

**B 7**

**SUOMEN RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA**

**Teräsrakenteet**  
**Ohjeet 1988**

**Ympäristöministeriö**

**Määräykset ovat sitovia. Rakennuslain 132 §:n mukaan on ympäristöministeriöllä kaupungin sekä lääninhallituksella muun kunnan osalta kuitenkin valta lainkohdasta ilmenevin edellytyksin myöntää poikkeus rakentamista koskevista säännöksistä, määräyksistä, kielloista ja muista rajoituksista. Sama oikeus on rakennuslautakunnalla, milloin on kysymys vähäisestä poikkeamisesta.**

**Ohjeet esittävät hyväksyttäviä ratkaisuja. Rakennusvalvontaviranomaisen on näin ollen hyväksyttävä ohjeiden mukainen rakentaminen. Rakentamisessa voidaan kuitenkin käyttää myös muita ratkaisuja, mikäli rakennusvalvontaviranomainen katsoo niiden täyttävän säännösten ja määräysten vaatimukset.**

**ISBN 951-860-584-X**

**Valtion painatuskeskus. Helsinki 1987**

Ympäristöministeriö

Suomen rakentamismääräyskokoelma

**B 7****TERÄSRAKENTEET****Ohjeet 1988**

Nämä ohjeet kuuluvat Suomen rakentamismääräyskokoelmaan, josta on määrätty sisäasiainministeriön päätöksellä (867/75). Ohjeet liittyvät kantavista rakenteista sekä rakenteiden varmuudesta ja kuormituksesta annettuihin määräyksiin. Ohjeet korvaavat teräsrakenteita koskevan osan 11 päivänä lokakuuta 1977 annetuissa ohjeissa E5 Kantavien ja osastoivien rakenteiden palonkestävyys.

Ohjeet tulevat voimaan 1 päivänä heinäkuuta 1988

Helsingissä 2 päivänä huhtikuuta 1987

Osastopäällikkö  
Ylijohtaja

Sirkka Hautojärvi

Yli-insinööri

Esko Mononen

**SISÄLLYS**

	Sivu		Sivu
<b>1 Yleistä</b>		<b>4 Mitoitus</b>	8
1.1 Soveltamisala	3	4.1 Kestävyyksien laskentaperiaatteet ja vertailu voimasuureisiin	8
1.2 Rakenteiden luokitus	3	4.2 Kestävyydet	8
1.2.1 Rakenneluokat	3	4.2.1 Sauvan kestävyys vetävälle normaalivoimalle	8
1.2.2 Suunnittelija ja työnjohtaja	3	4.2.2 Sauvan kestävyys puristavalle normaalivoimalle	8
1.3 Asiakirjat	3	4.2.3 Sauvan kestävyys leikkausvoimalle	8
1.3.1 Laskelmat	3	4.2.4 Sauvan kestävyys taivutusmomentille	8
1.3.2 Piirustukset ja työselitys	3	4.2.5 Sauvan poikkileikkauksen kestävyys voimasuureyhdistelmille	8
1.3.3 Sovellettavat standardit ja varmennettu käyttöseloste	3	4.3 Sauvan sivuttainen tukeminen	10
1.4 Merkinnät	3	4.3.1 Taivutetun sauvan sivuttaistukien väli-	10
<b>2 Aineet ja tarvikkeet</b>	3	4.3.2 Sivuttaistukien mitoitus	11
<b>3 Rakenteiden suunnittelu</b>	4	4.4 Sauvojen stabiilius	11
3.1 Yleiset suunnitteluperusteet	4	4.4.1 Sauvan kestävyys keskiselle puristavalle voimalle	11
3.2 Kuormitus	4	4.4.2 Sauvan vääntönurjahduskestävyys	13
3.3 Ympäristö	5	4.4.3 Sauvan kiepahduskestävyys	13
3.4 Voimasuureet ja siirtymät	5	4.4.4 Puristetun sekä kaksoissymmetrisen puristetun ja taivutetun sauvan kestävyys	14
3.5 Aineominaisuudet	5	4.5 Taivutusmomentin jakauman vaikutus kaksoissymmetrisille poikkileikkauksille	14
3.6 Rajatilat	5	4.6 Levyn lommahdus	15
3.6.1 Murtorajatilat	5	4.6.1 Alkuotaksumat	15
3.6.2 Käyttöraajatilat	6	4.6.2 Levyn tason suuntainen puristus	15
3.7 Ainelujuuden laskenta-arvot	6		
3.8 Aineosavarmuusluku	6		
3.9 Rakenteelliset ehdot	6		
3.9.1 Plastinen nivel	6		
3.9.2 Poikkileikkauksiluokat	6		
3.9.3 Sauvojen suurin hoikkuus	6		
3.9.4 Leikkausmuodonmuutosten vaikutus	6		

4.6.3	Leikkauslujuus	18	9.3	Pulttiliitokset	30
4.6.4	Lommahduslaskelmat, kun ylikriittistä tilaa ei käytetä hyväksi	18	9.3.1	Ruuvit, mutterit ja aluslaatat	30
4.6.5	Kestävyys staattiselle voimasuureyhdistelmille	19	9.3.2	Reiät	30
4.7	Kestävyys pistekuormalle	19	9.3.3	Liitospinnat	30
4.7.1	Rakenne on sivusuunnassa tuettu ja kiertymä estetty	19	9.3.4	Ruuvien kiristäminen	31
4.7.2	Laipan kiertymä ei ole estetty	20	9.4	Hitsaus	31
4.8	Jäykisteen mitoitus pistekuormalle	21	9.5	Asentaminen	31
<b>5</b>	<b>Pulttiliitokset</b>	21	9.5.1	Asennussuunnitelma	31
5.1	Liitostyytit	21	9.5.2	Kuljetus ja siirrot	32
5.2	Mitoitus	21	9.5.3	Rakenteen kokoaminen	32
5.2.1	Ruuvien ainelujuudet ja laskenta-arvot	21	9.5.3.1	Yhteensovittaminen	32
5.2.2	Voimien jakautuminen ruuveille	22	9.5.3.2	Toleranssit	32
5.2.3	Muut ohjeet	23	<b>10</b>	<b>Teräksen suojaaminen ympäristövaikutuksilta</b>	33
5.2.4	Ruuvien leikkausvoimakestävyys	23	10.1	Ympäristön rasitusluokat	33
5.2.5	Reunapuristus- ja reunarepeytymiskestävyys	24	10.2	Suojaustavat	33
5.2.6	Ruuvien varren suuntainen vetovoimakestävyys	24	10.2.1	Maalaus	33
5.2.7	Ruuvien yhdistetty veto- ja leikkausvoimakestävyys	24	10.2.2	Kuumasinkitys	33
5.2.8	Kitkaliitoksen mitoitus	24	10.2.3	Sinkki- tai alumiiniruiskutus	33
<b>6</b>	<b>Staattisesti kuormitetut hitsausliitokset</b>	24	10.2.4	Sähkösinkitys	33
<b>7</b>	<b>Vaihtorasitetut rakenteet</b>	24	10.2.5	Syöpymislisä	33
7.1	Suunnitteluperusteet	24	10.2.6	Katodinen suojaus	33
7.2	Mitoitus	25	10.3	Rakenteellinen suojaaminen	33
7.2.1	Mitoitusehto	25	<b>11</b>	<b>Rakenteiden kelpoisuus</b>	34
7.2.2	Yksiakselinen jännitystila	25	11.1	Perusteet	34
7.2.3	Tasojännitystila	25	11.2	Aineiden ja tarvikkeiden laadunvalvonta	34
7.2.4	Tyyppitettyjen kertymien käyttö	26	11.2.1	Valmiit levyt ja muotovalmisteet	34
7.3	Väsytysluokat	26	11.2.2	Ruuvit, mutterit ja aluslevyt	34
7.4	Muotovalmisteen väsymisloukka	26	11.2.3	Hitsauksen lisäaineet	34
7.5	Pulttiliitokset ja ruuvit	27	11.2.4	Pinnoitteet	35
<b>8</b>	<b>Palotekninen mitoitus</b>	28	11.2.5	Muut aineet ja tarvikkeet	35
8.1	Suunnitteluperusteet	28	11.3	Valmistuksen laadunvalvonta	35
8.2	Kuormat	28	11.3.1	Aineiden ja tarvikkeiden käsittely	35
8.3	Rakenneteräksen aineominaisuudet	29	11.3.2	Pulttiliitokset	35
8.4	Teräksen lämpötilan nousu	29	11.3.3	Hitsausliitokset	35
8.5	Laskennallisia ohjeita	30	11.3.4	Valmiit pinnoitteet ja pinnoitetyöt	36
<b>9</b>	<b>Rakenteiden valmistus ja asennus</b>	30	11.3.5	Valmistustoleranssit	36
9.1	Perusteet	30	11.4	Asennuksen laadunvalvonta	36
9.2	Aineiden ja tarvikkeiden käsittely	30	11.5	Toimenpiteet epätydyttävän laadun takia	37
			Liite 1	Merkintöjä	38
			Liite 2	Sovellettavien standardien luettelo 2.4. 1987	39

## 1 Yleistä

### 1.1 Soveltamisala

Nämä ohjeet koskevat kohdan 2 mukaisista aineista ja tarvikkeista valmistettavien rajatilamenetelmällä suunniteltavien teräsrakenteiden rakenteellista suunnittelua, valmistusta ja laadunvalvontaa. Ohjeet eivät koske teräsohuttelevyrakenteita.

### 1.2 Rakenteiden luokitus

#### 1.2.1 Rakenneluokat

Teräsrakenteet jaetaan kolmeen rakenneluokkaan 1, 2 ja 3.

Rakenne suunnitellaan ja toteutetaan siinä rakenneluokassa, johon se taulukon 1.1 mukaisesti kuuluu.

#### Taulukko 1.1

##### Rakenneluokat.

Rakenneluokka	Rakenne-esimerkkejä
1	Rakennukset, joissa usein on suuri joukko ihmisiä kuten — vähintään 5-kerroksiset asuin-, konttori- ja liikerakennukset — konserttitalit, teatterit, urheilu- ja näyttelyhallit, katsomot Erikoisrakenteet kuten — suuret mastot ja tornit
2	Rakennukset, jotka eivät kuulu luokkiin 1 tai 3
3	Rakennukset, joissa vain tilapäisesti on ihmisiä kuten — pienet varastot — pienet maatalouden tuotantorakennukset

Vaihtorasitetut rakenteet katsotaan kuuluvaksi vähintään rakenneluokkaan 2.

Taulukon 1.1 luokittelu koskee rakennusten primäärirakenteita, joiksi katsotaan kantava runko ja sen osat (kuten palkit, ristikot, pilarit jne.), jäykistävät rakenteet, nosturiradat, koneiden ja laitteiden tukirakenteet ja vastaavat. Sekundäärirakenteet 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 Suunnittelija ja työnjohtaja

Teräsrakenteiden rakennesuunnittelijan ja työnjohtajan tulee olla kohteen luonteen huomioon ottaen pätevä.

### 1.3 Asiakirjat

#### 1.3.1 Laskelmat

Rakenteiden laskelmissa esitetään ainakin seuraavat asiat:

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

#### 1.3.2 Piirustukset ja työselitys

Teräsrakenteiden piirustuksissa tai työselityksessä esitetään:

- rakenneluokka
- hitsiluokka
- suunnitelmissa käytetyt hyötykuormien ominaisarvot
- aineiden ja tarvikkeiden laatu
- rakenteiden mitat, muoto ja sallitut mittapoikkeamat
- rakenteiden ympäristöluokittelu ja rakenteiden suojaustavat
- muut tarpeelliset tiedot, kuten esim. vaihtorasitetun rakenteen valmistusta koskevat erityisvaatimukset

Valmisosien osalta esitetään lisäksi:

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

#### 1.3.3 Sovellettavat standardit ja varmennettu käyttöseloste

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

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

### 1.4 Merkinnät

Näissä ohjeissa käytettyjä merkintöjä on esitetty liitteessä 1.

Näissä ohjeissa käytetään teräslaatuja, hitsiluokkia, ympäristön rasitusluokkien, ruuvien lujuusluokkien, ruostumisasteiden jne. osalta sovellettavissa standardeissa esitettyjä merkintöjä ja luokituksia.

## 2 Aineet ja tarvikkeet

Teräsrakenteisiin ja -rakenneosiin käytetään sovellettavan standardin tai varmennetun käyttöselosteen mukaisia aineita ja tarvikkeita. Tarvike on muotovalmiste, levy, ruuvi tai muu valmiste.

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

Aineissa ja tarvikkeissa ei saa olla sellaisia vikoja, jotka voivat vaarantaa rakenteen lujuuden tai suunnit-

tellun toiminnan, lyhentää suunniteltua käyttöikää tai merkittävästi huonontaa rakenteen käyttöominaisuuksia.

Levyihin, muotovalmisteisiin ja niihin verrattaviin muihin tarvikkeisiin käytettävän teräksen alin laatu-luokka 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. Laatu-luokkaa valittaessa otetaan huomioon, että teräksen iskukiteisyys saattaa laskea rakenteen valmistuksen yhteydessä kylmämuovauksen, hitsauksen tai muun valmistusvaiheen seurauksena. Kun taulukossa 2.1 mainittujen tekijöiden lisäksi on olemassa muita hauras-murtumisvaaraa lisääviä tekijöitä, valitaan yleensä pa-rempi laatu-luokka tai pienennetään hitsauksesta joh-tuvat alkujännitykset myöstökäsittelyllä. Hauras-murtumisvaaraa lisääviä tekijöitä ovat mm. suuri kuormi-tusnopeus sekä rakenneosan monimutkaisuudesta ja alkujännityksistä johtuva kolmiakselinen vetojännitystilä.

Asennusaikainen rakenneluokka voi poiketa valmiin rakennuksen rakenneluokasta.

**Taulukko 2.1**  
Painoluvun Z määrittäminen.

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

**Taulukko 2.2**  
Teräksen alin laatu-luokka.

Painolukujen summa $Z = Z_a + Z_b + Z_c + Z_d$	Rakenneosaa, jossa on hit-sejä tai poltto-leikattuja osia	Rakenneosaa, jossa ei ole hit-sejä eikä poltto-leikattuja osia
$Z \leq 12$	B	B
$12 < Z \leq 18$	C	B
$18 < Z \leq 22$	D	B
$22 < Z \leq 24$	E	C

### 3 Rakenteiden suunnittelu

#### 3.1 Yleiset suunnitteluperusteet

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

Kantavan rakenteen toimintatapa ja rakenteisiin käytettävät aineet, tarvikkeet ja liitostavat valitaan otta-malla huomioon rakenteelle asetettavat lujuus-, muodonmuutoskyky-, jäykkyys-, säilyvyys- ja muut vaatimukset. Lisäksi otetaan huomioon valmistuk-sen, kuljetuksen ja asennuksen asettamat erikoisvaa-timukset sekä kunnossapito.

Laskelmissa käytettävä rakennemalli valitaan siten, että se riittävällä tarkkuudella kuvaa todellisen ra-kenteen toimintaa. Mallin sauvoja kuvaaviksi viivoiksi valitaan todellisen rakenteen sauvojen painopisteak-selit ja jännemitoiksi tukien keskiöiden väliset etäi-syydet. Laskelmissa mittoina käytetään nimellimit-toja. Leveiden tukien tapauksessa, tai kun rakenne tukeutuu esimerkiksi betonille tai muuraukselle, palkkien jännemitoiksi valitaan kuitenkin tukien va-paa väli lisättynä 5 %:lla tai vähintään 100 mm:llä el-lei muita arvoja voida osoittaa oikeammiksi. Laskel-missa otaksutut nivelet, plastiset nivelet ja plastisoit-uvat kohdat suunnitellaan siten, että otaksutun toi-minnan kannalta tarpeelliset muodonmuutokset pääsevät tapahtumaan, ja että niiden muodonmu-utoskyvyt ovat riittävät.

Rakenteiden muodonmuutokset otetaan huomioon niihin liittyviä muita rakenteita suunniteltaessa.

Sauvojen alkuvinoudesta johtuvat lisävaikutukset otetaan huomioon rakennemallissa poikkileikkaus-ten voimasuureita laskettaessa.

#### 3.2 Kuormitus

Rakenteisiin kohdistuvat ominaiskuormat otaksu-taan vähintään kuormitusmääräysten mukaisiksi. Pa-lotilanteessa käytettävät kuormat on esitetty koh-dassa 8.

**Murtorajatiloissa** primäärirakenteen laskentakuormi-tus  $F_d$  lasketaan kaavasta 3.1.

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

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 kuor-man 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 mää-rävä vaikutus.

Kaavoissa 3.1 ja 3.2

$g$  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 aineella ja rakenteella on sellaiset ominaisuudet, että voimasuureet (taivutusmomentit) poikkileikkauksessa (pistemäinen myötönivel) tai lyhyellä alueella (myötöalue) pysyvät vakioina 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 rajatilasta asti ( $\epsilon \leq \epsilon_y$ ) ja että rakenteen siirtymät eivät vaikuta voimasuureiden suuruuteen. Lineaarista kimmoteoriaa käytetään rakenteissa, joihin tarkasteltavassa rajatilassa ei synny myötöniveliä ja joissa siirtymät eivät lisää voimasuureita. Sitä voidaan käyttää myös silloin, kun siirtymien voimasuureita lisäävä vaikutus on muutoin otettu huomioon.

### 3.5 Aineominaisuudet

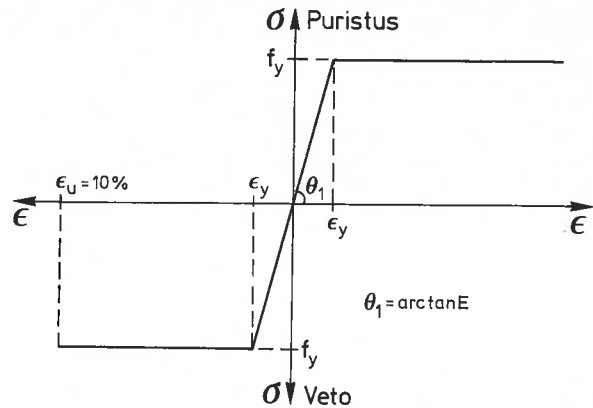
Tässä kohdassa esitetyt aineominaisuudet ovat voimassa lämpötila-alueella  $-40^\circ\text{C} \dots +100^\circ\text{C}$ . Aineominaisuudet korkeissa lämpötiloissa on esitetty kohdassa 8.

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

**Taulukko 3.1**

Yleisen rakenneteräksen ainevakiot.

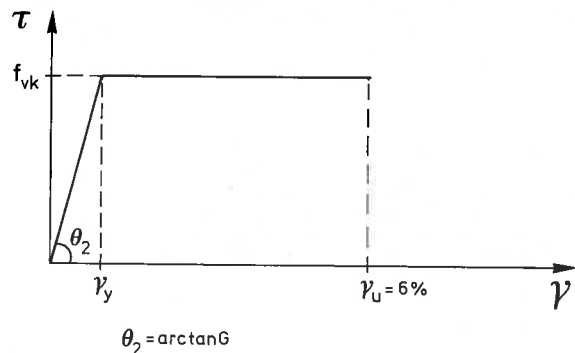
Ominaisuus	Merkintä	Lukuarvo	Yksikkö
Kimmokerroin	E	$2,1 \cdot 10^5$	N/mm <sup>2</sup>
Liukukerroin	G	$0,8 \cdot 10^5$	N/mm <sup>2</sup>
Suppeumakerroin	$\nu$	0,3	
Pituuden lämpötilakerroin	$\alpha$	$12 \cdot 10^{-6}$	1/K



**Kuva 3.1**

Yleisen rakenneteräksen  $\sigma - \epsilon$  riippuvuus.

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



**Kuva 3.2**

Yleisen rakenneteräksen  $\tau - \gamma$  riippuvuus.

Yleisten rakenneterästen  $f_y$  arvoja on esitetty taulukossa 3.2.

**Taulukko 3.2**

Yleisten rakenneterästen  $f_y$  arvoja.

Lujuusluokka	$f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )
Fe 360	235
Fe 430	275
Fe 510	355
Fe 355	355
Fe 390	390

### 3.6 Rajatilat

Rakenteet suunnitellaan sekä murto- että käyttörajatilat huomioon ottaen.

#### 3.6.1 Murtorajatilat

Murtorajatiloja ovat mm:

- aineen murtuminen rakenteen kestävyyskanalta kriittisessä kohdassa
- rakenteen tai sen osan stabiiliuden menetys
- rakenteen muuttuminen mekanismiksi
- liian suuret siirtymät (esim. taipuman murtorajatilalla)
- rakenteen siirtyminen paikaltaan tai kaatuminen
- vaihtoplastisoituminen.

Rakenteen taipuman murtorajatila saavutetaan, kun rakenteen suurin taipuma laskettuna rakenteen käyttötilaa 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

Käyttörajatiloja ovat mm:

- siirtymärajatila, yleensä taipumarajatila
- värähtelyrajatila
- kiihtyvyyserajatila
- kitkaliitoksen liukuminen.

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 pohjien pääpalkit	$L/400$
Vesikattojen 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	$H/400$
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 jäykkyyservoja. Hoikissa rakenteissa (poikkileikkausluokka 4) otetaan huomioon lommahduksen aiheuttama jäykkyyden pieneminen, joka voidaan laskea murtorajatilan perusteella.

### 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

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

jossa  $f_y$  on esitetty taulukossa 3.2. Korkeissa lämpötiloissa käytettävät  $f_y$ :n arvot on esitetty kohdassa 8.

$\gamma_m$  on aineosavarmuusluku kohdan 3.8 mukaan.

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

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

### 3.8 Aineosavarmuusluku

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

Vaihtorasitettujen rakenteiden osalta aineosavarmuusluvun  $\gamma_m$  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

$i$  sauvan poikkileikkauspinnan jäyhyys-säde taivutustasossa.

#### 3.9.2 Poikkileikkausluokat

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

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

Mekanismissa viimeiseksi plastisoituvan osan suhteen voidaan soveltaa luokan 2 rajahoikkuutta. 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 rasi-tetuimmassa kohdassa.

Poikkileikkausluokkaan 4 kuuluvien sauvojen kestävyuden laskemisessa otetaan huomioon lommahduksen vaikutus.

#### 3.9.3 Sauvojen suurin hoikkuus

Puristettujen sauvojen hoikkuus  $\lambda_k$  ei saa ylittää arvoa 250.

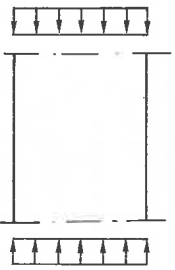
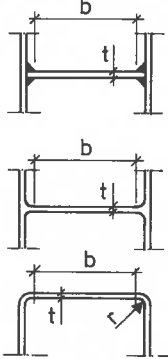
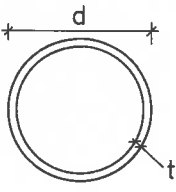
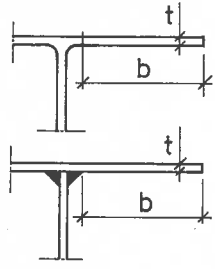
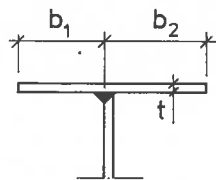
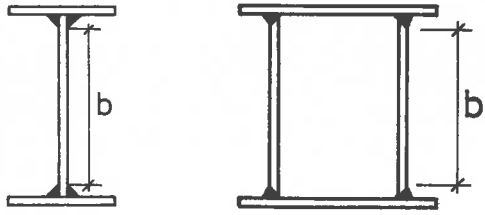
#### 3.9.4 Leikkausmuodonmuutosten vaikutus

Leikkausmuodonmuutosten vaikutusta taivutusjännitysten jakautumiseen leveissä laipoissa ei tarvitse ottaa huomioon, kun kaavan 3.7 mukainen ehto on voimassa

$$b_s \leq L_1 / 20 \quad (3.7)$$

jossa  $L_1$  on kaksitukisen palkin jänneväli, jatkuvan palkin momenttipinnan nollapisteen väli tai ulokepalkin pituus kaksinkertaisena

$b_s$  on I- ja kotelomuotoisilla profiileilla puolet laipan leveydestä.

Rasitustila	Poikkileikkaus	Poikkileikkausluokkien rajajoikkeudet		
		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 $N/N_p \geq 0,125$ $N_p = f_y \cdot A$		

Kuva 3.3  
Poikkileikkausluokat.

## 4 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

$$\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \leq k_1 \cdot f_y / \gamma_m \quad (4.1)$$

jossa  $\sigma_x$  ja  $\sigma_y$  ovat toisiaan vastaan kohtisuorassa suunnassa vaikuttavia normaalijännityksiä merkkeineen ja  $\tau_{xy}$  on leikkausjännitys samassa pisteessä

$k_1 = 1,1$ , kun kestävyuden laskennassa  $\varepsilon \leq \varepsilon_y$

$k_1 = 1,0$ , kun kestävyuden laskennassa  $\varepsilon > \varepsilon_y$ . Tässä tapauksessa kestävyys voidaan laskea myös kohdan 4.2.5 mukaisesti.

Stabiiliuden suhteen kestävyudet lasketaan jäljempänä esitetyllä tavalla.

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

#### Taulukko 4.1

Voimasuureiden ja kestävyyksien laskenta.

Voimasuureiden laskenta	Kestävyyksien laskenta	Poikkileikkausluokka
Kimoteoria	$\varepsilon \leq \varepsilon_y$	Kaikki poikkileikkausluokat 1...4
Kimoteoria	$\varepsilon > \varepsilon_y$	Poikkileikkausluokat 1 ja 2
Plastisuusteoria	$\varepsilon > \varepsilon_y$	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 määrävin 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

$A$  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  $\eta$  on  $W_e/W$  poikkileikkausluokassa 4 ja  $W_e$  lasketaan kohdan 4.6 mukaan

$\eta$  on 1,0 poikkileikkausluokassa 3

$\eta$  on  $W_p/W$  poikkileikkausluokissa 1 ja 2.

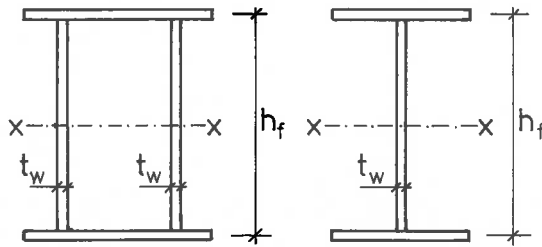
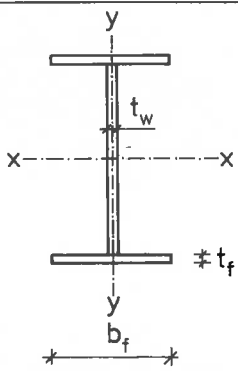
Laskelmissa  $\eta$ :n arvona käytetään enintään arvoa 1,20.

### 4.2.5 Sauvan poikkileikkauksen kestävyys voimasuureyhdistelmille

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.

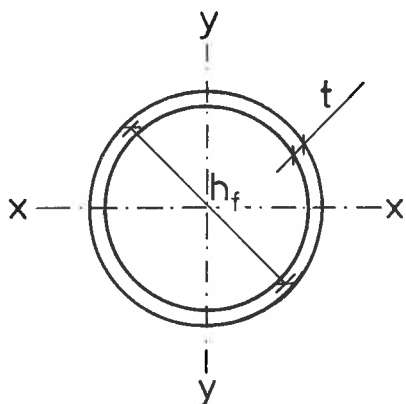
## Taulukko 4.2

Sauvan poikkileikkauksen kestävyys voimasuureyhdistelmille poikkileikkauksluokissa 1 ja 2.

Kaksoissymmetrinen poikkileikkaus, taivutus x-x -akselin suhteen	
	
$A_{w1} = 2 \cdot h_f \cdot t_w$ (koteloprofiili) $A_{w1} = h_f \cdot t_w$ (I-profiili) $V_R = f_{vd} \cdot A_{w1}$	
Yhteisvaikutusehto	Ehdon voimassaolo
a) $\frac{M}{M_{Rv}} + \frac{1}{1 - (1 - \delta)^2} \cdot \left(\frac{N}{N_{Rv}}\right)^2 \leq 1$	$0 \leq \frac{N}{N_{Rv}} \leq \delta$
b) $\frac{M}{M_{Rv}} \cdot (1 - \frac{\delta}{2}) + \frac{N}{N_{Rv}} \leq 1,0$	$\delta \leq \frac{N}{N_{Rv}} \leq 1,0$
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 $V/V_R > 1/3$ $A_r = A - (1 - r) \cdot A_{w1}$ $\delta = r \cdot A_{w1}/A_r$ $N_{Rv} = A_r \cdot f_d$ $M_{Rv} = 0,25 \cdot (2 - \delta) \cdot h_f \cdot N_{Rv}$	
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:	
$r = 1,0$ kun $V/V_R \leq 0,25$ $r = \sqrt{1 - (V/V_R)^2}$ kun $V/V_R > 0,25$ $A_r = 2 \cdot r \cdot A_f + A_w$ $\delta = A_w/A_r$ $N_{Rv} = f_d \cdot A_r$ $M_{Rv} = 0,25 \cdot (1 - \delta) \cdot b_f \cdot N_{Rv}$	

jatkoa

Ympyräpoikkileikkauksen taivutus x-x - ja y-y -akseleiden suhteen



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

Yhteisvaikutusehto

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

Ehdossa e) olevat termit lasketaan seuraavasti:

$$\begin{aligned} r &= 1,0 \\ r &= \sqrt{1 - (V/V_R)^2} \\ A_R &= r \cdot \pi \cdot h_f \cdot t \\ N_{Rv} &= A_R \cdot f_d \\ M_{Rv} &= h_f \cdot N_{Rv} / \pi \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{kun } V/V_R &\leq 0,25 \\ \text{kun } V/V_R &> 0,25 \end{aligned}$$

### 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 voimasuuret lasketaan kimmoteorian mukaan ja sauva kuuluu poikkileikkausluokkaan 2 tai 1 tarkistetaan kaavan 4.6 mukainen ehto.

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

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

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

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

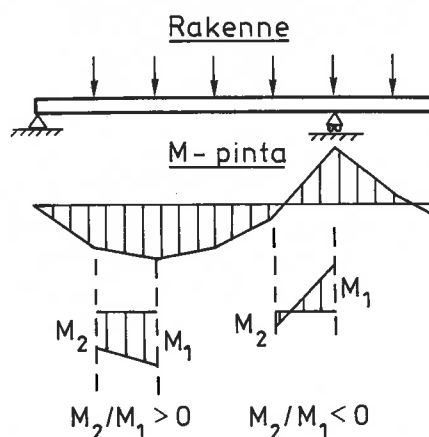
$$\text{kun } -1 \leq M_2/M_R \leq 0,5$$

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

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

joissa  $L$  on sivuttaistukien välinen etäisyys  
 $i_y$  on sauvan jäykkyys säde pienemmän jäykkyyden suhteen  
 $M_2$  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, merkisäännöt.

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

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

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

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  $\alpha$  on esitetty taulukossa 4.3.

### Taulukko 4.3

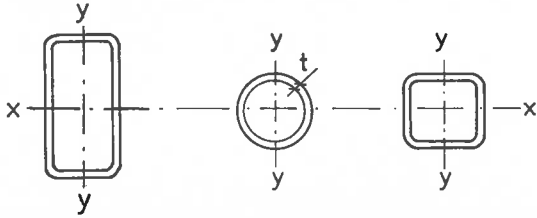
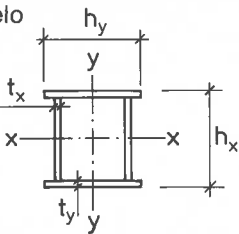

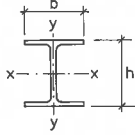
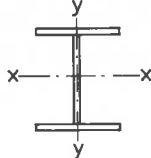
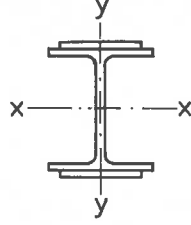

Nurjahdusluokat ja termi  $\alpha$ .

Nurjahdusluokka	$\alpha$
A	0,21
B	0,34
C	0,49
D	0,76

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

Nurjahdusluokat on esitetty taulukossa 4.4.

**Taulukko 4.4**  
Nurjahdusluokkia.

Poikkileikkauksen muoto	Nurjahdusluokka
	C
<p>Hitsattu kotelo</p>  <p>1) a tarkoittaa hitsin a-mittaa x-x : <math>h_x, t_x</math> y-y : <math>h_y, t_y</math></p>	<p><math>a^1) \leq t/2</math> B</p> <p><math>a^1) &gt; t/2</math> <math>h/t &gt; 30</math> B</p> <p><math>a^1) &gt; t/2</math> <math>h/t \leq 30</math> C</p>
<p>Umpiprofiili</p> 	C
<p>Valssattu I-profiili</p>  <p>nurjahdus pienemmän jäykkyyden suhteen (x-akselin suunta)</p>	<p><math>h/b &gt; 1,2</math> B</p> <p><math>h/b \leq 1,2</math> C</p>
<p>nurjahdus suuremman jäykkyyden suhteen (y-akselin suunta)</p>	<p><math>h/b &gt; 1,2</math> A</p> <p><math>h/b \leq 1,2</math> B</p>
<p>Hitsattu I-profiili</p>  <p>nurjahdus pienemmän jäykkyyden suhteen (x-akselin suunta)</p>	C
<p>nurjahdus suuremman jäykkyyden suhteen (y-akselin suunta)</p>	B
<p>valssattu profiili, hitsaamalla kiinnitetyt vahvistuslevyt</p> 	<p>nurjahdus pienemmän jäykkyyden suhteen (x-akselin suunta) A</p> <p>nurjahdus suuremman jäykkyyden suhteen (y-akselin suunta) B</p>
<p>T-profiili L-profiili Z-profiili U-profiili</p> 	C
<p>Poikkileikkauksen suurimman paksuuden ollessa <math>&gt; 40</math> 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.</p>	

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 alku-

käyräys on suurempi mitoitetaan sauva puristettuna ja taivutettuna sauvana, jolloin alkukäyräyden ylityksestä johtuva taivutusmomentin lisäys  $\Delta M$  suurimman taipuman  $v_{tod}$  kohdalla lasketaan kaavasta 4.16.

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

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 nurjahduspituus 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.

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

#### 4.4.3 Sauvan kiepahduskestävyys

Sauvan kiepahduskestävyys  $M_{Rl}$  lasketaan kaavasta 4.20.

$$M_{Rl} = \eta \cdot f_{cl,d} \cdot W = \eta \cdot f_{cl,k} \cdot W / \gamma_m \quad (4.20)$$

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

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

poikkileikkausluokille 1, 2 ja 3

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

poikkileikkausluokalle 4. Kaavassa 4.20  $\eta$  lasketaan kohdan 4.2.4 mukaan.

Kun  $\bar{\lambda}_l < 0,2$  otaksutaan  $f_{cl,k} = f_y$ . Muunnettu hoikkuus  $\bar{\lambda}_l$  saa olla enintään  $\bar{\lambda}_l \leq 3,5$ .

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

Kaksois-symmetriselle I-muotoiselle tasajäykälle molemmista päistään haarukkalaakeroidulle sauvalle, kun taivutusmomentti on vakio,  $M_{el}$  lasketaan kaavasta 4.24.

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

Kun taivutetun sauvan uuman hoikkuus on niin suuri, että uumassa käytetään tehollista leveyttä ( $\lambda_p > 0,72$ ),  $\lambda_1$  lasketaan profiilin toimivan puristetun osan perusteella kuten puristetulle sauvalle. Ko. puristetun sauvan nurjahdussuunta on kohtisuoraan kuormitustasoon nähden. Profiiliin toimiva puristettu osa koostuu puristetusta laipasta ja uuman toimivasta osasta  $t_w \cdot h_e/2$  siten, että uuman toimiva osa on enintään  $t_w \cdot h_{wc}/3$ . Kiepahduslujuuden ominaisarvo  $f_{clK}$  lasketaan tällöin kaavasta 4.21.

Kiepahdussiteet mitoitetaan kohdassa 4.3.2 esitetyllä tavalla.

#### Taulukko 4.6

Puristetun sekä kaksoisymmetrisen puristetun ja taivutetun sauvan kestävyys.

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

Käytettäessä taulukon 4.6 ehtoja valitaan akselien suunnat taulukon 4.4 perusteella.

Taulukossa 4.6 esitetty tekijä  $k_e$  lasketaan kaavasta 4.25.

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

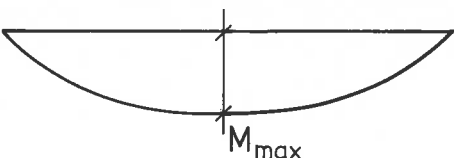
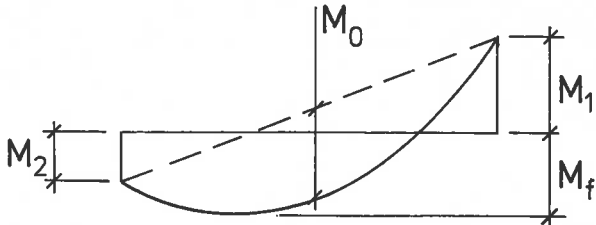
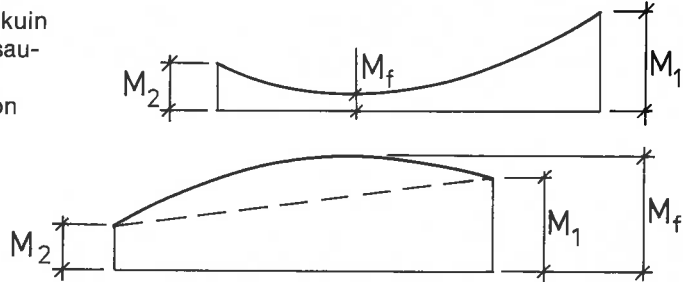
#### 4.4.4 Puristetun sekä kaksoisymmetrisen puristetun ja taivutetun sauvan kestävyys

Sauvan kestävyys tarkistetaan taulukossa 4.6 annettujen ehtoyhtälöiden mukaisesti. Ehtoyhtälöitä käytetään, kun muunnettu hoikkuus  $\lambda_k \geq 0,2$ . Voima-suureet ja kestävyudet sijoitetaan taulukon 4.6 kaavoihin itseisarvoina.

#### 4.5 Taivutusmomentin jakauman vaikutus kaksoisymmetrisille poikkileikkauksille

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

**Taulukko 4.7**  
Tekijä C · 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 · 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 samanmerkkinen kuin $M_1$ , kun $M_1$ on itseisarvoltaan suurempi sauvanpäiden momenteista $M_1$ ja $M_2$ . Kun momenttijakauma on kovera C · 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 $C \cdot M = M_f$	

Sivusiirtävissä rakenteissa ja ulokkeissa  $C \cdot M = M_{\max}$ . Annetut  $C \cdot M$ -arvot koskevat kaksoissymmetristä profiilia.

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

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

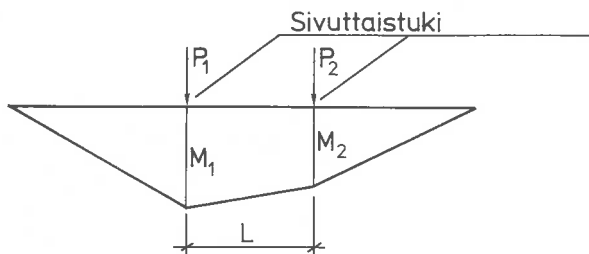
jossa

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

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 sauvaan 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 lähtökohdana kaavaa 4.24 laskettaessa muunnettua hoikkua  $\lambda_1$ .

## 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 sekä 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*

Rakenneosa 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 $\bar{\lambda}_p \leq 0,72$ b) $\frac{b_e}{b} = \frac{1}{\bar{\lambda}_p} \cdot \left(1,00 - \frac{1}{5 \cdot \bar{\lambda}_p}\right)$ , kun $0,72 < \bar{\lambda}_p \leq 5,0$	c) $\frac{t_{fe}}{t_f} = 1,0$ , kun $\bar{\lambda}_p \leq 0,71$ 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 $h_e/h_{wc}$ .	

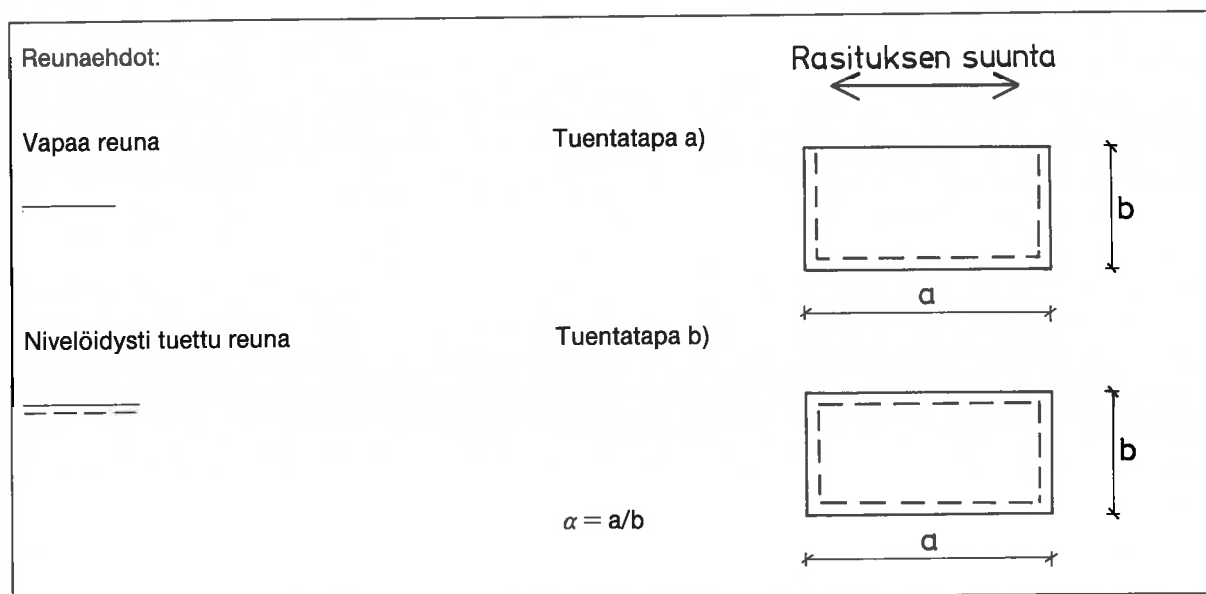
Muunnettu hoikkuus  $\bar{\lambda}_p$  lasketaan kaavasta 4.28.

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

jossa  $\sigma_{el}$  lasketaan kaavasta 4.29.

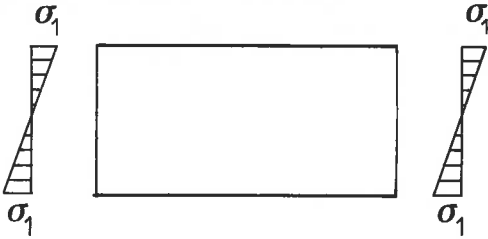
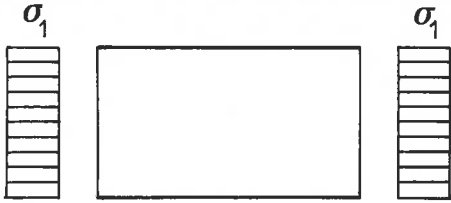
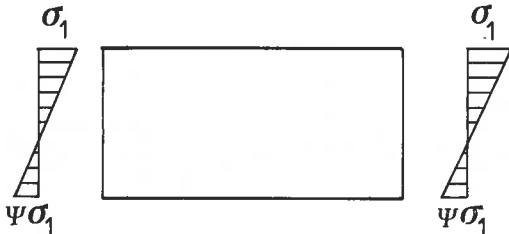
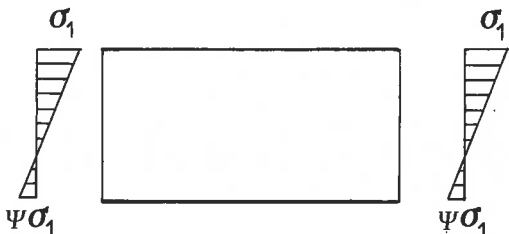
$$\sigma_{el} = \frac{k \cdot \pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \nu^2) \left(\frac{b}{t}\right)^2} \quad (4.29)$$

Lommahduskerroin  $k$  lasketaan taulukossa 4.9 esitetyistä kaavoista. Taulukossa 4.9 oleva termi  $\alpha$  saadaan kuvasta 4.3.

**Kuva 4.3**

*Termi  $\alpha$  ja levyn tuentatavat.*

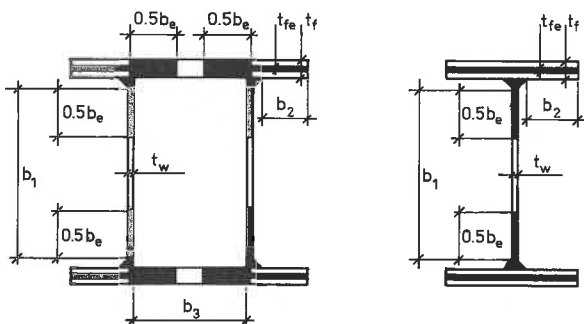
**Taulukko 4.9**  
Lomahduskerroin  $k$ .

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

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

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

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



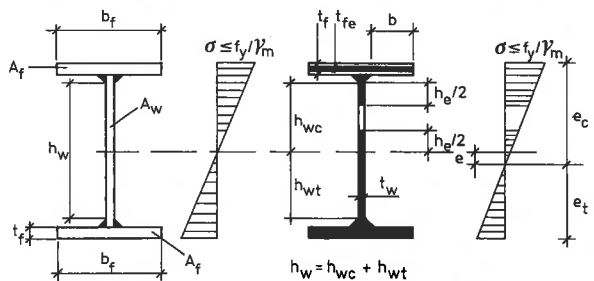
**Kuva 4.4**  
Tehollinen poikkileikkaus  $A_e$ , kun rasituksena on keskinen puristus.

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  $\sigma_{e1}$  lasketaan kaavasta 4.29 suhteen  $h_w/t_w = (h_{wt} + h_{wc})/t_w$  perusteella sijoittamalla tämä arvo suhteen  $b/t$  tilalle.

Taivutuskestävyys lasketaan koko poikkileikkauksen tehollisten mittojen perusteella.

### 4.6.3 Leikkauslujuus

Levyn leikkauslujuuden laskenta-arvo lasketaan kaavasta 4.32.

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

### 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) $f_{vk} = 0,67 \cdot f_y / \bar{\lambda}_p$ , 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  $\tau_{el}$  lasketaan kaavasta 4.34.

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

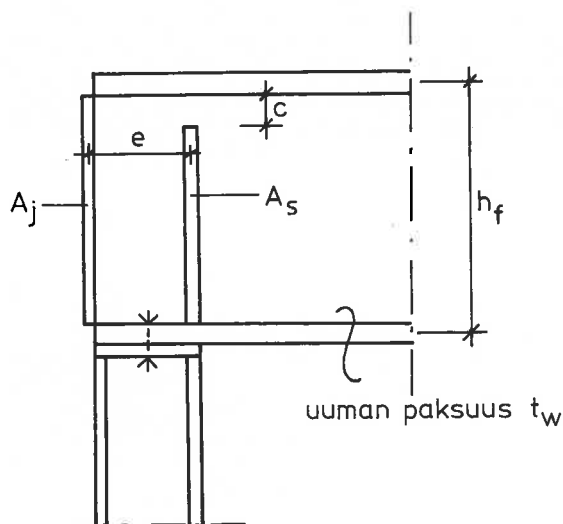
jossa

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

tai

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

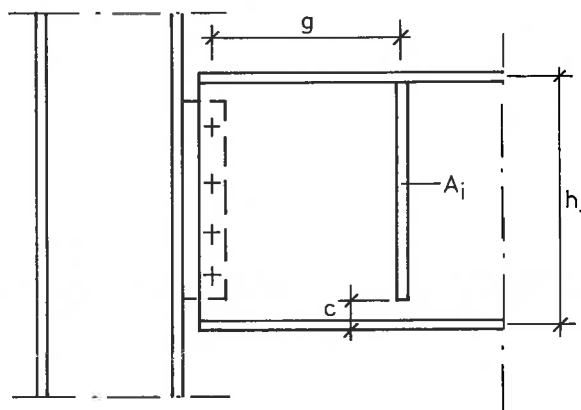
jossa  $a$  on uuman pituus jäykisteiden välillä  
 $b$  on uuman korkeus.



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

Kuva 4.6a  
Tuentatapa 1.

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



- d)  $g \leq 2,7 \cdot t_w \cdot \sqrt{E/(V(h_f \cdot t_w))}$  f)  $c \leq 4 \cdot t_w$   
e)  $g \geq 0,18 \cdot h_f$  g)  $A_i > 0,10 \cdot h_f \cdot t_w$

Kuva 4.6b  
Tuentatapa 2.

### 4.6.4 Lommahdulaskelmat, kun ylikiittistä tilaa ei käytetä hyväksi

Rakenteelle tarkistetaan kaavojen 4.37—4.39 mukaiset ehdot.

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

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

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

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

$\gamma_m$  määritetään kohdan 3.8 mukaisesti.

### Taulukko 4.11

Taivutuspuristuslujuuden ja puristuslujuuden ominaisarvo  $f_{fck}$ .

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

$\bar{\lambda}_p$  lasketaan kaavasta 4.28  
Kolmelta reunalta tuetulle levylle 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  $f_{fck}/f_y$  lasketaan kaavasta 4.30 sijoittamalla  $b_{ew}/b$ :n tilalle  $f_{fck}/f_y$ . Kun  $1,45 < \bar{\lambda}_p \leq 5,0$ , käytetään taulukon 4.11 kaavaa c.

#### Taulukko 4.12

Leikkauslujuuden ominaisarvo  $f_{fvk}$

a) $f_{fvk}/f_y = 0,60$	kun $\bar{\lambda}_p \leq 0,9$
b) $f_{fvk}/f_y = 0,864 - 0,294 \cdot \bar{\lambda}_p$	kun $0,9 < \bar{\lambda}_p \leq 1,85$
c) $f_{fvk}/f_y = 1,1/\bar{\lambda}_p^2$	$1,85 < \bar{\lambda}_p \leq 5,0$
$\bar{\lambda}_p$ lasketaan kaavasta 4.33	

#### Taulukko 4.13

Vertailulujuuden ominaisarvo  $f_{jk}$

a) $f_{jk}/f_y = 1,10$	kun $\bar{\lambda}_j \leq 0,66$
b) $f_{jk}/f_y = 1,557 - 0,696 \cdot \bar{\lambda}_j$	kun $0,66 < \bar{\lambda}_j \leq 1,49$
c) $f_{jk}/f_y = 1,15/\bar{\lambda}_j^2$	kun $\bar{\lambda}_j > 1,49$
Termi $\bar{\lambda}_j = \sqrt{f_y/\sigma_{elj}}$	

$\sigma_{elj}$  lasketaan seuraavasti otaksumalla leikkaus- ja puristusjännityksen vaikuttavan samanaikaisesti

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

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

$k_\tau$  lasketaan kaavasta 4.35 tai 4.36

$k_\sigma$  lasketaan taulukon 4.9 mukaisesti

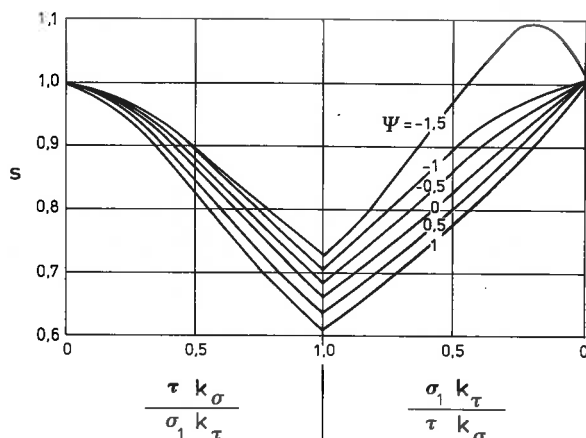
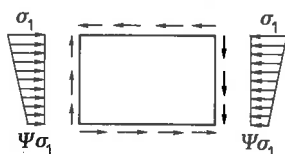
$\sigma_1$  määritetään kuvan 4.7 mukaisesti

$\tau$  on vaikuttava leikkausjännitys

$\sigma_{el}$  lasketaan kaavasta 4.29

$\tau_{el}$  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 vaihtorasiteuille rakenteille, jolloin murtorajatilatarkasteluissa kuormat lasketaan kohdan 3.2 mukaisesti ja aineosavarmuusluku määritetään kohdan 3.8 mukaisesti.

#### 4.6.5 Kestävyys staattisille voimasuureyhdistelmille

Taivutusmomentin ja leikkausvoiman yhteisvaikutusta kaksoisymmetrisellä 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  $M_{pl} = f_d \cdot W_p$  riippumatta uuman hoikkuedesta

$V_R$  lasketaan kohdan 4.6.3 mukaan tuentatavalle 1 ja 2.

Kaavat 4.40 ja 4.41 koskevat kaksoisymmetristä 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-profiiliin 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.

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

jossa  $\tau$  on leikkausjännitys

$\sigma_c$  on uuman taivutuspuristusjännitys

$f_{fcd}$  lasketaan taulukossa 4.11 esitetyistä kaavoista

$f_{fvd}$  lasketaan taulukossa 4.12 esitetyistä kaavoista.

Laskettaessa termiä  $f_{fcd}$  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 puolelta on pistekuormakestävyys  $F_{R1}$  pienempi kaavojen 4.43 ja 4.44 antamista arvoista.

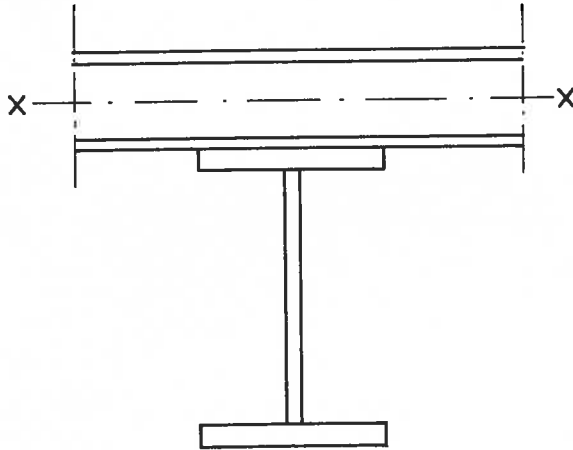
$$F_{R1} = 0,5 \cdot t_w^2 \cdot f_d \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y} \cdot \frac{t_f}{t_w}} \cdot \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \xi_3 \quad (4.43)$$

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

$A_i$  lasketaan kaavasta 4.49 ja 4.50.

Kun pistekuorma vaikuttaa sauvaan molemmilta puolin on kestävyys  $F_{Ri}$  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.

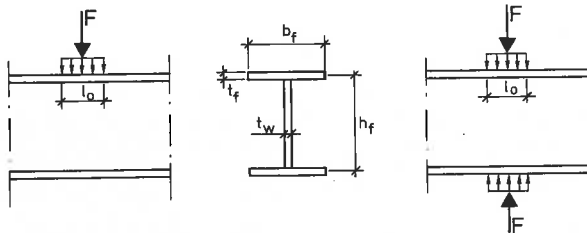
Kaavoissa 4.43 ja 4.45 esiintyvät termit lasketaan ehdoista 4.46—4.48.

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

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

$$\xi_3 = 1 + l_0/h_f \leq 1,5, \text{ kun pistekuormien (4.48)}$$

*keskiöiden välinen etäisyys on vähintään  $40 \cdot t_w$*



**Kuva 4.9**

Pistekuorma vaikuttaa sauvaan yhdeltä tai kahdelta puolin.

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

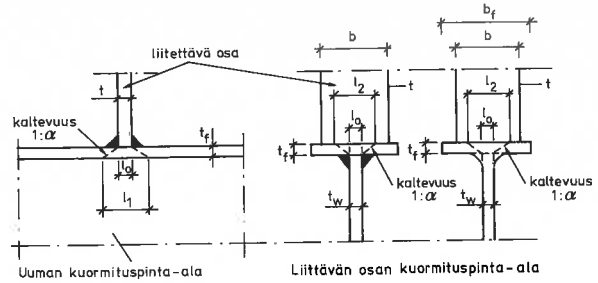
$$A_i = A_1 = l_1 \cdot t_w = (l_0 + 2 \cdot \alpha \cdot t_f) \cdot t_w \quad (4.49)$$

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

$$A_i = A_2 = l_2 \cdot t = (l_0 + 2 \cdot \alpha \cdot t_f) \cdot t \quad (4.50)$$

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  $A_p$

Staattiselle kuormalle kaavoissa 4.49 ja 4.50 oleva termi  $\alpha$  lasketaan ehdosta 4.52.

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

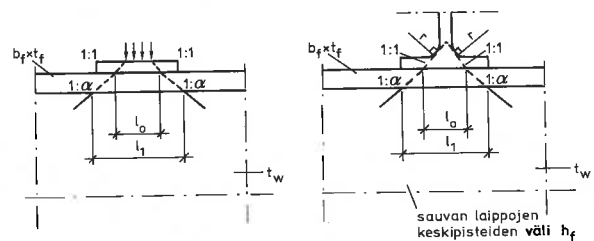
jossa  $\alpha_0$  on esitetty taulukossa 4.14.

**Taulukko 4.14**

Tekijä  $\alpha_0$ .

Profiili	Tekijä $\alpha_0$	
	Profiilin uuma	Liitettävä osa
Hitsaamalla valmistettu profiili	3	3
Sovellettavan standardin mukainen kuumavalssattu profiili. Nurkkapyöritysten vaikutus on jo otettu huomioon $\alpha_0$ :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  $l_0$ .

Kun taivutus vaikuttaa samanaikaisesti tarkasteltavassa kohdassa, kerrotaan saatu kestävyys tekijällä  $\xi_4$ , joka lasketaan kaavasta 4.53.

$$\xi_4 = 1,25 - 0,5M/M_R \leq 1,0$$

*Taivutuksen ja pistekuorman yhteisvaikutus tarkistetaan ehdosta (4.53)*

$$\left(\frac{F}{F_{Ri}}\right)^2 + \left(\frac{M}{M_R}\right)^2 \leq 1,10 \quad (4.53)$$

**4.7.2 Laipan kiertymää 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  $a \geq h$

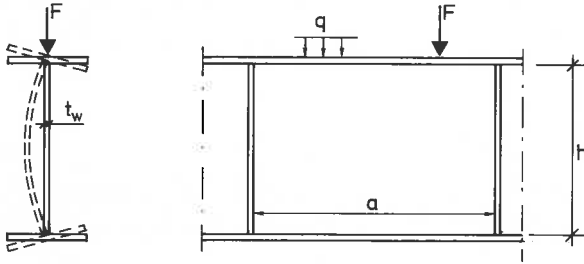
$$\frac{F}{t_w \cdot a} + \frac{q}{t_w} \leq 0,73 \cdot k_f \cdot \sigma_e / \gamma_m \quad (4.55)$$

kun  $a < h$

joissa tekijät  $\sigma_e$  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**

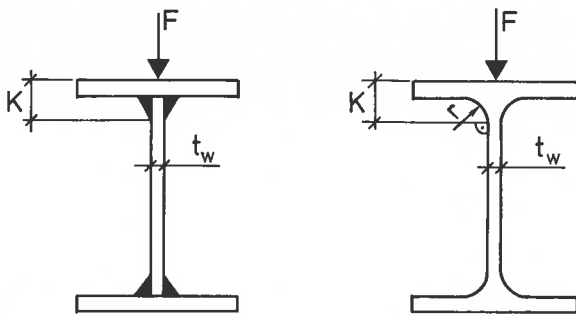
Laipan kiertymä ei ole estetty.  $q$  tarkoittaa tasan jakautunutta kuormaa.

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 pistekuormalle

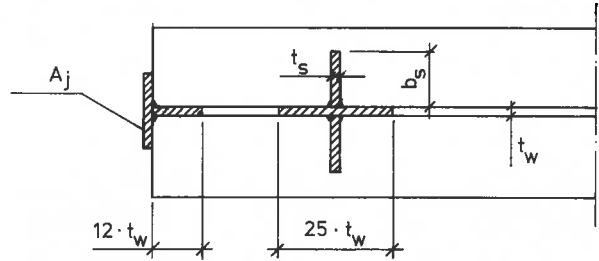
Pistemäisen kuormituksen rasittama jäykiste mitoitaan uuman tasoa vastaan kohtisuorassa tasossa tapahtuvalle nurjahdukselle käyttäen nurjahduspituutena  $L_c$  arvoa  $0,8 \cdot h$ , kun molemmat laipat ovat tuetut sivusuunnassa. Kun vain toinen laippa on tuettu sivusuunnassa, on nurjahduspituus  $1,6 \cdot h$ . 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 voimassa.

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

Nurjahduslaskelmissa käytetään nurjahdusluokkaa C.

## 5 Pulttiliitokset

### 5.1 Liitostyypit

Pulttiliitokset jaetaan seuraavasti

- Tavallinen pulttiliitos (TL). Voiman otaksutaan siirtyvän liitoksessa ruuvin varressa vaikuttavan leikkausjännityksen sekä ruuvin varren ja liitetävän osan välillä vaikuttavan reunapuristuksen välityksellä.
- Kitkaliitos (KL). Voiman otaksutaan siirtyvän liitetävien osien välisen kitkan välityksellä käyttörajatilassa. Murtorajatilassa liitoksen otaksutaan käyttäytyvän kuten tavallinen pulttiliitos.
- Vedetyt liitokset (V). Voiman otaksutaan siirtyvän ruuvin varressa vaikuttavan vetojännityksen välityksellä.

Tässä esitettyjä ohjeita voidaan soveltaa myös muiden kierteitettyjen ja pultin tavalla toimivien osien mitoittamiseen.

### 5.2 Mitoitus

#### 5.2.1 Ruuvien ainelujuudet ja laskenta-arvot

Ruuvien ainelujuudet on esitetty taulukossa 5.1.

**Taulukko 5.1**

Ruuvien ainelujuudet

Ruuviluokan merkintä <sup>1)</sup>	Ainelujuus $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	Huomautukset
5.8	400	Ei käytetä toimivana kitkaliitoksissa
8.8	640	
10.9	900	

<sup>1)</sup> Merkintä vastaa sovellettavan standardin mukais-ta merkintää.

Ruuvien vetolujuuden laskenta-arvo  $f_{rd}$  lasketaan kaavasta 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  $f_{rd}$  laske-  
taan kaavasta 5.2.

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

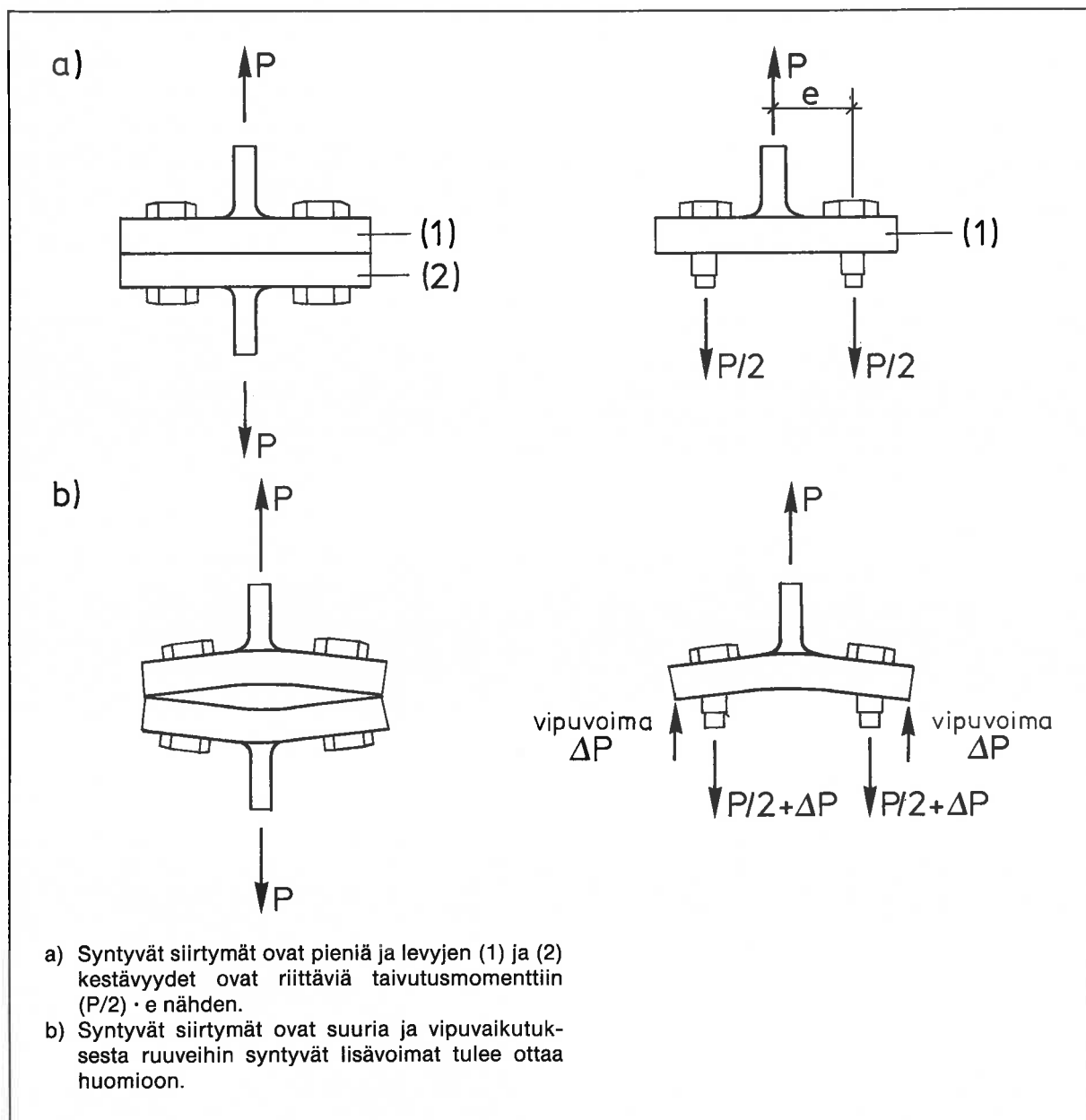
jossa  $k_3 = 0,6$ , kun  $f_y \leq 640 \text{ N/mm}^2$ , muutoin  $k_3 =$   
 $0,5$ .

$\gamma_m$  lasketaan kohdan 3.8 mukaan.

## 5.2.2 Voimien jakautuminen ruuveille

Ruuveihin vaikuttavat voimat lasketaan ottaen huo-  
mioon liitoksen toiminta, liitettävien osien jäykkyys  
ja tasapainoehdot. Voimat jaetaan ruuveille liitettä-  
vässä osassa vallitsevan jännitystilän mukaisesti.

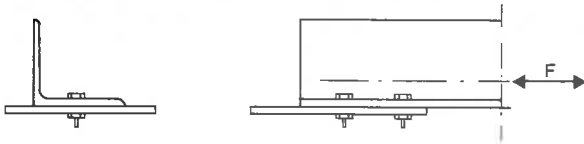
Vipuvaikutuksesta syntyvät lisävoimat lisätään mui-  
den kuormitusten aiheuttamiin ruuvien voimiin.



**Kuva 5.1**

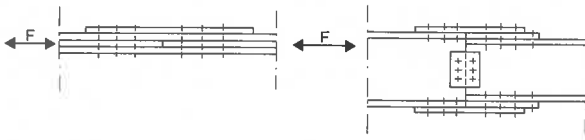
Esimerkki vipuvaikutuksesta.

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



**Kuva 5.2**  
L-teräksen epäkeskinen liitos.

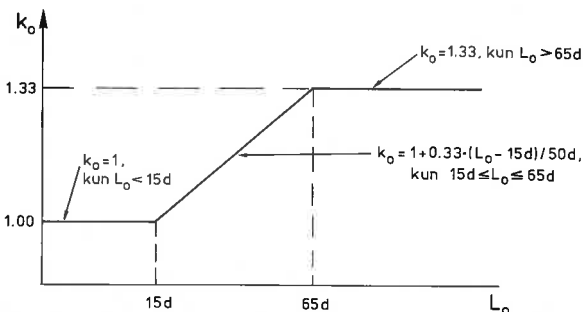
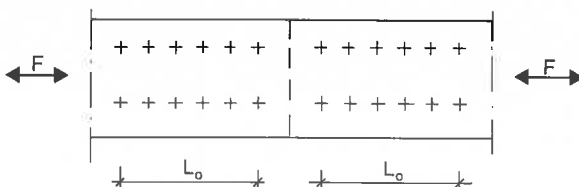
Käytettäessä kuvan 5.3 mukaisia tai muita epäsuoria jatkoksia (irraliset välilevyt) otetaan tästä johtuvat lisävoimat huomioon, kun välilevyn paksuus on yli 6 mm. Liukumiskestävyttä laskettaessa lisävoimaa ei tarvitse ottaa huomioon edellyttäen, että välilevyn pinnat on käsitelty kitkan edellyttämällä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



**Kuva 5.3**  
Esimerkkejä epäsuorista jatkoksista.

Välilevy on irrallinen, kun levyä ei ole esim. hitsattu muuhun rakenteeseen voimaavastanaottavaksi 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 päte ovat leikkaustasossa, ei saa käyttää rakenteissa, joissa liitosten siirtymät ovat haitallisia, ellei siirtymiä oteta huomioon. Kun tavallisessa liitoksessa esiintyy vaihtuva-suuntaisia voimia, kiristetään ruuvit taulukon 9.2 mukaisesti.

Kun liitokselta vaaditaan muodonmuutoskykyä tai kun ruuvien kierteet leikkausliitoksessa ulottuvat liitoksen sisään, suunnitellaan liitokset siten, että ruuvien leikkausvoimakestävyys 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 kiinnitysliitos 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  $\eta_1$  lasketaan kaavasta 5.4.

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

jossa  $z$  on etäisyys laskettuna nurjahtavan sauvan käännepestä jatkukseen 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  $f_y / \gamma_m$ , jossa  $f_y$  saadaan taulukosta 3.2 ja  $\gamma_m$  kohdasta 3.8
- vinoilla pinnoilla käytetään vinoja aluslaattoja.

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

### 5.2.4 Ruuvien leikkausvoimakestävyys

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

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

A on ruuvin nimellisen poikkileikkauksen pinta-ala, kun ruuvin kierteet eivät ole leikkaustasossa, muutoin A on ruuvin jännityspoikkipinta-ala.

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

### 5.2.5 Reunapuristus- ja reunarepeytymiskestävyys

Kun voima vaikuttaa kohtisuoraan ruuvin akseliin nähden, lasketaan reunapuristus- ja reunarepeytymiskestävyys 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 ruuvin halkaisija.

Kerroin  $k_2$  lasketaan kaavasta 5.7.

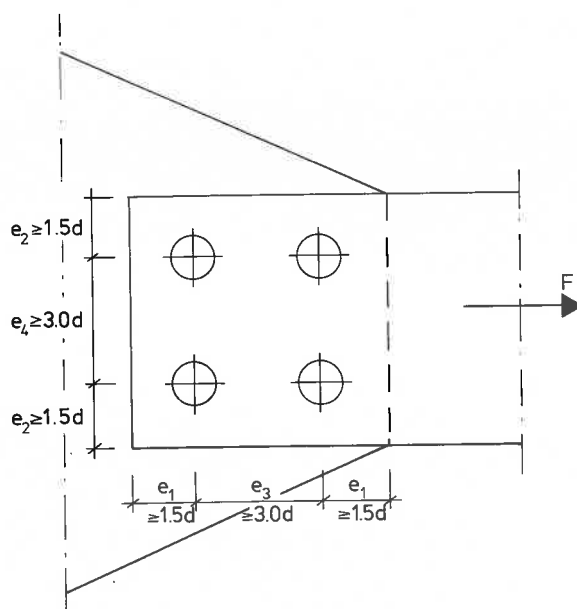
$$k_2 = (e_1/d - 0,5) \quad (5.7)$$

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 päte ovat liitettävien osien sisällä tai liitettävien osien pienin ainepaksuus on pienempi kuin 5 mm, käytetään laskelmissa sitä ruuvin halkaisijaa, joka vastaa ruuvin jännityspoikkipinta-alaa.

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



**Kuva 5.5**  
 Reuna- ja keskiöetäisyydet.

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 lujusluokka vastaa ruuvin lujusluokkaa sovellettavan standardin edellyttämällä tavalla.

### 5.2.7 Ruuvin yhdistetty veto- ja leikkausvoimakestävyys

Ruuvin 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 ruuvin vetovoima

$F_v$  on laskentakuorman aiheuttama ruuvin leikkausvoima.

### 5.2.8 Kitkaliitoksen mitoitus

Liukumiskestävyys käyttörajatilassa leikettä ja ruuvia kohti lasketaan kaavasta 5.10.

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

jossa  $\mu$  on 0,5 suihkupuuhdistetulle (hiekillä tai teräsvärsämaisillä teräsrakeilla) tai liekkipuhalletulle pinnalle

$f_y$  on ruuvin laatukohtainen ainelujuus, joka on esitetty taulukossa 5.1

$\varnothing$  on 1,0, kun kaavan 7.1 mukainen ehto on voimassa, muutoin  $\varnothing$  on 0,8

$F_t$  on käyttörajatilan laskentakuormituksen aiheuttama vetovoima.

Liukumiskestävyden laskemisen lisäksi kitkaliitoksen reunapuristus- ja reunarepeytymiskestävyys sekä ruuvin 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 hitsausliitokset

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

## 7 Vaihtorasitetut rakenteet

### 7.1 Suunnitteluperusteet

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

Vaihtorasitetussa rakenteessa ei saa käyttää hyväksi ylikriittistä tilaa.

Vaihtorasitustarkastelua 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 kestävyudet lasketaan kimmoteoriaan perustuvilla menetelmillä käyttäen kuormien arvoina ominaiskuormia mahdollisine sysäyslisiin. Pistekuormasta aiheutuvat voimasuureet ja rakenteen kestävyudet lasketaan sovellettavassa standardissa esitetyllä tavalla.

Tässä esitetään muotovalmisteiden ja muotovalmisteista pulttiliitoksien kootun vaihtorasitetun rakenteen laskeminen. Hitsausliitokset suunnitellaan sovellet-tavan 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 murtorajatilataarkastelujen kuormitusyhdistelmiä ja kohdassa 3.8 annettua aineosavarmuuslukuja.

Jännitykset lasketaan ottaen huomioon niiden kimmoteorian 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 väsymiskestävyyttä tai vaikuttavat haitallisesti kuormien vaikutustapaan esim. värähtelyominaisuuksiin, ellei näitä erikseen oteta huomioon. Ohjeet koskevat rakenteita, jotka eivät ole alttiina väsymislujuutta alentavalle korroosiolle.

Ruostumisasteessa  $D$  olevaa terästä ei saa käyttää vaihtorasitetuissa rakenteissa.

Kun jännitysvaihtelu on epäsäännöllistä rakenteen tarkoitettuna käyttöaikana, voidaan rakenne mitoit-taa ottaen huomioon jännityksen vaihteluvälien ker-tymä.

Kun tarkasteltavan osan ainevahvuus ylittää 25 mm, kerrotaan laskettu nimellinen jännitys kertoimella  $k_s$ , joka saadaan kaavasta 7.4.

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

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  $\Delta f_k$  lasketaan kohdan 7.3 mukaan ja  $\gamma_m$  on esitetty taulukossa 7.1.

Puristettujen sauvojen hoikkuus  $\lambda_k$  saa olla enintään 160.

## 7.2 Mitoitus

### 7.2.1 Mitoitusehto

Vaihtorasitetussa rakenteessa tarkistetaan kaavan 7.5 mukainen ehto.

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

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

$\Delta f_k$  on ominaisväsymisraja ja  $\gamma_m$  on aineosavarmuusluku, joka on esitetty taulukossa 7.1.

### Taulukko 7.1

Aineosavarmuusluvut  $\gamma_m$

Rakenneluokka	$\gamma_m$
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 Yksiaksellinen jännitystilä

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

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

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

Leikkausjännitystapauksissa käsitellään  $\tau$ -arvot vastaavalla tavalla.

### 7.2.3 Tasojännitystilä

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

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

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

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

$\Delta f$ -arvot määritetään kuvien 7.2 ja 7.3 sekä sovellet-tavan 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

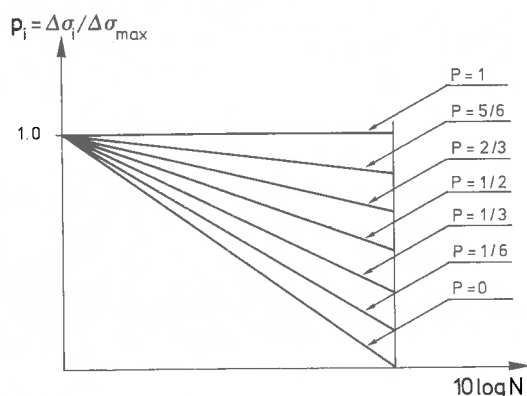
Kun kuvan 7.1 mukaisella tyypitetyllä kertymällä voidaan kuvata todellista jännityksen vaihteluvälin kertymää, lasketaan  $\Delta\sigma_{ekv}$  kaavasta 7.12.

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

jossa  $\psi$  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  $\psi$ -arvoa käytetään sellaista kertymäparametria  $p$  intervallia  $\Delta p_i$ , joka kuvaa kyseessä olevaa jännityksen vaihteluvälin kertymää.



Kuva 7.1

Tyypitetyt jännityskertymät.

### 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.

### 7.3 Väsymisluokat

Väsymisluokka määritetään kohdan 7.4 tai 7.5 mukaan.

Ominaisväsymisraja  $\Delta f_k$  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

Ominaisväsymisraajat.

Väsymisluokka $N = 2 \cdot 10^6$	C	Ominaisväsymisraja $[\Delta f_k] = N/\text{mm}^2, N = 5 \cdot 10^6$
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

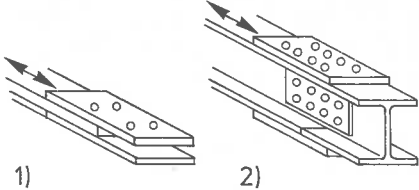
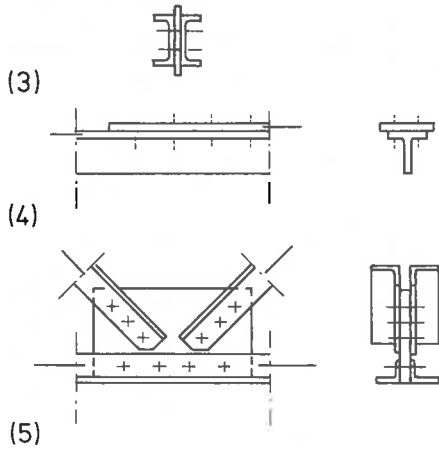
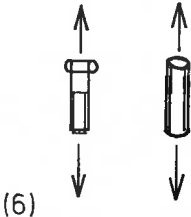
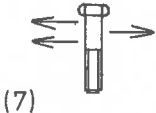
### 7.5 Pulttiliitokset ja ruuvit

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 halkai-

sijaa pienemmiksi, jonka jälkeen reiät suurennetaan tasaisesti lopulliseen kokoon siten, että reiän laatu vastaa vähintään poraamalla valmistetun reiän laatua.

Pelkän reiän väsymisluokka määritetään sovellettavan standardin mukaan. Leikkausliitos tehdään kitkaliitoksena tai tavallisena liitoksena, jossa välys on enintään 0,3 mm, kun liitoksessa esiintyy sekä puristus- että vetojännityksiä.

Väsymisluokka	
140	
90	
36	
80	
<p>1) ja 2) koskevat liitoksen aluetta ja jatkoslevyjä, 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</p>	

**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. Vipuvaikutuksesta johtuvat voimat ja mahdolliset sekundääriset taivutusmomentit otetaan huomioon.

## 8 Palotekninen mitoitus

### 8.1 Suunnitteluperusteet

Rakenteet mitoitetaan palon vaikutukselle kohdan 3.6.1 mukaisten murtorajatiilojen suhteen ja sovellet-tavan standardin mukaisen tiiviiden ja eristyskyvyn suhteen. Murtorajatiilojen suhteen mitoitus suoritetaan kohdan 4 mukaisesti käyttäen kohdassa 8 esitettyjä kuormia ja aineominaisuuksia. Kaikissa rakenneluokissa aine- ja kuormien osavarmuuslukuna käytetään arvoa 1,0. Laskelmissa otetaan huomioon estettyjen muodonmuutosten vaikutus voimasuureisiin ja rakenteen kokonaisstabiiliuteen.

Rakenteet mitoitetaan siten, että ne kestävät vaaditun palonkestoajan. Kun vaadittu palonkesto aika on kaavan 8.5 mukaista palamisaikaa pitempi, voidaan palamisajan jälkeen tapahtuva lämpötilan aleneminen ottaa huomioon kaavojen 8.6, 8.7 ja 8.8 mukaan.

Palotilan lämpötilan kehittyminen lasketaan kaavasta 8.1. Myös sovellettavan standardin mukaista lämpötilan kehittymistä voidaan käyttää.

$$T = 1110 - 370 \cdot e^{-0,61 \cdot t_r} - 200 \cdot e^{-4,94 \cdot t_r} - 540 \cdot e^{-23,1 \cdot t_r} + T_0 \quad (8.1)$$

jossa  $T$  on lämpötila ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $t_r$  on redusoitu aika (h), joka lasketaan kaavasta 8.2  
 $T_0$  on alkulämpötila ( $^{\circ}\text{C}$ )

$$t_r = \left( \frac{k_1}{k_2} \right)^2 \cdot t \quad (8.2)$$

johon  $t$  sijoitetaan tunteina.

Tekijät  $k_1$  ja  $k_2$  lasketaan kaavoista 8.3 ja 8.4

$$k_1 = \frac{A \cdot \sqrt{h}}{A_t \cdot 0,04} \quad (8.3)$$

jossa  $A$  on palotilan aukkojen kokonaispinta-ala ( $\text{m}^2$ )  
 $h$  on aukkojen keskikorkeus (m)  
 $A_t$  on palotilan sisävaipan kokonaispinta-ala ( $\text{m}^2$ )

$k_1$ :lle käytetään vähintään arvoa 0,5.

Aukkojen pinta-alaa laskettaessa lasien oletetaan rikkoutuvan.

$$k_2 = \frac{\sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c_p}}{1165} \leq 1,6 \quad (8.4)$$

jossa  $\lambda$  on palotilaa ympäröivien rakenteiden

$$\text{lämmönjohtavuus} \left( \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C}} \right)$$

$\rho$  on ympäröivien rakenteiden tiheys ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$c_p$  on ympäröivien rakenteiden ominaislämpökapasiteetti ( $\text{J}/\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$ ).

Kun palotilaa ympäröivät rakenteet ovat eri ainetta, käytetään kaavassa 8.4 tulolle  $\lambda \cdot \rho \cdot c_p$  pinta-alojen mukaan painotettua keskiarvoa.

Palamisaika  $t_f$  (h) lasketaan kaavasta 8.5.

$$t_f = \frac{f}{6200 \frac{A\sqrt{h}}{A_t}} \quad (8.5)$$

jossa  $f$  on palokuorma ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ).

Palamisajan jälkeen tapahtuva lämpötilan aleneminen  $\Delta T$  ( $^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ) lasketaan kaavoista 8.6, 8.7 ja 8.8.

$$\Delta T = 625 \quad (8.6)$$

kun  $t_f \leq 0,5$

$$\Delta T = 250 \cdot (3 - t_f) \quad (8.7)$$

kun  $0,5 < t_f < 2$

$$\Delta T = 250 \quad (8.8)$$

kun  $t_f \geq 2$

Palamisajan jälkeisen lämpötilan ei otaksuta alenevan alle  $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### 8.2 Kuormat

Hyötykuormina käytetään rakenteiden suunnittelua varten määriteltäviä ominaiskuormia. Oleskelu- ja kokoontumiskuormana saa kuitenkin käyttää arvoa  $0,75 \text{ kN}/\text{m}^2$ , tungoskuormana arvoa  $2,0 \text{ kN}/\text{m}^2$  sekä lumikuorman arvona 50 % ja tuulikuorman arvona 30 % ominaiskuormasta. Lisäksi saa tehdä Suomen rakentamismääräyskokoelman osan B1 mukaiset kuormien vähennykset pystyrakenteissa oleskelu- ja kokoontumiskuormiin. Kuormitusyhdistelmiä valittaessa noudatetaan yleisesti sovellettuja periaatteita kulloinkin vaarallisimman yhdistelmän suhteen. Mitoituksessa voidaan otaksua, että lumi- ja tuulikuorma eivät esiinny samanaikaisesti.

Palokuormalla  $f$  ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) tarkoitetaan paloteknistä osastoa rajoittavien rakennusosien (lattia, seinät, katto) yhteen lasketun sisäpinnan pintayksikköä kohden vapautuvaa kokonaislämpömäärää, kun tässä osastossa oleva aine täydellisesti palaa, siihen luettuina kantavat, runkoa jäykistävät, osastoivat ja muut rakennusosat mahdollisine suoja-verhouksineen sekä irtaimisto.

Kantavista, jäykistävistä ja osastoivista rakennusosista palokuormaan lasketaan kyseisistä rakennusosista osaston suunnitellun palonkestoajan aikana vapautuva lämpömäärä.

Irtaimistosta aiheutuvana palokuorman osana voidaan käyttää taulukossa 8.1 annettuja arvoja.

**Taulukko 8.1**

Irtaimistosta aiheutuva palokuorma.

Irtaimistosta aiheutuvan palokuorman $f$ (MJ/m <sup>2</sup> ) vähimmäisarvo	Paloteknisen osaston käyttötapa
< 90 90	Erillisen laskelman mukaan RakMK E2:n liitteen palo-vaarallisuusluokan 1 mukaiset tilat. RakMK E1:n taulukon 7 sarakkeeseen 3 sovellettavat tilat.
180	RakMK E2:n liitteen palo-vaarallisuusluokan 2 mukaiset tilat. RakMK E1:n taulukon 7 sarakkeeseen 4 sovellettavat tilat.
360	RakMK E2:n liitteen palo-vaarallisuusluokan 3 mukaiset tilat. RakMK E1:n taulukon 7 sarakkeeseen 5 sovellettavat tilat.
>360	RakMK E2:n liitteen palo-vaarallisuusluokan 4 mukaiset tilat. RakMK E1:n taulukon 7 sarakkeeseen 6 sovellettavat tilat.

Palloilu-, uima- ja muiden urheiluhallien osalta irtaimistosta aiheutuva palokuorma määritetään tapauskohtaisesti.

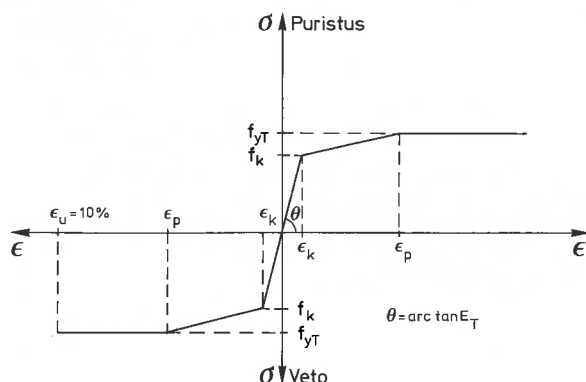
**8.3 Rakenneteräksen aineominaisuudet**

Teräksen lujuus  $f_{yT}$  lasketaan kaavasta 8.9.

$$f_{yT} = f_y \cdot e^{-1,3 \cdot \left(\frac{T_s - 20}{580}\right)^{2,3}} \quad (8.9)$$

jossa  $T_s$  on teräksen lämpötila (°C).

Normaalijännityksen ja muodonmuutoksen välinen riippuvuus on esitetty kuvassa 8.1.

**Kuva 8.1**

Teräksen  $\sigma - \epsilon$  riippuvuus kohonneissa lämpötiloissa.

Tekijä  $f_k$  on suurempi kaavojen 8.10 ja 8.11 antamista arvoista.

$$f_k = \left(1 - \frac{T_s - 20}{280}\right) \cdot 0,45 \cdot f_{yT} \quad (8.10)$$

$$f_k = 0,5 \cdot f_{yT} \quad (8.11)$$

Tekijä  $\epsilon_p$  on pienempi kaavojen 8.12 ja 8.13 antamista arvoista.

$$\epsilon_p = \frac{f_{y20}}{E_{20}} + \frac{T_s - 20}{430} \cdot 0,00388 \quad (8.12)$$

$$\epsilon_p = 0,005 + \frac{f_{y20} - 235}{40} \cdot 0,00015 \quad (8.13)$$

$\epsilon_p$ :lle käytetään kuitenkin vähintään arvoa  $2 \cdot \epsilon_k$ .

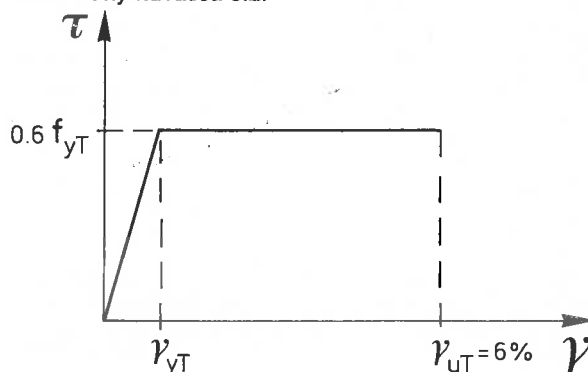
Kimmo kerroin  $E_T$  lasketaan kaavasta 8.14.

$$E_T = 210\,000 \cdot e^{-0,3 \cdot \left(\frac{T_s - 20}{430}\right)^{5,9}} \quad (8.14)$$

Liukukerroin  $G_T$  lasketaan kaavasta 8.15.

$$G_T = 0,4 \cdot E_T \quad (8.15)$$

Leikkausjännityksen ja liukuman välinen riippuvuus on esitetty kuvassa 8.2.

**Kuva 8.2**

Teräksen  $\tau - \gamma$  riippuvuus kohonneissa lämpötiloissa.

Pituuden lämpötilakerroin  $\alpha_T$  lasketaan kaavasta 8.16.

$$\alpha_T = \left(12 + \frac{T_s - 20}{200}\right) \cdot 10^{-6} \quad (8.16)$$

Ominaislämpökapasiteetti  $c_s$  (J/kg °C) lasketaan kaavasta 8.17.

$$c_s = 38 \cdot 10^{-5} \cdot T_s^2 + 20 \cdot 10^{-2} \cdot T_s + 470 \quad (8.17)$$

**8.4 Teräksen lämpötilan nousu**

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

Suojaamattoman teräksen lämpötilan nousu  $\Delta T_s$  (°C) lasketaan kaavasta 8.18.

$$\Delta T_s = \frac{\alpha_c + \alpha_r}{c_s \cdot \rho_s} \cdot \frac{F}{V} \cdot (T - T_s) \cdot \Delta t \quad (8.18)$$

jossa  $\alpha_c$  on kuljettumisen lämmönsiirtymiskerroin,  $\alpha_c = 25$  (W/m<sup>2</sup> °C)

$\alpha_r$  on säteilyn lämmönsiirtymiskerroin, joka lasketaan kaavasta 8.19 (W/m<sup>2</sup> °C)

$F$  on paloa vastaan oleva teräspinta-ala pituusyksikköä kohti (m<sup>2</sup>/m)

$\rho_s$  on teräksen tiheys,  $\rho_s = 7\,850$  kg/m<sup>3</sup>

$V$  on sauvan tilavuus pituusyksikköä kohti (m<sup>3</sup>/m)

$\Delta t$  on laskenta-aikaväli (s).

$$\alpha_r = \frac{5,7 \cdot \varepsilon_r}{T - T_s} \cdot \left[ \left( \frac{T + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_s + 273}{100} \right)^4 \right] \quad (8.19)$$

jossa  $\varepsilon_r$  on resuloiva emissiokerroin.

Palosuojatun teräksen lämpötilan nousu  $\Delta T_s$  (°C) lasketaan kaavasta 8.20.

$$\Delta T_s = \frac{\lambda_i}{d_i \cdot c_s \cdot \rho_s} \cdot \frac{F_i}{V} \cdot \left( \frac{1}{1 + \xi} \right) \cdot (T - T_s) \cdot \Delta t \quad (8.20)$$

jossa  $\lambda_i$  on palosuojausten lämmönjohtavuus (W/°C · m)

$d_i$  on palosuojausten paksuus (m)

$F_i$  on palosuojausten sisäpuolisen vaipan pinta-ala pituusyksikköä kohti (m<sup>2</sup>/m).

Aikaväli  $\Delta t$  kaavoissa 8.18 ja 8.20 ei saa ylittää taulukossa 8.2 esitettyjä arvoja.

### Taulukko 8.2

Aikavälin  $\Delta t$  enimmäisarvot.

F/V tai F <sub>i</sub> /V (m <sup>-1</sup> )	50	100	150	200	250	300	600	1000
Δt (s)	480	240	150	120	90	60	42	24

Kun palosuojausten ominaislämpökapasiteetti otetaan huomioon, lasketaan tekijä  $\xi$  kaavasta 8.21.

$$\xi = \frac{c_i \cdot \rho_i \cdot d_i \cdot F_i}{2 \cdot c_s \cdot \rho_s \cdot V} \quad (8.21)$$

jossa  $\rho_i$  on palosuojausten tiheys (kg/m<sup>3</sup>)

$c_i$  on palosuojausten ominaislämpökapasiteetti (J/kg°C).

Kun palosuojausten ominaislämpökapasiteettia ei oteta huomioon, on tekijä  $\xi = 0$ .

Palosuojatun teräksen lämpötilan nousu voidaan määrittää myös eri palosuoja-aineille sovellettavassa standardissa esitettyjä arvoja käyttäen.

### 8.5 Laskennallisia ohjeita

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

## 9 Rakenteiden valmistus ja asennus

### 9.1 Perusteet

Rakenteet valmistetaan rakennesuunnitelmien mukaan käyttäen suunnitelmien mukaisia aineita ja tarvikkeita.

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

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

### 9.2 Aineiden ja tarvikkeiden käsittely

Aineet ja tarvikkeet puhdistetaan tarvittaessa siten, että valmistusta ja tarkastusta haittaavat epäpuhtaudet poistuvat.

Aineisiin ja tarvikkeisiin syntyneet viat voidaan valmistuksen yhteydessä poistaa, kun korjaustoimenpiteillä saavutetaan vaadittu laatuaste eikä niillä ole haitallisia vaikutuksia.

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

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

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

Osat sovitetaan yhteen siten, että rakenteeseen ei synny lisäjännityksiä tai kylmämuokkautumia. Siirrettäessä voimaa kosketuspaineen välityksellä suunnitelmassa esitetyt kosketuspinnat työstetään riittävän tasaisiksi.

Osien väliaikaiset kiinnitykset eivät saa heikentää rakenteen lujuusominaisuuksia ja käyttökelpoisuutta.

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

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

### 9.3 Pulttiliitokset

#### 9.3.1 Ruuvit, mutterit ja aluslaatat

Liitoksiin käytetään puhtaita ja kierteltään kevyesti öljyntyjä ruuveja ja muttereita.

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

#### 9.3.2 Reiät

Reiät tehdään poraamalla tai vastaavan laadun taakavalla tavalla ja 25 mm ainepaksuuteen asti myös lävistämällä. Vaihtorasitetuissa 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 ruuvien halkaisijaa suurempi, ellei suunnitelmassa muuta edellytetä. Reikien ympärille mahdollisesti jääneet purseet poistetaan. Ruuvit asetetaan reikiinsä pakotuskeinoja käyttämättä.

#### 9.3.3 Liitospinnat

Osia yhteen liitettäessä huolehditaan siitä, että liitospinnat ovat kuivia, puhtaita ja tasaisia sekä pin-

noite 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 juosteasti tai käyttämällä täytelevyjä.

Kitkaliitoksissa pinnat puhdistetaan vähintään sovellettavan standardin luokituksen mukaiseen tarkkuusasteeseen Sa 2. Kitkaliitoksissa teräsosien 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 ohje-arvot 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

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 mukaisesta arvosta. 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.

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

jossa kitkakertoimen  $\mu_o$  arvoksi on otaksuttu  $\mu_o = 0,18$ , joka vastaa tilannetta, että ruuvit ja mutterit ovat ohuesti öljytyjä. Käytettäessä muunlaista käsittelyä ruuveissa ja muttereissa korjataan  $\mu_o$ :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 sovellettavassa standardissa esitetyllä tavalla.

### 9.4 Hitsaus

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 esitetyt ohjeita.

Matalissa lämpötiloissa hitsattaessa kiinnitetään erityistä huomiota esilämmitykseen, hitsien jäähtymisnopeuteen ja puikkojen kuivaamiseen normaalilämpötiloista 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
- osien 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 rakenteen osat tuetaan ja suojataan siten, että niihin ei synny pysyviä muodonmuutoksia.

### 9.5.3 Rakenteen kokoaminen

#### 9.5.3.1 Yhteensovittaminen

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

#### 9.5.3.2 Toleranssit

Rakenteen osien poikkileikkausten pinta-alat voivat alittaa nimellismittojen perusteella lasketun arvon enintään 6 %. Jännevälit voivat ylittää nimellisarvonsa enintään 1 %:lla.

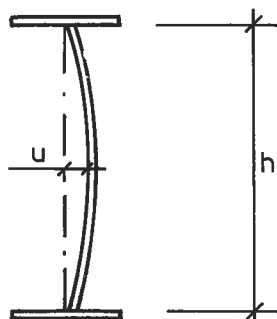
Hitsattujen rakenteiden muodon poikkeamat on esitetty taulukossa 9.3, ellei suunnitelmassa muuta esitetä.

#### Taulukko 9.3

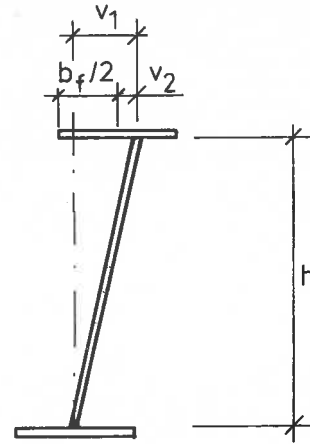
Hitsattujen rakenteiden poikkileikkauksen muototoleranssit.

Uumalevyn kaarevuus $u$ <sup>1)</sup>	$u \leq h/150$
Uumalevyn vinous $v_1$ kuva 9.2	$v_1 \leq h/75$ kuitenkin enintään 25 mm
Uumalevyn epäkeskisyyssuhteen $v_2$ 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.



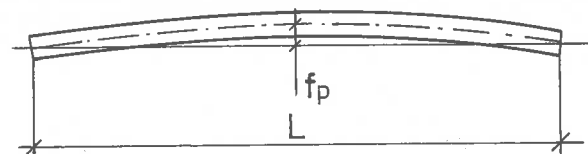
**Kuva 9.2**  
Uumalevyn vinous  $v_1$  ja epäkeskisyyssuhteet  $v_2$ .

Rakenteiden asennustoleranssit on esitetty taulukossa 9.4, ellei suunnitelmassa muuta edellytetä.

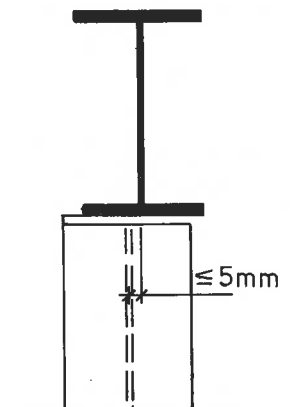
#### Taulukko 9.4

Palkkien ja pilarien asennustoleranssit.

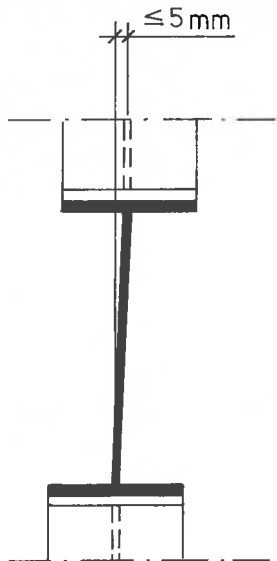
Poikkeama tuella pilariin tai muuhun tukirakenteeseen nähden kuvat 9.4 ja 9.5	5 mm
Pilarin vinous kuva 9.6	
— yhden kerroksen matkalla	$e_p \leq L/280$
— suurin poikkeama alimman pilarin teoreettisesta keskilinjasta n:ssä kerroksessa	$e_l \leq \frac{1}{280} [(\sum_{i=1}^n L_i) 3/(n+2)]$ , jossa $\sum_{i=1}^n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



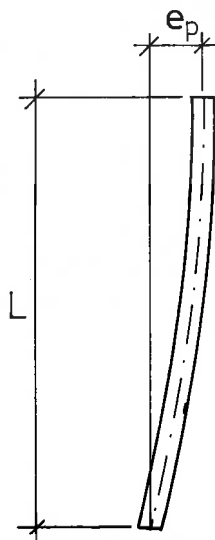
**Kuva 9.3**  
Alkukäyryys.  
Pilareilla  $f_p \leq L/1000$   
Palkkeilla  $f_p \leq L/650$ , kuitenkin enintään 40 mm.



**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 rasisusluokat

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

Saman rakenteen rasisusluokka voi olla erilainen rakenteen eri osissa.

### 10.2 Suojaustavat

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

#### 10.2.1 Maalaus

Maalauksessa noudatetaan sovellettavissa standardeissa annettuja ohjeita.

#### 10.2.2 Kuumasinkitys

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

Kerros­paksuuden  $70 \mu\text{m}$  katsotaan riittävän ympäristön rasisusluokassa M3.

#### 10.2.3 Sinkki- tai alumiiniruiskutus

Sinkki- tai alumiiniruiskutuksessa noudatetaan sovellettavaa standardia.

#### 10.2.4 Sähkösinkitys

Sähkösinkityksessä noudatetaan sovellettavaa standardia. Kerros­paksuus  $12 \mu\text{m}$  kromatoina katsotaan riittäväksi rasisusluokassa M1. Sähkösinkitys ei yksinään riitä suojaukseksi rasisusluokissa M2... M4.

#### 10.2.5 Syöpymislisä

Syöpymislisän suuruus määritetään ottaen huomioon rasisusluokka ja sen mahdollinen muuttuminen ajan mukana sekä rakenteen elinikä.

Vaihtorasitetuissa rakenteissa syöpymislisää ei saa käyttää suojaustapana. Syöpymislisän suuruus on esitetty taulukossa 10.1, kun

- rakenteen käyttöaika on rajoitettu
- ympäristön rasisukset ovat hyvin tunnetut
- pistemäisen syöpymisen vaaraa ei ole
- rakomaisen syöpymisen vaaraa ei ole.

#### Taulukko 10.1

Yleisen rakenneteräksen yksipuolinen syöpyminen.

Rasisusluokka	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 teräspinnoille vältetään. Tarvittaessa käytetään riittävän suurta vedenpoistoreikää tai tuuletusta.

Galvaanisen syöpymisen välttämiseksi huolehditaan mahdollisuuksien mukaan siitä, että teräs ei joudu kosketuksiin muiden metallien kanssa.

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

Ilmatiiviissä rakenteissa huolehditaan, että rakenteen sisään ei jää kosteutta.

Kun syöpmisen takia (rasitusluokat M2, M3 ja M4) tarvitaan tiiviitä liitoksia, saa reunaetäisyys olla enintään  $6 \cdot t$  ja ruuvien välinen keskiöetäisyys  $14 \cdot t$ , jossa  $t$  on uloimman liitettävän levyn paksuus.

## 11 Rakenteiden kelpoisuus

### 11.1 Perusteet

Rakenteiden kelpoisuus arvostellaan aineiden, tarvikkeiden, valmisosien sekä rakenteiden suunnittelun ja valmistuksen laadusta käytettävissä olevan aineiston perusteella.

Aineiden, tarvikkeiden, valmisosien tai rakenteiden ja niiden suojauksen kelpoisuus todetaan jollakin seuraavista menettelyistä, ellei rakennekatselmuksen

yhteydessä ilmene aihetta epäillä rakenteiden kelpoisuutta.

- valmistuksen todetaan tapahtuneen hyväksytyyn tarkastuselimen valvonnan alaisena
- ominaisuuksista varmistetaan kohtien 11.1... 11.4 mukaisesti
- ominaisuudet todetaan hyväksytyyn testauslaitoksen toimesta tehtävin kokein.

Tällöin näytteet valitaan ja kokeita tehdään siten, että niiden perusteella saadaan riittävän luotettava kuva testattavasta tuote-erästä.

### 11.2 Aineiden ja tarvikkeiden laadunvalvonta

#### 11.2.1 Valmiit levyt ja muotovalmisteet

Laadunvalvontatoimenpiteet on esitetty taulukossa 11.1.

#### Taulukko 11.1

*Valmiiden levyjen ja muotovalmisteiden laadunvalvontatoimenpiteet.*

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>— rakenneluokassa 3 sovellettavan standardin mukainen laatuvaraus 3—1 tai koetustodistus 3—2 tai valmistus on hyväksytyyn tarkastuselimen valvonnan alainen</li> <li>— rakenneluokissa 1 ja 2 sovellettavan standardin mukainen koetustodistus 3—2 tai valmistus on hyväksytyyn tarkastuselimen valvonnan alainen</li> <li>— lamellirepeilyn osalta noudatetaan sovellettavan standardin antamia ohjeita</li> <li>— ruostumisasteen tarkistus sovellettavan stan-</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>dardin mukaan</li> <li>— mittojen tarkistus</li> <li>— valmistajan tai toimittajan nimi</li> <li>— kun laatuvarauksesta tai koetustodistuksesta ei ole ja kun valmistus ei ole tapahtunut hyväksytyyn tarkastuselimen valvonnan alaisena, laatu todetaan tuotteista otetuilla näytteillä sovellettavan standardin mukaisesti. Näytteet otetaan ja testataan hyväksytyyn testauslaitoksen toimesta.</li> </ul> |
|---|--|

#### 11.2.2 Ruuvit, mutterit ja aluslevyt

Laadunvalvontatoimenpiteet on esitetty taulukossa 11.2.

#### Taulukko 11.2

*Ruuvien, muttereiden ja aluslevyjen laadunvalvontatoimenpiteet.*

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>— rakenneluokissa 1 ja 2 sovellettavan standardin mukainen koetustodistus 3—2 tai valmistus on hyväksytyyn tarkastuselimen valvonnan alainen</li> <li>— rakenneluokassa 3 sovellettavan standardin mukainen laatuvaraus 3—1 tai koetustodistus 3—2 tai valmistus on hyväksytyyn tarkastuselimen valvonnan alainen</li> <li>— kun laatuvarauksesta tai koetustodistuksesta ei ole ja kun valmistus ei ole tapahtunut hyväksytyyn tarkastuselimen valvonnan alaisena, laatu todetaan tuotteista otetuilla näytteillä.</li> <li>Kokeita suoritetaan hyväksytyssä testauslaitoksessa seuraavasti</li> <li>— valmistuserästä testataan yksi ruuvi ja mutteri sataa ruuvia ja mutteria kohden</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>— kutakin halkaisijaa kohti tehdään kuitenkin vähintään kuusi koetta valmistuserää kohti</li> <li>— merkintöjen perusteella tarkastetaan kaikissa rakenneluokissa</li> <li>— valmistajan nimi</li> <li>— ruuvien lujuusluokka, mittatiedot ja tarkkuusluokka</li> <li>— mutterien lujuusluokka, mittatiedot ja tarkkuusluokka</li> <li>— aluslevyjen lujuustiedot (mikäli niille on asetettu vaatimuksia) ja mittatiedot</li> <li>— pinnoitteiden tarkistus.</li> </ul> |
|---|--|

#### 11.2.3 Hitsauksen lisäaineet

Laadunvalvontatoimenpiteet on esitetty taulukossa 11.3.

**Taulukko 11.3***Hitsauksen lisäaineiden laadunvalvontatoimenpiteet.*

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

**11.2.4 Pinnoitteet**

Laadunvalvontatoimenpiteet on esitetty taulukossa 11.4.

**Taulukko 11.4***Pinnoitteiden laadunvalvontatoimenpiteet.*

- merkintöjen perusteella tarkastetaan, että tuotteet vastaavat suunnitelmia
- valmistajan nimi

**11.2.5 Muut aineet ja tarvikkeet**

Muiden aineiden ja tarvikkeiden osalta noudatetaan näitä ohjeita soveltuvin osin.

**11.3.2 Pulttiliitokset**

Laadunvalvontatoimenpiteet on esitetty taulukossa 11.6.

**Taulukko 11.6.***Pulttiliitosten laadunvalvontatoimenpiteet.*

- ruuvien sijoituksen, lukumäärän ja välyksen silmämääräinen tarkastus rakenneluokassa 3
- rakenneluokissa 1 ja 2 suoritetaan silmämääräisen tarkastuksen lisäksi mittauksia. Riittäväksi määräksi otaksutaan 5 % reikien koko lukumäärästä samantyyppisiä liitoksia kohti.
- reiän tekotavan toteaminen suunnitelmien mukaiseksi
- KL-liitosten liitospinnat tarkastetaan
- KL-liitosten esijännittämisen tarkastus tehdään seuraavasti: Tarkastettavan ruuvin mutteriasento merkitään ja mutteria avataan ruuvin kantaa paikoillaan pitäen 1/6 osa 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 Valmistuksen laadunvalvonta****11.3.1 Aineiden ja tarvikkeiden käsittely**

Laadunvalvontatoimenpiteet on esitetty taulukossa 11.5.

**Taulukko 11.5***Aineiden ja tarvikkeiden käsittelyn laadunvalvontatoimenpiteet.*

- laadunvalvontaan kuuluu ainakin seuraavien asioiden tarkastus
  - leikkaustapa ja leikkausjälki
  - polttoleikkausluokka
  - taivutustapa ja -lämpötila
  - työstömenetelmät
  - railon muodot
  - lämpökäsittely
  - pintavikojen korjaus
  - mitat

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 suojausten tarkastaminen
  - mutterien lukitus tarkastetaan suunnitelmien mukaiseksi
  - pulttiliitokset tarkastetaan ennen rakenteiden peittämistä asennuspaikalla tai konepajassa
  - asennuksen edetessä pulttiliitoksia tarkastetaan siten, että pulttiliitosten kestävyys on riittävä ottaen huomioon asennusaikaiset kuormitukset.

**11.3.3 Hitsausliitokset**

Ainetta rikkomattomia tarkastuksia suorittavalta henkilöstöltä edellytetään sovellettavan standardin mukaisen järjestelmän 2. tason pätevyys kaikissa rakenneluokissa.

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

Taulukko 11.7

Hitsausliitosten laadunvalvontatoimenpiteet.

- 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 <sup>2)</sup>	Tarkastuslaajuus <sup>3)</sup>
1 <sup>1)</sup>	$Z \leq 0,5$	10 %
	$0,5 < Z \leq 0,8$	30 %
	$0,8 < Z$	100 %
2 <sup>1)</sup>	$Z \leq 0,8$	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  $Z = S_d/R_d$  tarkoitetaan voimasuureen ja kestävyuden suhdetta.
- 3) Hitsiluokassa WD riittää silmämääräinen tarkastus.

Pistokoetarkastuksessa (tarkastuslaajuus alle 100 %) tarkastetaan kestävyuden kannalta tärkeät hitsit siten, että vähintään vaadittu määrä hitseistä tulee tarkastetuiksi. 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 kuitenkin on ilmeinen, suoritetaan 10 %:n magneettijauhe- tai tunkeumanestetarkastus
  - käytettäessä pienahitsejä risteävissä liitoksissa, joissa liitettävien osien välinen kulma on pienempi kuin 45° ja hitsin hyväksikäyttöaste Z on suurempi kuin 0,5, varmistetaan hitsin laatu hitsauskokeella
- tunkeuman hyväksikäyttö kokeellisessa jauhekaarhitsauksessa, kun menetelmä ei ole hyväksyty 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
  - railopinnot
  - ilmaraoit
  - epäpuhtaudet, ruoste, öljy, vesi jne.
- hitsausolosuhteet
- a-mittojen tarkastus, muiden mittojen tarkastus
- hitsin liittyminen perusaineeseen.

### 11.3.4 Valmiit pinnoitteet ja pinnoitetyöt

Laadunvalvontatoimenpiteet on esitetty taulukossa 11.8.

Taulukko 11.8

Valmiiden pinnoitteiden ja pinnoitetöiden laadunvalvontatoimenpiteet.

- maalauksen osalta tarkastetaan ainakin seuraavat asiat:
  - maalaamattoman pinnan ruostumisaste
  - pinnan puhdistusaste ja käytetty puhdistusmenetelmä
  - eri maalikerrosten yhteensopivuus
  - maalausjärjestelmä merkintöjen perusteella
  - sovellettavassa standardissa ja maalitoimitajan tuoteselosteissa annettujen ohjeiden noudattaminen työtapojen, välineiden, olosuhteiden jne. osalta
  - 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.

### 11.3.5 Valmistustoleranssit

Mittatarkkuus todetaan tekemällä tarpeellinen määrä mittauksia.

### 11.4 Asennuksen laadunvalvonta

Laadunvalvontatoimenpiteet on esitetty taulukossa 11.9.

**Taulukko 11.9***Asennuksen laadunvalvontatoimenpiteet.*

Ennen töiden alkamista tutustutaan	— rakenteiden sijainti
— työselitykseen	— rakenteiden pysty- ja vaakasuoruus
— piirustuksiin	— kulmat
— asennussuunnitelmaan	— osien liittyminen toisiinsa
— hitsaussuunnitelmaan	— päämitat
— laadunvalvontasuunnitelmaan	— muut mitat
sekä tarkastetaan seuraavat asiat	— aineiden, tarvikkeiden ja valmisosien käsittely
— peruslinjat	— nostot
— peruspulttien sijainti ja korot.	— varastointi
Aineiden, tarvikkeiden ja valmisosien vastaanotto-	— sisäinen kuljetus
tarkastuksessa tarkastetaan seuraavat asiat	— suojaus
— rahtikirjat	— pulttiliitokset ks. kohta 11.3.2
— lähetyslistat	— hitsausliitokset ks. kohta 11.3.3
— kuljetusvauriot	— pintakäsittelyt ks. kohta 11.3.4
— käsittelyvauriot.	— hitsausolosuhteet
Asennustyön valvontaan kuuluvat seuraavat tarkas-	— lämpötila, kosteus, tuuli
tukset:	— hitsausasennot
	— telineet.

**11.5 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 koe-kuormituksella.

## LIITE 1

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

$A_{sp}$	Ruuvien jännityspoikkipinta-ala	$f_{cd}$	Puristuslujuuden laskenta-arvo nurjahduksen suhteen
E	Kimmokerroin	$f_{ck}$	Puristuslujuuden ominaisarvo nurjahduksen suhteen
$F_{Rg}$	Kitkaliitoksen liukumiskestävyys käyttörajatilassa	$f_d$	Veto- ja puristuslujuuden laskenta-arvo
$F_{Rh}$	Reunapuristus- ja reunarepeytymiskestävyys	$h_e$	Tehollinen korkeus
$F_{Rt}$	Ruuvien vetovoimakestävyys	i	Jäyhyys säde
$F_{Rv}$	Ruuvien leikkausvoimakestävyys	k	Lommahduskerroin
G	Liukukerroin	t	Ainepaksuus
I	Jäyhyysmomentti	$t_e$	Tehollinen paksuus
$I_v$	Vääntöjäyhyys	$t_f$	Laipan paksuus
$I_w$	Käyritysmisjäyhyys	$t_w$	Uuman paksuus
L	Pituus, jänneväli, tukien välinen etäisyys	$\gamma_m$	Aineosavarmuusluku
$L_c$	Nurjahduspituus	$\lambda_k$	Hoikkuus
M	Laskentakuormituksen aiheuttama taivutusmomentti	$\lambda_k$	Sauvan muunnettu hoikkuus nurjahduksessa
$M_R$	Sauvan kestävyys taivutusmomentille, kun kiepahdus ei ole määräävä	$\lambda_l$	Sauvan muunnettu hoikkuus kiepahduksessa
$M_{Rl}$	Sauvan kiepahduskestävyys	$\lambda_p$	Taso-osan muunnettu hoikkuus
N	Laskentakuormituksen aiheuttama normaali-voima, jännitysvaihtelujen lukumäärä	$\mu$	Kitkakerroin
$N_{Rc}$	Sauvan kestävyys puristavalle normaalivoimalle	$\nu$	Suppeuskerroin
$N_{Rt}$	Sauvan kestävyys vetävälle normaalivoimalle	$\sigma_{el}$	Taso-osan kimmoteorian mukainen lommahdusjännitys
V	Laskentakuormituksen aiheuttama leikkausvoima	$\sigma_{el,l}$	Kimmoteorian mukainen kiepahdusjännitys
$V_R$	Sauvan kestävyys leikkausvoimalle	$\Delta f_k$	Ominaisväsymisraja
W	Kimmoteorian mukainen taivutusvastus	$\Delta \sigma_{ekv}$	Ekvivalentti jännityksen vaihteluväli
$W_e$	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		
			Tärkeimmillä alaindeksillä 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

**Suomen rakentamismääräyskokoelma  
B7 Teräsrakenteet, Ohjeet 1987**

Sovellettavien standardien luettelo 2.4.1987

## 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 110	Metalliset muotovalmisteet. Yleiset tekniset toimitusehdot ja tarkastusmääräykset. 1978
SFS 200	Yleiset rakenneteräkset. Laatuvaatimukset. 1986
SFS 250	Yleiset rakenneteräkset. Hienoraeteräkset. Laadut ja merkintä. 1977
SFS 251	Yleiset rakenneteräkset. Hienoraeteräkset. Näytteenotto ja aineenkoetus. 1977
SFS 255	Yleinen rakenneteräs. Hienoraeteräs Fe 355. 1977
SFS 256	Yleinen rakenneteräs. Hienoraeteräs Fe 390. 1977
SFS 2018	Kuumavalssatut pyörötangot. 1982
SFS 2019	Kuumavalssatut neliötangot. 1982
SFS 2020	Kuumavalssatut kuusiotangot. Mitat ja sallitut poikkeamat. 1967
SFS 2021	Kuumavalssatut teräsnauhat. Mitat ja sallitut poikkeamat. 1967
SFS 2022	Kuumavalssatut lattatangot. 1982
SFS 2023	Kuumavalssatut leveät lattatangot. 1982
SFS 2024	Kuumavalssatut kulmatangot. Tasakylkiset, pyöreäsärmäiset. 1982
SFS 2025	Kuumavalssatut kulmatangot. Erikylikiset, pyöreäsärmäiset. 1982
SFS 2026	Kuumavalssatut U-tangot. Pyöreäsärmäiset. 1982
SFS 2028	Kuumavalssatut kapeat I-tangot. Mitat ja sallitut poikkeamat. 1967
SFS 2029	Kuumavalssatut puolileveät I-tangot. IPE. 1982
SFS 2030	Kuumavalssatut leveät I-tangot. Kevyet HE...A. 1982
SFS 2031	Kuumavalssatut leveät I-tangot HE...B ja IB. 1982
SFS 2121	Kuumavalssatut terästangot. Tasalaipaiset USP-tangot. 1982
DIN 17100	Allgemeine Baustähle. Gütenorm. 1980 — Standardin DIN 17100 mukaisista teräslaaduista tämän luettelon piiriin kuuluvat standardin SFS 200 teräslaatuja Fe 37, Fe 44 ja Fe 52 vastaavat teräslaadut St 37, St 44 ja St 52.
SFS 5001	Kylmämuovautut putkipalkit. Mitat ja rakenneominaisuudet. 1984
Euronorm 25—72	General structural steels.

**Hitsaus**

SFS 2218	Hitsaus. Hitsaajan pätevyyskoe. 1980
SFS 2224	Hitsaus. Päälystetyt liitoshitsauspuikot seostamattomille, niukkaseosteisille ja hienoraeteräksille. Laatuvaatimukset ja testaus. 1984
SFS 2368	Hitsaus. Hitsausasennot. 1980
SFS 2373	Hitsaus. Staattisesti kuormitettujen teräsrakenteiden hitsausliitosten mitoitus ja lujuuslaskenta. 1980
SFS 2378	Hitsaus. Väsyttävästi kuormitettujen hitsausliitosten mitoitus ja lujuuslaskenta. 1985
SFS 2379	Hitsaus. Teräsrakenteiden hitsausliitokset. Hitsiluokat 1983
SFS-ISO 2553	Hitsaus. Merkinnot piirustuksiin. 1985
SFS 3050	Hitsaussanasto. Yleiset hitsaustermit. 1983
SFS 3051	Hitsaussanasto. Hitsien käsittely ja tarkastus. Hitsausvirheet. 1983
SFS 3052	Hitsaussanasto. Railo ja sen valmistus, hitsit ja liitosmuodot. 1983
SFS 3053	Hitsaussanasto. Terminen leikkaus. 1983
SFS 3054	Hitsaussanasto. Kaarihitsaus. 1983
SFS 3055	Hitsaussanasto. Vastushitsaus. 1983
SFS 3056	Hitsaussanasto. Kaasuhitsaus. 1983
SFS 3327	Hitsaus. Jauhekaarihitsauksen lisäaineet seostamattomille, niukkaseosteisille ja hienoraeteräksille. Laatuvaatimukset ja testaus. 1979
SFS 3328	Hitsaus. Metallikaasukaarihitsauksen lisäaineet ja suojakaasut seostamattomille, niukkaseosteisille ja hienoraeteräksille. Laatuvaatimukset ja testaus. 1981.
SFS 3393	Työtapaohittaiset toleranssit. Hitsatut rakenteet. 1975
SFS 4075	Hitsaus. Hitsauspuikot ja kaasuhitsauksen lisäaineet. Halkaisijat toleransseineen. 1977
SFS 4471	Hitsauksen suojakaasut. 1980
SFS 4594	Hitsaus. Railomuodot teräksen hitsaukseen. 1980
SFS 5067	Hitsaus. Hitsiluokkien hyväksymisrajat. Radiografinen kuvaus. 1985
SFS 5108	Hitsaus. Ultraäänitarkastuksessa käytettävät hyväksymisrajat. 1985
Teknillinen tarkastuskeskus	Hyväksytyt hitsauspuikkojen sekä jauhekaari- ja metallikaasukaarihitsauksen lisäaineiden luettelo 16.4.1987

**Metallin aineenkoetus**

SFS 3	Ainestodistukset. 1979
SFS 2853	Metallien iskukoe, Charpy-V. 1974
SFS 3173	Metallin vetokoe. 1974
SFS 3207	Rikkomaton aineenkoetus. Radiografinen kuvaus. Terästen hitsausliitokset. 1979
SFS 3284	Rikkomaton aineenkoetus. Ultraäänitarkastus. Yleiset ohjeet. 1975
SFS 3285	Rikkomaton aineenkoetus. Suurten terästakeiden ultraäänitarkastus. 1975
SFS 3286	Rikkomaton aineenkoetus. Magneettijauhetaarkastus. Yleiset ohjeet. 1975
SFS 3287	Rikkomaton aineenkoetus. Tunkeumanestetarkastus. Yleiset ohjeet. 1974
SFS 3288	Rikkomaton aineenkoetus. Ultraäänitarkastus. Tarkistuskappale 1. 1976
SFS 3289	Rikkomaton aineenkoetus. Ultraäänitarkastus. Tarkistuskappale 2. 1976

- SFS 3290 Rikkomaton aineenkoetus. Hitsausliitosten ultraäänitarkastus. 1982
- SFS 3294 Rikkomaton aineenkoetus. Teräslevyjen ultraäänitarkastus. 1982

#### Metallin korroosio

- SFS 2765 Metallien pinnoitteet. Teräksen ja valuraudan kuumasinkkipinnoitteet. 1972
- SFS 2766 Metallien pinnoitteet. Teräksen ja valuraudan sähkösinkkipinnoitteet. 1983
- SFS 3107 Metallien pinnoitteet. Sinkki- ja alumiiniruiskutus teräksen ja valuraudan korroosionestoon. 1974
- SFS 3761 Maalit ja lakat. Teräspintojen ruostumisaasteet ja ruosteenpoistoasteet. 1978
- SFS 4426 Korroosionestomaalauksen takuuehdot. 1979
- SFS 4449 Metallien pinnoitteet. Kierteittyjen teräskappaleiden kuumasinkitys. Metriset pulttikierteet. 1979
- SFS 4596 Metallin korroosio. Ympäristöolosuhteiden luokitus. 1980
- SFS 4956 Korroosionestomaalaus. Suunnittelu. 1984
- SFS 4957 Korroosionestomaalaus. Esikäsitellyt. 1983
- SFS 4958 Korroosionestomaalaus. Maalauksen huomioon ottaminen teräsrakenteen suunnittelussa. 1983
- SFS 4959 Korroosionestomaalaus. Maalausmenetelmät ja maalaustyö. 1983
- SFS 4960 Korroosionestomaalaus. Laadunvalvonta. 1983
- SFS 4961 Korroosionestomaalaus. Korjausmaalaus. 1984
- SFS 4962 Korroosionestomaalaus. Maalit ja maalausjärjestelmät. 1984
- SFS 4963 Korroosionestomaalaus. Maalausjärjestelmän käyttösuositus metsäteollisuudelle. 1984
- SIS 055900 Rostgrader hos stålytor och noggrannhetsgrader vid stålytors förbehandling för rostskyddsmålning

#### Ruuvit, mutterit ja aluslaatat

- SFS 2017 Ruuvit, mutterit ja niiden tarvikkeet. Nimitys. 1981
- SFS 2171 Metriset ruuvit ja mutterit. Teknilliset toimitusehdot. Yleiskatsaus. 1968
- SFS 3898 Ruuvien vapaareiät. 1982

#### Ruuvit

- SFS 2002 Metrinen ISO-kierre. Peruseromitat ja toleranssit. 1966  
— Kitkaliitoksissa kierretoleranssina käytetään 6 g ruuveissa ja 6 H muttereissa.
- SFS 2063 Kuusioruuvit (ei täyskierteiset). Metrinen ISO-vakiokierre M4...M39. 1966
- SFS 2064 Kuusioruuvit, täyskierteiset. Metrinen ISO-vakiokierre M4...M39. 1966
- SFS 2067 Kuusiomutterit. Korkeus  $\approx 0,8$  d. Metrinen ISO-vakiokierre M1,6...M39. 1966
- SFS 2172 Ruuvit ja mutterit. Toleranssit. Tarkkuusasteet A, B ja C.  
— Kitkaliitoksissa käytetään tarkkuusastetta A.
- SFS 2173 Metriset ruuvit ja mutterit. Teknilliset toimitusehdot. Lujuusominaisuudet. 1968.
- SFS 2174 Metriset ruuvit ja mutterit. Lujuusominaisuuksien tarkastus. 1968

- SFS 2175 Metriset ruuvit ja mutterit. Teknilliset toimitusehdot. Merkintä ja pakkaus. 1968
- SFS 2197 Ruuvit. Ruuvien ja kierteen pituus. Metrinen ISO-kierre. 1967
- DIN 6914 Sechskantschrauben mit grossen Schlüsselweiten für HV-Verbindungen in Stahlkonstruktionen. Dezember 1970  
— Käytetään kitkaliitoksissa lujuusluokan 10.9 ruuveina.
- DIN 6915 Sechskantmuttern mit grossen Schlüsselweiten für HV-Verbindungen in Stahlkonstruktionen. Januar 1971  
— Käytetään kitkaliitoksissa lujuusluokan 10 muttereina.

#### Aluslaatat

- SFS 2041 Pyöreät aluslaatat metrisiä kuusioruuveja ja muttereita varten. Tarkkuusluokka m. 1969  
— Käytetään kitkaliitoksissa, kun ruuvien lujuusluokka on 8.8 ja mutterin lujuusluokka 8. Aineen tulee tällöin vastata DIN 17200 mukaista ainetta C 45, joka on nuorutettu vetolujuuteen 1000...2000 N/mm<sup>2</sup> ja HV-koivuus on 2950...3500 N/mm<sup>2</sup>.
- SFS 2042 Pyöreät aluslaatat metrisiä kuusioruuveja ja muttereita varten. Tarkkuusluokka g. 1969
- SFS 2043 Aluslaatat. Toleranssit. Tarkkuusasteet A ja C. 1982
- SFS 4717 U-rauta aluslaatat. 1981
- SFS 4718 I-rauta aluslaatat. 1981
- DIN 6916 Scheiben rund für HV-Verbindungen in Stahlkonstruktionen. Dezember 1970  
— Kitkaliitoksissa vaatimukset ovat samat kuin on mainittu standardin SFS 2041 yhteydessä.
- DIN 6917 Scheiben vierkant für HV-Verbindungen an I-trägern in Stahlkonstruktionen. Dezember 1970  
— Kitkaliitoksissa vaatimukset ovat samat kuin on mainittu standardin SFS 2041 yhteydessä.
- DIN 6918 Scheiben vierkant für HV-Verbindungen an U-trägern in Stahlkonstruktionen. November 1970  
— Kitkaliitoksissa vaatimukset ovat samat kuin on mainittu standardin SFS 2041 yhteydessä.

#### Muut standardit

- SFS 4072 Polttoleikkaus. Leikatun kappaleen mitatoleranssit ja leikatun pinnan laatu-  
luokat. 1977
- SFS 4193 Rakennusosien palonkestävyyden määrittäminen. 1978
- Hyväksytty Nordtest schema for Examination and Certification of Non-destructive Testing Personnel  
NDT-henkilöstön pätevyyden toteamiseksi

Tata julkaisua myy

  
**VALTION  
PAINATUSKESKUS**

POSTIMYYNTI  
PL 516  
00101 Helsinki  
Puh. (90) 566 0266  
Vaihde (90) 566 01  
Teleksi 123458 vapk sf

**KIRJAKAUPAT HELSINGISSÄ**

Annankatu 44  
(Et. Rautatiekadun kulma)  
Vaihde (90) 173 4396  
Eteläesplanadi 4  
Puh. (90) 662 801

ISBN 951-860-584-X