

B7

SUOMEN RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA

YMPÄRISTÖMINISTERIÖ, Asunto- ja rakennusosasto

Teräsrakenteet

OHJEET 1996

Ympäristöministeriö on rakennuslain 13 §:n nojalla antanut teräsrakenteita koskevat ohjeet. Nämä ohjeet korvaavat 2 päivänä huhtikuuta 1987 annetut ohjeet B7 Teräsrakenteet.

Ohjeet liittyvät kantavista rakenteista, rakenteiden varmuudesta ja kuormituksesta sekä rakenteellisesta paloturvallisuudesta annettuihin määräyksiin.

Ympäristöministeriön 14 päivänä syyskuuta 1994 antama päätös koskien teräsrakenteiden suunnittelussa käytettävää vaihtoehtoista menetelmää, Eurocode 3 Osa 1–1 yhdessä kansallisen soveltamisasiakirjan kanssa, on edelleen voimassa.

Ohjeet on ilmoitettu direktiivin 83/189/ETY mukaisesti.

Uudet ohjeet tulevat voimaan 1 päivänä lokakuuta 1996 ja niitä voidaan soveltaa rakentamistoimenpiteeseen, johon on haettu lupaa mainittuna päivänä tai sen jälkeen kuitenkin siten, että aikaisempia ohjeita saa soveltaa rakentamistoimenpiteeseen, jota koskevaa lupaa on haettu ennen 1 päivää lokakuuta 1997.

Helsingissä 10 päivänä kesäkuuta 1996

Ylijohtaja Jouni J. Särkijärvi

Johtaja Matti J. Virtanen

SISÄLLYS

1 YLEISTÄ

- 1.1 Soveltamisala
- 1.2 Rakenteiden luokitus
 - 1.2.1 Rakenneluokat
 - 1.2.2 Suunnittelijan pätevyys
 - 1.2.3 Vastaavan teräsrakennetyönjohtajan pätevyys
- 1.3 Suunnitelma-asiakirjat
 - 1.3.1 Laskelmat
 - 1.3.2 Piirustukset ja projektieritelmä
 - 1.3.3 Sovellettava standardi ja varmennettu käytös-
töseloste
- 1.4 Merkinnät

2 RAKENNEAINEET JA TARVIKKEET

3 RAKENTEIDEN SUUNNITTELU

- 3.1 Yleiset suunnitteluperusteet
- 3.2 Kuormitus
- 3.3 Ympäristö
- 3.4 Voimasuureet
- 3.5 Aineominaisuudet
- 3.6 Rajatilat
 - 3.6.1 Murtorajatilat
 - 3.6.2 Käyttöraajatilat
- 3.7 Ainelujuuden laskenta-arvot
- 3.8 Aineosavarmuusluku
- 3.9 Rakenteelliset ehdot
 - 3.9.1 Plastinen nivel
 - 3.9.2 Poikkileikkausluokat
 - 3.9.3 Sauvojen suurin hoikkuus
 - 3.9.4 Leikkausmuodonmuutosten vaikutus
- 4 MITOITUS
 - 4.1 Kestävyyden laskentaperiaatteet ja vertailu

	voimasuureisiin	7.2.4	Tyypitettyjen kertymien käyttö
4.2	Kestävyydet	7.3	Väsymisluokat
4.2.1	Sauvan kestävyys vetävälle normaalivoimalle	7.4	Muotovalmisteen väsymisluokka
4.2.2	Sauvan kestävyys puristavalle normaalivoimalle	7.5	Pulttiliitokset ja ruuvit
4.2.3	Sauvan kestävyys leikkausvoimalle	8	PALOMITOITUS
4.2.4	Sauvan kestävyys taivutusmomentille	8.1	Suunnitteluperusteet
4.2.5	Sauvan poikkileikkauksen kestävyys voima-suureyhdistelmille	8.2	Kuormat
4.3	Sauvan sivuttainen tukeminen	8.3	Rakenneteräksen aineominaisuudet
4.3.1	Taivutetun sauvan sivuttaistukien välinen etäisyys	8.4	Teräksen lämpötilan nousu
4.3.2	Sivuttaistukien mitoitus	8.5	Laskennallisia ohjeita
4.4	Sauvojen stabiilius	8.6	Yksikerroksiset tuotanto- ja varastorakennukset
4.4.1	Sauvan kestävyys keskiselle puristavalle voimalle	9	RAKENTEIDEN VALMISTUS JA ASENNUS
4.4.2	Sauvan vääntönurjahduskestävyys	9.1	Perusteet
4.4.3	Sauvan kiepahduskestävyys	9.2	Rakenneaineiden ja tarvikkeiden käsittely
4.4.4	Puristetun sekä kaksoissymmetrisen puristetun ja taivutetun sauvan kestävyys	9.3	Pulttiliitokset
4.5	Taivutusmomentin jakautuman vaikutus kaksoissymmetrisille poikkileikkauksille	9.3.1	Ruuvit, mutterit ja aluslaatat
4.6	Levyn lommahdus	9.3.2	Reiät
4.6.1	Alkuotaksumat	9.3.3	Liitospinnat
4.6.2	Levyn tason suuntainen puristus	9.3.4	Ruuvien kiristäminen
4.6.3	Leikkauslujuus	9.4	Hitsaus
4.6.4	Lommahduslaskelmat, kun ylikriittistä tilaa ei käytetä hyväksi	9.5	Asentaminen
4.6.5	Kestävyys staattisille voimasuureyhdistelmille	9.5.1	Asennussuunnitelma
4.7	Kestävyys pistekuormalle	9.5.2	Kuljetus ja siirrot
4.7.1	Rakenne on sivusuunnassa tuettu ja kiertymä estetty	9.5.3	Rakenteen kokoaminen
4.7.2	Laipan kiertymä ei ole estetty	9.5.3.1	Yhteensovittaminen
4.8	Jäykisteen mitoitus pistekuormalle	9.5.3.2	Toleranssit
5	PULTTILIITOKSET	10	TERÄKSEN SUOJAAMINEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSILTA
5.1	Liitostyyppit	10.1	Ympäristön rasitusluokat
5.2	Mitoitus	10.2	Suojaustavat
5.2.1	Ruuvien ainelujuudet ja laskenta-arvot	10.2.1	Maalaus
5.2.2	Voimien jakautuminen ruuveille	10.2.2	Kuumasinkitys
5.2.3	Muut ohjeet	10.2.3	Sinkki- tai alumiiniruisutus
5.2.4	Ruuvien leikkausvoimakkestävyys	10.2.4	Sähkösinkitys
5.2.5	Reunapuristus- ja reunarepeytymiskestävyys	10.2.5	Syöpymislisä
5.2.6	Ruuvien varren suuntainen vetovoimakkestävyys	10.2.6	Katodinen suojaus
5.2.7	Ruuvien yhdistetty veto- ja leikkausvoimakkestävyys	10.3	Rakenteellinen suojaaminen
5.2.8	Kitkaliitoksen mitoitus	11	RAKENTEIDEN VAATIMUKSENMUKAISUUS
6	STAATTISESTI KUORMITETUT HITSAUSLIITOKSET	11.1	Perusteet
7	VÄSYTYSKUORMITETUT RAKENTEET	11.2	Hyväksytyn tarkastuslaitoksen valvonta
7.1	Suunnitteluperusteet	11.3	Projektikohtainen valvonta
7.2	Mitoitus	11.3.1	Rakenneaineiden ja tarvikkeiden laadunvarmistus
7.2.1	Mitoitusehto	11.3.1.1	Rakenneaineet, tarvikkeet ja rakenneosat
7.2.2	Yksiakselinen jännitystila	11.3.1.2	Ruuvit, mutterit ja aluslevyt
7.2.3	Tasojännitystila	11.3.1.3	Hitsausaineet
		11.3.1.4	Pinnoitteet
		11.3.1.5	Muut aineet ja tarvikkeet
		11.3.2	Valmistuksen laadunvarmistus
		11.3.2.1	Aineiden ja tarvikkeiden käsittely
		11.3.2.2	Pulttiliitokset
		11.3.2.3	Hitsausliitokset

- 11.3.2.4 Valmiit pinnoitteet ja pinnoitetyöt
 11.3.2.5 Valmistustoleranssit
 11.3.3 Valmiin rakennuskohteen vaatimuksenmu-
 kaisuus
 11.3.4 Laadunvarmistustoimenpiteiden dokumen-
 tointi
 11.3.5 Toimenpiteet puutteellisen aineiston johdos-
 ta
 11.4 Toimenpiteet epätydyttävän laadun takia
 Liite 1 Merkintöjä
 Liite 2 Sovellettavien standardien luettelo

1

YLEISTÄ

1.1 Soveltamisala

Nämä ohjeet koskevat kohdan 2 mukaisista rakenne-
 aineista ja tarvikkeista valmistettavien rajatilamene-
 telmällä suunniteltavien teräsrakenteiden rakenteel-
 lista suunnittelua, valmistusta ja laadunvalvontaa.
 Ohjeet eivät koske teräsohuttlevyrakenteita.

1.2 Rakenteiden luokitus

1.2.1 RAKENNELUOKAT

Teräsrakenteet jaetaan kolmeen rakenneluokkaan 1, 2
 ja 3 mahdollisista vaurioista aiheutuvien henkilöva-
 hinkojen suuruuden ja yhteiskunnallisten menetysten
 perusteella.

Rakenne suunnitellaan ja toteutetaan siinä rakenne-

luokassa, johon se taulukon 1.1 mukaisesti kuuluu.

Väsytyskuormitetut rakenteet katsotaan kuuluvaksi
 vähintään rakenneluokkaan 2.

Taulukon 1.1 luokittelu koskee rakennusten primää-
 rirakenteita, joiksi katsotaan kantava runko ja sen
 osat (kuten palkit, kattokannattajat, pilarit jne.), jäy-
 kistävät rakenteet, nosturiradat, koneiden ja laitteiden
 tukirakenteet ja vastaavat sekä portaat ja kaiteet. Se-
 kundäärirakenteet voidaan lukea rakenneluokkaan 3.
 Näissä ohjeissa sekundäärirakenteiksi katsotaan vain
 ulko- ja väliseinät, ikkunat, ovet ja vastaavat, joihin
 kohdistuu pääasiassa ilman paine-eroista aiheutuva
 sivuttaiskuormitus.

1.2.2 SUUNNITTELIJAN PÄTEVYYS

Mikäli teräsrakennuskohteella on useita rakennesuun-
 nittelijoita, on yksi heistä nimettävä teräsrakenteiden
 pääsuunnittelijaksi, joka vastaa kohteen teräsraken-
 nesuunnittelusta.

Teräsrakenteiden pääsuunnittelijalla tulee olla hank-
 keen rakenneluokan edellyttämä riittävä pätevyys
 suunnitteluun. Tämä edellyttää tarkoituksenmukaista
 peruskoulutusta sekä suunnittelukokemusta.

Rakenneluokan 1 kohteiden teräsrakenteiden pääsuun-
 nittelijalta edellytetään teknillisen korkeakoulun tai
 yliopiston rakennustekniikan tai vastaavan opintosuun-
 nan tutkintoa, joka sisältää teräsrakenteiden suunnit-
 telun kurssin, sekä vähintään kahden vuoden osoitet-
 tua työkokemusta teräsrakenteiden suunnittelusta.
 Muun tutkinnon suorittaneella tulee olla osoitetut te-
 räsrakenteiden suunnittelun kannalta vastaavat tiedot
 ja vähintään kolmen vuoden käytännön kokemus te-
 räsrakenteiden suunnittelusta.

Rakenneluokan 2 kohteiden teräsrakenteiden pääsuun-
 nittelijalta edellytetään vähintään teknillisen oppilai-
 toksen tai ammattikorkeakoulun soveltuvan linjan in-
 sinöörin tutkintoa, johon sisältyvät teräsrakenteiden
 suunnittelua ja toimintaa käsittelevät kurssit, sekä vä-

Taulukko 1.1

Rakenneluokat.

Rakenne- luokka	Rakenne-esimerkkejä
1	Rakennukset, joissa usein on suuri joukko ihmisiä kuten – vähintään 4-kerroksiset asuin-, konttori- ja liikerakennukset – konserttitalit, teatterit, urheilu- ja näyttelyhallit, katsomot Teollisuuden raskaasti kuormitetut tai suuria jännevälejä sisältävät rungot Erikoisrakenteet kuten – suuret mastot ja tornit
2	Rakennukset, jotka eivät kuulu luokkiin 1 tai 3
3	1- ja 2-kerroksiset rakennukset, joissa vain tilapäisesti oleskelee ihmisiä kuten – pienet varastot – pienet maatalouden tuotantorakennukset

hintaan vuoden osoitettua työkokemusta teräsrakenteiden suunnittelusta. Muun tutkinnon suorittaneella tulee olla osoitetut teräsrakenteiden suunnittelun kannalta vastaavat tiedot ja vähintään kolmen vuoden käytännön kokemus teräsrakenteiden suunnittelusta.

Rakenneluokan 3 kohteiden teräsrakenteiden pääsuunnittelijalla tulee olla tehtävän vaativuuteen nähden riittävä koulutus ja kokemus.

1.2.3 VASTAAVAN TERÄSRAKENNETYÖNJOHTAJAN PÄTEVYYS

Teräsrakennetyönjohtajalla tulee olla hankkeen rakenneluokan edellyttämä riittävä pätevyys hoitaa rakenteiden valmistamista tai asentamista. Tämä edellyttää tarkoituksenmukaista peruskoulutusta sekä käytännön kokemusta. Teräsrakenteiden valmistuksesta ja asentamisesta vastaavan työnjohtajan ammattitaitovaatimukset ovat keskenään yhtäläiset.

Rakenneluokan 1 kohteiden vastaavalta teräsrakennetyönjohtajalta edellytetään vähintään teknillisen oppilaitoksen tai ammattikorkeakoulun soveltuvalla linjalla suoritettua insinööri- tai teknikkotutkintoa, johon sisältyvät teräsrakenteiden toimintaa, suunnittelua tai valmistusta käsittelevät kurssit, sekä vähintään vuoden osoitettua työkokemusta teräsrakennnealan valmistus- tai asennustehtävistä. Muun tutkinnon suorittaneella tulee olla vastaavat osoitetut tiedot teräsrakenteiden valmistuksesta, toiminnasta ja asennuksesta sekä vähintään kolmen vuoden kokemus teräsrakennnealan valmistus- tai asennustehtävistä.

Rakenneluokan 2 kohteiden vastaavan teräsrakennetyönjohtajan tulee olla suorittanut vähintään teknillisen oppilaitoksen soveltuvalla linjalla teknikkotutkinnon ja hänellä tulee olla vähintään vuoden osoitettu työkokemus teräsrakennnealan valmistus- tai asennustehtävistä. Muun tutkinnon suorittaneella tulee olla vastaavat osoitetut tiedot teräsrakenteiden valmistuksesta, toiminnasta ja asennuksesta sekä vähintään kolmen vuoden kokemus teräsrakennnealan valmistus- tai asennustehtävistä.

Rakenneluokan 3 kohteiden vastaavalla teräsrakennetyönjohtajalla tulee olla riittäväksi katsottavat teräsrakenteiden valmistusta ja asentamista sekä rakenteellisia seikkoja koskevat tiedot.

1.3 Suunnitelma-asiakirjat

1.3.1 LASKELMAT

Rakenteiden laskelmien tulee sisältää ainakin seuraavat asiat:

- rakennemallit
- kuormat
- lasketut voimasuureet
- rakenteiden mitat ja ainetiedot
- murtorajatilatarkastelut
- käyttörajatilatarkastelut

1.3.2 PIIRUSTUKSET JA PROJEKTIERITELMÄ

Teräsrakenteiden suunnitteluasiakirjojen tulee sisältää toteutusta varten rakenteen koko-, geometria- ja rakenneainetietojen lisäksi laatuvaatimukset valmistukselle ja asennustyön tulokselle siten, että toteuttajalla on tarvittavat perusteet laatusuunnitelman laatimiseksi.

Teräsrakenteiden piirustuksissa tai suunnittelijan hyväksymässä projektieritelmässä esitetään vähintään:

- rakenneluokka
- hitsiluokka
- hitsien hyväksikäyttöaste niistä hitseistä, joissa se ylittää arvon 0,5
- suunnitelmissa käytetyt hyötykuormien ominaisarvot
- aineiden ja tarvikkeiden laatu
- rakenteiden mitat, muoto ja sallitut mittapoikkeamat
- rakenteiden ympäristöluokitus ja rakenteiden suojaustavat
- muut tarpeelliset tiedot, kuten esim.:
 - väsytyskuormitetun rakenteen valmistusta koskevat erityisvaatimukset (esim. polttoleikkausluokka, reikien tekotapa yms.),
 - lamellirepeilyvaaralle alttiiksi joutuvien aineiden hankintaa koskevat erityisvaatimukset,
 - esitettävä kuumasinkittävät osat ja suunniteltu sinkkikerroksen paksuus
- tarve erillisen laatusuunnitelman laatimisesta toteuttajalta, jonka sisäinen laadunvalvonta ei ole hyväksytyn tarkastuslaitoksen jatkuvassa valvonnassa
- käyttö- ja huolto-ohje tarvittaessa

Valmisosien osalta esitetään lisäksi:

- paino, ja tarvittaessa
- siirto- ja nostokohdat
- käsittely-, tuenta- ja nosto-ohjeet

Projektin laatusuunnitelman tulee esittää erityiset laatuikäytännöt, resurssit ja töiden järjestys, ja sen tulee sisältää ainakin seuraavat asiat:

- tarkastelu toteuttajan resursseista, joilla projekti-eritelmän vaatimukset saavutetaan
- tarkastus- ja testaussuunnitelma
- menettely vaatimuksista poikkeamien käsittelemiseksi
- laatupassin sisällön hyväksyntöjen ajankohdat

1.3.3 SOVELLETTAVA STANDARDI JA VARMENNETTU KÄYTTÖSELOSTE

Sovellettava standardi on aine-, testaus-, suunnittelu-, menetelmä-, tarvikestandardi tai vastaava, joka mainitaan sovellettavien standardien luettelossa. Muilla kuin sovellettavien standardien mukaisilla rakenneaineilla ja tarvikkeilla tulee olla varmennettu käyttöseloste.

Varmennettu käyttöseloste on rakenneaineille tai tarvikkeille laadittava kokeisiin ja muihin selvityksiin perustuva erillinen tuoteohje. Varmennettu käyttöseloste sisältää tarpeelliset tiedot rakenneaineen tai tarvikkeen ominaisuuksista, käyttökelpoisuudesta, käyttötavoista tai käyttöön liittyvistä seikoista.

1.4 Merkinnät

Näissä ohjeissa käytettyjä merkintöjä on esitetty liitteessä 1.

Näissä ohjeissa käytetään teräslajien, laatuluokkien, hitsiluokkien, ympäristön rasitusluokkien, ruuvien lu-

juusluokkien, ruostumisasteiden jne. osalta sovellettavissa standardeissa esitettyjä merkintöjä ja luokituksia.

2

RAKENNEAINEET JA TARVIKKEET

Teräsrakenteisiin ja -rakenneosiin käytetään sovellettavan standardin tai varmennetun käyttöselosteen mukaisia rakenneaineita (levyt ja muotovalmisteet) ja tarvikkeita.

Tämän ohjeen mukaisesti suunnitellaan ja toteutetaan rakenteita, joissa käytetyn teräksen sovellettavan standardin mukainen nimellinen myötöraja on 235 - 420 N/mm².

Rakenneaineiden ja tarvikkeiden laatu, muoto ja pintakäsittely valitaan siten, että ne vastaavat suunniteltua käyttötarkoitusta.

Rakenneaineissa ja tarvikkeissa ei saa olla sellaisia vikoja, jotka voivat vaarantaa rakenteen lujuuden tai suunnitellun toiminnan, lyhentää suunniteltua käyttöikää tai merkittävästi huonontaa rakenteen käyttöominaisuuksia.

Taulukko 2.1

Painoluvun Z määrittäminen.

Vaikuttava tekijä	Painoluku
Rakenneluokka	Z_a
1	7
2	4
3	1
Käyttölämpötila T(°C)	Z_b
+ 100 > T ≥ 0	0
0 > T ≥ -20	5
-20 > T ≥ -30	8
-30 > T ≥ -40	10
Ainepaksuus t (mm) (t valitaan paksuimman liitettävän osan perusteella)	Z_c
t < 15	0
15 ≤ t < 25	2
25 ≤ t < 35	4
35 ≤ t < 45	6
45 ≤ t < 100	8
Vetojännitys murtorajatilassa (N/mm ²)	Z_d
σ < 235	0
235 ≤ σ < 275	1
275 ≤ σ < 355	2
355 ≤ σ	3
$Z = Z_a + Z_b + Z_c + Z_d$	

Taulukko 2.2*Teräksen alin laatuluokka.*

Painolukujen summa $Z = Z_a + Z_b + Z_c + Z_d$	Rakenneos, jossa on hitsejä tai polttoleikattuja osia	Rakenneos, jossa ei ole hitsejä eikä poltto- leikattuja osia
$Z \leq 12$	JR	JR
$12 < Z \leq 18$	JO	JR
$18 < Z \leq 22$	J2	JR
$22 < Z \leq 24$	J4 ¹⁾	JO

¹⁾ Katso sovellettavien standardien luettelo

Levyihin, muotovalmisteisiin ja niihin verrattaviin muihin tarvikkeisiin käytettävän teräksen alin laatuluokka käyttölämpötila-alueella $-40\text{ °C} \dots +100\text{ °C}$ saadaan taulukosta 2.2 tunnusluvun Z avulla, joka lasketaan samanaikaisesti vaikuttavien tekijöiden perusteella taulukon 2.1 mukaisesti. Laatuluokkaa valittaessa otetaan huomioon, että teräksen iskutkeys saattaa laskea rakenteen valmistuksen yhteydessä kylmämuovauksen, hitsauksen tai muun valmistusvaiheen seurauksena. Kun taulukossa 2.1 mainittujen tekijöiden lisäksi on olemassa muita haurasmurtumisvaaraa lisääviä tekijöitä, valitaan yleensä parempi laatuluokka tai pienennetään hitsauksesta johtuvat alkujännitykset myöstökäsittelyllä. Haurasmurtumisvaaraa lisääviä tekijöitä ovat mm. suuri kuormitusnopeus sekä rakenneosan monimutkaisuudesta ja alkujännityksistä johtuva kolmiakselinen vetojännitystilä.

Asennusaikainen rakenneluokka voi poiketa valmiin rakennuksen rakenneluokasta.

3

RAKENTEIDEN SUUNNITTELU

3.1 Yleiset suunnitteluperusteet

Rakenteet suunnitellaan noudattamalla kuormituksia koskevien määräysten mukaisia yleisiä suunnitteluperusteita siten, että laskentakuormitus määritetään kohdan 3.2 mukaisesti.

Kantavan rakenteen toimintatapa ja rakenteisiin käytettävät aineet, tarvikkeet ja liitostavat valitaan ottamalla huomioon rakenteelle asetettavat lujuus-, muodonmuutoskyky-, jäykkyys-, säilyvyys- ja muut vaatimukset. Lisäksi otetaan huomioon valmistuksen, kuljetuksen ja asennuksen asettamat erikoisvaatimukset sekä kunnossapito.

Laskelmissa käytettävä rakennemalli valitaan siten, että se riittävällä tarkkuudella kuvaa todellisen rakenteen toimintaa. Mallin sauvoja kuvaaviksi viivoiksi

valitaan todellisen rakenteen sauvojen painopisteakselit ja jännemitoiksi tukien keskiöiden väliset etäisyydet. Laskelmissa mittoina käytetään nimellismittoja. Leveiden tukien tapauksessa, tai kun rakenne tukeutuu esimerkiksi betonille tai muuraukselle, palkkien jännemitoiksi valitaan kuitenkin tukien vapaa väli lisättynä 5%:lla tai vähintään 100 mm:llä ellei muita arvoja voida osoittaa oikeammiksi. Laskelmissa otaksutut nivelet, plastiset nivelet ja plastisoituvat kohdat suunnitellaan siten, että otaksutun toiminnan kannalta tarpeelliset muodonmuutokset voivat tapahtua.

Rakenteiden muodonmuutoksista aiheutuvat siirtymät otetaan huomioon niihin liittyviä muita rakenteita suunniteltaessa.

Sauvojen alkuvuonoudesta johtuvat lisävaikutukset otetaan huomioon voimasuureita laskettaessa.

Sauvojen taipumisesta aiheutuvat 2. kertaluvun lisävaikutukset voidaan laskea kaavan 5.3 mukaan.

Kaikkien valssattujen muototerästen, levyjen ja rakenneputkien poikkileikkausten poikkileikkaussuureet saavat alittaa nimellismittojen perusteella lasketun arvon enintään 6 %:lla. Profiileja koskevat tuotestandardit sallivat suurempia alituksia, joiden vaikutukset suunnittelijan tulee ottaa huomioon tapauskohtaisesti.

Varmuuslukuja määrittäessä on oletettu rakenteiden muotovirheiden pysyvän kohdassa 9 esitettyjen arvojen sisällä.

3.2 Kuormitus

Rakenteisiin kohdistuvat ominaiskuormat otaksutaan vähintään kuormitusmääräysten mukaisiksi. Palotilanteissa käytettävät kuormat on esitetty kohdassa 8.

Murtorajatiloiissa primäärirakenteen laskentakuormitus F_d lasketaan kaavasta 3.1

$$F_d = 1,2 \cdot g + 1,6 \cdot (q_{k1} + q_{k2} + \sum_{i=3}^n 0,5 \cdot q_{ki}) \quad (3.1)$$

Laskentakuormituksen F_d arvo on kuitenkin otettava vähintään kaavasta 3.2 saatavan arvon suuruiseksi.

Sekundäärirakenteiden laskentakuormitus lasketaan murtorajatiloissa kaavasta 3.2.

$$F_d = 1,4 \cdot (g + q_{k1} + q_{k2} + \sum_{i=3}^n 0,5 \cdot q_{ki}) \quad (3.2)$$

Kun pysyvä kuorma vastustaa rakenteen siirtymistä, kaatumista tai nousemista, käytetään pysyvän kuorman osavarmuuslukuna arvoa 1,0 murtorajatiloissa.

Käyttörajatiloissa laskentakuormitus F_d lasketaan kaavasta 3.3.

$$F_d = g + q_{k1} + q_{k2} + \sum_{i=3}^n 0,5 \cdot q_{ki} \quad (3.3)$$

Laskentakuormitus valitaan siten, että saadaan määräävä vaikutus.

Kaavoissa 3.1 ... 3.3

g on pysyvä kuorma

q_{k1} on yksi muuttuva kuorma, joka ei ole lumi- eikä tuulikuorma

q_{k2} on yksi muuttuva luonnonkuorma (lumi- tai tuulikuorma, joista toinen on muu muuttuva kuorma)

q_{ki} on muu muuttuva kuorma.

Kaavoissa 3.1...3.3 + merkki tarkoittaa kuormien yhtäaikaista vaikuttamista.

3.3 Ympäristö

Rakenteen ympäristö luokitellaan sovellettavan standardin mukaisesti ja rakenteet suojataan ympäristön rasitusluokan edellyttämällä tavalla kohdan 10 mukaisesti.

3.4 Voimasuureet

Voimasuureet voidaan laskea mekanismin syntyminen perusteella, kun on kyseessä poikkileikkausluokka 1. Tällöin otaksutaan, että rakenneaineella ja rakenteella on sellaiset ominaisuudet, että voimasuureet (taivutusmomentit) poikkileikkauksessa (pistemäinen myötönivel) tai lyhyellä alueella (myötöalue) pysyvät vakiona muodonmuutosten kasvaessa.

Muissa tapauksissa voimasuureita laskettaessa käytetään kimmoiseen jännitysten ja muodonmuutosten väliseen riippuvuuteen ($\epsilon \leq \epsilon_y$) perustuvia laskentamenetelmiä. Myös poikkileikkausluokkaan 1 kuuluvissa rakenteissa voimasuureet voidaan laskea jännitysten ja muodonmuutosten kimmoiseen riippuvuuteen perustuvia laskentamenetelmiä käyttäen.

Laskettaessa voimasuureita lineaarisen kimmoteorian mukaan otaksutaan jännityksen ja suhteellisen muodonmuutoksen suhde suoraviivaiseksi tarkasteltavaan rajatilaan asti ($\epsilon \leq \epsilon_y$) ja että rakenteen siirtymät eivät vaikuta voimasuureiden suuruuteen. Lineaarista kimmoteoriaa käytetään rakenteissa, joihin tarkasteltavassa rajatilassa ei synny myötönivelä ja joissa siirtymät eivät lisää voimasuureita. Sitä voidaan käyttää myös silloin, kun siirtymien voimasuureita lisäävä vaikutus on muutoin otettu huomioon.

3.5 Aineominaisuudet

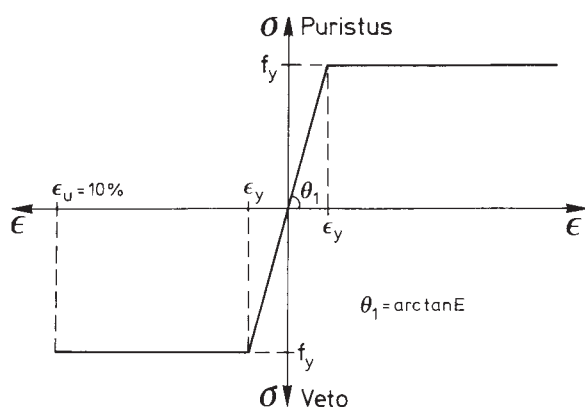
Tässä kohdassa esitetyt aineominaisuudet ovat voimassa lämpötila-alueella $-40\text{ °C} \dots +100\text{ °C}$. Aineominaisuudet korkeissa lämpötiloissa on esitetty kohdassa 8.

Yleisen rakenneteräksen ainevakioina lämpötila-alueella $-40\text{ °C} \dots +100\text{ °C}$ käytetään taulukon 3.1 mukaisia arvoja.

Taulukko 3.1

Yleisen rakenneteräksen ainevakiot.

Ominaisuus	Merkintä	Lukuarvo	Yksikkö
Kimmokerroin	E	$2,1 \cdot 10^5$	N/mm ²
Liukkerroin	G	$0,8 \cdot 10^5$	N/mm ²
Suppeuskerroin	ν	0,3	
Pituuden lämpötilakerroin	α	$12 \cdot 10^{-6}$	1/K

Kuva 3.1Yleisen rakenneteräksen $\sigma - \epsilon$ riippuvuus.

Yleisen rakenneteräksen normaalijännityksen ja venymän välinen riippuvuus lämpötila-alueella $-40\text{ °C} \dots +100\text{ °C}$ otaksutaan kuvan 3.1 mukaiseksi. Leikkausjännityksen ja liukuman välinen riippuvuus lämpötila-alueella $-40\text{ °C} \dots +100\text{ °C}$ otaksutaan kuvan 3.2 mukaiseksi.

Taulukko 3.2a

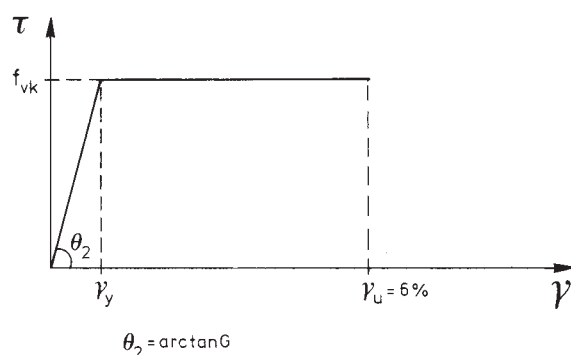
Sovellettavan standardin mukaisten kuumavalssattujen seostamattomien rakenneterästen ylempi myötöraja R_{eH} N/mm² vähintään.

Rakenneaineen paksuus mm	R_{eH} N/mm ² vähintään		
	S235	S275	S355
$t \leq 16$	235	275	355
$16 < t \leq 40$	225	265	345
$40 < t \leq 63$	215	255	335
$63 < t \leq 80$	215	245	325
$80 < t \leq 100$	215	235	315
$100 < t \leq 150$	195	225	295
$150 < t \leq 200$	185	215	285
$200 < t \leq 250$	175	205	275

Taulukko 3.2b

Sovellettavan standardin mukaisten kuumavalssattujen hitsattavien hienoraerakenneterästen ylempi myötöraja R_{eH} N/mm² vähintään.

Rakenneaineen paksuus mm	R_{eH} N/mm ² vähintään		
	S275	S355	S420
$t \leq 16$	275	355	420
$16 < t \leq 40$	265	345	400
$40 < t \leq 63$	255	335	390
$63 < t \leq 80$	245	325	370
$80 < t \leq 100$	235	315	360
$100 < t \leq 150$	225	295	340

Kuva 3.2Yleisen rakenneteräksen $\tau - \gamma$ riippuvuus.

Rakenteiden laskelmissa käytettäväksi f_y -arvoksi valitaan sovellettavien standardien tai varmennettujen käyttöselosteiden mukainen R_{eH} -arvo. Yleisimmin käytetyn sovellettavan standardin mukaisten kuumavalssattujen seostamattomien rakenneterästen f_y -arvoina käytetään taulukossa 3.2a ja kuumavalssattujen hitsattavien hienoraerakenneterästen taulukossa 3.2b esitettyjä R_{eH} -arvoja.

3.6 Rajatilat

Rakenteet suunnitellaan sekä murto- että käyttörajatilat huomioon ottaen.

3.6.1 MURTORAJATILAT

Murtorajatilat ovat mm:

- aineen murtuminen rakenteen kestävyys- ja kantavuuden kannalta kriittisessä kohdassa
- rakenteen tai sen osan stabiiliuden menetys
- rakenteen muuttuminen mekanismiksi
- liian suuret siirtymät (esim. taipuman murtorajatilat)
- rakenteen siirtyminen paikaltaan tai kaatuminen
- vaihtoplastisoituminen.
- murtoon johtava värähtely

Rakenteen taipuman murtorajatilat saavutetaan, kun rakenteen suurin taipuma laskettuna rakenteen käyt-

tötilaa vastaavasta asemasta ylittää arvon $L/30$, jossa L on rakenteen jännemitta. Taipuma saa ylittää edellä esitetyn arvon, jos rakenne suurilla taipuman arvoilla toimii esimerkiksi riippurakenteena, eikä taipumista aiheudu vaaraa.

3.6.2 KÄYTTÖRAJATILAT

Käyttörajatilat ovat mm:

- siirtymärajatila, yleensä taipumarajatila
- värähtelyrajatila
- kiihtyvyyssrajatila
- kitkaliitoksen liukuminen
- pysyvät muodonmuutokset

Hyöty- ja luonnonkuormista aiheutuvien taipumien käyttörajatilat staattisella kuormituksella, kun taipumista on haittaa, ovat taulukon 3.3 mukaiset, ellei rakenteen tyypistä, käyttötarkoituksesta tai toiminnan luonteesta (esim. nosturiradat) johtuen muiden arvojen voida katsoa soveltuvan paremmin.

Taulukko 3.3

Taipumien käyttörajatilat.

Rakenne	Taipuman rajatila
Väli- ja pääpalkit	$L/400$
Vesikatkojen ja katoksien	
– pääpalkit	$L/300$
– orret ja muut vastaavat	$L/200$
Ulokkeet	$L/150$
Rakennuksen vaakasuora taipuma	
– 1 ja 2 kerroksiset rakennukset	$H/150$
– muut rakennukset	$L/400$
L on jänneväli H on rakennuksen tarkasteltavan kohdan korkeus	

Muodonmuutokset ja siirtymät lasketaan yleensä lineaariseen $\sigma - \epsilon$ riippuvuuteen perustuvilla menetelmillä käyttäen poikkileikkauksen bruttopinta-alan mukaan määräytyviä jäykkyysarvoja. Hoikissa rakenteissa (poikkileikkausluokka 4) otetaan huomioon mahdollisen lommahduksen aiheuttama jäykkyyden pieneneminen.

3.7 Ainelujuuden laskenta-arvot

Teräksen veto- ja puristuslujuuden laskenta-arvo f_d lasketaan kaavasta 3.4 ja leikkauslujuuden laskenta-arvo f_{vd} lasketaan kaavasta 3.5, kun lommahdus ei ole määräävä.

$$f_d = f_y / \gamma_m \quad (3.4)$$

jossa f_y on sovellettavien standardien tai varmennettujen käyttöselosteiden mukai-

nen R_{eH} -arvo. Yleisimpien käytössä olevien teräslajien f_y arvoina käytettäviä R_{eH} -arvoja on esitetty taulukoissa 3.2a ja 3.2b.

Korkeissa lämpötiloissa käytettävät f_y :n arvot on esitetty kohdassa 8.

γ_m on aineosavarmuusluku kohdan 3.8 mukaan.

$$f_{vd} = 0,6 \cdot f_d \quad (3.5)$$

Teräksen kimmokertoimen, liukukertoimen, suppeumakertoimen ja pituuden lämpötilakertoimen laskenta-arvot on esitetty kohdassa 3.5. Korkeissa lämpötiloissa käytettävät arvot on esitetty kohdassa 8.

3.8 Aineosavarmuusluku

Aineosavarmuusluku γ_m murto- ja käyttörajatiloissa sekä paloteknisessä mitoituksessa on $\gamma_m = 1,0$.

Väsytyskuormitettujen rakenteiden osalta aineosavarmuusluvun γ_m arvo määräytyy kohdan 7 perusteella.

3.9 Rakenteelliset ehdot

3.9.1 PLASTINEN NIVEL

Puristetun sauvan, jonka päähän tai molempiin päihin otaksutaan muodostuvan plastisen nivelen, hoikkuuden L/i taivutustasossa tulee täyttää kaavan 3.6 mukainen ehto.

$$L/i \leq \pi \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{E/f_y} \quad (3.6)$$

jossa L on sauvan pituus
 i on sauvan poikkileikkauspinnan jäyhyyssäde taivutustasossa.

3.9.2 POIKKILEIKKAUSLUOKAT

Sauvat jaetaan niiden poikkileikkausten puristettujen osien hoikkuuden mukaan poikkileikkausluokkiin 1,2,3 ja 4. Luokkien rajahoikkeudet on esitetty kuvassa 3.3. Jos sauvan hoikkuus ylittää luokan 3 rajahoikkeuden, niin sauva kuuluu poikkileikkausluokkaan 4.

Poikkileikkausluokkaan 1 kuuluvien sauvojen voidaan otaksua plastisoituvan ja niiden kiertymäkyky voidaan katsoa riittäväksi.

Mekanismissa viimeiseksi plastisoituvan osan suhteen voidaan soveltaa luokan 2 rajahoikkeutta. Poikkileikkausluokkaan 2 kuuluvien sauvojen voidaan otaksua plastisoituvan, mutta kiertymäkyky on rajoitettu siten, että edellytyksiä mekanismin muodostumiselle ei ole olemassa.

Poikkileikkausluokkaan 3 kuuluvissa sauvoissa voidaan taivutuksessa saavuttaa myötöpuristuma rasiteuimmassa kohdassa.

Poikkileikkausluokkaan 4 kuuluvien sauvojen kestävyden laskemisessa otetaan huomioon lommahduksen vaikutus.

Plastisuusteorian mukaista analyysiä voidaan käyttää rakenteiden tai sen osien kokonaistarkastelussa edellyttäen, että teräs täyttää seuraavat ehdot:

- vetomurtolujuuden arvon f_u ja myötörajan arvon f_y suhde täyttää ehdon:

$$f_u/f_y \geq 1,2 \quad (3.7)$$

- murtovenymä mittapituudella $5,65 \sqrt{A_0}$ (jossa A_0 on alkuperäinen poikkileikkauspinta-ala) on vähintään 15%

3.9.3 SAUVOJEN SUURIN HOIKKUUS

Puristettujen sauvojen hoikkuus λ_k ei saa ylittää arvoa 250.

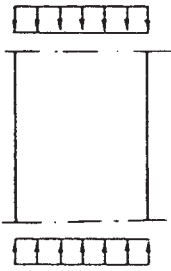
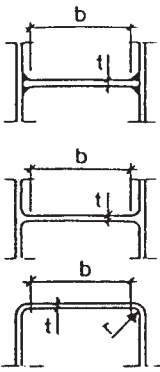
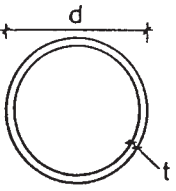
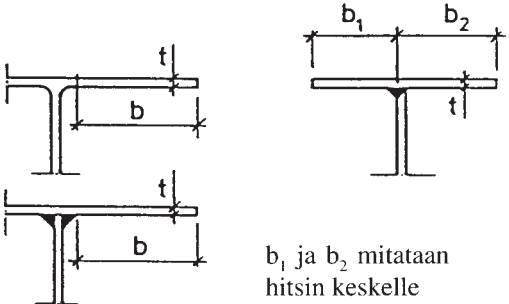
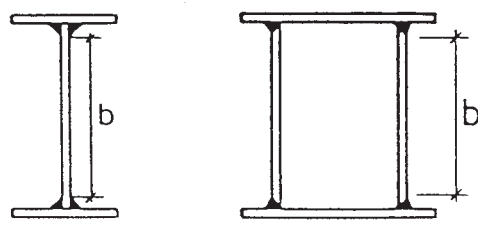
3.9.4 LEIKKAUSMUODONMUUTOSTEN VAIKUTUS

Leikkausmuodonmuutosten vaikutusta taivutusjännitysten jakautumiseen leveissä laipoissa ei tarvitse ottaa huomioon, kun kaavan 3.8 mukainen ehto on voimassa.

$$b_s \leq L_1/20 \quad (3.8)$$

jossa L_1 on kaksitukisen palkin jänneväli, jatkuvan palkin momenttipinnan nollapisteiden väli tai ulokepalkin pituus kaksinkertaisena
 b_s on I- ja kotelomuotoisilla profiileilla puolet laipan leveydestä.

Kuva 3.3*Poikkileikkausluokat.*

Rasitustila	Poikkileikkaus	Poikkileikkausluokkien rajahoikkeudet		
		1	2	3
Tasan jakautunut puristus 		$b/t \leq 1,10 \cdot \sqrt{E/f_y}$	$b/t \leq 1,20 \cdot \sqrt{E/f_y}$	$b/t \leq 1,37 \cdot \sqrt{E/f_y}$
Taivutus ja puristus 		$d/t \leq 0,056 \cdot E/f_y$	$d/t \leq 0,078 \cdot E/f_y$	$d/t \leq 0,112 \cdot E/f_y$
Tasan jakautunut puristus  b_1 ja b_2 mitataan hitsin keskelle		$b/t \leq 0,30 \cdot \sqrt{E/f_y}$	$b/t \leq 0,36 \cdot \sqrt{E/f_y}$	$b/t \leq 0,44 \cdot \sqrt{E/f_y}$
Taivutettu ja puristettu uuma 		Poikkileikkausluokka 1 $b/t \leq 2,40 \cdot (1 - 1,40 \cdot N/N_p) \cdot \sqrt{E/f_y}$, kun $N/N_p < 0,39$ $b/t \leq 1,10 \cdot \sqrt{E/f_y}$, kun $N/N_p \geq 0,39$		
		Poikkileikkausluokka 2 $b/t \leq 3,00 \cdot (1 - 1,60 \cdot N/N_p) \cdot \sqrt{E/f_y}$, kun $N/N_p < 0,125$ $b/t \leq 2,57 \cdot (1 - 0,53 \cdot N/N_p) \cdot \sqrt{E/f_y}$, kun $N/N_p \geq 0,125$		
		$N_p = f_y \cdot A$		

MITOITUS

4.1 Kestävyyden laskentaperiaatteet ja vertailu voimasuureisiin

Laskelmin todetaan, että rakenteen kestävyys on vähintään rasituksen suuruinen.

Rakenteen kestävyys ainelujuuden suhteen katsotaan saavutetuksi, kun yksiakselisessa jännitystilassa tarkasteltava jännitys saavuttaa laskenta-arvonsa. Moniakselisessa jännitystilassa tarkistetaan edellisten lisäksi kaavan 4.1 mukainen ehto

$$\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \leq k_l \cdot f_y / \gamma_m \quad (4.1)$$

Taulukko 4.1

Voimasuureiden ja kestävyysien laskenta.

Voimasuureiden laskenta	Kestävyysien laskenta	Poikkileikkausluokka
Kimmoteoria	$\epsilon \leq \epsilon_y$	Kaikki poikkileikkausluokat 1...4
Kimmoteoria	$\epsilon > \epsilon_y$	Poikkileikkausluokat 1 ja 2
Plastisuusteoria	$\epsilon > \epsilon_y$	Poikkileikkausluokka 1
Eri laskentatapojen rajoitukset on esitetty kohdissa 3, 4, 5 ja 7		

4.2 Kestävyydet

4.2.1 SAUVAN KESTÄVYYS VETÄVÄLLE NORMAALIVOIMALLE

Sauvan vetokestävyys N_{Rt} lasketaan kaavasta 4.2.

$$N_{Rt} = f_d \cdot A \quad (4.2)$$

jossa A on määräävin nettopinta-ala, joka lasketaan kohdan 4.1 mukaan

4.2.2 SAUVAN KESTÄVYYS PURISTAVALLE NORMAALIVOIMALLE

Sauvan puristuskestävyys N_{Rc} lasketaan kaavasta 4.3.

$$N_{Rc} = f_{cd} \cdot A \quad (4.3)$$

jossa f_{cd} on kohdan 4.4.1 mukainen laskentalujuus

jossa σ_x ja σ_y ovat toisiaan vastaan kohtisuorassa suunnassa vaikuttavia normaalijännityksiä merkkeineen ja τ_{xy} on leikkausjännitys samassa pisteessä

$k_l = 1,1$, kun kestävyys laskennassa

$$\epsilon \leq \epsilon_y$$

$k_l = 1,0$, kun kestävyys laskennassa

$\epsilon > \epsilon_y$. Tässä tapauksessa kestävyys voidaan laskea myös kohdan 4.2.5 mukaisesti.

Stabiiliuden suhteen kestävyys lasketaan jäljempänä esitetyllä tavalla.

Sauvojen taipumisesta aiheutuvat 2.kertaluvun lisävaikutukset voidaan laskea kaavan 5.3 mukaan.

Poikkileikkausarvoja laskettaessa ruuvien reikien vähennykset otetaan huomioon vain poikkileikkauksen vedetyllä alueella. Määrävin nettopinta-ala on reikien vähennykset mukaanlukien pienin pinta-ala.

A on tehollinen poikkileikkausala A_e kohdan 4.6 mukaan, kun sauva kuuluu poikkileikkausluokkaan 4. Muutoin A lasketaan kohdan 4.1 mukaan.

4.2.3 SAUVAN KESTÄVYYS LEIKKAUSVOIMALLE

Poikkileikkausluokissa 1 ja 2 leikkauskestävyys V_R lasketaan taulukossa 4.2 esitetyllä tavalla.

Muissa tapauksissa sauvan leikkauskestävyys V_R lasketaan kaavasta 4.4.

$$V_R = f_{vd} \cdot I \cdot t_w / S \quad (4.4)$$

jossa f_{vd} on leikkaukslujuuden laskenta-arvo kohdan 4.6 mukaan

S on tarkasteltavan kohdan ulkopuolelle jäävän poikkileikkauspinnan staattinen momentti koko poikkileikkauspinnan painopisteakselin suhteen.

4.2.4 SAUVAN KESTÄVYYS TAIVUTUSMOMENTILLE

Sauvan taivutuskestävyys M_R , kun kiepahdus ei ole määräävä, lasketaan kaavasta 4.5.

$$M_R = \eta \cdot f_d \cdot W \quad (4.5)$$

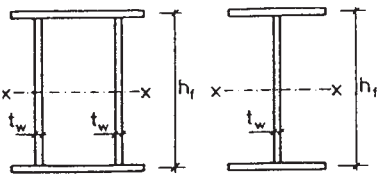
jossa η on W_e/W poikkileikkausluokassa 4 ja W_e lasketaan kohdan 4.6 mukaan
 η on 1,0 poikkileikkausluokassa 3
 η on W_p/W poikkileikkausluokassa 1 ja 2.
 Laskelmissa η :n arvona käytetään enintään arvoa 1,20.

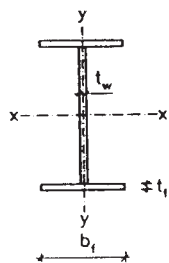
4.2.5 SAUVAN POIKKILEIKKAUKSEN KESTÄVYYS VOIMASUUREYHDISTEL- MILLE

Sauvan poikkileikkauksen kestävyydelle tarkistetaan taulukon 4.2 mukaiset ehdot poikkileikkausluokissa 1 ja 2. Taulukon 4.2 mukaisiin ehtoihin sijoitetaan voimasuureiden itseisarvot. Poikkileikkausluokassa 3 tarkistetaan kohdassa 4.1 annetut ehdot. Poikkileikkausluokassa 4 noudatetaan kohdassa 4.6 annettuja ohjeita.

Taulukko 4.2

Sauvan poikkileikkauksen kestävyys voimasuureyhdistelmille poikkileikkausluokissa 1 ja 2.

Kaksoissymmetrinen poikkileikkaus, taivutus x-x -akselin suhteen	
 $A_{wl} = 2 \cdot h_f \cdot t_w$ (koteloprofiili) $A_{wl} = h_f \cdot t_w$ (I - profiili) $V_R = f_{vd} \cdot A_{wl}$	
Yhteisvaikutusehto	Ehdon voimssaalo
a) $\frac{M}{M_{Rv}} + \frac{1}{1 - (1 - \delta)^2} \cdot \left(\frac{N}{N_{Rv}} \right)^2 \leq 1$ b) $\frac{M}{M_{Rv}} \cdot \left(1 - \frac{\delta}{2} \right) + \frac{N}{N_{Rv}} \leq 1,0$	$0 \leq \frac{N}{N_{Rv}} \leq \delta$ $\delta \leq \frac{N}{N_{Rv}} \leq 1,0$
Ehdoissa a) ja b) olevat termit lasketaan seuraavasti: $r = 1,0,$ kun $V/V_R \leq 1/3$ $r = \sqrt{1 - (V/V_R)^2},$ kun $V/V_R > 1/3$ $A_r = A - (1 - r) \cdot A_{wl}$ $\delta = r \cdot A_{wl}/A_r$ $N_{Rv} = A_r \cdot f_d$ $M_{Rv} = 0,25 \cdot (2 - \delta) \cdot h_f \cdot N_{Rv}$	
Kaksoissymmetrinen I - poikkileikkaus, taivutus y-y - akselin suhteen	



$$A_f = b_f \cdot t_f$$

$$A_w = A - 2 \cdot A_f$$

$$V_R = 2 \cdot f_{vd} \cdot A_f$$

Yhteisvaikutusehto

Ehdon voimassaolo

c) $M \leq M_{Rv}$

$$0 \leq N/N_{Rv} \leq \delta$$

d) $\frac{M}{M_{Rv}} + \left(1 - \frac{1 - N/N_{Rv}}{1 - \delta}\right)^2 \leq 1$

$$\delta < N/N_{Rv} \leq 1,0$$

Ehdoissa c) ja d) olevat termit lasketaan seuraavasti:

$$r = 1,0,$$

$$\text{kun } V/V_R \leq 0,25$$

$$r = \sqrt{1 - (V/V_R)^2},$$

$$\text{kun } V/V_R > 0,25$$

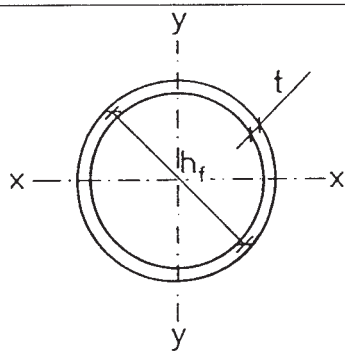
$$A_r = 2 \cdot r \cdot A_f + A_w$$

$$\delta = A_w/A_r$$

$$N_{Rv} = f_d \cdot A_r$$

$$M_{Rv} = 0,25 \cdot (1 - \delta) \cdot b_f \cdot N_{Rv}$$

Ympyräpoikkileikkauksen taivutus x – x – ja y – y –akselien suhteen



$$V_R = 2 \cdot h_f \cdot t \cdot f_{vd}$$

Yhteisvaikutusehto

e) $\frac{M}{M_{RV}} \leq \cos\left(\frac{N}{N_{RV}} \cdot \frac{\pi}{2}\right)$

Ehdossa e) termit lasketaan seuraavasti:

$$r = 1,0,$$

$$\text{kun } V/V_R \leq 0,25$$

$$r = \sqrt{1 - (V/V_R)^2},$$

$$\text{kun } V/V_R > 0,25$$

$$A_R = r \cdot \pi \cdot h_f \cdot t$$

$$N_{Rv} = A_R \cdot f_d$$

$$M_{Rv} = h_f \cdot N_{Rv} / \pi$$

4.3 Sauvan sivuttainen tukeminen

4.3.1 TAIVUTETUN SAUVAN SIVUTTAISTUKIEN VÄLINEN ETÄISYYS

Kun rakenteen taivutuskestävyyttä M_R laskettaessa otaksutaan tapahtuvan plastisoitumista, noudatetaan poikkileikkausluokkiin 1 ja 2 kuuluvien kaksoissymmetristen I-sauvojen osalta seuraavia ohjeita, kun momenttipinnan muutos on lineaarinen sivuttaistukien välillä.

Kun rakenteen poikkileikkauksen voimasuureet lasketaan kimmoteorian mukaan ja sauva kuuluu poikkileikkausluokkaan 2 tai 1, tarkistetaan kaavan 4.6 mukainen ehto.

$$\frac{L}{i_y} \leq 2,7 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \cdot \left(1 - 0,5 \cdot \frac{M_2}{M_R}\right) \quad (4.6)$$

$$\text{kun } -1 \leq M_2/M_R \leq 1,0$$

Kun rakenteen poikkileikkauksen voimasuureet lasketaan mekanismin syntymisen perusteella ja sauva kuuluu poikkileikkausluokkaan 1, tarkistetaan kaavojen 4.7 ja 4.8 mukaiset ehdot.

$$\frac{L}{i_y} \leq 2,0 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \cdot \left(1 - 0,67 \cdot \frac{M_2}{M_R}\right) \quad (4.7)$$

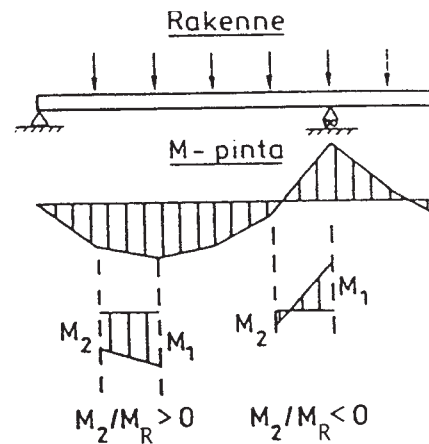
$$\text{kun } -1 \leq M_2/M_R \leq 0,5$$

$$\frac{L}{i_y} \leq 1,33 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (4.8)$$

$$\text{kun } M_2/M_R > 0,5$$

joissa L on sivuttaistukien välinen etäisyys
 i_y on sauvan jäyhyys säde pienemmän jäykkyyden suunnassa
 M_2 on itseisarvoltaan pienempi sivuttaistukien kohdalla vaikuttavista taivutusmomenteista
 M_R on taivutuskestävyys sivuttaistuen kohdalla.

Sivuttainen tuki sijoitetaan vähintään jokaiseen murtorajatilassa syntyvään plastiseen niveleen tai välittömästi tämän läheisyyteen, ellei sivuttaista siirtymää ole muutoin estetty.



Kuva 4.1

Taivutettu jatkuva palkki, merkkisäännöt.

Kiepahdus tarkistetaan kohdan 4.4.3 mukaisesti.

4.3.2 SIVUTTAISTUKIEN MITOITUS

Sivuttaistuki mitoitetaan kohtisuorassa taivutustasoa vastaan puristetun laipan kohdalla vaikuttavalle voimalle F_1 . Voiman suuruudeksi otaksutaan 2 % tuettavan poikkileikkauksen toimivassa puristetussa osassa vaikuttavasta voimasta. Toimiva puristettu osa lasketaan kohdan 4.4.3 mukaan.

Edellä olevaa ohjetta noudatetaan myös puristetuille sauvoille siten, että puristetussa laipassa vaikuttava voima korvataan sauvassa vaikuttavalla puristusvoimalla.

4.4 Sauvojen stabiilius

4.4.1 SAUVAN KESTÄVYYS KESKISELLE PURISTAVALLE VOIMALLE

Tasajäykän sauvan puristuskestävyys N_{Rc} lasketaan kaavasta 4.9.

$$N_{Rc} = f_{cd} \cdot A = f_{ck} \cdot A / \gamma_m \quad (4.9)$$

$$\text{jossa } f_{ck} = (\beta - \sqrt{\beta^2 - 1 / \bar{\lambda}_k^2}) \cdot f_y \quad (4.10)$$

$$\text{kun } \beta = \frac{1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_k - 0,2) + \bar{\lambda}_k^2}{2\bar{\lambda}_k^2} \quad (4.11)$$

$$\text{ja } \bar{\lambda}_k = \sqrt{N_R / N_{el}} \quad (4.12)$$

Käytettäessä nurjahduspituutta $L_c = \gamma \cdot L$ (ks. taulukko 4.5) lasketaan $\bar{\lambda}_k$ lausekkeesta 4.13.

$$\bar{\lambda}_k = \frac{\lambda_k}{\pi} \sqrt{f_y / E} = \frac{L_c}{i \cdot \pi} \cdot \sqrt{f_y / E} \quad (4.13)$$

Kaavoissa 4.12 esitetyt tekijät N_R ja N_{el} lasketaan kaavoista 4.14 ja 4.15.

$$N_R = f_d \cdot A \quad (4.14)$$

$$N_{el} = \frac{\pi^2 EA}{\gamma_m \cdot \lambda_k^2} = \frac{N_R}{\bar{\lambda}_k^2} \quad (4.15)$$

Kun nurjahdus tapahtuu suuremman jäykkyyden suunnassa (y-akselin suunnassa, ks. taulukko 4.4), käytetään merkintöjä N_{Rcx} ja N_{ely} . Kun nurjahdus tapahtuu pienemmän jäykkyyden suunnassa (x-akselin suunnassa, ks. taulukko 4.4), käytetään merkintöjä N_{Rcy} ja N_{elx} .

Kaavassa 4.9 A lasketaan kohtien 4.1 ja 4.2.2 mukaan.

Kun $\bar{\lambda}_k < 0,2$, otaksutaan $f_{ck} = f_y$. Kaavat 4.10 ja 4.11 ovat voimassa, kun $\bar{\lambda}_k \leq 3,5$.

Kaavan 4.11 termi α on esitetty taulukossa 4.3.

Taulukko 4.3

Nurjahdusluokat ja termi α .

Nurjahdusluokka	α
A	0,21
B	0,34
C	0,49
D	0,76

$\bar{\lambda}_k$ ja λ_k lasketaan bruttopoikkileikkauksen mukaan.

Nurjahdusluokat on esitetty taulukossa 4.4.

Taulukko 4.4
Nurjahdusluokkia.

Poikkileikkauksen muoto			Nurjahdus- luokka
			B
Hitsattu kotelo	¹⁾ a tarkoittaa hitsin a-mittaa x-x: h _x , t _x y-y: h _y , t _y	a ¹⁾ ≤ t/2 a ¹⁾ > t/2 h/t > 30 a ¹⁾ > t/2 h/t ≤ 30	B B C
Umpiprofiili			C
Valssattu I-profiili	nurjahdus pienemmän jäykkyyden suunnassa (x-akselin suunta)	h/b > 1,2 h/b ≤ 1,2	B C
nurjahdus suuremman jäykkyyden suunnassa (y-akselin suunta)		h/b > 1,2 h/b ≤ 1,2	A B
Hitsattu I-profiili	nurjahdus pienemmän jäykkyyden suunnassa (x-akselin suunta)		C
nurjahdus suuremman jäykkyyden suunnassa (y-akselin suunta)			B
Valssattu profiili, hitsaamalla kiinnitetyt vahvistuslevyt		nurjahdus pienemmän jäykkyyden suunnassa (x-akselin suunta) nurjahdus suuremman jäykkyyden suunnassa (y-akselin suunta)	A B
T-profiili L-profiili Z-profiili U-profiili			C
Poikkileikkausosan suurimman paksuuden ollessa > 40 mm käytetään valssatuille tai hitsatuille kaksoissymmetrisille I-profiileille nurjahdusluokkaa D sekä x-x että y-y akselin suunnassa tapahtuvassa nurjahduksessa. Alkujännitysten vaikutus on otettu huomioon nurjahdusluokissa.			

Muita kuin taulukossa 4.4 annettuja nurjahdusluokkia voidaan käyttää profiilikohtaisesti, jos ne on annettu varmennetussa käyttöselosteessa.

Nurjahduskestävyyden laskemiseksi annetuissa kaavoissa on otettu huomioon alkujännitysten ja alkukäyräyden ($L/1000$) vaikutus. Kun todellinen alkukäy-

ryys on suurempi, mitoitetaan sauva puristettuna ja taivutettuna sauvana, jolloin alkukäyräyden ylityksestä johtuva taivutusmomentin lisäys ΔM suurimman taipuman v_{tod} kohdalla lasketaan kaavasta 4.16.

$$\Delta M = N \cdot (v_{\text{tod}} - L/1000) \quad (4.16)$$

Nurjahduspituus on esitetty taulukossa 4.5.

Taulukko 4.5

Nurjahduspituudet $L_c = \gamma \cdot L$.

Molemmista päistä nivelöity sauva	Toisesta päästä jäykästi kiinnitetty sauva	Molemmista päistä jäykästi kiinnitetty sauva	Molemmista päistä jäykästi kiinnitetty sauva Toinen kiinnityskohta sivusiirtävä	Toisesta päästä jäykästi ja toisesta päästä nivelöidysti kiinnitetty sauva
$\gamma = 1,0$	$\gamma = 2,1$	$\gamma = 0,6$	$\gamma = 1,2$	$\gamma = 0,8$
Sauvan pään reunaehdot		Kiertymä estetty Kiertymä vapaa Kiertymä estetty Kiertymä vapaa		Siirtymä estetty Siirtymä estetty Siirtymä vapaa Siirtymä vapaa

Kun taulukossa 4.5 annetut tuentatapaukset eivät vastaa rakennetta (esim. kehärakenteet), lasketaan nurjahduspituudet ottaen huomioon tukien kiinnitysaste ja siirtyminen.

4.4.2 SAUVAN VÄÄNTÖNURJAHDUSKESTÄVYYS

Vääntönurjahduskestävyys N_{RT} poikkileikkausluokissa 1 - 3 lasketaan kaavasta 4.17.

$$N_{RT} = f_{cd} \cdot A = f_{ck} \cdot A / \gamma_m \quad (4.17)$$

Kaavassa 4.17 f_{ck} lasketaan kaavasta 4.10 käyttäen nurjahdusluokkaa C ja muunnettua hoikkuutta $\bar{\lambda}_T$, joka lasketaan kaavasta 4.18. Kaavassa 4.17 A lasketaan kohdan 4.1 mukaan.

$$\bar{\lambda}_T = \sqrt{f_y / \sigma_{el,T}} \quad (4.18)$$

jossa $\sigma_{el,T}$ on vääntönurjahdusjännitys, kun aineen otaksutaan olevan lineaarisesti kimmoista.

Molemmista päistään haarukkalaakeroidun kaksois-symmetrisen sauvan vääntönurjahdusjännitys lasketaan kaavasta 4.19.

$$\sigma_{el,T} = \frac{1}{A \cdot (i_x^2 + i_y^2)} \cdot \left(G \cdot I_v + \left(\frac{\pi}{L} \right)^2 \cdot E \cdot I_w \right) \quad (4.19)$$

4.4.3 SAUVAN KIEPAHDUSKESTÄVYYS

Sauvan kiepahduskestävyys M_{Rl} lasketaan kaavasta 4.20.

$$M_{Rl} = \eta \cdot f_{ckl} \cdot W = \eta \cdot f_{ckl} \cdot W / \gamma_m \quad (4.20)$$

$$\text{jossa } f_{ckl} = \frac{1}{(1 + \bar{\lambda}_l^{2-n})^{1/n}} \cdot f_y \quad (4.21)$$

$$\text{kun } \bar{\lambda}_1 = \sqrt{\frac{W_p}{W} \cdot \frac{f_y}{\sigma_{\text{el}}}} \quad (4.22)$$

poikkileikkausluokille 1, 2 ja 3

$$\text{ja } \bar{\lambda}_1 = \sqrt{f_y / \sigma_{\text{el}}} \quad (4.23)$$

poikkileikkausluokalle 4. Kaavassa 4.20 η lasketaan kohdan 4.2.4 mukaan. Kaavassa 4.22 ei käytetä rajoitusta $W_p/W \leq 1,2$.

Kun $\bar{\lambda}_1 \leq 0,2$, otaksutaan $f_{\text{clk}} = f_y$. Muunnettu hoikkuus $\bar{\lambda}_1$ saa olla enintään $\bar{\lambda}_1 \leq 3,5$.

Kaavassa 4.21 $n = 2,0$ valssatuille sauvoille ja $n = 1,5$ hitsatuille sauvoille. Kaavassa 4.23 $\sigma_{\text{el}} = M_{\text{el}}/W$, joka lasketaan poikkileikkauksen bruttopinta-alan mukaan.

Kaksoissymmetriselle I-muotoiselle tasajäykälle molemista päistään haarukkalaakeroidulle sauvalle, kun taivutusmomentti on vakio, M_{el} lasketaan kaavasta 4.24.

$$M_{\text{el}} = \frac{\pi}{L} \cdot \sqrt{E \cdot I_y \cdot G \cdot I_v} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{\pi}{L}\right)^2 \cdot \frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_v}} \quad (4.24)$$

Kun taivutetun sauvan uuman hoikkuus on niin suuri, että uumassa käytetään tehollista leveyttä ($\bar{\lambda}_p > 0,72$), $\bar{\lambda}_1$ lasketaan profiilin toimivan puristetun osan perusteella kuten puristetulle sauvalle. Ko. puristetun sauvan nurjahdussuunta on kohtisuoraan kuormitustasoon nähden. Profiilin toimiva puristettu osa koostuu puristetusta laipasta ja uuman toimivasta osasta $t_w \cdot h_e/2$ siten, että uuman toimiva osa on enintään $t_w \cdot h_{\text{wc}}/3$. Kiepahduslujuuden ominaisarvo f_{clk} lasketaan tällöin kaavasta 4.21.

Kiepahdussiteet mitoitetaan kohdassa 4.3.2 esitetyllä tavalla.

4.4.4 PURISTETUN SEKÄ KAKSOISSYMMETRISEN PURISTETUN JA TAIVUTETUN SAUVAN KESTÄVYYS

Sauvan kestävyys tarkistetaan taulukossa 4.6 annettujen ehtoyhtälöiden mukaisesti. Ehtoyhtälöitä käytetään, kun muunnettu hoikkuus $\bar{\lambda}_k \geq 0,2$. Voimasuureet ja kestävyys sijoitetaan taulukon 4.6 kaavoihin itseisarvoina.

Taulukko 4.6

Puristetun sekä kaksoissymmetrisen puristetun ja taivutetun sauvan kestävyys.

Voimasuure	Nurjahdus suuremman jäykkyyden suunnassa	Nurjahdus pienemmän jäykkyyden suunnassa
N	a) $N/N_{\text{Rcx}} \leq 1,0$	e) $N/N_{\text{Rcy}} \leq 1,0$
N ja M_x	b) $\frac{N}{N_{\text{Rcx}}} + \frac{C \cdot M_x}{M_{\text{Rx}}} \cdot \frac{1}{1 - \frac{N \cdot N_{\text{Rcy}}}{N_{\text{R}} \cdot N_{\text{elx}}}} \leq 1,0$	f) $\frac{N}{N_{\text{Rcy}}} + \frac{C \cdot M_x}{M_{\text{Rx}}} \cdot \frac{1}{k_e} \cdot \frac{1}{1 - \frac{N \cdot N_{\text{Rcy}}}{N_{\text{R}} \cdot N_{\text{ely}}}} \leq 1,0$
N ja M_y	c) $\frac{N}{N_{\text{Rcx}}} + \frac{C \cdot M_y}{M_{\text{Ry}}} k_e \cdot \frac{1}{1 - \frac{N \cdot N_{\text{Rcy}}}{N_{\text{R}} \cdot N_{\text{elx}}}} \leq 1,0$	g) $\frac{N}{N_{\text{Rcy}}} + \frac{C \cdot M_y}{M_{\text{Ry}}} \cdot \frac{1}{1 - \frac{N \cdot N_{\text{Rcy}}}{N_{\text{R}} \cdot N_{\text{ely}}}} \leq 1,0$
N ja M_x ja M_y	d) $\frac{N}{N_{\text{Rcx}}} + \left(\frac{C \cdot M_x}{M_{\text{Rx}}} + k_e \cdot \frac{C \cdot M_y}{M_{\text{Ry}}} \right) \cdot \frac{1}{1 - \frac{N \cdot N_{\text{Rcy}}}{N_{\text{R}} \cdot N_{\text{elx}}}} \leq 1,0$	h) $\frac{N}{N_{\text{Rcy}}} + \left(\frac{C \cdot M_x}{M_{\text{Rx}}} \cdot \frac{1}{k_e} + \frac{C \cdot M_y}{M_{\text{Ry}}} \right) \cdot \frac{1}{1 - \frac{N \cdot N_{\text{Rcy}}}{N_{\text{R}} \cdot N_{\text{ely}}}} \leq 1,0$

Käytettäessä taulukon 4.6 ehtoja valitaan akselien suunnat taulukon 4.4 perusteella.

Taulukossa 4.6 esitetty tekijä k_e lasketaan kaavasta 4.25.

$$k_e = \frac{1 - N/N_{\text{elx}}}{1 - N/N_{\text{ely}}} \quad (4.25)$$

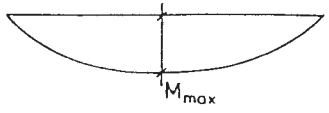
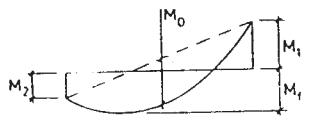
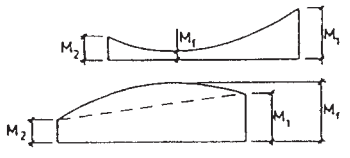
Vääntönurjahduksen tapauksessa taulukon 4.6 ehdoissa N_{Rcy} on pienempi arvoista N_{Rcy} ja N_{RT} , kun N_{RT} lasketaan kohdan 4.4.2 mukaan.

4.5 Taivutusmomentin jakautuman vaikutus kaksoissymmetrisille poikkileikkauksille

Taulukossa 4.6 esiintyvä tekijä $C \cdot M$ on esitetty taulukossa 4.7.

Taulukko 4.7

Tekijä $C \cdot M$.

1. Taivutusmomentin arvo on nolla sauvan molemmissa päissä	
a) $C \cdot M = M_{\max}$	
2. Taivutusmomentin arvo $\neq 0$ sauvan toisessa tai molemmissa päissä	
a) Kenttämomenti M_f on eri merkinen kuin M_1 , kun M_1 on itseisarvoltaan suurempi sauvanpäiden momenteista M_1 ja M_2 . $C \cdot M$ on suurin arvoista: $M_1 \cdot (0,6 + 0,4 \cdot M_2/M_1)$, $0,4 \cdot M_1$, M_f ja M_0 Kuitenkin $C \cdot M \leq M_{\max}$ jossa $M_{\max}$ on itseisarvoltaan suurempi arvoista M_1 ja M_f .	
b) Kenttämomenti M_f on samanmerkinen kuin M_1 , kun M_1 on itseisarvoltaan suurempi sauvanpäiden momenteista M_1 ja M_2 . Kun momenttijakauma on kovera $C \cdot M$ on suurempi arvoista: $M_1 \cdot (0,6 + 0,4 \cdot M_2/M_1)$ ja $0,4 \cdot M_1$ Jos momenttijakauma on kupera, on $C \cdot M = M_f$	

Sivusiirtyvissä rakenteissa ja ulokkeissa $C \cdot M = M_{\max}$, ellei toisin osoiteta. Annetut $C \cdot M$ -arvot koskevat kaksoissymmetristä profiilia.

Taivutusmomentin muuttuessa lineaarisesti sivuttaistukipisteiden välillä tarkistetaan kaavan 4.26 mukainen ehto kiepahdukselle.

$$C \cdot M \leq M_{Rl} \quad (4.26)$$

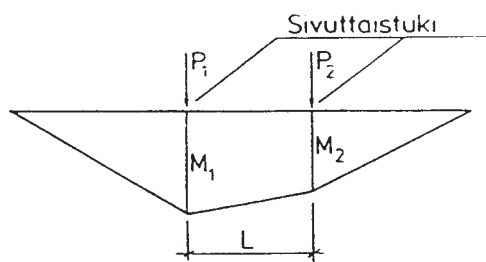
jossa

$$C \cdot M = 0,6 \cdot M_1 + 0,4 \cdot M_2 \quad (4.27)$$

kuitenkin vähintään

$$C \cdot M = 0,4 \cdot M_1$$

M_1 ja M_2 ovat taivutusmomentin arvot sivuttaistukipisteiden kohdalla siten, että $M_1 > M_2$. M_1 ja M_2 ovat positiivisia, jos ko. taivutusmomentit käyristävät sauvaa samaan suuntaan, muutoin M_2 on negatiivinen.



Kuva 4.2

Lineaarisesti muuttuva taivutusmomentti sivuttaistukipisteiden välillä.

Ehdossa 4.26 M_{Rl} lasketaan kaavasta 4.20 käyttäen lähtökohtana kaavaa 4.24 laskettaessa muunnettua hoikkuutta $\bar{I}_1$.

4.6 Levyn lommahdus

4.6.1 ALKUOTAKSUMAT

Levyn reunat otaksutaan joko nivelöidysti tuetuiksi tai vapaiksi laskettaessa lommahduskerrointa k , lukuunottamatta kohdassa 4.6.5 annettua tapausta.

Kun ylikriittistä tilaa ei käytetä hyväksi, laskelmat suoritetaan kohdan 4.6.4 mukaan.

Ylikriittistä tilaa voidaan käyttää hyväksi staattisesti kuormitetuissa vesikaton kannattajissa, toimisto- ja asuinrakennusten välipohjien kannattajissa ja vastaavissa rakenteissa ja lisäksi puristetuissa ja taivutetuissa putkiprofiileissa.

4.6.2 LEVYN TASON SUUNTAINEN PURISTUS

Tehollinen leveys b_e ja tehollinen paksuus t_{fe} lasketaan taulukossa 4.8 esitetyistä kaavoista.

Taulukko 4.8

Tehollinen leveys ja tehollinen paksuus.

Rakenneosia tuettu neljältä reunalta, joista kaksi reunaa on yhdensuuntaisia normaalijännityksen kanssa	Kolmelta reunalta tuettu rakenneosa. Vapaa reuna on yhdensuuntainen normaalijännityksen kanssa
a) $\frac{b_e}{b} = 1$, kun $\bar{\lambda}_p \leq 0,72$	c) $\frac{t_{fe}}{t_f} = 1,0$, kun $\bar{\lambda}_p \leq 0,71$
b) $\frac{b_e}{b} = \frac{1}{\bar{\lambda}_p} \cdot \left(1,00 - \frac{1}{5 \cdot \bar{\lambda}_p} \right)$, kun $0,72 < \bar{\lambda}_p \leq 5,0$	d) $\frac{t_{fe}}{t_f} = 1,5 - \bar{\lambda}_p / \sqrt{2}$, kun $0,71 < \bar{\lambda}_p \leq 1,06$
Yhtälöt pätevät myös laskettaessa suhdetta h_e/h_{we} .	

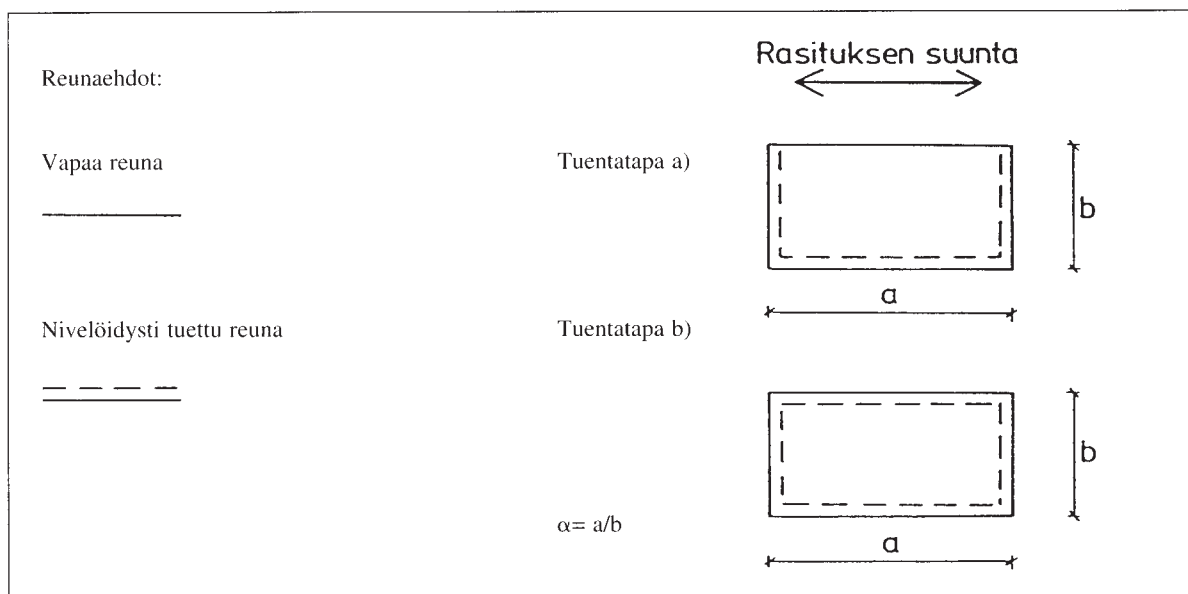
Muunnettu hoikkuus $\bar{\lambda}_p$ lasketaan kaavasta 4.28.

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{f_y} / \sigma_{el} \quad (4.28)$$

jossa σ_{el} lasketaan kaavasta 4.29.

$$\sigma_{el} = \frac{k \cdot \pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \nu^2) \left(\frac{b}{t} \right)^2} \quad (4.29)$$

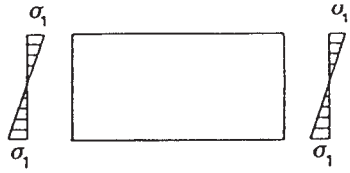
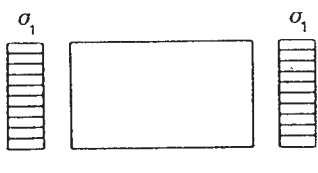
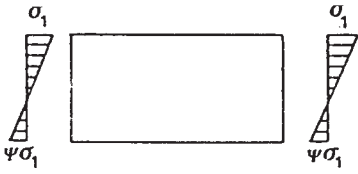
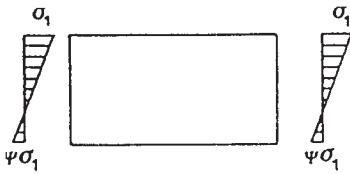
Lommahduskerroin k lasketaan taulukossa 4.9 esitetyistä kaavoista. Taulukossa 4.9 oleva termi α saadaan kuvasta 4.3.



Kuva 4.3

Termi α ja levyn tuentatavat.

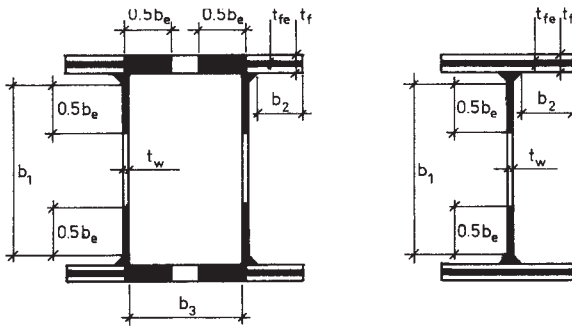
Taulukko 4.9
Lommahduskerroin k .

Rasitustila	Rasitustila
	
Tuentatapa a kuvassa 4.3 a) $k = 1/\alpha^2 + 12 \cdot (1 - \nu)/\pi^2$	Tuentatapa a kuvassa 4.3 d) $k = 1/\alpha^2 + 6 \cdot (1 - \nu)/\pi^2$
Tuentatapa b kuvassa 4.3 b) $k = 15,97 + 1,87/\alpha^2 + 8,6 \cdot \alpha^2$, kun $\alpha < 2/3$ c) $k = 24,0$, kun $\alpha \geq 2/3$	Tuentatapa b kuvassa 4.3 e) $k = 1/\alpha^2 + \alpha + 2$, kun $\alpha < 1$ f) $k = 4,0$, kun $\alpha \geq 1$
Rasitustila	Rasitustila
	
Tuentatapa b kuvassa 4.3 -1,0 ≤ ψ ≤ 1,0 g) $k = 4 + 2(1 - \psi)^3 + 2(1 - \psi)$ kun $\alpha > 1,0$	Levyn reunat otaksuttu jäykästi kiinnitettyiksi -1,0 ≤ ψ ≤ 1,0 h) $k = 4 + 4(1 - \psi)^3 + 2(1 - \psi)$ kun $\alpha > 1,0$

Hitsausjännitysten vaikutus teholliseen poikkileikkaukseen kotelorakenteissa otetaan huomioon, kun $\bar{\lambda}_p \geq 0,4$. Tällöin tehollinen leveys b_{ew} (tai vastaavasti h_{ew}) lasketaan kaavasta 4.30.

$$\frac{b_{ew}}{b} = \frac{0,8}{\bar{\lambda}_p} \cdot \left(1 - \frac{1}{5 \cdot \bar{\lambda}_p}\right) \quad (4.30)$$

Tehollisen leveyden b_e ja tehollisen paksuuden t_e jakautuminen on esitetty kuvassa 4.4. Tehollinen poikkileikkaus A_e lasketaan tehollisten osien summana.



Kuva 4.4

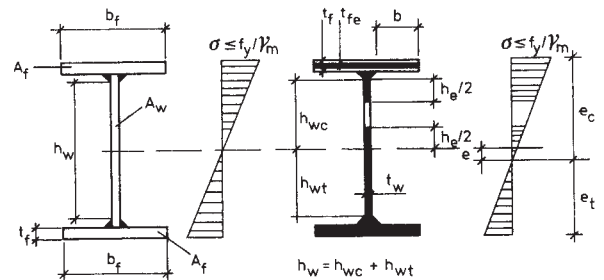
Tehollinen poikkileikkaus A_e , kun rasituksena on keskinen puristus.

Taivutetun kaksoissymmetrisen I-sauvan uuman hoikkuus tarkistetaan ehdon 4.31 mukaan.

$$h_w/t_w \leq 0,4 \cdot E/f_y \quad (4.31)$$

$$\text{kun } A_w/A_f \geq 0,5$$

A_w on uuman poikkipinta-ala ja A_f on yhden laipan poikkipinta-ala.



Kuva 4.5

Nimellinen ja tehollinen poikkileikkaus taivutetussa kaksoissymmetrisessä I-sauvassa.

Kuvan 4.5 tapauksessa σ_{el} lasketaan kaavasta 4.29 suhteen $h_w/t_w = (h_{wt} + h_{wc})/t_w$ perusteella sijoittamalla tämä arvo suhteen b/t tilalle. Taivutetuissa kotelorakenteissa lasketaan aluksi puristetun laipan tehollinen leveys. Näin saadun poikkileikkauksen perusteella lasketaan

neutraaliakseli, jonka suhteen määritetään termit h_{wc} ja h_{wt} . Uuman teholliset leveydet jaetaan tämän uuden neutraaliakselin suhteen kuten kuvassa 4.5 esitetään.

Taivutuskestävyys lasketaan koko poikkileikkauksen tehollisten mittojen perusteella. Epäsymmetrisillä poikkileikkauksilla neutraaliakselin siirtymisestä (suure e kuvassa 4.5) aiheutuva taivutusmomentin lisäys $\Delta M = N \cdot e$ otetaan huomioon mitoituksessa.

Taulukko 4.10

Leikkauslujuuden ominaisarvo f_{vk} .

Tuentatapa 1	Tuentatapa 2
a) $f_{vk} = 0,6 f_y$, kun $\bar{\lambda}_p \leq 0,90$	d) $f_{vk} = 0,6 f_y$, kun $\bar{\lambda}_p \leq 0,90$
b) $f_{vk} = (0,84 - 0,26 \cdot \bar{\lambda}_p) \cdot f_y$, kun $0,9 < \bar{\lambda}_p \leq 1,60$	e) $f_{vk} = (0,84 - 0,26 \cdot \bar{\lambda}_p) \cdot f_y$, kun $0,9 < \bar{\lambda}_p \leq 1,60$
c) $f_{vk} = \frac{1,04 \cdot f_y}{\bar{\lambda}_p + 0,90}$, kun $1,60 < \bar{\lambda}_p \leq 5,0$	f) $f_{vk} = \frac{0,67 \cdot f_y}{\bar{\lambda}_p}$, kun $1,60 < \bar{\lambda}_p \leq 5,0$

Muunnettu hoikkuus $\bar{\lambda}_p$ lasketaan kaavasta 4.33.

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{f_y / \tau_{el}} \quad (4.33)$$

jossa τ_{el} lasketaan kaavasta 4.34.

$$\tau_{el} = \frac{k \cdot \pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \nu^2) \left(\frac{b}{t} \right)^2} \quad (4.34)$$

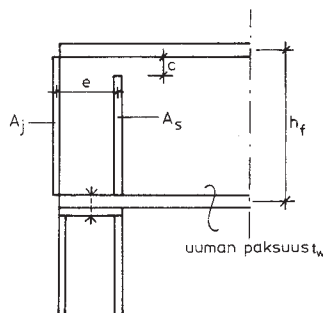
jossa

$$k = 5,34 + 4,00 \cdot (b/a)^2, \text{ kun } a \geq b \quad (4.35)$$

tai

$$k = 5,34 \cdot (b/a)^2 + 4,00, \text{ kun } a \leq b, \quad (4.36)$$

jossa a on uuman pituus jäykisteiden välillä
 b on uuman korkeus.



- a) $e > 0,18 \cdot h_f$
- b) $A_j > 0,10 \cdot h_f \cdot t_w$
- c) $c \leq 4 \cdot t_w$

Kuva 4.6a

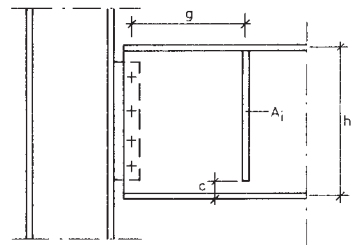
Tuentatapa 1.

4.6.3 Leikkauslujuus

Levyn leikkauslujuuden laskenta-arvo lasketaan kaavasta 4.32.

$$f_{vd} = f_{vk} / \gamma_m \quad (4.32)$$

jossa f_{vk} lasketaan taulukossa 4.10 esitetyistä kaavoista. Muissa kuin taulukon 4.10 esitetyissä tapauksissa f_{vk} lasketaan kohdan 4.6.4 mukaan.



$$d) \ g \leq 2,7 \cdot t_w \cdot \sqrt{\frac{E}{V / (h_f \cdot t_w)}}$$

$$e) \ g \geq 0,18 \cdot h_f$$

$$f) \ c \leq 4 \cdot t_w$$

$$g) \ A_i > 0,10 \cdot h_f \cdot t_w$$

Kuva 4.6b

Tuentatapa 2.

4.6.4 Lommahduslaskelmat, kun ylikriittistä tilaa ei käytetä hyväksi

Rakenteelle tarkistetaan kaavojen 4.37 - 4.39 mukaiset ehdot.

$$\sigma \leq f_{tcd} = f_{tck} / \gamma_m \quad (4.37)$$

$$\tau \leq f_{tvd} = f_{tvk} / \gamma_m \quad (4.38)$$

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot \tau^2} \leq f_{jd} = f_{jk} / \gamma_m \quad (4.39)$$

joissa f_{tck} , f_{tvk} ja f_{jk} lasketaan taulukoissa 4.11 - 4.13 esitetyistä kaavoista.

γ_m määritetään kohdan 3.8 mukaisesti.

Taulukko 4.11

Taivutuspuristuslujuuden ja puristuslujuuden ominaisarvo f_{yk}

- | | | |
|----|---|--|
| a) | $f_{yk}/f_y = 1$ | kun $\bar{\lambda}_p \leq 0,71$ |
| b) | $f_{yk}/f_y = 1,5 - \bar{\lambda}_p/\sqrt{2}$ | kun $0,71 < \bar{\lambda}_p \leq \sqrt{2}$ |
| c) | $f_{yk}/f_y = 1/\bar{\lambda}_p^2$ | kun $\sqrt{2} < \bar{\lambda}_p \leq 5,0$ |

$\bar{\lambda}_p$ lasketaan kaavasta 4.28

Kolmelta reunalta tuetulle levyllä tulee olla voimassa $\bar{\lambda}_p \leq 1,06$

Hitsausjännitysten vaikutus puristus- ja taivutuspuristuslujuuden ominaisarvoon kotelorakenteissa otetaan huomioon, kun $0,4 \leq \bar{\lambda}_p \leq 1,45$, jolloin f_{yk}/f_y lasketaan kaavasta 4.30 sijoittamalla b_{ew}/b :n tilalle f_{yk}/f_y . Kun $1,45 \leq \bar{\lambda}_p \leq 5,0$, käytetään taulukon 4.11 kaavaa c.

Taulukko 4.12

Leikkauslujuuden ominaisarvo f_{yk}

- | | | |
|----|--|---------------------------------------|
| a) | $f_{yk}/f_y = 0,60$ | kun $\bar{\lambda}_p \leq 0,9$ |
| b) | $f_{yk}/f_y = 0,864 - 0,294 \bar{\lambda}_p$ | kun $0,9 < \bar{\lambda}_p \leq 1,85$ |
| c) | $f_{yk}/f_y = 1,1/\bar{\lambda}_p^2$ | kun $1,85 < \bar{\lambda}_p \leq 5,0$ |

$\bar{\lambda}_p$ lasketaan kaavasta 4.33

Taulukko 4.13

Vertailulujuuden ominaisarvo f_{yk}

- | | | |
|----|--|--|
| a) | $f_{yk}/f_y = 1,10$ | kun $\bar{\lambda}_j \leq 0,66$ |
| b) | $f_{yk}/f_y = 1,557 - 0,696 \bar{\lambda}_j$ | kun $0,66 < \bar{\lambda}_j \leq 1,49$ |
| c) | $f_{yk}/f_y = 1,15/\bar{\lambda}_j^2$ | kun $\bar{\lambda}_j > 1,49$ |

Termi $\bar{\lambda}_j = \sqrt{f_y / \sigma_{elj}}$

σ_{elj} lasketaan seuraavasti otaksumalla leikkaus- ja puristusjännityksen vaikuttavan samanaikaisesti

$$d) \sigma_{elj} = \frac{s \cdot \sigma_{el} \cdot \sqrt{\sigma_1^2 + 3 \tau^2}}{\sigma_1}, \text{ kun } \left| \frac{\sigma_1}{\tau} \cdot \frac{k_\tau}{k_\sigma} \right| \geq 1,0$$

$$e) \sigma_{elj} = \frac{s \cdot \tau_{el} \cdot \sqrt{\sigma_1^2 + 3 \tau^2}}{\tau}, \text{ kun } \left| \frac{\sigma_1}{\tau} \cdot \frac{k_\tau}{k_\sigma} \right| < 1,0$$

k_τ lasketaan kaavasta 4.35 tai 4.36

k_σ lasketaan taulukon 4.9 mukaisesti

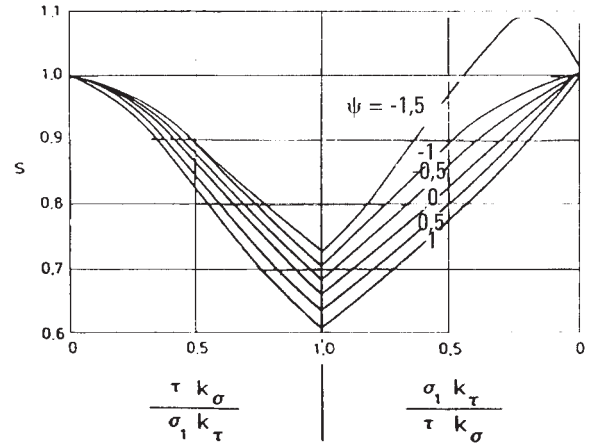
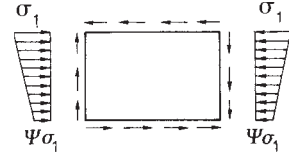
σ_1 määritetään kuvan 4.7 mukaisesti

τ on vaikuttava leikkausjännitys

σ_{el} lasketaan kaavasta 4.29

τ_{el} lasketaan kaavasta 4.34

Termi s määritetään kuvasta 4.7



Kuva 4.7

Termi s.

Kun on kyseessä staattinen kuormitus, voidaan ehto 4.39 korvata ehdolla 4.42.

Kohdan 4.6.4 ohjeita noudatetaan myös väsytyskuormitettuille rakenteille, jolloin murtorajatilatarkasteluissa kuormat lasketaan kohdan 3.2 mukaisesti ja aineosa-varmuusluku määritetään kohdan 3.8 mukaisesti.

4.6.5 KESTÄVYYS STAATTISILLE VOIMA-SUUREYHDISTELMILLE

Taivutusmomentin ja leikkausvoiman yhteisvaikutusta kaksoissymmetrisellä I-sauvalla ei tarvitse tarkistaa, kun ehto 4.40 on voimassa.

$$M < M_{Ref} = A_{fe} \cdot h_f \cdot f_d \quad (4.40)$$

jossa h_f on laippojen keskipisteiden välinen etäisyys

A_{fe} on puristetun laipan tehollinen poikkipinta-ala.

Kun kaavan 4.40 mukainen ehto ei ole voimassa, tarkistetaan vastaava yhteisvaikutus ehdosta 4.41.

$$M \leq M_{Ref} + (M_{pl} - M_{Ref}) \cdot \left(1 - \left(\frac{V}{V_R}\right)^2\right) \quad (4.41)$$

jossa M_{pl} on $f_d \cdot W_p$ riippumatta uuman hoikkuedesta

V_R lasketaan kohdan 4.6.3 mukaan tuentatavalle 1 ja 2.

Kaavat 4.40 ja 4.41 koskevat kaksoissymmetristä I-sauvaa, kun uuma (taivutus) kuuluu poikkileikkausluokkaan 4.

Kaavoja 4.40 ja 4.41 voidaan soveltaa myös yhden akselin suhteen symmetriselle I-sauvalle sekä taivutusmomentin ja normaalivoiman rasittamalle sauvalle edellyttäen, että uuman puristetun osan korkeus on

enintään 2/3 koko uuman korkeudesta nimellismittojen mukaan laskettuna. Kun ylikriittistä tilaa ei käytetä hyväksi, tarkistetaan yhteisvaikutus ehdosta 4.42, kun on kyseessä staattinen rasitus.

Kun on kyseessä I-profiilin uuma, jonka tuentatapa ei vastaa kohdan 4.6.3 mukaista tuentatapaa 1 tai 2 tai on kyseessä valssaamalla tai hitsaamalla valmistetun Z-, U- tai kotelopoikkileikkauksen uuma, tarkistetaan leikkausjännityksen ja taivutuspuristusjännityksen yhteisvaikutus ehdosta 4.42.

$$\frac{\sigma_c}{f_{cd}} + 0,63 \cdot \frac{\tau}{f_{vd}} \leq 1,38 \quad (4.42)$$

jossa τ on leikkausjännitys

σ_c on uuman taivutuspuristusjännitys

f_{cd} lasketaan taulukossa 4.11 esitetystä kaavoista

f_{vd} lasketaan taulukossa 4.12 esitetystä kaavoista

Laskettaessa termiä f_{cd} voidaan lommahduskerroin laskea taulukon 4.9 kaavasta h), kun on kyseessä staattinen rasitus, eikä ylikriittistä tilaa käytetä hyväksi.

4.7 Kestävyys pistekuormalle

4.7.1 RAKENNE ON SIVUSUUNNASSA TUETTU JA Kiertymä estetty

Kun pistekuorma vaikuttaa sauvaan vain yhdeltä puolen on pistekuormakestävyys F_{R1} pienempi kaavojen 4.43 ja 4.44 antamista arvoista.

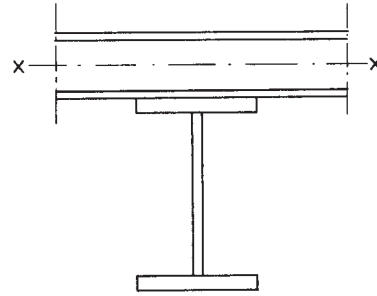
$$F_{R1} = 0,5 \cdot t_w^2 \cdot f_d \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y} \cdot \frac{t_f}{t_w}} \cdot \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \xi_3 \quad (4.43)$$

$$F_{R3} = f_d \cdot A_i \quad (4.44)$$

A_i lasketaan kaavasta 4.49 ja 4.50.

Kun pistekuorma vaikuttaa sauvaan molemmilta puolilta on kestävyys F_{R2} pienempi kaavojen 4.44 ja 4.45 antamista arvoista.

$$F_{R2} = 3 \cdot t_w^2 \cdot f_d \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y} \cdot \frac{t_f}{h_f}} \cdot \xi_1 \cdot \xi_3 \quad (4.45)$$



Kuva 4.8

Sauva on sivusuunnassa tuettu ja sen ylälaipan kiertymä on estetty.

Kun pistekuorma sijaitsee palkin päässä, otaksutaan kestävyudeksi puolet kaavojen 4.43 - 4.45 antamista arvoista. Kun pistekuorman etäisyys palkin päästä on $\geq h_f/2$, käytetään kaavojen 4.43 - 4.45 antamia arvoja. Väliarvot interpoloidaan suoraviivaisesti.

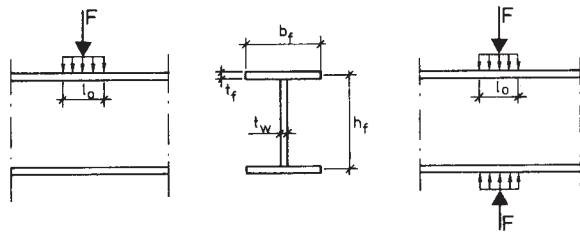
Kaavoissa 4.43 ja 4.45 esiintyvät termit lasketaan ehdoista 4.46 - 4.48.

$$\xi_1 = \sqrt[4]{\frac{b_f}{10 \cdot t_f}}, \text{ kuitenkin enintään } 1,25 \quad (4.46)$$

$$\xi_2 = \sqrt{60 \cdot t_w / h_f}, \text{ kuitenkin vähintään } 1,0 \quad (4.47)$$

$$\xi_3 = 1 + l_o / h_f, \text{ kuitenkin enintään } 1,5 \quad (4.48)$$

ξ_3 lasketaan kaavasta 4.48, kun pistekuormien keskiöiden välinen etäisyys on vähintään $40 \cdot t_w$.



Kuva 4.9

Pistekuorma vaikuttaa sauvaan yhdeltä tai kahdelta puolelta.

Kuormituspinta-ala A_i lasketaan kuvan 4.10 merkintöjä käyttäen kaavasta 4.49.

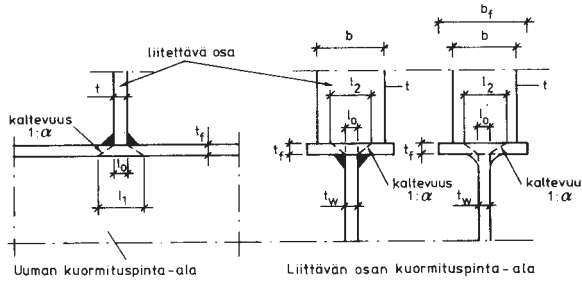
$$A_i = A_1 = l_1 \cdot t_w = (l_o + 2 \cdot \alpha \cdot t_f) \cdot t_w \quad (4.49)$$

Kaavassa 4.44 liitettävän osan kuormituspinta-ala A_i lasketaan kuvan 4.10 merkintöjä käyttäen kaavasta 4.50.

$$A_i = A_2 = l_2 \cdot t = (l_o + 2 \cdot \alpha \cdot t_f) \cdot t \quad (4.50)$$

Kaavassa 4.50 tekijän l_2 tulee täyttää kaavan 4.51 mukainen ehto.

$$l_2 \leq b \quad (4.51)$$



Kuva 4.10
Kuormituspinta-ala A_f

Staattiselle kuormalle kaavoissa 4.49 ja 4.50 oleva termi α lasketaan ehdosta 4.52.

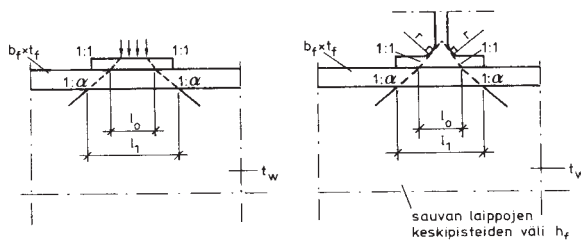
$$\alpha = \alpha_0 \cdot 4 \sqrt{\frac{b_f}{10 \cdot t_f}} \leq 1,25 \cdot \alpha_0 \quad (4.52)$$

jossa α_0 on esitetty taulukossa 4.14.

Taulukko 4.14
Tekijä α_0

Profiili	Tekijä α_0	
	Profiilin uuma	Liitettävä osa
Hitsaamalla valmistettu osa	3	3
Sovellettavan standardin mukainen kuumavalssattu profiili. Nurkkapyöritysten vaikutus on jo otettu huomioon α_0 :n arvoissa, jolloin valssattujen sauvojen kuormitusleveys määritetään laipan ja uuman teoreettisten pintojen perusteella.	6	5

Laskettaessa kuormitusleveyttä l_0 noudatetaan kuvan 4.11 ohjeita.



Kuva 4.11
Kuormitusleveys l_0

Taivutuksen ja pistekuorman yhteisvaikutus tarkistetaan ehdosta 4.53.

$$(F/F_{Rt})^2 + (M/M_R)^2 \leq 1,1 \quad (4.53)$$

4.7.2 LAIPAN KIIERTYMÄÄ EI OLE ESTETTY

Kuvan 4.12 merkintöjä käyttäen pistekuormalle F ja tasaiselle kuormitukselle q tarkistetaan kaavojen 4.54 tai 4.55 mukaiset ehdot.

$$\frac{F}{t_w \cdot h} + \frac{q}{t_w} \leq 0,73 \cdot k_f \cdot \sigma_e / \gamma_m \quad (4.54)$$

kun $a \geq h$

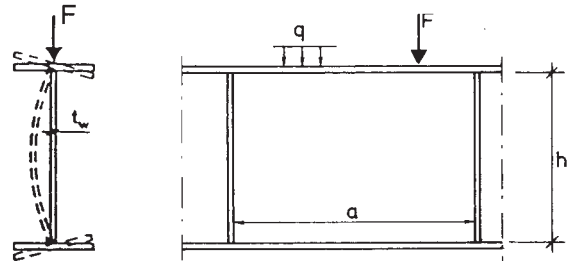
$$\frac{F}{t_w \cdot a} + \frac{q}{t_w} \leq 0,73 \cdot k_f \cdot \sigma_e / \gamma_m \quad (4.55)$$

kun $a < h$

joissa tekijät σ_e ja k_f lasketaan kaavoista 4.56 ja 4.57.

$$\sigma_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \nu^2) \left(\frac{h}{t_w} \right)^2} \quad (4.56)$$

$$k_f = 2 + 4/(a/h)^2 \quad (4.57)$$



Kuva 4.12

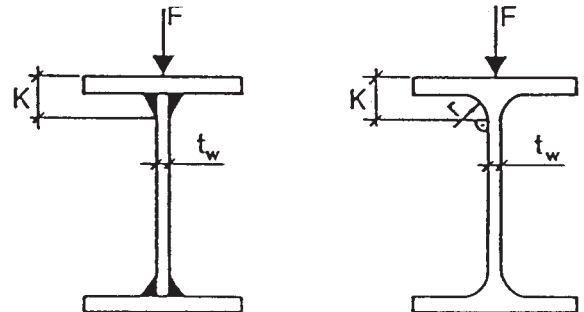
Laipan kiertymää ei ole estetty. q tarkoittaa tasan jakautunutta kuormaa.

Kaavojen 4.54 ja 4.55 ehtojen lisäksi tarkistetaan kentässä olevalle pistekuormalle ehto 4.58 ja palkin päässä olevalle pistekuormalle ehto 4.59.

$$F \leq 1,20 \cdot f_d \cdot t_w \cdot (L + 2K) \quad (4.58)$$

$$F \leq 1,20 \cdot f_d \cdot t_w \cdot (L + K) \quad (4.59)$$

Kaavojen 4.58 ja 4.59 merkinnät on esitetty kuvassa 4.13.



L on kuormituspituus palkin pituussuunnassa

Kuva 4.13

Kaavojen 4.58 ja 4.59 mukaiset merkinnät.

4.8 Jäykisteen mitoitus piste-kuormalle

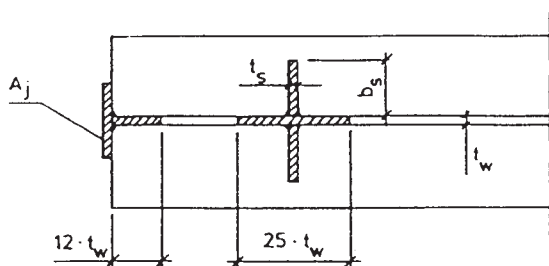
Pistemäisen kuormituksen rasittama jäykiste mitoite-
taan uuman tasoa vastaan kohtisuorassa tasossa ta-
pahtuvalle nurjahdukselle käyttäen nurjahduspituute-
na L_c arvoa $0,8 \cdot h$, kun molemmat laipat ovat tuetut
sivusuunnassa. Kun vain toinen laippa on tuettu sivu-
suunnassa, on nurjahduspituus $1,6 \cdot h$. Jäykisteen saa
kuormittamattomalta reunalta lopettaa etäisyyden $4 \cdot$
 t_w päähän.

Laskelmissa käytettävä poikkileikkauksen pinta-ala A_s
kentässä ja välitukien kohdalla (kuva 4.14) lasketaan
kaavasta 4.60.

$$A_s = 2 \cdot b_s \cdot t_s + 25 \cdot t_w^2 \quad (4.60)$$

Palkin päässä A_s lasketaan (kuva 4.14) kaavasta 4.61.

$$A_s = A_j + 12 \cdot t_w^2 \quad (4.61)$$



Kuva 4.14
Jäykisteen pinta-ala.

Jäykisteen mitat valitaan siten, että ehto 4.62 on voi-
massa.

$$b_s / t_s \leq 0,55 \cdot \sqrt{E / f_y} \quad (4.62)$$

Nurjahduslaskelmissa käytetään nurjahdusluokkaa C.

5 PULTTILIITOKSET

5.1 Liitostyypit

Pulttiliitokset jaetaan seuraavasti

- Tavallinen pulttiliitos (TL). Voiman otaksutaan siir-
tyvän liitoksessa ruuvien varressa vaikuttavan leik-
kausjännityksen sekä ruuvien varren ja liitettävän
osan välillä vaikuttavan reunapuristuksen välityk-
sellä.
- Kitkaliitos (KL). Voiman otaksutaan siirtyvän lii-
tettävien osien välisen kitkan välityksellä käyttöra-
jatilassa. Murtorajatilassa liitoksen otaksutaan käyt-
täytyvän kuten tavallinen pulttiliitos.
- Vedetyt liitokset (V). Voiman otaksutaan siirtyvän
ruuvien varressa vaikuttavan vetojännityksen väli-
tyksellä.

Tässä esitettyjä ohjeita voidaan soveltaa myös mui-
den kierteistettyjen ja ruuvien tavalla toimivien osien
mitoitukseen. Tällöin kaavojen 5.1 ja 5.2 mukaisia
arvoja f_{rd} ja f_{rzd} pienennetään kertoimella 0,85.

5.2 Mitoitus

5.2.1 RUUVIEN AINELUJUUDET JA LAS- KENTA-ARVOT

Ruuvien ainelujuudet on esitetty taulukossa 5.1.

Taulukko 5.1
Ruuvien ainelujuudet.

Ruuvien lujuus- luokan merkintä ¹⁾	Ainelujuus f_y (N/mm ²)	Huomautukset
5.8	400	Ei käytetä toimivana kitkaliitoksissa
8.8	640	
10.9	900	

¹⁾ Merkintä vastaa sovellettavan standardin mukais-
ta merkintää.

Ruuvien vetolujuuden laskenta-arvo f_{rd} lasketaan kaa-
vasta 5.1.

$$f_{rd} = 0,8 \cdot f_y / \gamma_m \quad (5.1)$$

jossa f_y on ruuvien lujuusluokan mukainen aine-
lujuus, joka on esitetty taulukossa 5.1.

Ruuvien leikkauslujuuden laskenta-arvo f_{rvd} lasketaan kaavasta 5.2.

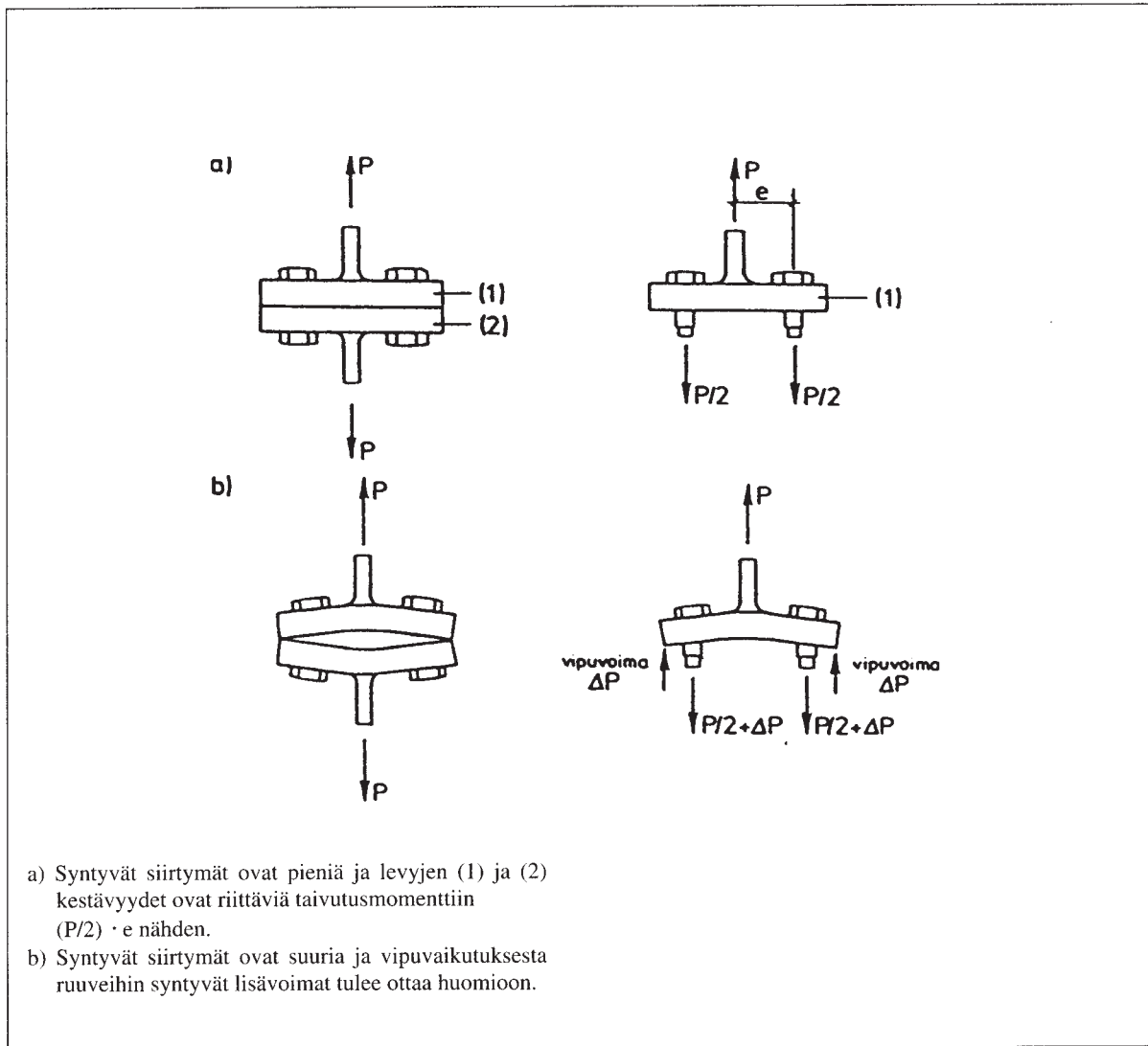
$$f_{rvd} = k_3 \cdot f_y / \gamma_m \quad (5.2)$$

jossa $k_3 = 0,6$, kun $f_y \leq 640 \text{ N/mm}^2$, muutoin $k_3 = 0,5$.
 γ_m lasketaan kohdan 3.8 mukaan.

5.2.2 VOIMIEN JAKAUTUMINEN RUUVEILLE

Ruuveihin vaikuttavat voimat lasketaan ottaen huomioon liitoksen toiminta, liitettävien osien jäykkyys ja tasapainoehdot. Voimat jaetaan ruuveille liitettävässä osassa vallitsevan jännitystilän mukaisesti.

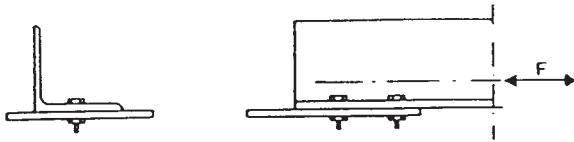
Vipuvaikutuksesta syntyvät lisävoimat lisätään muiden kuormitusten aiheuttamiin ruuvien voimiin.



Kuva 5.1

Esimerkki vipuvaikutuksesta.

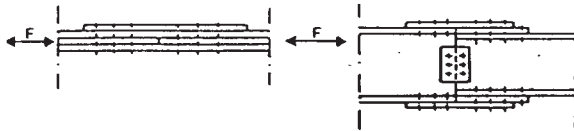
Kuvan 5.2 mukaisissa ja vastaavissa tapauksissa otetaan huomioon epäkeskisyydestä johtuvat lisävoimat.



Kuva 5.2

L-teräksen epäkeskinen liitos.

Käytettäessä kuvan 5.3 mukaisia tai muita epäsuoria jatkoksia (irraliset välilevyt) otetaan tästä johtuvat lisävoimat huomioon, kun välilevyn paksuus on yli 6 mm. Liukumiskestävyttä laskettaessa lisävoimaa ei tarvitse ottaa huomioon edellyttäen, että välilevyn pinta on käsitelty kitkan edellyttämällä tavalla.

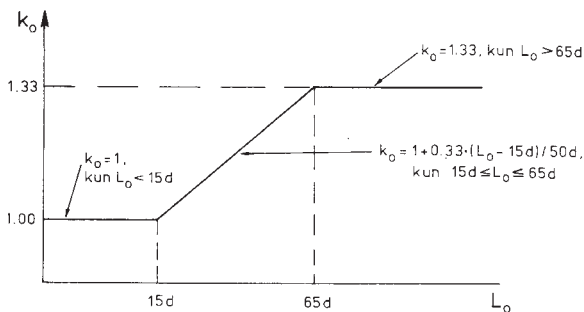
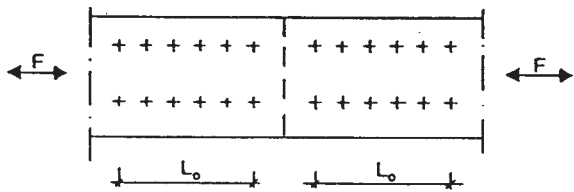


Kuva 5.3

Esimerkkejä epäsuorista jatkoksista.

Välilevy on irrallinen, kun levyä ei ole esim. hitsattu muuhun rakenteeseen voimaa vastaanottavaksi sekä mitoitettu tälle voimalle.

Kuvan 5.4 mukaisissa liitoksissa otaksutaan ruuvien voimien jakautuvan tasan kaikille ruuveille. Kun liitoksen pituus kuvan 5.4 mukaan on suurempi kuin $15d$, kerrotaan em. tavalla laskien saatu arvo kuvasta 5.4 saatavalla kertoimella k_0 .



L_0 tarkoittaa liitoksen äärimmäisten ruuvien keskiöiden välistä etäisyyttä

Kuva 5.4

Kerroin k_0

5.2.3 MUUT OHJEET

Pulttiliitosten muoto valitaan mahdollisimman symmetriseksi ja kiristämiseksi varataan riittävästi tilaa.

Liitosta, jossa ruuvien kierteet tai kierteen pääte ovat leikkaustasossa, ei saa käyttää rakenteissa, joissa liitosten siirtymät ovat haitallisia, ellei siirtymiä oteta huomioon. Kun tavallisessa liitoksessa esiintyy vaihtuvasuuntaisia voimia, kiristetään ruuvit taulukon 9.2 mukaisesti.

Kun liitoksesta vaaditaan muodonmuutoskykyä tai kun ruuvien kierteet leikkausliitoksessa ulottuvat liitoksen sisään, suunnitellaan liitokset siten, että ruuvien leikkausvoimakkestävyys on vähintään 1,25 kertaa niin suuri kuin reunapuristus- ja reunarepeytymiskestävyys.

Liitokset, joihin otaksutaan plastinen nivel, suunnitellaan siten, että liitoksella on riittävä kiertymiskyky. Välyksistä johtuvat siirtymät (myös muissa plastisissa nivelissä) otetaan huomioon. Plastisissa nivelissä ei saa olla lävistämällä valmistettuja reikiä. Näiden liitosten jatkoslevyt mitoitetaan 1,1-kertaiselle voimalle.

Sauvan jatkokset mitoitetaan siten, että ne vastaavat jäykkyydeltään jatkettavan sauvan otaksuttua jäykkyyttä.

Puristetun sekä puristetun ja taivutetun sauvan kiinnitysluoto ja jatkos tehdään yhtä lujaksi itse sauvan kanssa tai mitoitetaan keskiselle puristavalle voimalle N sekä taivutusmomentille M_j , joka lasketaan kaavasta 5.3.

$$M_j = M + \left(\frac{N}{N_{RC}} - \frac{N}{N_R} \right) \cdot f_d \cdot W \cdot \eta_1 \quad (5.3)$$

jossa M ja N ovat laskentakuormien aiheuttamat voimasuureet 1. kertaluvun teorian mukaan laskettuna.

Kaavassa 5.3 tekijä η_1 lasketaan kaavasta 5.4.

$$\eta_1 = \sin(\pi \cdot z / L_c) \quad (5.4)$$

jossa z on etäisyys laskettuna nurjahtavan sauvan käännepisteestä jatkokseen tai kiinnityskohtaan

L_c on nurjahduspituus.

Perusaineen nurjahdus ruuvien akselien välisellä matkalla lasketaan kohdan 4 mukaisesti.

Ruuvien varren läpimitaksi valitaan vähintään 1/5 liitettävien osien yhteispaksuudesta.

Mutterin alla käytetään sovellettavan standardin mukaista aluslaattaa, kun

- ruuvien kierteetön osa on perusaineen ulkopuolella
- perusaineen pinta on suojattu kohdan 10 mukaisesti, jolloin aluslevy asetetaan sen osan alle, joka kiristettäessä kiertyy
- pulttien kiristyksestä johtuva pintapaine ylittää arvon f_y/γ_m , jossa f_y saadaan taulukosta 3.2a tai 3.2b ja γ_m kohdasta 3.8
- vinoilla pinnoilla käytetään vinoja aluslaattoja.

Aluslaattojen yhteenlaskettu paksuus yhdellä puolella saa olla korkeintaan $0,6 \cdot$ ruuvien nimellishalkaisija.

5.2.4 RUUVIN LEIKKAUSVOIMAKESTÄVYYS

Kun rasitus vaikuttaa kohtisuoraan ruuvin akseliin nähden, lasketaan yhden ruuvin leikkausvoimakestävyys leikettä kohti kaavasta 5.5.

$$F_{Rv} = f_{Rvd} \cdot A \quad (5.5)$$

A on ruuvien nimellisen poikkileikkauksen pinta-ala, kun ruuvien kierteet eivät ole leikkaustasossa, muutoin A on ruuvien jännityspoikkipinta-ala, joka lasketaan sovellettavan standardin mukaan.

Yksileikkeisissä liitoksissa kerrotaan kaavasta 5.5 laskettu arvo luvulla 0,9.

5.2.5 REUNAPURISTUS- JA REUNAREPEUTYMISKESTÄVYYS

Kun voima vaikuttaa kohtisuoraan ruuvien akseliin nähden, lasketaan reunapuristus- ja reunarepeutymiskestävyys voiman suunnassa reikää kohti kaavasta 5.6.

$$F_{Rh} = k_2 \cdot d \cdot t \cdot f_d \quad (5.6)$$

jossa t on tarkasteltavan osan ainepaksuus
 f_d on pienin taulukoiden 5.1 ja 3.2 perusteella määritetty laskentalujuus.
 d on ruuvien halkaisija.

Kerroin k_2 lasketaan kaavasta 5.7.

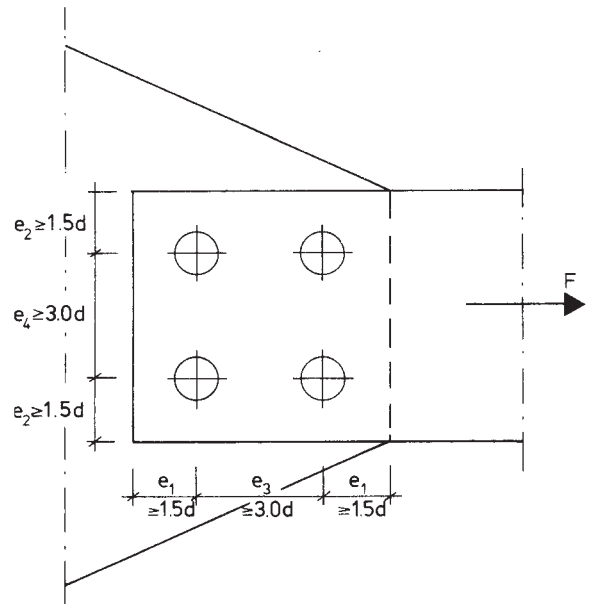
$$k_2 = (e_1/d - 0,5) \quad (5.7)$$

Kertoimen k_2 arvo saa olla enintään 2,5.

Kun lasketaan F_{Rh} :n arvoa välillä e_3 , sijoitetaan kaavassa 5.7 e_1/d :n tilalle e_3/d .

Kun kierre tai kierteen pääte ovat liitettävien osien sisällä tai liitettävien osien pienin ainepaksuus on pienempi kuin 5 mm, käytetään laskelmissa sitä ruuvien halkaisijaa, joka vastaa ruuvien jännityspoikkipinta-alaa.

Koko liitoksen kestävyys lasketaan määrävimmän F_{Rh} -arvon perusteella.



Kuva 5.5

Reuna- ja keskiöetäisyydet. Ks. myös kohta 10.3.

Kun on kyseessä yksileikkeinen liitos, käytetään laskelmissa arvoa $0,9 \cdot F_{Rh}$.

5.2.6 RUUVIN VARREN SUUNTAINEN VETOVOIMAKESTÄVYYS

Vetovoimakestävyys ruuvia kohti lasketaan kaavasta 5.8.

$$F_{Rt} = f_{Rtd} \cdot A_{sp} \quad (5.8)$$

Vetovoimalla tarkoitetaan tässä yhteydessä voimaa, joka joko suoraan (esim. vetoliitos) tai välillisesti (esim. vetopuolen ruuvi taivutetussa päätyliitoksessa) aiheuttaa akselin suuntaista vetojännitystä ruuviin. Kaavan 5.8 käyttö edellyttää, että mutterin lujuusluokka vastaa ruuvien lujuusluokkaa sovellettavan standardin edellyttämällä tavalla.

5.2.7 RUUVIN YHDISTETTY VETO- JA LEIKKAUSVOIMAKESTÄVYYS

Ruuvien kestävyys todetaan kummallekin voimasuurelle erikseen. Tämän lisäksi tarkistetaan kaavan 5.9 mukainen ehto.

$$\left(\frac{F_t}{F_{Rt}} \right)^2 + \left(\frac{F_v}{F_{Rv}} \right)^2 \leq 1 \quad (5.9)$$

F_t on laskentakuorman aiheuttama ruuvien veto-voima

F_v on laskentakuorman aiheuttama ruuvien leikkausvoima.

5.2.8 KITKALIITOKSEN MITOITUS

Liukumiskestävyys käyttörajatilassa leikettä ja ruuvia kohti lasketaan kaavasta 5.10.

$$F_{Rg} = \mu (0,8 \cdot f_y \cdot A_{sp} - F_t) \cdot \phi / \gamma_m \quad (5.10)$$

jossa μ on 0,5 suihkupuhdistetulle (hiekillä tai teräväsärmaisillä teräsrakeilla) tai liekipuhalletulle pinnalle

f_y on ruuvien laatukohtainen ainelujuus, joka on esitetty taulukossa 5.1

ϕ on 1,0, kun kaavan 7.1 mukainen ehto on voimassa, muutoin ϕ on 0,8

F_t on käyttörajatilan laskentakuormituksen aiheuttama vetovoima.

Liukumiskestävyys laskemisen lisäksi kitkaliitoksen reunapuristus- ja reunarepeytymiskestävyys sekä ruuvien leikkausvoimakestävyys tarkistetaan murtorajatilassa kuten tavallisella pulttiliitoksella ottamatta huomioon kitkan vaikutusta. Lisäksi tarkistetaan perusaineen kestävyys kohdan 4.1 mukaan.

Kitkaliitoksessa käytetään vähintään kahta ruuvia.

Kitkaliitoksen liukumiskestävyttä laskettaessa otaksutaan ruuveihin kohdistuvan voiman jakautuvan tasan. Liitoksessa otaksutaan toimivan enintään seitsemän ruuvia peräkkäin vaikuttavan voiman suunnassa.

6

STAATTISESTI KUORMITETUT HITS AUSLIITOKSET

Staattisesti kuormitettujen hitsausliitosten osalta noudatetaan sovellettavien standardien luettelossa mainittuja standardeja sekä näitä ohjeita.

7

VÄSYTYSKUORMITETUT RAKENTEET

7.1 Suunnitteluperusteet

Väsytyskuormitukseksi rakenteeksi ei katsota rakenteita, jotka eivät joudu tuulen vaikutuksesta jatkuvaan värähtelyliikkeeseen ja joihin ei vaikuta muita muuttuvia kuormia kuin lumi- tai tuulikuorma.

Väsytyskuormitetussa rakenteessa ei saa käyttää hyväksi ylikriittistä tilaa.

Väsymistarkastelua ei tarvitse suorittaa, kun jännitysvaihtelujen lukumäärälle N on voimassa kaavan 7.1 mukainen ehto

$$N \leq 10^6 \cdot \left(\frac{36}{\Delta \sigma_{\max}} \right)^3 \quad (7.1)$$

jossa $\Delta \sigma_{\max}$ on jännitysvaihteluvälin suurin arvo.

Voimasuureet ja kestävyys lasketaan kimmoteoriaan perustuvilla menetelmillä käyttäen kuormien arvoina ominaiskuormia mahdollisine sysäyslisineen. Pistekuormasta aiheutuvat voimasuureet ja rakenteen kestävyys lasketaan sovellettavassa standardissa esitetyllä tavalla.

Tässä esitetään muotovalmisteiden ja muotovalmisteista pulttiliitoksin kootun väsytyskuormitetun rakenteen laskeminen. Hitsausliitokset suunnitellaan sovellettavan standardin mukaan siten, että aineosavarmuuslukuina käytetään taulukon 7.1 mukaisia arvoja.

Yksittäisille jännityksen vaihteluväleille $\Delta \sigma_i$ ja $\Delta \tau_i$ tarkistetaan kaavojen 7.2 ja 7.3 mukaiset ehdot.

$$\Delta \sigma_i \leq 1,5 \cdot f_d \quad (7.2)$$

$$\Delta \tau_i \leq 1,5 \cdot f_d / \sqrt{3} \quad (7.3)$$

f_d lasketaan kohdan 3.7 mukaan käyttäen kohdassa 3.8 annettuja aineosavarmuuslukuja.

Kestävyys todetaan vaihtuvalle kuormitukselle tämän kohdan ohjeiden mukaan ja staattiselle kuormitukselle muissa kohdissa annettujen ohjeiden mukaan käyttäen kohdassa 3.2 annettuja murtorajatilatarkastelujen kuormitusyhdistelmiä ja kohdassa 3.8 annettua aineosavarmuuslukuja.

Jännitykset lasketaan ottaen huomioon niiden kimmoiteorian mukainen jakautuminen tutkittavassa kohdassa. Jännityshuiput on jo otettu huomioon väsymisluokkien ominaisväsymisrajojen arvoissa. Sama koskee liitoslevyjen epäkeskisyyden vaikutuksia kuvan 7.3 esittämissä rakenteissa.

Määritettäessä nimellistä kuormanvaihtolukua ei asennus- ja valmistusaikaisia jännitysvaihteluja tarvitse ottaa huomioon.

Rakenteeseen ei sen käyttöaikana saa tehdä sellaisia muutoksia, jotka heikentävät sen väsymiskestävyttä tai vaikuttavat haitallisesti kuormien vaikutustapaan esim. värähtelyominaisuuksiin, ellei näitä erikseen oteta huomioon. Ohjeet koskevat rakenteita, jotka eivät ole alttiina väsymislukuutta alentavalle korroosiolle.

Ruostumisasteessa D olevaa terästä ei saa käyttää väsytyskuormitetuissa rakenteissa.

Kun jännitysvaihtelu on epäsäännöllistä rakenteen tarkoitettuna käyttöaikana, voidaan rakenne mitoittaa ottaen huomioon jännityksen vaihteluvälien kertymä.

Kun tarkasteltavan osan ainevahvuus ylittää 25 mm,

kerrotaan laskettu nimellinen jännitys kertoimella k_s , joka saadaan kaavasta 7.4.

$$k_s = \sqrt[4]{\frac{t}{25}} \quad (7.4)$$

jossa t on osan ainevahvuus mm:nä.

Jännitysvaihteluvälejä, jotka ovat pienempiä kuin $0,5 \cdot \Delta f_k / \gamma_m$, ei tarvitse ottaa huomioon. Ominaisväsymisraja Δf_k lasketaan kohdan 7.3 mukaan ja γ_m on esitetty taulukossa 7.1.

Puristettujen sauvojen hoikkuus λ_k saa olla enintään 160.

7.2 Mitoitus

7.2.1 MITOITUSEHTO

Väsytyskuormitetussa rakenteessa tarkistetaan kaavan 7.5 mukainen ehto.

$$\Delta \sigma_{ekv} \leq \Delta f_k / \gamma_m \quad (7.5)$$

jossa $\Delta \sigma_{ekv}$ on ekvivalentti jännityksen vaihteluväli ja se lasketaan kaavasta 7.6 tai 7.12

Δf_k on ominaisväsymisraja ja

γ_m on aineosavarmuusluku, joka on esitetty taulukossa 7.1.

Taulukko 7.1

Aineosavarmuusluvut γ_m .

Rakenneluokka	γ_m
1	1,6
2	1,4

Kun jännityksen vaihteluvälin suurin arvo $\Delta \sigma_{\max} < \Delta f_k / \gamma_m$, väsymiskestävyys on riittävä ja ekvivalenttia jännityksen vaihteluväliä ei tarvitse laskea.

7.2.2 YKSIKSELINEN JÄNNITYSTILA

Yksiakselisessa jännitystilassa lasketaan ekvivalentti jännityksen vaihteluväli $\Delta \sigma_{ekv}$ kaavasta 7.6.

$$\Delta \sigma_{ekv} = \left(\frac{\sum_{i=1}^k (\Delta \sigma_i^3 \cdot n_i)}{5 \cdot 10^6} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (7.6)$$

jossa n_i on jännityksen vaihteluvälien $\Delta \sigma_i$ lukumäärä.

Leikkausjännitystapauksissa käsitellään τ_i -arvot vastaavalla tavalla.

7.2.3 TASOJÄNNITYSTILA

Tasojännitystilassa tarkistetaan kullekin jännityskomponentille kaavojen 7.7, 7.8 ja 7.9 mukaiset ehdot.

$$q_{\parallel} = \frac{\Delta \sigma_{ekv}}{\Delta f_{\parallel k} / \gamma_m} \leq 1 \quad (7.7)$$

$$q_{\perp} = \frac{\Delta \sigma_{ekv}}{\Delta f_{\perp k} / \gamma_m} \leq 1 \quad (7.8)$$

$$q_v = \frac{\Delta \tau_{ekv}}{\Delta f_{vk} / \gamma_m} \leq 1 \quad (7.9)$$

Δf -arvot määritetään kuvien 7.2 ja 7.3 sekä sovellettavan standardin mukaisten väsymisluokkien avulla taulukosta 7.2.

Lisäksi samassa kohdassa vaikuttavien jännitysten yhteisvaikutukselle tarkistetaan kaavojen 7.10 ja 7.11 mukaiset ehdot.

$$q_{\parallel r} = 0,9 \cdot \sqrt{q_{\parallel}^2 + q_v^2} \leq 1,0 \quad (7.10)$$

$$q_{\perp r} = 0,9 \cdot \sqrt{q_{\perp}^2 + q_v^2} \leq 1,0 \quad (7.11)$$

Merkinnät $\parallel$ ja $\perp$ vastaavat sovellettavassa standardissa esitettyjä merkintöjä.

7.2.4 TYYPITETTYJEN KERTYMIEN KÄYTTÖ

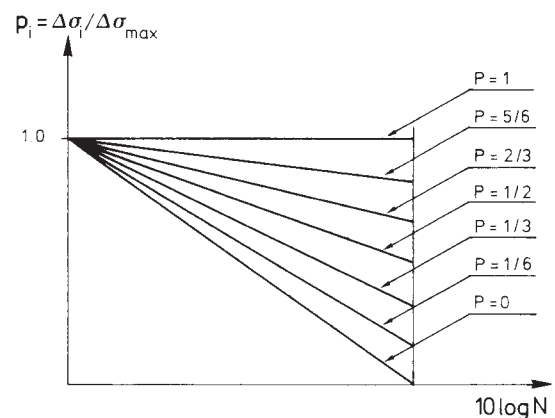
Kun kuvan 7.1 mukaisella tyyppitetyllä kertymällä voidaan kuvata todellista jännityksen vaihteluvälin kertymää, lasketaan $\Delta \sigma_{ekv}$ kaavasta 7.12.

$$\Delta \sigma_{ekv} = \psi \cdot \Delta \sigma_{\max} \quad (7.12)$$

jossa ψ lasketaan kaavasta 7.13.

$$\psi = \left(\frac{\sum_{i=1}^k (p_i^3 \cdot n_i)}{5 \cdot 10^6} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (7.13)$$

Määritettäessä kertoimen ψ -arvoa käytetään sellaista kertymäparametrin p intervallia Δp_i , joka kuvaa kyseessä olevaa jännityksen vaihteluvälin kertymää.



Kuva 7.1

Tyyppitetyt jännityskertymät.

7.3 Väsymisluokat

Väsymisluokka määritetään kohdan 7.4 tai 7.5 mukaan.

Ominaisväsymisraja Δf_k normaalijännityksen vaihteluvälille lasketaan kaavasta 7.14.

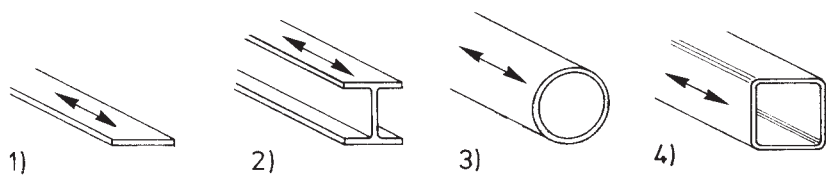
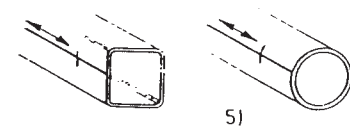
$$\Delta f_k = \left(\frac{C}{5 \cdot 10^6} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (7.14)$$

Tekijä C on esitetty taulukossa 7.2.

Taulukko 7.2
Ominaisväsymisrajat.

Väsymisluokka $N = 2 \cdot 10^6$	C	Ominaisväsymisraja $[\Delta f_k] = \text{N/mm}^2$ $N = 5 \cdot 10^6$
160	$8,21 \cdot 10^{12}$	118
140	$5,46 \cdot 10^{12}$	103
125	$3,91 \cdot 10^{12}$	92
112	$2,81 \cdot 10^{12}$	82
100	$2,00 \cdot 10^{12}$	74
90	$1,46 \cdot 10^{12}$	66
80	$1,02 \cdot 10^{12}$	59
71	$7,16 \cdot 10^{11}$	52
63	$5,00 \cdot 10^{11}$	46
56	$3,51 \cdot 10^{11}$	41
50	$2,50 \cdot 10^{11}$	37
45	$1,82 \cdot 10^{11}$	33
40	$1,28 \cdot 10^{11}$	29
36	$9,33 \cdot 10^{10}$	26

7.4 Muotovalmisteen väsymisluokka

Väsymisluokka	Rakennetyyppi
160	
140	
(1) valssatut levyt (2) valssatut sauvat (3) pyöreät saumattomat putket (4) suorakaiteenmuotoiset saumattomat putket (5) pituussuunnassa hitsatut putket	

Kuva 7.2

Muotovalmisteen väsymisluokka.

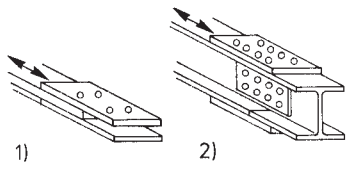
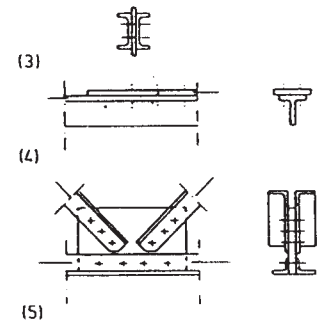
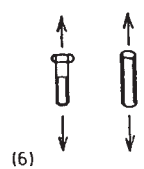
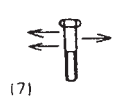
7.5 Pulttiliitokset ja ruuvit

Tavallisessa liitoksessa kierteet eivät saa ulottua liitettävien osien sisälle. Pulttiliitosten ja ruuvien väsymisluokat on esitetty kuvassa 7.3. Ruuvit kiristetään arvoon $0,8 \cdot f_y \cdot A_{sp}$.

Äärimmäisten ruuvien väli voiman suunnassa on enintään $10 \cdot d$. Kuvan 7.3 luokat pätevät liitoksille, joissa reiät on tehty poraamalla. Lävistämällä valmistettuja reikiä voidaan käyttää edellyttäen, että reiät lävistetään vähintään 3 mm tarkoitettua reiän halkaisijaa pienemmäksi, jonka jälkeen reiät suurennetaan tasaisesti lopulliseen kokoon siten, että reiän laatu vastaa vähintään poraamalla valmistetun reiän laatua.

Pelkän reiän väsymisluokka määritetään sovelletta-
van standardin mukaan. Leikkausliitos tehdään kitka-
liitoksena tai tavallisena liitoksena, jossa välys on

enintään 0,3 mm, kun liitoksessa esiintyy sekä puris-
tus- että vetojännityksiä.

Väsymisluokka	
140	 1) 2)
90	 (3) (4) (5)
36	 (6)
80	 (7)
1) ja 2) koskevat liitoksen aluetta ja jatkolevyjä, jotka on kiinnitetty ruuveilla 3) koskee kaksileikkeisen liitoksen jatkoslevyjä 4) koskee yksileikkeistä liitosta 5) koskee kaksileikkeisen liitoksen nurkkalevyjä 6) jännitykset lasketaan jännityspoikkipinta-alan mukaan 7) koskee ruuvia, johon vaikuttaa leikkausvoima	

Kuva 7.3

Pulttiliitokset ja ruuvit.

Kitkaliitoksessa jännitykset lasketaan poikkileikkauksen bruttopinta-alan mukaan ja tavallisessa liitoksessa nettopinta-alan mukaan. Sivusuunnassa tukemattomia yksileikkeisiä liitoksia käytettäessä otetaan huomioon epäkeskisyyden aiheuttamat lisäjännitykset. Vipuvai-
kutuksesta johtuvat voimat ja mahdolliset sekundaäri-
set taivutusmomentit otetaan huomioon.

PALOMITOITUS

8.1 Suunnitteluperusteet

Kantavat rakenteet mitoitetaan palon vaikutukselle kohdan 3.6.1 mukaisissa murtorajatiloiissa. Osastoivien rakenteiden tulee täyttää sovellettavan standardin tiiviys- ja eristävyysvaatimukset. Murtorajatilamitoitus suoritetaan kohdan 4 mukaisesti käyttäen kohdassa 8 esitettyjä kuormia ja aineominaisuuksia. Kaikissa rakenneluokissa aine- ja kuormien osavarmuuslukuna käytetään arvoa 1,0.

Rakenteet mitoitetaan siten, että ne kestävät vaaditun palonkestoajan. Palotilan lämpötilan kehittyminen lasketaan sovellettavan standardin mukaan.

8.2 Kuormat

Hyötykuormina käytetään rakenteiden suunnittelua varten määritettyjä ominaiskuormia. Oleskelu- ja kokoontumiskuormana saa kuitenkin käyttää arvoa 0,75 kN/m², tungoskuormana arvoa 2,0 kN/m² sekä lumi-kuorman arvona 50 % ja tuulikuorman arvona 30 % ominaiskuormasta. Lisäksi saa tehdä Suomen rakentamismääräyskokoelman osan B1 mukaiset kuormien vähennykset oleskelu- ja kokoontumiskuormien arvoihin mitoitettaessa pystyrakenteita.

Vaarallisinta kuormitusyhdistelmää määritettäessä noudatetaan yleisesti käytettyjä periaatteita. Lumi- ja tuulikuorman ei kuitenkaan oleteta esiintyvän palon aikana samanaikaisesti.

8.3 Rakenneteräksen aineominaisuudet

Teräksen lujuus f_{yT} lasketaan kaavasta 8.1. Lujuus vastaa 0,2 % muodonmuutosta.

$$f_{yT} = f_y \cdot e^{-1,3 \cdot \left(\frac{T_s - 20}{580} \right)^{2,3}} \quad (8.1)$$

jossa T_s on teräksen lämpötila [°C].

Kimmokerroin E_T lasketaan kaavasta 8.2 ja liukukerroin G_T kaavasta 8.3.

$$E_T = 210\,000 \cdot e^{-0,3 \cdot \left(\frac{T_s - 20}{430} \right)^{5,9}} \quad (8.2)$$

$$G_T = 0,4 \cdot E_T \quad (8.3)$$

Teräksen lämpöpiteneminen $\Delta l/l$ [-] lasketaan kaavasta 8.4.

$$\Delta l/l = 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot T_s + 0,4 \cdot 10^{-8} \cdot T_s^2 - 2,416 \cdot 10^{-4}, \quad \text{kun } 20 \leq T_s < 750 \text{ °C}$$

$$\Delta l/l = 1,1 \cdot 10^{-2}, \quad \text{kun } 750 \leq T_s < 860 \text{ °C} \quad (8.4)$$

$$\Delta l/l = 2 \cdot 10^{-5} \cdot T_s - 6,2 \cdot 10^{-3}, \quad \text{kun } 860 \leq T_s \leq 1200 \text{ °C}$$

jossa l on teräsosan pituus lämpötilassa +20 °C

Δl on teräsosan lämpöpitenemä
 T_s on teräsosan lämpötila [°C].

Tässä ohjeessa esitettyjä laskentamenetelmiä käytettäessä teräksen lämpöpiteneminen voidaan vaihtoehtoisesti laskea kaavasta 8.5.

$$\Delta l/l = 14 \cdot 10^{-6} \cdot (T_s - 20) \quad (8.5)$$

Teräksen ominaislämpö c_s [J/kg°C] lasketaan kaavasta 8.6.

$$c_s = 425 + 0,773 \cdot T_s - 1,69 \cdot 10^{-3} \cdot T_s^2 + 2,22 \cdot 10^{-6} \cdot T_s^3, \quad \text{kun } 20 \leq T_s < 600 \text{ °C}$$

$$c_s = 666 + \frac{13002}{738 - T_s}, \quad \text{kun } 600 \leq T_s < 735 \text{ °C} \quad (8.6)$$

$$c_s = 545 + \frac{17820}{T_s - 731}, \quad \text{kun } 735 \leq T_s < 900 \text{ °C}$$

$$c_s = 650, \quad \text{kun } 900 \leq T_s < 1200 \text{ °C}$$

Tässä ohjeessa esitettyjä laskentamenetelmiä käytettäessä teräksen ominaislämmölle c_s voidaan vaihtoehtoisesti käyttää lämpötilasta riippumatonta vakioarvoa 600 J/kg°C.

Teräksen lämmönjohtavuus λ_s [W/m°C] lasketaan kaavasta 8.7.

$$\lambda_s = 54 - 3,33 \cdot 10^{-2} T_s, \quad \text{kun } 20 \leq T_s < 800 \text{ °C} \quad (8.7)$$

$$\lambda_s = 27,3, \quad \text{kun } 800 \leq T_s \leq 1200 \text{ °C}$$

Tässä ohjeessa esitettyjä laskentamenetelmiä käytettäessä teräksen lämmönjohtavuudelle λ_s voidaan vaihtoehtoisesti käyttää lämpötilasta riippumatonta vakioarvoa 45 W/m°C.

8.4 Teräksen lämpötilan nousu

Teräksen lämpötilan otaksutaan olevan tarkasteltavana ajankohtana sama koko poikkileikkauksessa ja koko sauvan pituudelta. Lämpötilan otaksutaan muuttuvan suoraviivaisesti palosuojauksen paksuussuunnassa.

Suojaamattoman teräksen lämpötilan nousu ΔT_s [°C] lasketaan kaavasta 8.8.

$$\Delta T_s = \frac{\alpha_c + \alpha_r}{c_s \cdot \rho_s} \cdot \frac{F}{V} \cdot (T - T_s) \cdot \Delta t \quad (8.8)$$

- jossa α_c on kuljettumisen lämmönsiirtymiskerroin, $\alpha_c = 25 \text{ W/m}^2\text{°C}$
 α_r on säteilyn lämmönsiirtymiskerroin kaavan 8.9 mukaan [$\text{W/m}^2\text{°C}$]
 c_s on teräksen ominaislämpö kaavan 8.6 mukaan [$\text{J/kg}^{\circ}\text{C}$]
 ρ_s on teräksen tiheys, $\rho_s = 7850 \text{ kg/m}^3$
 F on teräsosan palolle altis pinta-ala pituus yksikköä kohti [m^2/m]
 V on teräsosan tilavuus pituusyksikköä kohti [m^3/m]
 T on palotilan lämpötila ajanhetkellä t [$^{\circ}\text{C}$]
 T_s on teräsosan lämpötila ajanhetkellä $t - \Delta t$ [$^{\circ}\text{C}$]
 Δt on laskenta-aikaväli, enintään 5 s [s].

$$\alpha_r = \frac{\varepsilon_r \cdot 5,67 \cdot 10^{-8}}{T - T_s} \cdot [(T + 273)^4 - (T_s + 273)^4] \quad (8.9)$$

- jossa ε_r on resultoiva emissiokerroin. ε_r :n arvona voidaan käyttää 0,5 ilman tarkempaa selvitystä.

Palosuojatun teräksen lämpötilan nousu ΔT_s [$^{\circ}\text{C}$] lasketaan kaavasta 8.10. Palotilan lämpötilan nousun aikana $\Delta T_s \geq 0$.

$$\Delta T_s = \frac{\lambda_i}{d_i \cdot c_s \cdot \rho_s} \cdot \frac{F_i}{V} \cdot \frac{1}{1 + \mu/3} \cdot (T - T_s) \cdot \Delta t - (c^{u/10} - 1) \cdot \Delta T \quad (8.10)$$

- jossa λ_i on palosuoja-aineen lämmönjohtavuus [$\text{W/m}^{\circ}\text{C}$]
 d_i on palosuoja-aineen paksuus [m]
 F_i on palosuoja-aineen sisäpinnan pinta-ala teräsosan pituusyksikköä kohti [m^2/m]
 μ on tekijä [-], joka ottaa huomioon palosuoja-aineen ominaislämmön. Tekijä μ lasketaan kaavasta 8.11, kun palosuojausjauksen ominaislämpö on otettu huomioon määritettäessä palosuojausjauksen lämmönjohtavuuden arvoja λ_i .
 Δt on laskenta-aikaväli, enintään 30 s [s]
 ΔT on palotilan lämpötilan muutos laskenta-aikavälillä Δt [$^{\circ}\text{C}$].

$$\mu = \frac{c_i \cdot \rho_i}{c_s \cdot \rho_s} \cdot d_i \cdot \frac{F_i}{V} \quad (8.11)$$

- jossa c_i on palosuoja-aineen ominaislämpö [$\text{J/kg}^{\circ}\text{C}$]
 ρ_i on palosuoja-aineen tiheys [kg/m^3].

Palosuojatun teräksen lämpötilan nousua määritettäessä teräksen ominaislämpönä c_s käytetään sovellettavan standardin mukaista arvoa. Eristeen lämmönjohtavuutena λ_i ja ominaislämpönä c_i käytetään sovellettavan standardin perusteella kokeista johdettuja arvoja.

8.5 Laskennallisia ohjeita

Sauvan ja sen osien muunnettuna hoikkuutena $\bar{\lambda}$ käytetään teräsosan vallitsevan lämpötilan mukaan laskettuja arvoja. Nurjahdusluokkana käytetään luokkaa C. Kiepahduskestävyyden laskentaan liittyvässä kaavassa 4.21 tekijä $n = 1,5$.

8.6 Yksikerroksiset tuotanto- ja varastorakennukset

Yksikerroksisen tuotanto- ja varastorakennuksen teräsrungossa tai sen osissa voidaan käyttää palosuojaamatonta terästä sellaisissa paikoissa, joissa tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuutta koskevat ohjeet E2 edellyttävät 15 minuutin palonkestoaikaa seuraavissa tapauksissa:

- koko runko, kun rakennus on varustettu automaattisella vesisprinklauslaitteistolla, jonka suunnittelussa on otettu huomioon rakenteiden jäähdytys
- kattorakenteet palotilan hitaan lämpötilan nousun vuoksi palovaarallisuusluokkaan 1 kuuluvissa palo- ja pidättävissä rakennuksissa, joiden korkeus on vähintään 14 m, kun kattorakenteiden läheisyydessä ei ole huomattavaa määrää palokuormaa
- pilarit, joiden poikkileikkaustekijä F/V on enintään 180 m^{-1} , palovaarallisuusluokkaan 1 kuuluvissa paloapidättävissä rakennuksissa.

Tämä edellyttää lisäksi, että yläpohjan lämmöneriste on palamatonta tai tähän tarkoitukseen erikseen hyväksyttyä rakennustarviketta ja kantavien rakennusosien ns. jatkuva sortuma on estetty.

RAKENTEIDEN VALMISTUS JA ASENNUS

9.1 Perusteet

Rakenteet valmistetaan rakennesuunnitelmien mukaan käyttäen suunnitelmien mukaisia rakenneaineita ja tarvikkeita.

Mikäli rakenneosiin tehdään suunnitelmissa esiintymättömiä jatkoksia, on ne tehtävä yhtä vahvoiksi (kestävyys ja jäykkyys) kuin jatkettava osa.

Valmistuksessa käytetään pätevää työnjohtoa ja henkilöstöä. Hitsaajilta edellytetään sovellettavan standardin mukainen pätevyys. Olosuhteet valmistuspaikoilla järjestetään sellaisiksi, että tarkoitettu lujuus ja laatuaso saavutetaan.

Valmistuksessa käytetään asianmukaisia työvälineitä. Valmistukseen ja asennukseen liittyviä laadunvarmistustoimenpiteitä on käsitelty kohdassa 11.

9.2 Rakenneaineiden ja tarvikkeiden käsittely

Rakenneaineet ja tarvikkeet puhdistetaan tarvittaessa siten, että valmistusta ja tarkastusta häiritsevät epäpuhtaudet poistuvat.

Rakenneaineisiin ja tarvikkeisiin syntyvät viat voidaan valmistuksen yhteydessä poistaa, kun korjaustoimenpiteillä saavutetaan vaadittu laatuaso, eikä niillä ole haitallisia vaikutuksia.

Piirustuksissa esitetyt mitat vastaavat lämpötilaa +20 °C, ellei toisin mainita.

Rakenneosat leikataan, taivutetaan ja oikaistaan siten, ettei niihin synny lujuutta heikentäviä säröjä, lovia, jännityksiä tai kiderakennemuutoksia ja siten, että leikkausjälki täyttää rakenneosien yhteensopivuuden, railon muodon ja pinnoituksen asettamat vaatimukset.

Työstömenetelmät ja vaadittava pinnankarheus valitaan siten, että osien mittatarkkuudelle ja yhteensopivuudelle sekä rakenteen osien toiminnalle asetetut laatuvaatimukset saavutetaan.

Rakenneosat sovitetaan yhteen siten, että rakenteeseen ei synny lisäjännityksiä tai kylmämuokkautumia. Siirrettäessä voimaa kosketuspaineen välityksellä noudatetaan suunnitelmissa kosketuspinnoina esitettyjä tasaisuusvaatimuksia.

Rakenneosien väliaikaiset kiinnitykset eivät saa hei-

kentää rakenteen lujuusominaisuuksia ja käyttökel-
poisuutta.

Väliaikaisia kiinnityshitsejä koskevat samat ohjeet kuin muutakin hitsausta. Väsytyskuormitettuihin rakenteisiin ei saa tehdä rakennesuunnitelmaan kuulumattomia hitsejä, reikiä tai muita lovia ilman suunnittelijan lupaa.

Rakenneaineet, tarvikkeet ja valmisosat varastoidaan valmistuspaikalla siten, että niiden vahingoittuminen estyy.

9.3 Pulttiliitokset

9.3.1 RUUVIT, MUTTERIT JA ALUSLAATAT

Liitoksissa käytetään muttereita, jotka lujuudeltaan ja laadultaan vastaavat ruuvia, ellei suunnitelmissa muuta esitetä.

9.3.2 REIÄT

Reiät tehdään poraamalla tai vastaavan laadun takavalla tavalla ja 25 mm ainepaksuuteen asti myös lävistämällä. Väsytyskuormitetuissa rakenteissa lävistyksen käyttö on rajoitettu kohdan 7.5 mukaisesti. Ks. myös kohta 5.2.3.

Ruuvien vapaareiät tehdään enintään sovellettavan standardin keskisarjan mukaisina kuitenkin siten, että vapaareikä on enintään 2 mm ruuvin halkaisijaa suurempi, ellei suunnitelmassa muuta edellytetä. Reikien ympärille mahdollisesti jääneet purseet poistetaan. Ruuvit asetetaan reikiinsä pakotuskeinoja käyttämättä.

9.3.3 LIITOSPINNAT

Valmisosia tai rakenneosia yhteen liitettäessä huolehditaan siitä, että liitospinnat ovat kuivia, puhtaita ja tasaisia sekä pinnoite kovettunut. Liitospinnat sovitetaan toisiinsa siten, että ruuveille ei tule taivutusrasitusta. Kun jatkettavien levyjen tai muotovalmisteiden paksuudet poikkeavat toisistaan, liitososien yhteensopivuus varmistetaan viistämällä paksumman osan päät juoheasti tai käyttämällä täytelevyjä.

Kitkaliitoksissa pinnat puhdistetaan vähintään sovellettavan standardin luokituksen mukaiseen ruosteestoasteeseen Sa 2. Kitkaliitoksissa teräsoisien kosketuspinnat käsitellään ennen yhteenliittämistä siten, että suunnitelmien mukainen kitka saadaan aikaan. Kitkaliitokset suojataan heti valmistumisen jälkeen siten, että veden tunkeutuminen kitkapintoihin ja niiden kautta rakenteen onteloihin tai reikiin estyy.

9.3.4 RUUVIEN KIRISTÄMINEN

Ruuvit kiristetään joko mutteria tai poikkeuksellisesti ruuvin kantaa kiertämällä.

Ruuvit varmistetaan siten, että ne eivät pääse löystymään.

Lujuusluokan 8.8 ruuvien kiristämistä koskevat ohjearvot on esitetty taulukossa 9.1. Lujuusluokan 5.8 ruuvien vastaavat arvot saadaan kertomalla taulukon 9.1 arvot luvulla 0,6 ja lujuusluokan 10.9 ruuvien arvot saadaan kertomalla taulukon 9.1 arvot luvulla 1,40.

Taulukko 9.1

Lujuusluokan 8.8 ruuvien kiristäminen.

Ruuvin halkaisija (mm)	Ohjeellinen kiristysvääntömomentti (Nm)
12	80
16	200
18	280
20	380
22	500
24	650
27	960
30	1300

Taulukon 9.1 arvot on laskettu kaavasta 9.1 ISO-vakiokierteisille ruuveille ja muttereille käyttäen kertoimen 0,8 tilalla kerrointa 0,6.

Kitkaliitosten ruuvien kiristämistä koskevat ohjeet on esitetty taulukossa 9.2.

Taulukko 9.2

Kitkaliitoksen ruuvien kiristäminen.

Ruuvin halkaisija (mm)	Ohjeellinen kiristysvääntömomentti (Nm)	
	Ruuvin lujuusluokka 8.8	Ruuvin lujuusluokka 10.9
12	100	140
16	250	350
20	490	690
22	670	950
24	860	1200
27	1250	1760
30	1700	2400

Ensin kiristetään joka toinen ruuvi n. 60 %:iin taulukon 9.2 mukaisista arvoista. Tämän jälkeen ruuvit kiristetään lopulliseen arvoonsa keskeltä alkaen ja vuorotellen keskikohdan molemmilla puolilla reunoja kohti edeten.

Taulukon 9.2 mukaiset arvot on laskettu kaavasta 9.1 ISO-vakiokierteisille ruuveille ja muttereille.

$$M_a = 1,1 \cdot \mu_0 \cdot d \cdot 0,8 \cdot f_y \cdot A_{s_p} \quad (9.1)$$

jossa kitkakertoimen μ_0 arvoksi on otaksuttu $\mu_0 = 0,18$, joka vastaa tilannetta, että ruuvit ja mutterit

ovat ohuesti öljytyttyä. Käytettäessä muunlaista käsittelyä ruuveissa ja muttereissa korjataan μ_0 :n arvoja vastaavasti.

Kun kitkaliitokseen tulee hitsejä, ruuvit kiristetään sen jälkeen, kun hitsaus on suoritettu. Ruuveja ei saa kuumentaa hitsattaessa.

Kulmanmuutoksen mittaamiseen perustuvia menetelmiä käytettäessä suoritetaan kiristäminen sovellettavien standardien luettelossa esitetyllä tavalla.

9.4 Hitsaus

Rakenneluokkaan 1 ja 2 kuuluvien rakenteiden valmistajalla tulee olla valmistuksessa ja asennuksessa käytettävistä hitsausmenetelmistä hitsausohjeet (WPS). Hitsausohjeet hyväksyy sovellettavan standardin mukaisen järjestelmän ainetta rikkomattomia tarkastuksia tekevän 2. tason tai hitsausinsinöörin pätevyyden omaava henkilö.

Hitsauksesta laaditaan suunnitelma, jota tehtäessä selvitetään tarpeen mukaan mm. seuraavat asiat:

- hitsausolosuhteet
- menetelmät ja laitteet
- hitsausjärjestys
- railon muodot
- hitsausasennot
- hitsausenergia
- esilämmityksen tarpeellisuus
- lisäaineet
- hitsien jälkikäsittely
- hitsien tarkastus; menetelmät ja laajuus
- tarvittavat menetelmäkokeet.

Railot valitaan siten, että hitsaus ja tarkastus voidaan luotettavasti suorittaa.

Hitsauksessa käytetään sovellettavien standardien mukaisia lisäaineita ottaen huomioon rakennesuunnitelmissa mahdollisesti esitetyt lisäaineita koskevat vaatimukset.

Hitsauksessa käytetään sellaisia hitsausmenetelmiä ja työtapoja, että saavutetaan riittävä laatutaso hitsiluokan edellyttämän virheettömyyden suhteen ja että liitoksen eri vyöhykkeiden aine saavuttaa tarpeellisen sitkeyden.

Hitsaus suoritetaan sellaisessa järjestyksessä, että hitsausjännitysten ja haitallisten muodonmuutosten vaikutus jää vähäiseksi.

Hitsauksessa noudatetaan sovellettavissa standardeissa esitettyjä ohjeita.

Matalissa lämpötiloissa hitsattaessa kiinnitetään erityistä huomiota esilämmitykseen, hitsien jäähtymisnopeuteen ja puikkojen kuivaamiseen normaalilämpötiloja vastaavan laadun varmistamiseksi.

9.5 Asentaminen

9.5.1 ASENNUSSUUNNITELMA

Asennusta varten laaditaan suunnitelma, jossa otetaan tarpeen mukaan huomioon mm.

- rakenteen ominaisuudet
- rakennuspaikan olosuhteet
- kalusto
- koeasennus
- asennusvaiheet
- apurakenteet
- nostokohdat
- valmisosien painot
- väliaikaiset tuet ja jäykisteet
- rakenteiden varmuus asennusvaiheittain
- siirtymät ja liikkeet
- pintakäsittely.

9.5.2 KULJETUS JA SIIRROT

Valmisosia nostetaan suunnitelmissa esitetyistä kohdista.

Kuljetuksen aikana valmisosat tuetaan ja suojataan siten, että niihin ei synny pysyviä muodonmuutoksia.

9.5.3 RAKENTEEN KOKOAMINEN

9.5.3.1 Yhteensovittaminen

Rakenteen valmisosat sovitetaan yhteen siten, ettei rakenteeseen synny haitallisia muodonmuutoksia tai jännityksiä. Tarvittaessa yhteensopivuus varmistetaan koeasennuksella.

9.5.3.2 Toleranssit

Rakenteesta mitatut jännevälit saavat ylittää suunnitelmien mukaiset mitat enintään 1 %:lla ilman suunnitelmien rakennelaskelmien tarkistamista.

Hitsattujen rakenteiden muodon poikkeamat on esitetty taulukossa 9.3, ellei suunnitelmassa muuta esitetä.

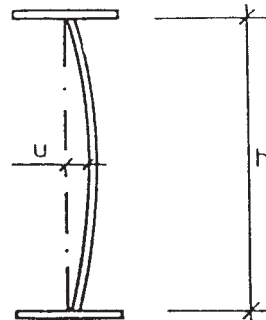
Taulukon 9.3 ja kuvan 9.3 mukaiset valmistustoleranssit sekä taulukon 9.4 asennustoleranssit täyttävät ohjeen mukaisen varmuustason, mutta rakenteiden yhteensopimisen kannalta projektieritelmiä voi määrittellä tiukemman toleranssitason.

Taulukko 9.3

Hitsattujen rakenteiden poikkileikkauksen muototoleranssit.

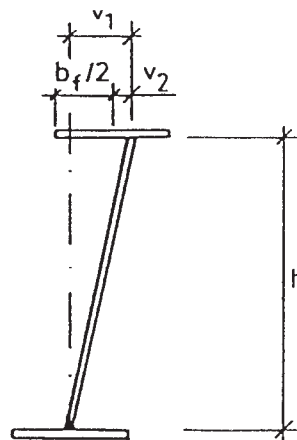
Uumalevyjen kaarevuus $u^{1)}$ kuva 9.1	$u \leq h/150$
Uumalevyjen vinous v_1 Kuva 9.2	$v_1 \leq h/75$ kuitenkin enintään 25 mm
Uumalevyjen epäkeskisyys laipan keskipisteen suhteen v_2 kuva 9.2	$v_2 \leq b_f/40$ kuitenkin enintään 10 mm

1) Pituussuunnassa kaarevuus mitataan matkalta $2 \cdot h$.



Kuva 9.1

Uumalevyn kaarevuus.



Kuva 9.2

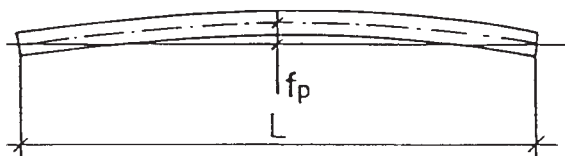
Uumalevyn vinous v_1 ja epäkeskisyys v_2 .

Taulukko 9.4

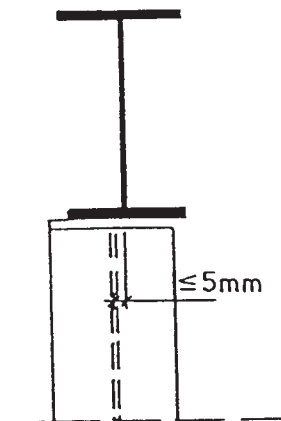
Palkkien ja pilarien asennustoleranssit.

Poikkeama tuella pilariin tai muuhun tukirakenteeseen nähden kuvat 9.4 ja 9.5	5 mm
Pilarin vinous kuva 9.6	$e_p \leq L/280$
- yhden kerroksen matkalla	
- suurin poikkeama alimman pilarin teoreettisesta keskilinjasta n:ssä kerroksessa	$e \leq \frac{1}{280} \left[\left(\sum_{i=1}^n L_i \right) \frac{3}{(n+2)} \right],$ jossa $\sum_{i=1}^n L_i$ on kokonaiskorkeus n:ssä kerroksessa ja L_i on yksittäisen kerroksen korkeus

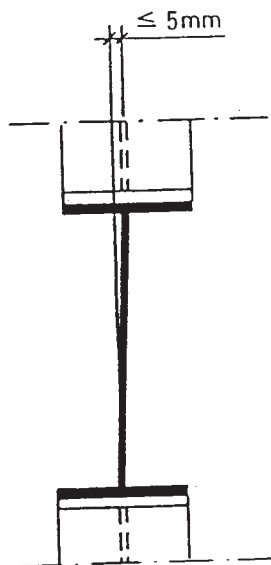
Kuva 9.3
Alkukäyryys



Pilareilla $f_p \leq L/1000$
Palkeilla $f_p \leq L/650$, kuitenkin enintään 40 mm.



Kuva 9.4
Palkin poikkeama tuella.



Kuva 9.5
Pilarin epäkeskisyyden alla olevaan pilariin nähden.



Kuva 9.6
Pilarin vinous.

10

TERÄKSEN SUOJAAMINEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSILTA

10.1 Ympäristön rasisluokat

Teräsrakenteiden ympäristön aiheuttaman rasisuksen perusteella ympäristöolosuhteet jaetaan viiteen rasisluokkaan M0...M4 sovellettavan standardin mukaisesti.

Saman rakenteen rasisluokka voi olla erilainen rakenteen eri osissa.

10.2 Suojaustavat

Käytettäessä muita kuin tässä esitettyjä suojauksia noudatetaan sovellettavissa standardeissa esitettyjä ohjeita.

10.2.1 MAALAUKSET

Maalauksessa noudatetaan sovellettavissa standardeissa annettuja ohjeita.

10.2.2 KUUMASINKITYS

Suojattavan teräksen koostumus valitaan siten, että saavutetaan haluttu pinnan laatu ja sinkkikerroksen paksuus.

Kerrospaksuuden 70 µm katsotaan riittävän ympäristön räsitusluokassa M3.

10.2.3 SINKKI- TAI ALUMIINIRUISKUTUS

Sinkki- tai alumiiniruiuskutuksessa noudatetaan sovellettavaa standardia.

10.2.4 SÄHKÖSINKITYS

Sähkösinkityksessä noudatetaan sovellettavaa standardia. Kerrospaksuus 12 µm kromatoina katsotaan riittäväksi räsitusluokassa M1. Sähkösinkitys ei yksinään riitä suojaukseksi räsitusluokissa M2...M4.

10.2.5 SYÖPYMISLISÄ

Syöpymlisän suuruus määritetään ottaen huomioon räsitusluokka ja sen mahdollinen muuttuminen ajan mukana sekä rakenteen elinikä.

Väsytyksuormitetuissa rakenteissa syöpymlisää ei saa käyttää suojaustapana. Syöpymlisän suuruus on esitetty taulukossa 10.1, kun

- a) rakenteen käyttöaika on rajoitettu
- b) ympäristön räsitukset ovat hyvin tunnetut
- c) pistemäisen syöpymlisen vaaraa ei ole
- d) rakomaisen syöpymlisen vaaraa ei ole.

Taulukko 10.1

Yleisen rakenneteräksen yksipuolinen syöpyminen

Räsitusluokka	Yksipuolinen syöpyminen 10 vuotta kohti (mm)
M1 ja M2	0,2
M3	0,5

10.2.6 Katodinen suojaus

Katodista suojausta käytetään vedessä olevissa rakenteissa tai maanalaisissa rakenteissa.

10.3 Rakenteellinen suojaaminen

Rakenteet muotoillaan siten, että suojaus voidaan toteuttaa, huoltaa ja puhdistaa tarvittaessa ja, että veden, kosteuden ja epäpuhtauksien tarpeeton kerääntyminen teräspinoille vältetään. Tarvittaessa käytetään riittävän suuria vedenpoistoreikiä tai tuuletusta.

Sähkökemiallisen syöpymlisen välttämiseksi huolehditaan mahdollisuuksien mukaan siitä, että teräs ei joudu kosketuksiin muiden metallien kanssa.

Syöpymliselle alttiit suljetut rakenteet muotoillaan siten, että sisä- ja ulkopinnat voidaan suojata. Sisäpinnat suojataan joko tekemällä rakenne ilmatiiviiksi tai käyttämällä syöpymlisenestokäsittelyä.

Ilmatiiviissä rakenteissa huolehditaan, että rakenteen sisään ei jää kosteutta.

Kun syöpymlisen takia (räsitusluokat M2, M3 ja M4) tarvitaan tiiviitä liitoksia, saa reunaetäisyys olla enintään 6 · t ja ruuvien välinen keskiöetäisyys 14 · t, jossa t on uloimman liitettävän levyn paksuus.

11

RAKENTEIDEN VAATIMUKSEN MUKAISUUS

11.1 Perusteet

Rakenteiden vaatimusten mukaisuus arvioidaan rakennemateriaalien, tarvikkeiden, valmisosien sekä rakenteiden laadusta olevan aineiston sekä suunnitelmien perusteella kohdissa 11.2 ja 11.3 esitetyjä vaihtoehtoisia menettelytapoja noudattaen.

Vaatimuksen mukaisuuden toteutamisessa käytetään asianmukaisia laitteita.

11.2 Hyväksytyn tarkastuslaitoksen valvonta

Kun teräsrakenteiden valmistaja ja/tai asentaja toimii ympäristöministeriön hyväksymän tarkastuslaitoksen valvonnassa, riittää, että rakennekatselmuksessa valvova viranomainen toteaa kyseisen toiminnon tapahtuneen ympäristöministeriön hyväksymän tarkastuslaitoksen valvonnan alaisena.

Hyväksytty tarkastuslaitos valvoo valmistajan ja/tai asentajan sisäisen laadunvalvonnan toimivuutta omien ohjeittensa mukaisesti ja edellyttää, että hyväksytyn tarkastuslaitoksen edellyttämät laadunvarmistustoimenpiteet suoritetaan ja dokumentoidaan toteuttajan toimesta.

11.3 Projektikohtainen valvonta

Rakenneaineiden ja tarvikkeiden ominaisuuksista varmistutaan taulukoiden 11.1 - 11.4 mukaisesti ja valmisosien vaatimustenmukaisuus varmistetaan taulukoiden 11.5 - 11.8 mukaisesti.

Asennustyön laatu tarkastetaan noudattaen taulukossa 11.9 esitettyä laadunvarmistusohjelmaa.

Taulukko 11.1

Rakenneaineiden ja rakenneosien laadunvarmistustoimenpiteet.

- Rakenteisiin käytetyille aineille, ja tarvikkeille esitetään sovellettavassa standardissa määriteltyt aineodistukset, joiden tyyppi vastaa vähintään taulukossa 11.1 A määriteltyä tasoa.
- Teräsrakenteille rakenneaineille ja tarvikkeille, jotka eivät ole sovellettavien standardien mukaisia, esitetään varmennettu käyttöseloste.
- Varmistetaan, että rakenneaine tai rakenneosa, joka joutuu lamellirepeilyvaaraa aiheuttavan kuormituksen alaiseksi, on tilattu ja varmistettu sovellettavien standardien antamien ohjeiden mukaisesti.
- Varmistetaan, että kuumasinkittäväksi tarkoitettu rakenneaine tai rakenneosa on tilattu sitä koskevalla optiolla.
- Teräksen pinnan ruostumisaste sekä käytettävät puhdistus-, suojaus- ja pintakäsittelytoimenpiteet tarkastetaan sovellettavien standardien mukaisesti.

Vaadittujen laadunvarmistustoimenpiteiden dokumenteista kootaan laatupassi, joka toimitetaan viranomaisille.

11.3.1 RAKENNEAINEIDEN JA TARVIKKEIDEN LAADUNVARMISTUS

11.3.1.1 Rakenneaineet, tarvikkeet ja rakenneosat

Laadunvarmistustoimenpiteet on esitetty taulukossa 11.1.

- Mitat tai valmistajan esittämät mittauspöytäkirjat tarkastetaan ja verrataan suunnittelijan esittämiin toleranssivaatimuksiin.
- Kunkin teräsrakennustuotteen valmistajan ja välittäjän nimi tulee aina olla sevitettävissä toimitusketjuun liittyvien asiakirjojen ja tuotteissa olevien merkintöjen perusteella.
- Mikäli aineiden ja tarvikkeiden alkuperää ja jäljitettävyyttä ei voida osoittaa tuotteen merkintöjen ja vaadittujen todistusten avulla, tulee vaatimustenmukaisuus todeta tuotteista otetuilla näytteillä. Ominaisuudet testataan tällöin hyväksytyn testauslaitoksen toimesta.

Taulukko 11.1 A

Esitettävien aineodistusten tyyppi.

Rakenneluokka	Aineodistustyyppi sovellettavan standardin mukaisesti		
	Teräslaji $f_y < 355 \text{ N/mm}^2$	Teräslaji $f_y \geq 355 \text{ N/mm}^2$	Teräsruuvit
1	3.1.B	3.1.B	3.1.B
2	2.2	3.1.B	3.1.B
3	2.1	2.2	3.1.B

11.3.1.2 Ruuvit, mutterit ja aluslevyt

Laadunvarmistustoimenpiteet on esitetty taulukossa 11.2.

Taulukko 11.2

Ruuvien, muttereiden ja aluslevyjen laadunvarmistustoimenpiteet.

- Ruuvituotteilta, joilla ei ole varmennettua käyttöselostetta, vaaditaan taulukon 11.1 A mukainen aineodistus tai valmistuksen tulee olla hyväksytyn tarkastuselimen valvonnan alaisuudessa.
- Muttereille vaaditaan sovellettavan standardin mukainen laatuvarmuus 2.1 kaikissa rakenneluokissa. Ruuviin varren suuntaista vetoa aiheuttavissa liitoksissa ja kitkaliitoksissa muttereilta vaaditaan aineodistus 3.1.B tai varmennettu käyttöseloste.
- Kun vaadittavaa aineodistusta tai varmennettua käyttöselostusta ei ole ja kun valmistus ei ole tapahtunut hyväksytyn tarkastuselimen valvonnan alaisena, laatu todetaan tuotteista otetuilla näytteillä.

Kokeita suoritetaan hyväksytyssä testauslaitoksessa seuraavasti

- valmistuserästä testataan yksi ruuvi ja mutteri sataa ruuvia ja mutteria kohden
- kutakin halkaisijaa kohti tehdään kuitenkin vähintään kuusi koetta valmistuserää kohti
- Merkintöjen perusteella tarkastetaan kaikissa rakenneluokissa
 - valmistajan nimi
 - ruuvien lujuusluokka, mittatiedot ja tarkkuusluokka
 - mutterien lujuusluokka, mittatiedot ja tarkkuusluokka
 - aluslevyjen lujuustiedot (mikäli niille on asetettu vaatimuksia) ja mittatiedot
- pinnoitteiden tarkistus

11.3.1.3 Hitsausaineet

Laadunvarmistustoimenpiteet on esitetty taulukossa 11.3.

Taulukko 11.3

Hitsausaineiden laadunvarmistustoimenpiteet.

- Merkintöjen perusteella tarkastetaan, että tuotteet ovat sovellettavan standardin mukaisen laadunvalvonnan alaisia.
- varastoinnin ja käsittelyn oikea lämpötila ja kosteus
- lisäaineen soveltuvuus
- valmistaja

11.3.1.4 Pinnoitteet

Laadunvarmistustoimenpiteet on esitetty taulukossa 11.4.

Taulukko 11.4

Pinnoitteiden laadunvarmistustoimenpiteet.

- Merkintöjen perusteella tarkastetaan, että tuotteet vastaavat suunnitelmia.
- valmistajan nimi

11.3.1.5 Muut aineet ja tarvikkeet

Muiden aineiden ja tarvikkeiden osalta noudatetaan näitä ohjeita soveltuvin osin.

Taulukko 11.6

Pulttiliitosten laadunvarmistustoimenpiteet.

- Ruuvien reikien sijainti, koko ja lukumäärä tarkistetaan
 - suorittamalla rakenneluokissa 1 ja 2 riittävä määrä mittauksia, joksi otaksutaan 5 % reikien koko lukumäärästä samantyyppisiä liitoksia kohti.
 - rakenneluokassa 3 pistokoeluonteisilla mittauksilla.
- Valmiissa pulttiliitoksissa tarkistetaan ruuvimäärän ja kiristyksen vastaavan suunniteltua.
- Reiän tekotavan toteaminen suunnitelmien mukaiseksi.
- KL-liitosten liitospinnat tarkastetaan.
- KL-liitosten ensijännittämisen tarkastus tehdään seuraavasti:

Tarkastettavan ruuvin mutteriasento merkitään ja mutteria avataan ruuvin kantaa paikoillaan pitäen 1/6 kierrosta.

Tämän jälkeen mutteri kiristetään alkuperäiseen asentoonsa ja tarkistetaan, että tarvittava vääntömomentti on vähintään taulukon 9.2 mukainen.

Tarkastettavien ruuvien lukumäärä valitaan seuraavasti:

11.3.2 VALMISTUKSEN LAADUNVARMISTUS

11.3.2.1 Aineiden ja tarvikkeiden käsittely

Laadunvarmistustoimenpiteet on esitetty taulukossa 11.5.

Taulukko 11.5

Aineiden ja tarvikkeiden käsittelyn laadunvarmistustoimenpiteet

- Laadunvalvontaan kuuluu ainakin seuraavien asioiden toteaminen sovellettavan standardin ja suunnitelijan ohjeiden mukaisiksi:
 - leikkaustapa ja leikkausjälki
 - polttoleikkausluokka
 - taivutustapa ja -lämpötila
 - työstömenetelmät
 - railon muodot
 - lämpökäsittely
 - pintavikojen korjaus
 - mitat

11.3.2.2 Pulttiliitokset

Laadunvarmistustoimenpiteet on esitetty taulukossa 11.6.

Liitoksen ruuvimäärä	Tarkastettavien ruuvien määrä liitoksessa
2 – 5	1
6 – 10	2
11 – 20	4
21 – 40	6
>40	8

Tarkastettavat ruuvit valitaan siten, että jokaisen esijännittäjän työ tulee tarkastetuksi.

- KL-liitoksissa tarkastetaan kiristämisen jälkeen, että kosketuspinnat ovat aukottomasti tiiviisti kiinni toisissaan.
- Kitkaliitoksen suojaus tarkastetaan.
- Mutterien lukitus tarkastetaan suunnitelmien mukaisesti.
- Pulttiliitokset tarkastetaan ennen rakenteiden peittämistä asennuspaikalla tai konepajassa.
- Asennuksen edetessä pulttiliitoksia tarkastetaan siten, että pulttiliitosten kestävyys on riittävä ottaen huomioon asennusaikaiset kuormitukset.

11.3.2.3 Hitsausliitokset

Hitsaajilta edellytetään sovellettavan standardin mukainen pätevyys kaikissa työvaiheissa, joilla on oleellista vaikutusta valmiin työn laatuun. Laadunvarmistustoimenpiteet on esitetty taulukossa 11.7 ja sovellettavassa standardissa.

Taulukko 11.7

Hitsausliitosten laadunvarmistustoimenpiteet.

– hitsien silmämääräinen tarkastus kaikissa rakenneluokissa ja kaikissa hitsiluokissa – päittäishitsit ja läpihitsatut T-liitokset – ainetta rikkomattoman tarkastuksen vähimmäislaajuus saadaan seuraavasti (laajuudella tarkoitetaan tarkastettavan hitsin pituutta %:na hyväksikäytetyn hitsin pituudesta):		
Tarkastusmenetelmänä ultraääni- tai röntgentarkastus		
Rakenneluokka	Hyväksikäyttöaste $Z^{2)}$	Tarkastuslaajuus ³⁾
1 ¹⁾	$Z \leq 0,5$	10 %
	$0,5 < Z \leq 0,8$	30 %
	$0,8 < Z$	100 %
2 ¹⁾	$Z \leq 0,8$	5 %
	$0,8 < Z$	30 %
3	$0,8 < Z$	10 %

¹⁾ Kun on kyseessä pysyvästi puristettu päittäisliitos ei tarvitse käyttää 10 % suurempaa tarkastuslaajuutta

²⁾ Hyväksikäyttöasteella $Z = S_0/R_0$ tarkoitetaan voima-suureen ja kestävyuden suhdetta

³⁾ Hyväksytyn tarkastuselimen valvonnassa noudatetaan sen sisäisiä ohjeita.

Pistokoetarkastuksessa (tarkastuslaajuus alle 100%) tarkastetaan kestävyuden kannalta tärkeät hitsit siten, että vähintään vaadittu määrä hitseistä tulee tarkastetuksi. Tarkastettavat hitsit valitaan siten, että jokaisen hitsaajan työ tulee tarkastetuksi. Vaatimukset täyttämättömän liitoksen pistokoetarkastus laajennetaan kaksinkertaiseksi. Jos tällöinkin löytyy vaatimukset täyttämättömiä hitsejä, suoritetaan 100 % tarkastus.

- pienahitsit ja läpihitsaamattomat päittäis- ja T-liitokset
 - yleensä hyväksytään silmämääräinen tarkastus. Jos liitosvirhe tai halkeamisvaara käytetystä aineesta, ainevahvuudesta tai hitsausmenetelmästä johtuen on ilmeinen, suoritetaan 10 %:n magneettijauhe- tai tunkeumanestetarkastus
 - käytettäessä pienahitsejä risteävissä liitoksissa, joissa liitettävien osien välinen kulma on suurempi kuin 135° ja hitsin hyväksikäyttöaste Z on suurempi kuin 0,5, on tehtävä hitsausviiste tai varmistettava hitsin laatu teräsrakenteiden pääsuunnittelijan hyväksymällä menetelmäkokeella
- tunkeuman hyväksikäyttö koneellisessa jauhekaarihitsauksessa, kun menetelmä ei ole hyväksytyn tarkastuselimen valvonnan alainen
- ennen valmistusta tehdään esitarkastus poikkileikkauksena käyttäen koekappaletta, joka hitsataan samoissa olosuhteissa ja samoilla arvoilla kuin itse tuote. Tunkeuma mitataan vähintään kahdesta leikkauksesta.
- hitsauslaitteiden tarkastus
 - hitsauskoneet ja laitteet
 - kuivauskaapit
- esilämmityslämpötilojen tarkastus
- hitsausenergian valvonta
- hitsausrailojen tarkastus
 - railokulmat
 - railopinnat
 - ilmaraot
 - epäpuhtaudet, ruoste, öljy, vesi jne.
- hitsausolosuhteet
- a-mittojen tarkastus, muiden mittojen tarkastus
- hitsin liittyminen perusaineeseen

11.3.2.4 Valmiit pinnoitteet ja pinnoitetyöt

Laadunvarmistustoimenpiteet on esitetty taulukossa 11.8.

Taulukko 11.8

Valmiiden pinnoitteiden ja pinnoitetöiden laadunvarmistustoimenpiteet

– maalaamisen osalta tarkastetaan ainakin seuraavat asiat: – maalaamattoman pinnan ruostumisaste – pinnan puhdistusaste ja käytetty puhdistusmenetelmä – eri maalikerrosten yhteensopivuus – maalausjärjestelmä merkintöjen perusteella – sovellettavassa standardissa ja maalitoimittajan tuoteselosteissa annettujen ohjeiden noudattaminen työtapojen, välineiden, olosuhteiden jne. osalta	– maalaamon ja kuivaamon lämpötilan, suhteellisen kosteuden ja ilmastonin kirjatut olosuhteet – kerrospaksuuden mittauksia suoritetaan sovellettavan standardin edellyttämä määrä. – sinkityksen osalta tarkastetaan ainakin seuraavat asiat: – sovellettavassa standardissa annettujen ohjeiden noudattaminen kerrospaksuuden mittauksien, työtapojen, välineiden, olosuhteiden jne. osalta.
---	--

11.3.2.5 Valmistustoleranssit

Mittatarkkuus todetaan tekemällä tarpeellinen määrä mittaauksia. Asennustyön kannalta tärkeät liittymämitat dokumentoidaan.

11.3.3 VALMIIN RAKENNUSKOHTTEEN VAATIMUKSEN MUKAISUUS

Taulukossa 11.9 esitetyt laadunvarmistustoimenpiteet suoritetaan ja dokumentoidaan riittävässä laajuudessa kohteen laatupassiin.

Asennustyön laatu tarkastetaan noudattaen soveltuvin osin taulukossa 11.9 esitettyjä laadunvarmistustoimenpiteitä.

Runkokatselmuksessa todetaan rakennuskohteeseen asennettuja teräsrakenteita koskevan laatusuunnitelman sisältö sekä tarkastetaan laatupassiin liitettyjen laadunvarmistustoimenpiteiden pöytäkirjat.

Laadunvarmistustoimenpiteet on esitetty taulukossa 11.9.

Taulukko 11.9

Asennuksen laadunvarmistustoimenpiteet.

Ennen töiden alkamista tutustutaan	– rakenteiden pysty- ja vaakasuoruus
– projektimääritelmään	– kulmat
– piirutuksiin	– osien liittyminen toisiinsa
– asennussuunnitelmaan	– päämitat
– hitsaussuunnitelmaan	– muut mitat
– laatusuunnitelmaan	– aineiden, tarvikkeiden ja valmisosien käsittely
sekä tarkastetaan seuraavat asiat	– nostot
– peruslinjat	– varastointi
– peruspulttien sijainti ja korot.	– sisäinen kuljetus
Aineiden, tarvikkeiden ja valmisosien vastaanottotarkastuksessa tarkastetaan seuraavat asiat	– suojaus
– rahtikirjat	– pulttiliitokset ks. kohta 11.3.2.2
– lähetyslistat	– hitsausliitokset ks. kohta 11.3.2.3
– kuljetusvauriot	– pintakäsittelyt ks. kohta 11.3.2.4
– käsittelyvauriot	– hitsausolosuhteet
Asennustyön valvontaan kuuluvat seuraavat tarkastukset:	– lämpötila, kosteus, tuuli
– rakenteiden sijainti	– hitsausasennot
	– telineet

11.3.4 LAADUNVARMISTUSTOIMENPITEIDEN DOKUMENTOINTI

Rakennuskohteen teräsrakenteita koskeva laatuaineisto kootaan laatupassiin, ja sen tulee sisältää rakenne- luokittain vähintään taulukossa 11.10 luetellut asiakirjat:

Taulukko 11.10
Laatupassin sisältö

Laatupassin vaihe	Laatupassin sisältö rakenneluokittain	Rakenneluokka		
		1	2	3
Suunnittelu asiakirjoista	Projektieritelmä	x	x	x
Ennen työn aloittamista	Laatusuunnitelma	x	x	
	Hitsaussuunnitelma	x	x	x
	Tarkastussuunnitelma	x	x	x
	Hitsaajien pätevyystodistukset	x	x	x
	NDT-tarkastajien pätevyystodistukset	x	x	x
Ennen asentamista	Asennussuunnitelma	x	x	x
	Ainestodistukset ja varmennettujen käyttöselosteiden numerot	x	x	x
	Hitsausaineiden todistukset	x	x	
	Ruuvien ja muttereiden ainestodistukset tai varmennettujen käyttöselosteiden numerot	x	x	x
	Hitsien tarkastuspöytäkirjat	x	x	x
	NDT-tarkastusten pöytäkirjat	x	x	x
	Valmisosien tarkastuspöytäkirjat	x	x	
	Pinnoitteiden tarkastuspöytäkirjat	x	x	
Ennen runkokatselmusta tai luovutusta	Asennushitsien tarkastuspöytäkirjat	x	x	x
	Pulttiliitosten tarkastuspöytäkirjat	x	x	
	Rungon tarkemmittauspöytäkirjat	x	x	
	Todennus rungon vastaavan suunnitelmia	x	x	x

11.3.5 Toimenpiteet puutteellisen aineiston johdosta

Niissä tapauksissa, joissa vaatimustenmukaisuutta ei voida todeta käytettävissä olevan aineiston perusteella, varmennus suoritetaan hyväksytyn testauslaitoksen toimesta tehtävin kokein.

11.4 Toimenpiteet epätydyttävän laadun takia

Epätydyttävän laadun ollessa kyseessä selvitetään käytettävissä olevan laadunvalvonta-aineiston perusteella epätydyttävän laadun esiintymiskohdat ja syyt. Kun kyseessä on aineiden ja tarvikkeiden epätydyttävä laatu, selvitetään tarvittavat ominaisuudet valmiista rakenteista otetuilla näytteillä. Valmiin rakenteen mittapoikkeamien merkitys voidaan yleensä selvittää laskennallisesti. Käytössä olevan aineiston perusteella tehdään selvitys siitä, millaisin toimenpitein rakenne saadaan hyväksyttävään kuntoon.

Rakenteen kestävyys voidaan todeta myös koekuorimituksella.

LIITE 1

MERKINTÖJÄ

(ei sisällä kaikkia merkintöjä, osa merkinnöistä on esitetty tekstin yhteydessä)

A_{sp}	Ruuvien jännityspoikkipinta-ala
E	Kimmokerroin
F_{Rg}	Kitkaliitoksen liukumiskestävyys käyttörajatilassa
F_{Rh}	Reunapuristus- ja reunarepeytymiskestävyys
F_{Rt}	Ruuvien vetovoimakestävyys
F_{Rv}	Ruuvien leikkausvoimakestävyys
G	Liukukerroin
I	Jäyhyysmomentti
I_v	Vääntöjäyhyys
I_w	Käyritysmisjäyhyys
L	Pituus, jänneväli, tukien välinen etäisyys
L_c	Nurjahduspituus
M	Laskentakuormituksen aiheuttama taivutusmomentti
M_R	Sauvan kestävyys taivutusmomentille, kun kiepahdus ei ole määräävä
M_{Rl}	Sauvan kiepahduskestävyys
N	Laskentakuormituksen aiheuttama normaali-voima, jännitysvaihtelujen lukumäärä
N_{Rc}	Sauvan kestävyys puristavalle normaalivoimalle
N_{Rt}	Sauvan kestävyys vetävälle normaalivoimalle
V	Laskentakuormituksen aiheuttama leikkausvoima
V_R	Sauvan kestävyys leikkausvoimalle
W	Kimmoteorian mukainen taivutusvastus
W_e	Tehollinen taivutusvastus
W_p	Plastisoituneen poikkileikkauksen taivutusvastus
a	Taso-osan pituus, jäykisteiden välinen etäisyys, hitsin a-mitta
b	Leveys
b_f	Laipan leveys (tarkoittaa koko laippaa)
b_e	Tehollinen leveys
d	Ruuvien halkaisija
f_{cd}	Puristuslujuuden laskenta-arvo nurjahduksen suhteen
f_{ck}	Puristuslujuuden ominaisarvo nurjahduksen suhteen
f_d	Veto- ja puristuslujuuden laskenta-arvo
h_c	Tehollinen korkeus
i	Jäyhyysäde
k	Lommahduskerroin
t	Ainepaksuus
t_e	Tehollinen paksuus
t_f	Laipan paksuus
t_w	Uuman paksuus
γ_m	Aineosavarmuusluku

λ_k	Hoikkuus
$\bar{\lambda}_k$	Sauvan muunnettu hoikkuus nurjahduksessa
$\bar{\lambda}_l$	Sauvan muunnettu hoikkuus kiepahduksessa
μ	Kitkakerroin
ν	Suppeuskerroin
σ_{cl}	Taso-osan kimmoteorian mukainen lommahdusjännitys
$\sigma_{el,l}$	Kimmoteorian mukainen kiepahdusjännitys
Δ_{fk}	Ominaisväsytysraja
$\Delta\sigma_{ekv}$	Ekvivalentti jännityksen vaihteluväli

Tärkeimmillä alaindekseillä on seuraava merkitys

c	Puristus
d	Laskenta-arvo
e	Tehollinen
el	Kimmoteorian mukainen
f	Laippa
k	Ominaisarvo
l	Kiepahdus
p	Lommahdus, plastinen
t	Veto
v	Leikkaus
w	Uuma
y	Myötääminen
R	Kestävyys

LIITE 2 1(6)

Suomen rakentamismääräyskoelma

B7 Teräsrakenteet, Ohjeet 1996

Sovellettavien standardien luettelo 1.1.1996

Yleistä

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan B7, Teräsrakenteet (ohjeet) yhteydessä sovellettava standardi on aine-, testaus-, suunnittelu-, menetelmä-, tarvikestandardi tai vastaava, joka mainitaan sovellettavien standardien luettelossa. Tätä luetteloa täydennetään tai muutetaan tarvittaessa.

Tämä luettelo sisältää standardin tai vastaavan numeron tai tunnuksen, nimen ja painovuoden. Näiden tietojen jälkeen on tarvittaessa erillistekstillä esitetty ko. standardin tai vastaavan mahdolliset rajaukset, joita tämä sovellettavien standardien luettelo koskee.

TERÄS JA MUOTOVALMISTEET

- SFS-EN 10021 Teräksen ja terästuotteiden yleiset tekniset toimitusehdot. 1994
- SFS-EN 10025 Kuumavalssatut seostamattomat rakenneteräkset. Tekniset toimitusehdot. 1994
- SFS-EN 10027-1 Teräksen nimikejärjestelmät. Osa 1: Terästen nimikkeet ja tunnuks. 1993
- SFS-EN 10034 I- ja H-rakenneteräsprofiilit. Mitat- ja muototoleranssit. 1993
- SFS-EN 10056-2 Tasa- ja erikylkiset rakenneteräskulmaprofiilit. Osa 2: Mitta- ja muototoleranssit. 1993.
- SFS-EN 10113-1 Kuumavalssatut hitsattavat hienoraerakenneteräkset. Osa 1: Yleiset toimitusehdot. 1993

SFS-EN 10113-2 Kuumavalssatut hitsattavat hienoraerakenneteräkset. Osa 2: Normalisoidujen/Normalisointivalssattujen terästen toimitusehdot. 1993

Laatuluokan NL voidaan katsoa vastaavan taulukon 2.2 laatuluokkaa J4.

SFS-EN 10113-3 Kuumavalssatut hitsattavat hienoraerakenneteräkset. Osa 3: Termomekaanisesti valssattujen terästen toimitusehdot. 1993.

Laatuluokan ML voidaan katsoa vastaavan taulukon 2.2 laatuluokkaa J4.

SFS-EN 10210-1 Kuumamuovautut seostamattomat rakenne- ja hienoraerakenneteräsputkipalkit. Osa 1: Tekniset toimitusehdot. 1994

SFS 2018 Kuumavalssatut terästangot. Pyörötangot. 1982

SFS 2019 Kuumavalssatut terästangot. Neliötangot. 1982

SFS 2020 Kuumavalssatut kuusiotangot. Mitat ja sallitut poikkeamat. 1967

SFS 2021 Kuumavalssatut teräsnauhat. Mitat ja sallitut poikkeamat. 1967

SFS 2022 Kuumavalssatut terästangot. Latatatangot. 1982

SFS 2023 Kuumavalssatut leveät lattatangot. Mitat ja sallitut poikkeamat. 1967

SFS 2026 Kuumavalssatut terästangot. Viisitoilaipaiset U-tangot. 1982

SFS 2121 Kuumavalssatut terästangot. Tasalaipaiset USP-tangot. 1982

SFS 5001 Kylmämuovautut putkipalkit. Mitat ja rakenneominaisuudet. 1988

HITSAUS

SFS-EN 287-1 Hitsaajan pätevyyskoe. Sulahitsaus. Osa 1: Teräkset. 1992

Standardin SFS 2218 mukaan hyväksytyt hitsaajat voivat hitsata niin kaun kuin pätevyys on voimassa.

SFS-EN 288-1	Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metallisille materiaaleille. Osa 1: Yleiset ohjeet sulahitsaukselle. 1992	SFS-EN 20544	Käsinhitsauksen lisäaineet. Mitat. 1992
SFS-EN 288-2	Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metallisille materiaaleille. Osa 2: Hitsausohjeet kaarihitsaukselle. 1992	SFS-EN 22553	Hitsausliitokset ja juotokset. Merkinnot piirustuksiin. 1994
SFS-EN 288-3	Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metallisille materiaaleille. Osa 3: Terästen kaarihitsauksen menetelmäkokeet. 1992	SFS-EN 25817	Teräksen kaarihitsaus. Hitsiluokat. 1992
SFS-EN 288-5	Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metallisille materiaaleille. Osa 5: Hyväksyntä käyttämällä kaarihitsaukselle hyväksyttyjä hitsausaineita. 1995	SFS-EN 29692	Puikko-, metallikaasukaari- ja kaasuhitsaus. Railomuodot teräksen hitsaukseen. 1994
SFS-EN 288-6	Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metallisille materiaaleille. Osa 6: Hyväksyntä aikaisemmalla kokeuksella. 1995	SFS 2373	Hitsaus. Staattisesti kuormitettujen teräsrakenteiden hitsausliitosten mitoitus ja lujuuslaskenta. 1980
SFS-EN 288-7	Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metallisille materiaaleille. Osa 7: Standardimenetelmät kaarihitsaukselle. 1995	SFS 2378	Hitsaus. Väsyttävästi kuormitettujen teräsrakenteiden hitsausliitosten mitoitus ja lujuuslaskenta. 1992
SFS-EN 288-8	Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metallisille materiaaleille. Osa 8: Hyväksyntä esituotannollisella kokeella. 1995	SFS 3327	Hitsaus. Jauhekaarihitsauksen lisäaineet seostamattomille, niukkaseosteisille ja hienoraeteräksille. Laatuvaatimukset ja testaus. 1979
SFS-EN 440	Hitsausaineet. Hitsauslangat ja hitsausaineet seostamattomien terästen ja hienoraeterästen metallikaasukaarihitsaukseen. 1995	SFS 3393	Työtapaakohtaiset toleranssit. Hitsatut rakenteet. 1975
SFS-EN 499	Hitsausaineet. Hitsauspuikot seostamattomien terästen ja hienoraeterästen puikkohitsaukseen. Luokittelu. 1995	SFS 5067	Hitsaus. Hitsausluokkien hyväksymisrajat. Radiografinen kuvaus. 1985
SFS-EN 729-3	Hitsauksen laatuvaatimukset. Metallisten materiaalien sulahitsaus. Osa 3: Vakiolaatuvaatimukset. 1995	SFS 5108	Hitsaus. Ultraäänitarkastuksessa käytettävät hyväksymisrajat. 1985
Noudatetaan rakenneluokkien 1 ja 2 rakenteissa		SFS 5550	Hitsaus. Hitsien silmämääräinen tarkastus. 1989
SFS-EN 729-4	Hitsauksen laatuvaatimukset. Metallisten materiaalien sulahitsaus. Osa 4: Peruslaatuvaatimukset. 1995	Teknillinen tarkastuskeskus	Hyväksyttyjen hitsauslisäaineiden luettelo. 1996
Noudatetaan rakenneluokan 3 rakenteissa.		METALLIN AINEENKOETUS	
		SFS-EN 10002-1	Metallien vetokoe. Osa 1: Menetelmä. 1990
		SFS-EN 10045-1	Metallien iskukoe. Charpyn V- ja U-koe. Osa 1: Menetelmä. 1990
		SFS-EN 10204	Metallivalmisteet. Aineestodistukset. 1992.
		SFS 3207	Hitsaus. Hitsausliitosten radiografinen kuvaus. 1989

SFS 3284	Rikkomaton aineenkoetus. Ultraäänitarkastus. Yleiset ohjeet. 1975	SFS 4956	Korroosionestomaalaus. Suunnitelu. 1984
SFS 3285	Rikkomaton aineenkoetus. Suurten terästakeiden ultraäänitarkastus. 1988	SFS 4957	Korroosionestomaalaus. Esikäsittelyt. 1983
SFS 3286	Rikkomaton aineenkoetus. Magneettijauhetaarkastus. Yleiset ohjeet. 1975	SFS 4958	Korroosionestomaalaus. Maalauksen huomioonottaminen teräsrakenteen suunnittelussa. 1983
SFS 3287	Rikkomaton aineenkoetus. Tunkumanestetarkastus. Yleiset ohjeet. 1975	SFS 4959	Korroosionestomaalaus. Maalausmenetelmät ja maalaustyö. 1983
SFS 3288	Rikkomaton aineenkoetus. Ultraäänitarkastus. Tarkistuskappale 1. 1976	SFS 4960	Korroosionestomaalaus. Laadunvalvonta. 1983
SFS 3290	Rikkomaton aineenkoetus. Hitsausliitoksen ultraäänitarkastus. 1988	SFS 4961	Korroosionestomaalaus. Korjausmaalaus. 1984
SFS 3294	Rikkomaton aineenkoetus. Teräslevyjen ultraäänitarkastus. 1982	SFS 4962	Korroosionestomaalaus. Maalit ja maalausjärjestelmät. 1984
		SFS 4963	Korroosionestomaalaus. Maalausjärjestelmien käyttösuositus metsäteollisuudelle. 1984

METALLIN KORROOSIO

SFS-EN 22063	Metalliset ja muut epäorgaaniset pinnoitteet. Terminen ruiskutus. Sinkki, alumiini ja niiden seokset. 1994
SFS 2765	Metalliset pinnoitteet. Teräksen ja valuraudan kuumasinkkipinnoitteet kappaletavaroille. Yleistietoja ja vaatimuksia. 1988
SFS 3107	Metallien pinnoitteet. Sinkki -ja alumiiniruiskutus teräksen ja valuraudan korroosionestoon. 1974
SFS-ISO 8501-1	Teräspintojen käsittely ennen pinnoitusta maalilla ja vastaavilla tuotteilla. Pinnan puhtauden visuaalinen tarkastelu. Osa 1: Teräspintojen ruostumisasteet ja esikäsittelyasteet. Maalaamattomat teräspinnat ja aiemmista maaleista kauttaaltaan puhdistetut pinnat. 1990
SFS 4449	Metallien pinnoitteet. Kierteitettyjen teräskappaleiden kuumasinkitys. Metriset pulttikierteet. 1979
SFS 4596	Metallien korroosio. Ympäristöolosuhteiden luokitus. 1980

Ohjeiden B7 syöpymissuojausta koskevia ohjeita ja sovellettavia standardeja käytetään myös Suomen Rakentamismääräyskokoelman ohjeissa F2 tarkoitettuille erilaisille kattotuotteille.

RUUVIT, MUTTERIT JA ALUSLAATAT

SFS 2171	Metriset ruuvit ja mutterit. Teknilliset toimitusehdot. Yleiskatsaus. 1968
SFS 2172	Ruuvit ja mutterit. Toleranssit. Tarkkuusasteet A, B ja C. 1982 - Kitkaliitoksissa käytetään tarkkuusastetta A.
SFS 2197	Ruuvit. Ruuvien ja kierteen pituudet. Metriset ISO-kierre. 1967
SFS 3898, EN 20273	Ruuvien vapaareiät. 1992
SFS-ISO 4014, EN 24014	Osakierteiset kuusioruuvit. Tarkkuusluokat A ja B. 1989
SFS-ISO 4016, EN 24016	Osakierteiset kuusioruuvit. Tarkkuusluokka C. 1989

SFS-ISO 4017, EN 24017	Täyskierteiset kuusioruuvit. Tarkkuusluokat A ja B. 1989	SFS-ISO 7090	Pyöreät, viistetyt aluslaatat. Normaalisarjat. Tarkkuusaste A. 1989
SFS-ISO 4018, EN 24018	Täyskierteiset kuusioruuvit. Tarkkuusluokka C. 1989	SFS-ISO 7091	Pyöreät aluslaatat. Normaalisarjat. Tarkkuusaste C. 1989
SFS-ISO 4032, EN 24032	Kuusiomutterit, Malli 1. Tarkkuusluokat A ja B. 1989	SFS 2043	Aluslaatat. Toleranssit. Tarkkuusasteet A ja C. 1982
SFS-ISO 4034, EN 24034	Kuusiomutterit. Tarkkuusluokka C. 1989	SFS 4717	U-rauta-aluslaatat. 1981
SFS-ISO 898-1	Kiinnityselinten lujuusominaisuudet. Osa 1:Ruuvit ja vaarnaruuvit. 1989	SFS 4718 DIN 6916	I-rauta aluslaatat. 1981 Round washers for high-strength structural steel bolting. October 1989
SFS-EN 20898-2	Kiinnityselimien lujuusominaisuudet. Osa 2:Mutterit. Metrinen kierre. 1994	-	Kitkaliitoksissa vaatimukset ovat samat kuin on mainittu standardin SFS-ISO 7089 yhteydessä
DIN 6914	High-strength hexagon head bolts with large widths across flats for structural steel bolting. October 1989	DIN 6917	Square taper washers for high-strength structural bolting of steel I sections. October 1989
-	käytetään kitkaliitoksissa lujuusluokan 10.9 ruuveina	-	Kitkaliitoksissa vaatimukset ovat samat kuin on mainittu standardin SFS-ISO 7089 yhteydessä
DIN 6915	High-strength hexagon nuts with large widths across flats for structural steel bolting. October 1989	MUUT STANDARDIT	
-	käytetään kitkaliitoksissa lujuusluokan 10 muttereina	SFS 4072	Polttoleikkaus. Leikatun kappaleen mittatoleranssit ja leikatun pinnan laatuluokat. 1977
SFS-ISO 887	Pyöreät aluslaatat metrisiin ruuveihin ja muttereihin. Yleistä. 1989	SFS 4193	Rakennusosien palonkestävyyden määrittäminen. 1978
SFS-ISO 7089	Pyöreät aluslaatat. Normaalisarjat. Tarkkuusaste A. 1989	TRY Teräsnormikortti N:o 3/1996	Huonepalomallin mukainen palotilan lämpötila (E1:n muutos vireillä. Uusi E1 voi aiheuttaa muutoksia tähän kohtaan.)
-	- Käytetään kitkaliitoksissa, kun ruuvien lujuusluokka on 8.8 ja mutterin lujuusluokka 8. Aineen tulee tällöin vastata DIN 17100 mukaista ainetta C 45, joka on nuorrutettu vetolujuuteen 1000...2000 N/mm ja HV-ko- vuus on 2950...3500 N/mm	NT FIRE 021	Insulation of steel structures: Fire protection. Finland 1985
		Hyväksytty järjestelmä NDT-henkilöstön pätevyyden toteamiseksi	Nordtest Scheme for Examination and Certification of Non-destructive Testing Personnel
		Ruuvien kiristäminen kulmanmuutoksen mittaamiseen perustuvalla menetelmällä	Sillanrakennuksen yleinen työselitys:Teräsrakenteet, kohta 3.75. Tie- ja vesirakennushallitus. 1988