gt; F_d</math></p>			
<p>   &gt;                      kN</p>			
<p>Käyttöaste:                      %</p>			
<p>Pienahitsin korrelaatio-kerroin(, kun S355):</p>			
<p><math>\beta_w = </math> <input type="text"/></p>			
<p>Hitsattujen sivujen määrä:</p>			
<p><input type="text"/> kpl</p>			
<p>Hitsin a-mitta:</p>			
<p><math>a = </math> <input type="text"/> mm</p>			
<p>Kylkiänpahitsin pituus (päälevyn upotussyvyys):</p>			
<p><math>L_w = </math> <input type="text"/> mm</p>			

Yritys	Työnumero	Sivu	
	0	1/1	
	Päiväys		Tekijä
	30.3.2011		MA
Suunnittelija	Sisältö		
Maija Ahonen	Ruuviliitos: Eurocode 3; Kestävyyksien mitoitusarvot kiinnittimille, joihin kohdistuu leikkaus ja/tai veto.		
RHS000x000x0 nM20 xxx kN			

**TULOSTE:**  
Liitoslevyjien materiaali S355

Normaalivoima $F_d$ =	<input type="text"/>	kN
Päätetytäisyys $e_1$ =	<input type="text"/>	mm
Reunaetäisyys $e_2$ =	<input type="text"/>	mm
Keskiöetäisyys $p_1$ =	<input type="text"/>	mm
Keskiöetäisyys $p_2$ =	<input type="text"/>	mm
Liitoslevyn paksuus $t$ =	<input type="text"/>	mm
Siteen liitoslevy(t) $t_1$ =	<input type="text"/>	mm
Liitoslevyn leveys $b$ =	<input type="text"/>	mm
Liitoslevyn murtoraja $f_u$ =	510	N/mm <sup>2</sup>
Liitoslevyn myötöraja $f_y$ =	355	N/mm <sup>2</sup>

Osavarmuusluku $\gamma_{M2}$ =	1.25
Osavarmuusluku $\gamma_{M0}$ =	1

Ruuvien lukumäärä:

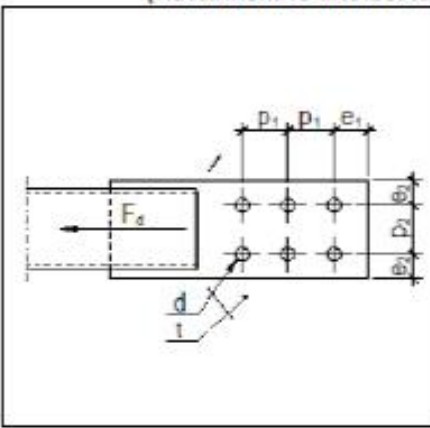
Pituussuunnassa $n_1$ =	<input type="text"/>	kpl
Vaakasuunnassa $n_2$ =	<input type="text"/>	kpl
$\Sigma n$ =	<input type="text"/>	kpl

Profiili:	RHS000x000x0
Ruuvit:	nM20
Leikkeitä:	2

(Havainnekuva liitoksesta)

**1. Liitoslevyn kestävyys**

<b>1.1 Poikkileikkauksen vetokestävyys</b>	$N_{t,Rd}$ =	<input type="text"/>	kN
Käyttöaste:			%
<b>1.2 Reunapuristuskestävyys</b>	$F_{Rd}$ =	<input type="text"/>	kN
Käyttöaste:			%


<b>2. Ruuvien leikkauskestävyys</b>	$F_{Rd}$ =	<input type="text"/>	kN
Käyttöaste:			%

<b>3. Liitoslevyn palamurtokestävyys (heikompi tapaus)</b>	$V_{eff,Rd}$ =	<input type="text"/>	kN
Käyttöaste:			%

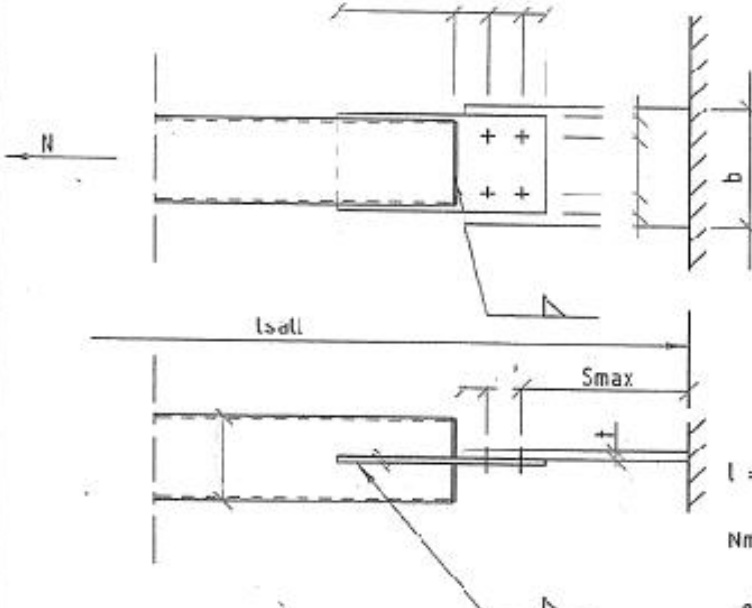
<b>4. Kylkipienahitsin kestävyys putkiprofiilissa</b>	$F_{Rd}$ =	<input type="text"/>	kN
Käyttöaste:			%

 <b>AARO KOHONEN OY</b> NEUVOTTELEVA INSINÖÖRITOIMISTO			Asiakirjan nimi <b>STANDARDI</b>	Asiakirjan tunnus 	
Päiväys 1990 03-07	Lehti JOL/SAS	Hyvä 	Perustusnumero 	Muutos 	Sivu 1 (1)

Otsikko

**LIITOS, PUTKIPALKKI, YKSILEIKKEINEN LIITOS**

P 150x150x5 / 4xM20



l_sall (m)	N_max (kN)
-	-

$l =$  saavan nurjahduspituus.  
 $N_{max}$  huomioi sekä putkipalkin nurjahduksen, että liitoksen kestävyycen.  
 Vastinlevyn vähimmäispaksuus  $t =$  mm.  
 Jos  $t =$  mm ja  $b =$  mm  
 $\Rightarrow S_{max} =$  mm.

$\frac{N}{S}$

Sallittu kuorma 16

Täyskierteiset ruuvit

Materiaalit: Putkipalkki Fe 510 D, SFS 200  
 Levyt Fe 510 D, SFS 200  
 Ruuvit 8,8, SFS 2173  
 Mutterit 8, SFS 2173

Hitseus: Luokka WC, SFS 2379

Toleranssit: Mitatappikkeamat, tarkkuusluokka B, SFS 3393  
 Pöytäleikkaus, laatuluokka II, SFS 4072

Mitat: Ruuvit SFS 2064  
 Mutterit SFS 2067  
 Alustevyt SFS 2042 (SFS 2041)

Copyright © 2008 by Aaro Kohonen Oy, Finland. All rights reserved.

<b>Aaro Kohonen</b> FMC GROUP™			Asiakirjan nimi	Asiakirjan tunnus	
			STANDARDI		
Päiväys	Laat.	Hyv.	Piirustusnumero	Muutos	Sivu
30.3.2011	MA				1(1)
Otsikko					
RUUVILIITOS, PUTKIPALKKI, YKSILEIKKEINEN LIITOS					
RHS 150x150x5 / 4M20 / kN					
Kokokierreruuvit					
Materiaalit:					
Putkipalkki S355J2H	SFS-EN 10219-1	Mitat:	Ruuvit	SFS-EN ISO 4017:en	
Levyt S355		Mutterit	SFS-EN ISO 4032:en		
Ruuvit 8.8	SFS-EN 15048-1	Aluslevyt	SFS-EN ISO 7091:en		
Mutterit 8					
Hitsaus:					
Luokka C	SFS-EN ISO 5817	$L_c$	= putkipalkin nurjahduspituus		
Toleranssit:					
Mittapoikkeamat, tarkkuusluokka B	SFS-EN 1090-2	Vastinlevy:	$t \geq$ mm		
Polttoleikkaus, laatuluokka II		Jos $t =$ mm ja $b =$ mm	$\rightarrow S_{max} =$ mm		
$F_{d,max}$ huomioi sekä putkipalkin nurjahduksen että liitoksen kestävyys.					
Maksimi normaalivoimat:					
$L_{c,sali}$ [m]					
$F_{d,max}$ [kN]					
(SFS-EN 1993)					