

Puurakenteet

OHJEET 2001

Ympäristöministeriön asetus puurakenteista

Annettu Helsingissä 6 päivänä lokakuuta 2000

Ympäristöministeriön päätöksen mukaisesti säädetään 5 päivänä helmikuuta 1999 annetun maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) 13 §:n nojalla rakentamisessa sovellettaviksi seuraavat ohjeet puurakenteista.

Ohjeet on ilmoitettu Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 98/34/EY, muut. 98/48/EY mukaisesti.

Tämä asetus tulee voimaan 1 päivänä tammikuuta 2001 ja sillä kumotaan ympäristöministeriön 29 päivänä syyskuuta 1982 antama päätös puurakenteista siihen myöhemmin tehtyine muutoksineen. Ennen asetuksen voimaantuloa vireille tulleeseen lupahakemukseen voidaan soveltaa aikaisempia ohjeita.

Helsingissä 6 päivänä lokakuuta 2000

Ympäristöministeri *Satu Hassi*

Yli-insinööri Jaakko Huuhtanen

2 Sisällys

1	YLEISTÄ	6	LAHONTORJUNTA
1.1	Soveltamisala	6.1	Sovellutusalue
1.2	Vastavuoroinen tunnustaminen	6.2	Rakenteellinen suojaus
1.3	Määritelmiä	6.3	Kemiallinen suojaus
1.4	Merkintöjä		
2	MATERIAALIT	7	RAKENTAMINEN
2.1	Rakennuspuutavara	7.1	Materiaalin ja rakennusosien säilytys työmaalla
2.2	Liimapuu	7.2	Rakennustarvikkeiden ennakkotarkastus
2.3	Puulevyt	7.3	Rakenteiden kokoaminen
2.4	Mekaaniset liittimet	7.4	Muodonmuutosten huomioonotto
2.5	Liimat		
2.6	Muut rakenneosat	8	MITOITUS SALLITTUJA JÄNNITYKSIÄ KÄYTTÄEN
3	SUUNNITTELUPERUSTEET	8.1	Mitoitusperusteet
3.1	Rakennesuunnitelman sisältö	8.2	Laskennallinen mitoitus
3.2	Lujuudet ja kimmomoduulit	8.3	Rakenneosien mitoitus
3.3	Kuormien aikaluokat	8.4	Liitokset
3.4	Kosteusluokat		
4	MITOITUSPERUSTEET	9	PALOTEKNINEN MITOITUS
4.1	Sallitut taipumat	9.1	Yleisohjeet
4.2	Laskennallinen mitoitus	9.2	Paloteknisen mitoituksen perusteet
		9.3	Mitoitus
5	RAKENNEOSIEN MITOITUS		
5.1	Palkit ja pilarit		
5.2	Liitokset		
5.3	Levyrakenteet		

YLEISOHJEET

1.1 Yleistä

Tämä ohje on tarkoitettu kantavien rakenteiden suunnitteluohjeeksi. Rakenteiden materiaali voi olla puuta, kuitulevyä, lastulevyä, vaneria tai näiden yhdistelmiä tarpeellisine liittimineen. Lahontorjunnan osalta ohjetta sovelletaan myös kantaviin rakenteisiin liittyviin kantamattomiin rakenneseisiin.

Rakenteiden suunnittelijalla ja työnjohtajalla tulee olla tehtävien vaatavuutta vastaava pätevyys.

Jos rakennuskohteella on useita rakennesuunnittelijoita, on yksi heistä nimettävä rakenteiden pääsuunnittelijaksi, joka huolehtii siitä, että osasuunnitelmista muodostuu rakenteelliset vaatimukset täyttävä kokonaisuus.

1.2 Vastavuoroinen tunnustaminen

Mitä näissä ohjeissa on lausuttu SFS-standardista, koskee myös muussa Euroopan talousyhteisön jäsenmaassa voimassa olevaa turvallisuustasoltaan vastaavaa EN-standardia tai muuta standardia. Ympäristöministeriö ilmoittaa ne standardit, jotka vastaavat ohjeissa mainittua SFS-standardia.

Mitä näissä ohjeissa on lausuttu viranomaisen vaatimasta testauksesta tai tarkastuksesta taikka ympäristöministeriön hyväksymästä tarkastuselimestä, koskee Euroopan talousyhteisön muussa jäsenmaassa hyväksytyä turvallisuustasoltaan vastaavaa testausta tai tarkastusta taikka siellä hyväksytyä vastaavaa testauslaitosta tai tarkastuselintä. Ympäristöministeriö ilmoittaa ne testaus- ja tarkastusmenetelmät sekä testauslaitokset ja tarkastuselimet, jotka vastaavat ohjeissa mainittua testausta, tarkastusta, testauslaitosta tai tarkastuselintä.

1.3 Määritelmiä

Kapasiteetti

Rakenteen tai poikkileikkauksen kyky vastustaa voimia ja muodonmuutoksia.

Käyttörajatila

Rajatila, jossa rakenne lakkaa täyttämästä sille käytössä asetetut vaatimukset.

Laskentakuorma

Kuorma, jota käyttäen lasketaan voimasuureet tarkasteltavana olevassa rajatilassa. Laskentakuorma saadaan kertomalla ominaiskuorma kuorman osavarmuuskertoimella.

Laskentalujuus

Materiaalin osavarmuuskertoimella jaettu ominaislujuus.

Murtorajatila

Rajatila, jossa rakenne menettää kantokykynsä tai muutoin käyttökelpoisuutensa kantavana rakenteena.

Ominaiskimmomoduuli

Rakenteen materiaalin kimmomoduuli, joka määrättyllä todennäköisyydellä ylitetään.

Ominaislujuus

Rakenteen materiaalin lujuus, joka todennäköisyydellä 0,95 ylitetään.

1.4 Merkintöjä

D	vaarnan halkaisija
E	kimmomoduuli synn suuntaan
E_k	ominaiskimmomoduuli synn suuntaan
E_{\perp}	kimmomoduuli kohtisuoraan synn suuntaan vastaan
F	liitoksen leikkausvoima
G	liukumoduuli
I	poikkileikkauksen jäyhyysmomentti
V	leikkausvoima
b	palkin leveys
f	laskentalujuus
f_b	laskentataivutuslujuus
f_{bk}	ominaistaivutuslujuus
f_c	laskentapuristuslujuus synn suuntaan
f_{ck}	ominaispuristuslujuus synn suuntaan
$f_{c,\perp k}$	ominaispuristuslujuus kohtisuoraan synn suuntaan vastaan
f_t	laskentavetolujuus synn suuntaan
f_v	laskentaleikkauslujuus syiden suuntaisessa tasossa syiden suuntaan
$f_{v,\perp}$	laskentaleikkauslujuus syiden suuntaisessa tasossa kohtisuoraan syitä vastaan
f_{vp}	paneelileikkauslujuuden laskenta-arvo
f_{vpk}	ominaispaneelileikkauslujuus
f_{vpk_r}	kimmoteorian mukaan laskettu paneelileikkauksen jännitys lommahduksen suhteen
f_y	liittimen metallin myötöraja
h	korkeus
k	mekaanisen liitoksen siirtymäkerroin, kerroin kiskopaineen kapasiteettia laskettaessa
k_t	lommahdusta laskettaessa käytettävä kerroin
k_s	nurjahduksen huomioon ottava kerroin
L	jänneväli, puristussauvan pituus, kuormitusalueen pituus kiskopuristuksessa, naulan pituus kärjen puoleisessa puussa
L_h	redusoitu pituus, jolla otetaan huomioon naulan kannan kyky vastustaa läpimenoa
t	liimapuun lamellin paksuus, liitettävän puun paksuus mekaanisessa liitoksessa
t_u	ohutuumaisen palkin uumalevyn paksuus, laatapalkin rivan leveys

4	u	puun kosteus
	w	taipuma
	α	voiman ja puun syyn suunnan välinen kulma
	γ_m	rakenteen materiaalin osavarmuuskerroin
	δ	mekaanisen liitoksen siirtymä
	σ_b	laskentakuormien aiheuttama taiputusjännitys
	σ_c	laskentakuormien aiheuttama puristusjännitys syyn suuntaan
	σ_t	laskentakuormien aiheuttama vetojännitys syyn suuntaan

2

MATERIAALIT

2.1 Rakennuspuutavara

Rakennuspuutavaralla tarkoitetaan tässä ohjeessa pyöreätä puutavaraa ja sahatavaraa, joita käytetään kantavina rakenteina tai niiden osina.

Rakennuspuutavara luokitellaan joko visuaalisesti tai koneellisesti lujuusluokkiin T40, T30, T24 ja T18 tai Insta-lujuusluokkiin T3, T2 ja T1. Pyöreä puutavara kuuluu lujuusluokkaan T30. Puutavaran lujuusluokka osoitetaan siinä olevalla leimalla. Teollisesti valmistetuissa elementeissä, joissa lujuusluokkaa osoittava merkintä ei jää näkyviin, tulee lujuusluokkaa osoittavan leiman olla helposti tarkastettavassa paikassa. Lujuusluokkaa osoittavaa merkintää ei tarvita elementeissä, joiden valmistus tapahtuu ympäristöministeriön hyväksymän tarkastuselimen valvonnassa.

2.2 Liimapuu

Liimapuu on neljästä tai useammasta lamellista liimaamalla koottu puurakenne, jossa lamellien syyt ovat rakenteen pituussuuntaan. Mikäli lamelleja on vähemmän kuin neljä, sovelletaan rakennesahatavaraan annettuja ohjeita. Lamellit ovat joko mänty- tai kuusisahatavaraa.

2.3 Puulevyt

2.3.1 Kuitulevyt

Tässä ohjeessa käsitellään seuraavia standardin SFS-EN 622 mukaisia kuitulevyjä:

- puolikova kuitulevy
- kova kuitulevy

Puolikovaa ja kovaa kuitulevyä voidaan käyttää kosteusluokissa 1 ja 2.

2.3.2 Lastulevy

Lastulevyillä tarkoitetaan standardin SFS-EN 312 mukaisia levyjä. Mainitun standardin mukaisia levyjä voidaan käyttää kosteusluokissa 1 ja 2.

2.3.3 Vanerituotteet

Vanerilevyillä tarkoitetaan standardin SFS-EN 636 mukaisia levyjä.

2.3.4 Yhdistelmälevyt

Yhdistelmälevyihin luetaan puumateriaalista valmistetut levyt, jotka eivät ole kuitulevyä, lastulevyä tai vaneria. Yhdistelmälevyjen käyttömahdollisuudet eri kosteusluokissa on selvitettävä erikseen kullekin levyrakenteelle.

2.4 Mekaaniset liittimet

2.4.1 Naulat

Tämä ohje käsittelee lankanauloja, konenauloja sekä hakasia, joiden pääraaka-aine on teräs.

Kampanauloilla tulee profiloinnin harjan olla terävä ja ulosvetoa vastustavan pinnan tulee olla kohtisuorassa ulosvetosuuntaa vastaan. Harjoja tulee olla vähintään kaksi naulapaksuuden d matkalla. Sinkitys ei saa oleellisesti tasoittaa profilointia.

Kierrenaulassa tulee kierteen nousun rajoittua määrään $5d$, kun d on naulan paksuus.

Naulan kannan koko ja muoto vaikuttavat kannan läpimenolujuuteen. Normaalikokoisen kannan halkaisija on vähintään $2,5d$. Hakaset ja konenaulat voivat poiketa tästä.

2.4.2 Puuruuvit ja kuusiokantaruuvit (kansiruuvit)

Tämä ohje koskee standardien SFS 2286, 2287 ja 2288 mukaisia puuruuveja sekä standardin SFS 2248 mukaisia kuusiokantaruuveja.

2.4.3 Pultit

Tämä ohje koskee pultteja, jotka on valmistettu vähintään lujuusluokkaa S 235 olevasta teräksestä.

2.4.4 Vaarnat

Vaarnoilla tarkoitetaan tässä ohjeessa hammaslevyjä ja rengasvaarvoja, jotka yhdessä pultin kanssa muodostavat rasituksia kestävästi liitoksen.

2.4.5 Naulalevyt

Naulalevyjen tulee olla ruostesuojattuja tai ruostumatonta teräksestä valmistettuja. Kosteusluokissa 1 ja 2 ruostesuojauksen on vastattava vähintään kuumasinkitystä Z275. Kosteusluokassa 3 tai vesiliukoisia suoloja sisältävillä suoja-aineilla paine- tai tyhjiökyllästetyn puutavaran yhteydessä tulee käyttää vain ruostumatonta naulalevyä materiaalia. Kosteusluokkaan 4 kuuluvissa olosuhteissa naulalevyjä ei saa käyttää kantavien rakenteiden liitoksissa.

2.5 Liimat

Tässä ohjeessa liimat luokitellaan säänkestävyyden perusteella kahteen luokkaan

- säänkestäviin liimoihin ja
- muihin liimoihin.

2.5.1 Säänkestävät liimat

Käytettävien liimojen säänkestävyydestä on erikseen varmistauduttava. Säänkestäviä liimoja ovat mm.

- resorsinoliimit ja
- fenoliimit.

Liimatessa puurakenteita, jotka saattavat joutua kosteusluokan 2, 3 tai 4 mukaisiin kosteusolosuhteisiin, käytetään säänkestäviä liimoja. Liimapuukannatteissa käytetään säänkestäviä liimoja kosteusluokissa 3 ja 4. Säänkestäviä liimoja käytetään muissakin kosteusluokissa, mikäli rakenteet joutuvat tavallista korkeampaan lämpötilaan tai vahingolliset kaasut pääsevät vaikuttamaan liimasaumoihin.

2.5.2 Muut liimat

Säänkestämättömiä liimoja ovat mm.

- kaseiiniliimat ja
- urealiimat.

2.6 Muut rakenneosat

Muilla rakenneosilla tarkoitetaan tässä ohjeessa sellaisia puurakenteiden osia, joiden materiaaleja ei ole käsitelty kohdissa 2.1...2.5. Muita rakenneosia käytettäessä kiinnitetään erityistä huomiota puun ja sen kanssa käytettävän materiaalin yhteistoimintaan ja korroosion kestävyys. Muut rakenneosat mitoitetaan ao. materiaalia koskevien määräysten ja ohjeiden mukaan.

3

SUUNNITTELU- PERUSTEET

3.1 Rakennesuunnitelman sisältö

Rakennesuunnitelmissa esitetään rakennustarvikkeiden laatu, kuten esim. rakennesahatavaran lujuusluokka, kosteusluokka, liimapuukannatteen lujuus- ja liimausluokka sekä suunnittelukuormat, rakennustyöhön tarvittavat mitat ja mahdolliset asennusohjeet. Mikäli puurakenne joutuu valmiissa rakenteissa kosteampiin olosuhteisiin kuin rakennusaikana, esitetään suunnitelmissa saumakohtiin tarvittavat laajenemisvarat.

3.2 Lujuudet ja kimmomoduulit

Puumateriaalien lujuudet ja kimmomoduulit rajatilaimitoitusta varten annetaan ominaisuureina. Rakenteen kantavuutta määritettäessä (= murtorajatilatarkasteluissa) käytetään ominaislujuutena ja -kimmomoduulina arvoja, jotka 95 % koetuloksista ylittää. Muodonmuutoksia laskettaessa käytetään kimmomoduulien keskiarvoja.

Ominaislujuudet ja kimmomoduulit on määritetty n. 20 °C:n lämpötilassa kosteusluokkien keskivaiheella. Kosteusluokkaa 4 vastaavat arvot on määritetty märillä koekappaleilla.

3.3 Kuormien aikaluokat

Puurakenteita suunniteltaessa huomioon otettavat kuormitukset jaotellaan keston perusteella taulukon 3.1 mukaisesti luokkiin.

TAULUKKO 3.1 Kuormien aikaluokat.

Aikaluokka	Esimerkkejä
A	Omapaino
Pitkäaikainen	Maan- ja vedenpaine
kesto > 1,5 kk	Koneet
	Varastoitu tavara
B	Hyötykuorman pintakuorma
Lyhytaikainen	Lumikuorma
	Kosteuden vaihtelun aiheuttamat kuormat
C	Tuuli
Hetkellinen	Hyötykuorman pistekuorma
kesto < 10 h	≤ 2 kN
	Kaiteeseen vaikuttava kuorma

Taulukossa mainitsemattoman kuorman kuuluessa kahteen tai useampaan aikaluokkaan voidaan kuorma sijoittaa niistä lyhytaikaisimpaan, jos siihen kuuluu yli 25 % kuormasta.

Kuormitusyhdistelmän käsittäessä kestoiltaan erilaisia kuormia valitaan kuormitusyhdistelmän aikaluokaksi vaikutusajaltaan lyhimmän kuorman aikaluokka.

3.4 Kosteusluokat

Rakennetta suunniteltaessa otetaan huomioon puumateriaalin kosteustila rakennetta ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden (RH) mukaan. Taulukossa 3.2 annetaan kussakin kosteusluokassa ilman suhteellinen kosteus (RH).

TAULUKKO 3.2 Kosteusluokat.

Luokka	Suhteellisen kosteuden
Nimitys	RH kuukausikeskiarvo
1 Sisäkuiva	$RH < 0,6$
2 Ulkokuiva	$0,6 \leq RH < 0,8$
3 Kosteaa	$0,8 \leq RH < 0,95$
4 Märkä	$0,95 \leq RH$

Kosteusluokka 1: Kosteusluokkaan 1 kuuluu puurakenteen materiaali, joka on lämmitetyissä sisätiloissa tai vastaavissa kosteusoloissa. Kosteusluokkaan 1 luetaan myös lämmöneristekerroksessa olevat rakenteet sekä palkit, joiden vetopuoli on lämmöneristeen sisässä.

Kosteusluokka 2: Kosteusluokkaan 2 kuuluu ulkoilmassa kuivana oleva puurakenteen materiaali. Rakenteen on oltava katetussa tilassa sekä alta ja sivuilta hyvin kastumiselta suojattu.

Kosteusluokka 3: Kosteusluokkaan 3 kuuluu kosteassa tilassa (esim. ulkona säälle alttiina) oleva puumateriaali.

Kosteusluokka 4: Kosteusluokkaan 4 kuuluu veden välittömän vaikutuksen alaisena oleva puumateriaali.

4

MITOITUSPERUSTEET

Suunnittelussa otetaan huomioon ainakin

- kuormitusyhdistelmän aikaluokka
- rakenteen kosteusluokka
- rakenteen käyttökohde

Mitoitusperusteina käytetään

- lujuutta (rajatilatarkasteluissa murtorajatila)
- muodonmuutoksia (rajatilatarkasteluissa käyttörajatila)

4.1 Sallitut taipumat

Kokonaiskuorman aiheuttama taipuma, mikäli siitä on haittaa, ei saa lämpimän tilan yläpohjassa ylittää arvoa $L/200$, väli- ja alapohjassa arvoa $L/300$, eikä asuinrakennusten ala- ja välipohjassa hyötykuorman aiheuttama taipuma arvoa 12 mm. Ulokkeiden taipuma jännevälin suhteen saa olla kaksinkertainen. Pysyvän kuorman aiheuttama taipuma pyritään eliminoidaan ristikko-, liimapalkki- tms. rakenteissa rakenteen esikorotuksella. Kokonaiskuorman aiheuttamat sallitut taipumat saavat olla 1,25-kertaiset, jos

esikorotus on vähintään puolet alkuperäisestä taipumavaatimuksesta. Taipuma lasketaan määräävälle kuormitusyhdistelmälle aikaluokka huomioonottaen.

Kun levyä rasittaa pistekuorma $F_k = 1,5$ kN (aikaluokka C) rajoitetaan tukien päällä olevan lattialevyn taipuma tukien suhteen arvoon

$$w \leq L/200$$

4.2 Laskennallinen mitoitus

4.2.1 Poikkileikkausmitat

Sahatavaran edellytetään täyttävän kosteusolosuhteissa $u = 0,20$ poikkileikkauksen nimellismittojen suhteen seuraavat vaatimukset:

- + 4 mm / – 2 mm, kun mitta on alle 100 mm
- + 6 mm / – 3 mm, kun mitta on 100 mm tai yli.

Laskelmat tehdään siinä poikkileikkauksessa, joka on määräävin. Poikkileikkauksen heikennykset otetaan huomioon seuraavia periaatteita noudattaen:

- Rakennesahatavaran lujuusluokittelussa sallittavia poikkileikkauksen heikennyksiä ei tarvitse ottaa huomioon.
- Vedetyissä ja taivutetuissa rakenteissa otetaan huomioon loveukset, aukot, pulttien reiät, vaaranojen syvennykset jne.
- Kuitenkaan alle 6 mm paksujen naulojen heikennyksiä ei tarvitse ottaa huomioon.

4.2.1 Materiaalin osavarmuuskerroin

Murtorajatilatarkasteluissa materiaalin osavarmuuskerroin $\gamma_m = 1,3$, jolla ominaislujuudet ja kimmomoduulit jaetaan laskenta-arvojen saamiseksi. Materiaalin osavarmuuskerrointa voidaan pienentää 10 % vesikattorarakenteissa, jotka eivät toimi yläpohjan kantavana osana sekä sellaisessa yksikerroksisessa varasto- tai muussa vastaavassa rakennuksessa, jossa vain tilapäisesti oleskelee ihmisiä. Käyttörajatilatarkasteluissa materiaalin osavarmuuskerroin $\gamma_m = 1$.

4.2.3 Kimmo- ja lujuusarvot

Sahatavaran sekä liimapuun kimmo- ja lujuusarvot saadaan taulukoista 4.1–4.3. Liitosten lujuusarvot on esitetty kappaleessa 5.2.

Sahatavaran sekä liimapuun ominaislujuudet ja kimmomoduulit muussa aikaluokassa kuin B ja muussa kosteusluokassa kuin 1 saadaan taulukon 4.2 korjauskertoimen avulla.

TAULUKKO 4.1.

Sahatavaran ominaislujuudet ja -kimmomoduulit sekä keskimääräiset kimmomoduulit aikaluokassa B ja kosteustilassa 1. Yksikkö MN/m².

Lujuusluokka	T40	T30	T24	T18
		T3	T2	T1
Lujuuksia laskettaessa				
Taivutus, f_{bk}	29	23	20	16
Puristus, f_{ck}	28	22	19	15
Puristus, $f_{c\perp k}$	4,5	3,7	3,1	2,6
Veto, f_{tk}	19	15	13	8
Veto, $f_{t\perp k}$	0,4	0,4	0,4	0,4
Leikkaus, f_{vk}	2	2	2	2
Leikkaus, $f_{v\perp k}$	1	1	1	1
Kimmomoduuli, E_k	7000	6000	5000	4000
Liukumoduuli, G_k	350	300	250	200
Muodonmuutoksia laskettaessa				
Kimmomoduuli, \bar{E}	8500	7000	6500	5500
Kimmomoduuli, \bar{E}_\perp	280	230	180	160
Liukumoduuli, \bar{G}	420	350	320	270

TAULUKKO 4.2.

Korjauskertoimet eri aika- ja kosteusluokkayhdistelmille aikaluokan B ja kosteusluokan 1 suhteen.

Aika-luokka	Lujuuksia laskettaessa				Muodonmuutoksia laskettaessa			
	Kosteusluokka				Kosteusluokka			
	1 ja 2	3	4		1	2	3	4
A	0,8	0,65	0,6		0,8	0,7	0,6	0,35
B	1	0,85	0,75		1	1	0,8	0,6
C	1,3	1	0,9		1,3	1,3	1	0,8

Märän tai tuoreen puutavaran mitoitusarvot valitaan kosteusluokka 4:n mukaan.

TAULUKKO 4.3.

Liimapuun ominaislujuudet ja -kimmomoduulit sekä keskimääräiset kimmomoduulit aikaluokassa B ja kosteusluokassa 1. Yksikkö MN/m².

Lujuusluokka	L40	L30
Lujuuksia laskettaessa		
Taivutus, f_{bk}	31	25
Puristus, f_{ck}	30	24
Puristus, $f_{c\perp k}$	4,3	3,5
Veto, f_{tk}	21	17
Veto, $f_{t\perp k}$	0,4	0,4
Leikkaus, f_{vk}	2,4	2,4
Leikkaus, $f_{v\perp k}$	1,2	1,2
Kimmomoduuli, E_k	6600	5500
Liukumoduuli, G_k	330	270
Muodonmuutoksia laskettaessa		
Kimmomoduuli, \bar{E}	8500	7000
Kimmomoduuli, \bar{E}_\perp	280	230
Liukumoduuli, \bar{G}	420	350

Liimapuupalkin korkeuden ylittäessä 300 mm vähennetään taivutuskapasiteettia kertoimella C_F .

$$C_F = \left(\frac{300}{h} \right)^{1/9} \quad \text{jossa } h = \text{palkin korkeus (mm).}$$

h (mm)	300	600	1 000	1 500	2 000
C_F	1,0	0,93	0,87	0,84	0,81

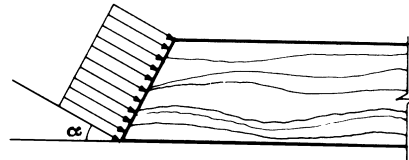
5**RAKENNEOSIEN MITOITUS****5.1 Palkit ja pilarit****5.1.1 Puristus**

Mikäli puristusrasitus on kulmassa α syyn suuntaan nähden, tarkistetaan, että

$$\sigma_{c\alpha} \leq f_c - (f_c - f_{c\perp}) \sin\alpha \quad (\text{kuva 5.1}) \quad (5.1)$$

jossa

$\sigma_{c\alpha}$ on laskentakuormien aiheuttama puristusjännitys kulmassa α syyn suuntaan nähden
 f_c on vastaava laskentalujuus syyn suuntaan ja
 $f_{c\perp}$ on vastaava laskentalujuus kohtisuoraan syyn suuntaan vastaan.



Kuva 5.1. Puristus kulmassa α syyn suuntaan nähden.

Kuvan 5.2 mukaisen kiskopaineen vaikuttaessa tarkistetaan, että

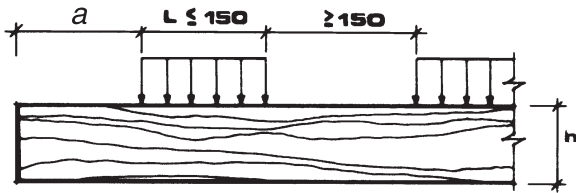
$$\sigma_{c\perp} \leq k f_{c\perp} \quad (5.2)$$

jossa

$$k = \begin{cases} 1 + \frac{150 - L}{150}, & \text{kun } a \geq 100 \text{ mm} \\ 1 + \frac{a}{100} \frac{150 - L}{150}, & \text{kun } a < 100 \text{ mm} \end{cases}$$

$\sigma_{c\perp}$ on laskentakuormien aiheuttama puristusjännitys kohtisuoraan syyn suuntaa vastaan ja
 $f_{c\perp}$ on vastaava laskentalujuus

Sama koskee leimapainetta.



Kuva 5.2. Kiskopaine (mitat mm).

Kertoimelle k on laskettu eräitä arvoja taulukossa 5.1.

TAULUKKO 5.1

Kaavan (5.2) k -kerroin, kun $a \geq 100$ mm.

L (mm)	15	30	45	50	60	75	100	120	150
k	1,9	1,8	1,7	1,67	1,6	1,5	1,33	1,2	1,0

Naulalevyrakenteen tukipainekapasiteettia voidaan korottaa paarteen naulalevyvahvistuksella.

5.1.2 Kiepahdus

Suoran poikkileikkaukseltaan suorakaiteen muotoisen taivutetun palkin kiepahdus otetaan huomioon kertomalla laskentalujuus kertoimella k_k , joka saadaan taulukosta 5.2 α_k :n funktiona. Taulukon 5.2 apusuure α_k saadaan kaavasta (5.3).

TAULUKKO 5.2.

Kiepahduskertoimen k_k riippuvuus apusuureesta α_k .

$\alpha_k < 0,75$	$k_k = 1$
$0,75 \leq \alpha_k < 1,4$	$k_k = 1,56 - 0,75 \alpha_k$
$1,4 \leq \alpha_k$	$k_k = 1 / \alpha_k^2$

$$\alpha_k = \frac{k_{k1}}{b} \sqrt{h \cdot L_k} \quad (5.3)$$

jonka kerroin k_{k1} saadaan eri kuormitus- ja tuentatapauksille taulukosta 5.3 ja jossa L_k on palkin kiertymisen estävien sivutukien väli.

Palkin puristetun reunan kiepahdustuet mitoitetaan kohdan 5.1.5 mukaisesti voimalle F_d käyttäen puristusvoimalle arvoa

$$N_d = (1 - k_k) \frac{M_d}{h} \quad (5.4)$$

jossa

k_k -kerroin määritetään tukemattoman palkin arvona taulukosta 5.2,

M_d on palkkiin vaikuttava maksimimomentti ja

h on palkin korkeus.

TAULUKKO 5.3. Kaavan (5.3) k_{k1} -kerroin.

Kuormitus- ja tuentatapaukset	k_{k1}
	0,075
	0,070
	0,065
	0,050
	0,065
	0,045
	0,040

5.1.3 Leikkaus

Leikkausvoimia laskettaessa voidaan palkin yläreunaan vaikuttavia kuormia pienentää lineaarisesti, mikäli ne ovat lähempänä kuin palkin korkeuden etäisyydellä tuelta. Lovien vaikutus palkin lujuuteen lasketaan luotettavan selvityksen perusteella.

Liimapuukannattajissa vedettyyn reunaan saa tehdä loveuksia vain VTT:n erityisselvityksen perusteella.

5.1.4 Taivutus ja normaalivoima

Vedon ja taivutuksen rasittamassa palkissa tarkistetaan, että vedetyllä alueella

$$\frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1 \quad (5.5)$$

Puristuksen ja taivutuksen rasittamassa palkissa tarkistetaan, että puristetulla alueella

$$\frac{|\sigma_c|}{f_c} + \frac{|\sigma_b|}{f_b} \leq 1 \quad (5.6)$$

5.1.5 Nurjahdusalttiin sauvan mitoitus

Nurjahdusalttiissa sauvassa tarkistetaan, että

$$\frac{|\sigma_c|}{k_s f_c} + \frac{|\sigma_b|}{f_b} \leq 1 \quad (5.7)$$

jossa

k_s on kuvasta 5.3 saatava kerroin.

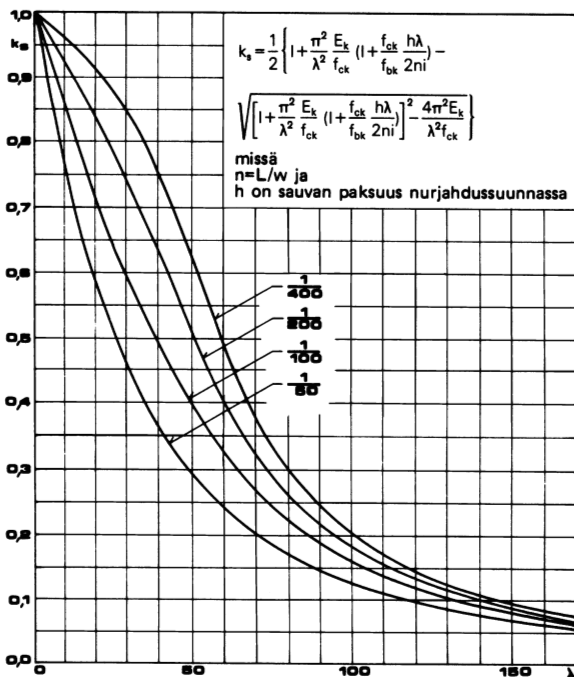
Kuvan 5.3 merkinnät ovat:

λ on puristetun rakenteen hoikkuus ($=L_c/i$), enintään 170

L_c on nurjahduspituus, joka tavallisille tuentatapa-
paukselle annetaan taulukossa 5.4

i on poikkileikkauksen jäyhyysäde ($=\sqrt{I/A}$)

k_s -kerrointa määritettäessä on otettu huomioon puristusvoiman alkuepäkeskisyys, joka koostuu sauvan käyryydestä, kuorman epäkeskisyyden ja poikkitaivutuskuormien aiheuttamasta taipumasta. Sauvan normaali-
livoiman epäkeskisyyden aiheuttamaa taiputusjännitystä ei tarvitse erikseen ottaa huomioon. Normaalisti riittää kuvan 5.3 tapauksen $w = L/400$ alkuepäkeskisyys.



Kuva 5.3. Nurjahduksen huomioon ottava kerroin k_s .

Sivuittaistuettavan puristusauvan kukin tuki mitoitetaan vähintään voimalle:

$$F_d = \frac{N_d}{50} \quad \text{sahatavaralla ja} \quad (5.8)$$

$$F_d = \frac{N_d}{80} \quad \text{liimapuulla,}$$

jossa N_d on sauvan puristusvoima.

TAULUKKO 5.4.

Puristusauvan nurjahduspituudet (L_c) eri tukemistapa-
pauksille, kun sauvan pituus on L .

Tuentatapa	Nurjahdus- pituus L_c
Sauva on jäykästi kiinnitetty molemmista päistään	0,7 L
Sauva on jäykästi kiinnitetty toisesta ja nivelellisesti toisesta päistään	0,85 L
Sauva on nivelöity molemmista päistään	1,0 L
Sauva on jäykästi kiinnitetty toisesta päästä ja toisesta päästä kiinnitetty suunnalleen, muttei asemalleen	1,5 L
Sauva on jäykästi kiinnitetty toisesta päistään ja toisesta päistään vapaa	2,5 L

5.1.6 Lisäohjeita

Jos liimapuupalkissa on eri lujuusluokkia olevaa puutavaraa, sen taiputuskapasiteetti voidaan laskea ulkolamellien (uloimman kuudenneksen) mukaan. Poikkileikkauksen muut kapasiteetit lasketaan kimmomoduulien suhteen painotettuna. Kaarevissa palkeissa, tarkistetaan kaarevuudesta johtuvat lamelleja vastaan kohtisuorat lisärasitukset.

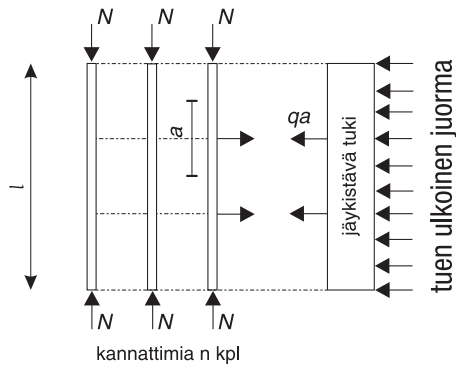
Mekaanisilla liittimillä koottuja palkkeja suunniteltaessa otetaan huomioon, ettei palkin jäyhyysmomenttia ja taiputusvastusta laskettaessa voida olettaa koko poikkileikkausta yhtenäiseksi, vaan homogeeniselle poikkileikkaukselle laskettu arvo on kerrottava pienennyskerroimella.

5.1.7 Palkiston ja ristikkorakenteiden poikkitaivutuksen mitoitus

Sivuittaistuetuutta tarvitsevat vierekkäiset yhdensuuntaiset kannatteet (ks. kuva 5.4) on varustettava jäykistävin poikkitaivutuksen (esim. tuuli) lisäksi kestettävä pituusyksikköä (m) kohden kuorma

$$q_d = \frac{nN_d}{50l} \quad (5.9)$$

N_d on keskimääräinen puristusvoima kannattajan yläpaarteessa. Palkin tapauksessa N_d lasketaan kohdan 5.1.2 mukaisesti. n on jäykistävässä rakenteeseen sidottujen vierekkäisten kannattajien lukumäärä ja l on kannattajan pituus metreinä.



Kuva 5.4. Poikittaistuettu palkisto tai ristikkosysteemi.

5.2 Liitokset

Liitokset jaetaan

- mekaanisiin liitoksiin
- liimaliitoksiin (varsinaiset liimaliitokset ja naulaliimaliitokset)

Kantavien rakenteiden liitokset mitoitetaan murtorajatilan (lujuus) ja tarvittaessa myös käyttörajatilan

(muodonmuutokset) mukaan. Ellei korjauskertoimia ole annettu kuormien aikaluokille ja kosteusluokille, käytetään taulukon 4.2 kertoimia.

Jos käytetään epäsymmetrisiä liitoksia tai liitokseen tuleva voima on epäkeskinen, otetaan syntyvät lisärasitukset huomioon liitoksen lujuutta laskettaessa.

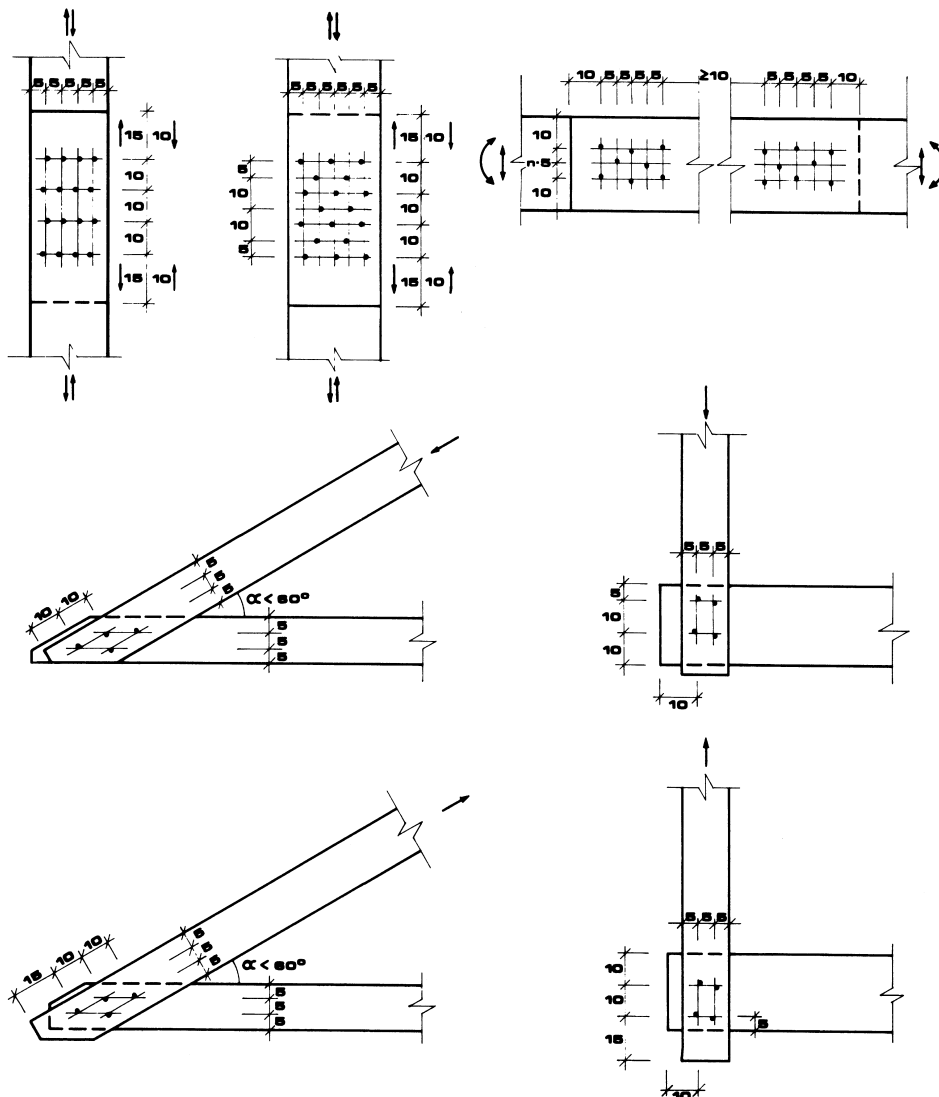
Käytettäessä eri liitintyyppiä samassa liitoksessa otetaan huomioon liitinten jäykkyydet ja niiden vaikutus voimien jakautumiin. Liiman ja mekaanisen liittimen ei lasketa toimivan yhdessä. Mikäli liittimiä on peräkkäin enemmän kuin 10, lasketaan 10 liittintä täysimääräisenä ja muista 2/3.

5.2.1 Mekaaniset liitokset

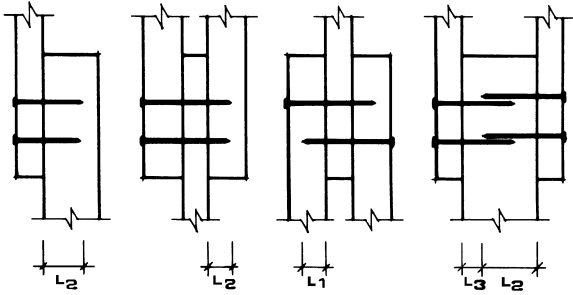
Naulaliitokset

Naulaliitoksen naulojen pienimmät sallittavat etäisyydet on annettu kuvassa 5.5. Lisäksi on huomattava seuraavaa:

- Naulat lyödään kohtisuoraan synn suuntaa vastaan. Synn suuntaan lyödyn naulan laskentatarvoja alennetaan 70 %. Synn suuntaan lyödyl-



Kuva 5.5. Naulojen pienimmät sallitut etäisyydet (yksikkönä naulan paksuus d), kun puun paksuus $t \geq 8d$.



Kuva 5.6. Naulan kärjen ankkurointipituus eri ta-pauksissa (vrt. teksti). L_1 liittyy vuorotellen vastak-kaisilta puolilta lyötyihin nauloihin ja L_2 samalta puolelta lyötyihin nauloihin.

- lä naulalla ei kuitenkaan ole ulosvetolujuutta.
- Puun paksuuden on oltava yleensä vähintään 8 d. Lisäksi kärjen puoleisen puun on oltava niin paksu, että seuraavat vaatimukset täyttyvät (kuva 5.6):
 - kaksileikkeisissä liitoksissa $L_1 \geq 8d$ ja
 - yksileikkeisissä liitoksissa $L_2 \geq 12d$
 - sileillä nauloilla ja $L_2 \geq 8d$ kampa- ja kierrenauloilla.
- Mikäli $L_3 \geq 3d$ (kuva 5.6), saavat eri puolilta lyödyt naulat koskettaa toisiaan.
- Naulojen pienimmille keskinäisille etäisyyksille sallitaan 20 % hajonta.
- Syyn suunnassa peräkkäiset naulat lyödään kuvan 5.5 mukaisesti naulapaksuuden verran syyn suunnasta sivuun halkeiluvaaran vuoksi.
- Mikäli liitokseen tulee laskelmien mukaan 1 tai 2 naulaa, lisätään liitoksen naulamäärää yhdellä.
- Yleensä naulat lyödään niin syväälle, että naulan kanta on puupinnan tasossa.

Nelikulmaisilla lankanauloilla kootun puuliitoksen ominaisleikkauslujuus (F) saadaan taulukosta 5.5 edellyttäen, että liitos täyttää edellä annetut rakenteelliset ohjeet.

Liitettäessä sahatavaraa pyöreään puutavaraan kerrotaan taulukon 5.5 arvot 0,65:lla. Kahden pyöreän puun välistä liitosta ei pidetä voimia siirtävänä liitoksena.

Profiloimattomia pyöreitä nauloja käytettäessä kerrotaan taulukon 5.5 arvot 0,8:lla. Jos metallilevy liitetään puuhun, voidaan käyttää 1,25-kertaisia arvoja.

Vanerin ja puun välisessä naulaliitoksessa koivuvaneri vastaa paksuudeltaan 3-kertaista, sekavaneri 2,5-kertaista ja havupuuvaneri 2-kertaista puuta. Lastulevy ja puolikova kuitulevy vastaavat 2-kertaista ja kova kuitulevy 2,5-kertaista puuta.

Kuorman aikaluokassa A kerrotaan arvot 0,7:llä ja aikaluokassa C vastaavasti 1,7:llä.

Jos liitettävän puun paksuus $t < 8 d$, suurennetaan kuvan 5.5 syyn suuntaisia etäisyyksiä suoraviivaisesti siten, että kun $t = 4 d$, lisäys on 20 %, ja taulukon 5.5 lujuusarvoja pienennetään paksuuksien suhteessa (kerroin $t/(8 d)$).

TAULUKKO 5.5.

Poikkileikkaukseltaan neliönmuotoisilla lankanauoil-la kootun kahden puun välisen liitoksen ominaisleikkauslujuudet kuorman aikaluokassa B. Yksikkö N/leike.

Naulan paksuus d (mm)	Ominaisleikkauslujuudet		
	Kosteusluokat 1 ja 2	Kosteusluokka 3	Kosteusluokka 4
1,7	310	270	210
2,1	440	390	300
2,5	590	520	400
2,8	720	630	490
3,4	1 000	880	680
4,2	1 430	1 260	970
5,1	1 990	1 750	1 360
5,5	2 270	2 000	1 540
6,0	2 630	2 310	1 790
6,5	3 010	2 650	2 050

Naulaliitoksen tartuntalujuuden määrää naulan tartuntalujuus kärjen puoleisessa puussa, naulan läpimeno kannan puoleisesta osasta tai naulan vetolujuus. Naulaliitoksen ominaistartuntalujuus voidaan laskea kaavasta (5.10). Tällöin edellytetään, että naulat lyödään vähintään 45° :n kulmassa liitospintaan ja puun syyn suuntaan nähden.

$$F \leq \begin{cases} f_u d(L - 1,5d) & \text{kaikilla nauloilla} \\ f_u d(t + L_h) & \text{sileillä nauloilla} \\ f_u dL_h & \text{kampa- ja kierrenauloilla} \end{cases} \quad (5.10)$$

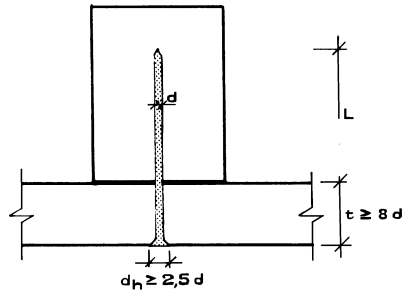
f_u ja L_h on annettu eri naulatyypeille taulukossa 5.6. Kaavan muut merkinnät selviävät kuvasta 5.7.

Ensimmäisellä kaavalla tarkistetaan tartunta ja muilla kannan läpimeno voima.

TAULUKKO 5.6.

Kaavan (5.10) kertoimet f_u (N/mm²) ja L_h eri naulatyypeille kuorman aikaluokissa B ja C. Aikaluokassa A f_u :n arvot kerrotaan 0,8:lla, sileiden naulojen arvot kuitenkin 0,5:llä. Kertoimet ovat samat kaikissa kosteusluokissa.

Naulatyyppi	f_u	L_h
Pyöreä naula	1,6	40 d
Nelikulmainen naula	1,6	40 d
Kierrenaula	5,2	10 d
Kampanaula	7,3	8 d
Kuumasinkitty naula (nelikulmainen)	3,1	17 d



Kuva 5.7. Kaavan (5.10) merkintöjä.

$L \geq 12 d$ sileillä nauloilla ja

$L \geq 8 d$ kampa- ja kierrenauloilla

Ruuvi- ja pulttiliitokset

Ruuvi- ja pulttiliitosten liittimien pienimmät sallittavat etäisyydet on annettu kuvassa 5.8. Kuusiokantaruuveilta edellytetään, että ruuvin sileän osan pituus on vähintään liitettävän osan paksuus. Ankkurointipituus kärjen puoleisessa puussa on yleensä oltava vähintään $8 d$. Kuusiokantaruuveille porataan reikä, jonka halkaisija ruuvin sileällä osalla on sama kuin ruuvin halkaisija ja kierteisellä osalla sydänläpimitta.

Pulttiliitoksissa reikä porataan pultin halkaisijan mukaan ilman tarpeetonta väljyyttä. Sekä kannan että mutterin alla käytetään aluslevyä, jonka sivun pituus on vähintään $3 d$ paksuus $0,3 d$, jossa d on pultin halkaisija. Alle 5 mm paksua aluslevyä ei saa käyttää. Pultit kiristetään siten, että liitettävät osat tulevat tiukasti toisiaan vasten. Liitosten myöhemmän kiristämisen tulee olla mahdollista.

Ruuvi- ja pulttiliitosten ominaislujuudet on esitetty kuorman aikaluokassa B sekä kosteusluokissa 1 ja 2. Aikaluokassa A kerrotaan ominaislujuudet luvulla $0,8$ ja aikaluokassa C luvulla $1,3$. Kosteusluokassa 3 ominaislujuudet kerrotaan luvulla $0,75$ ja kosteusluokassa 4 luvulla $0,67$.

Pulttiliitosten ominaisleikkauslujuudet (Yksikkö $N/leike$) lasketaan kaavasta (5.11). Pienimmän arvon antava kaava on määräävä. Tällöin edellytetään, että puuosat ovat vähintään lujuusluokkaa T 18 ja pultin materiaalin myötörajat $f_y \geq 240 \text{ N/mm}^2$. Lisäksi liitoksen on täytettävä edellä annetut rakenteelliset ohjeet.

$$F \leq \begin{cases} 5(k_1 t_1 + k_2 t_2) d & \text{(vain 1-leikkeisessä) (a)} \\ 9,5 k_2 t_2 d & \text{(vain 2-leikkeisessä) (b)} \\ 19 k_1 t_1 d & \text{(c)} \\ 3 k_1 t_1 d + 17 d^2 & \text{(d)} \\ 33 d^2 \sqrt{0,5 (k_1 + k_2)} \sqrt{f_y / 240} & \text{(e)} \end{cases} \quad (5.11)$$

jossa

t_1 on ohuemman puun paksuus (mm)

t_2 on paksumman puun paksuus (mm)

d on pultin halkaisija (mm)

f_y on pultin materiaalin myötöraja (N/mm^2)

k_1 on taulukosta 5.7 puulle 1 saatava kerroin

k_2 on taulukosta 5.7 puulle 2 saatava kerroin

k :n alaindeksi 1 viittaa 2-leikkeisissä liitoksissa ulkopuuhun ja alaindeksi 2 keskipuuhun. 1-leikkeisissä liitoksissa indeksit valitaan siten, että $k_1 t_1 \leq k_2 t_2$.

Mikäli sivukappale on terästä, voidaan kaavoissa valita $t_1 = t_2 =$ puuosan paksuus. Jos keskikappale on terästä, ei kaavaa (b) tarvitse tarkistaa ja kaavojen (d) ja (e) arvot kerrotaan $1,4$:llä.

Puuruuvi- ja kuusiokantaruuviliitosten ominaisleikkauslujuudet lasketaan kaavasta (5.12). Kaava pätee samoilla edellytyksellä kuin pulttiliitosten vastaava kaava (5.11).

TAULUKKO 5.7.

Kaavojen (5.11) ja (5.12) k-kertoimet.

Voiman ja puun syyn suunnan välinen kulma	Halkaisija d (mm)		
	6	12	24
0°	1	1	1
30°	1	0,88	0,82
45°	1	0,79	0,70
60°	1	0,70	0,58
90°	1	0,64	0,52

$$F \leq \begin{cases} 19 k_1 t d \\ 4 k_1 t d + 14 d^2 \\ 33 d^2 \sqrt{0,5 (k_1 + k_2)} \sqrt{f_y / 240} \end{cases} \quad (5.12)$$

jossa

t on kannan puoleisen puun paksuus (mm)

d on ruuvin sileän osan halkaisija (mm)

f_y on ruuvin materiaalin myötöraja (N/mm^2)

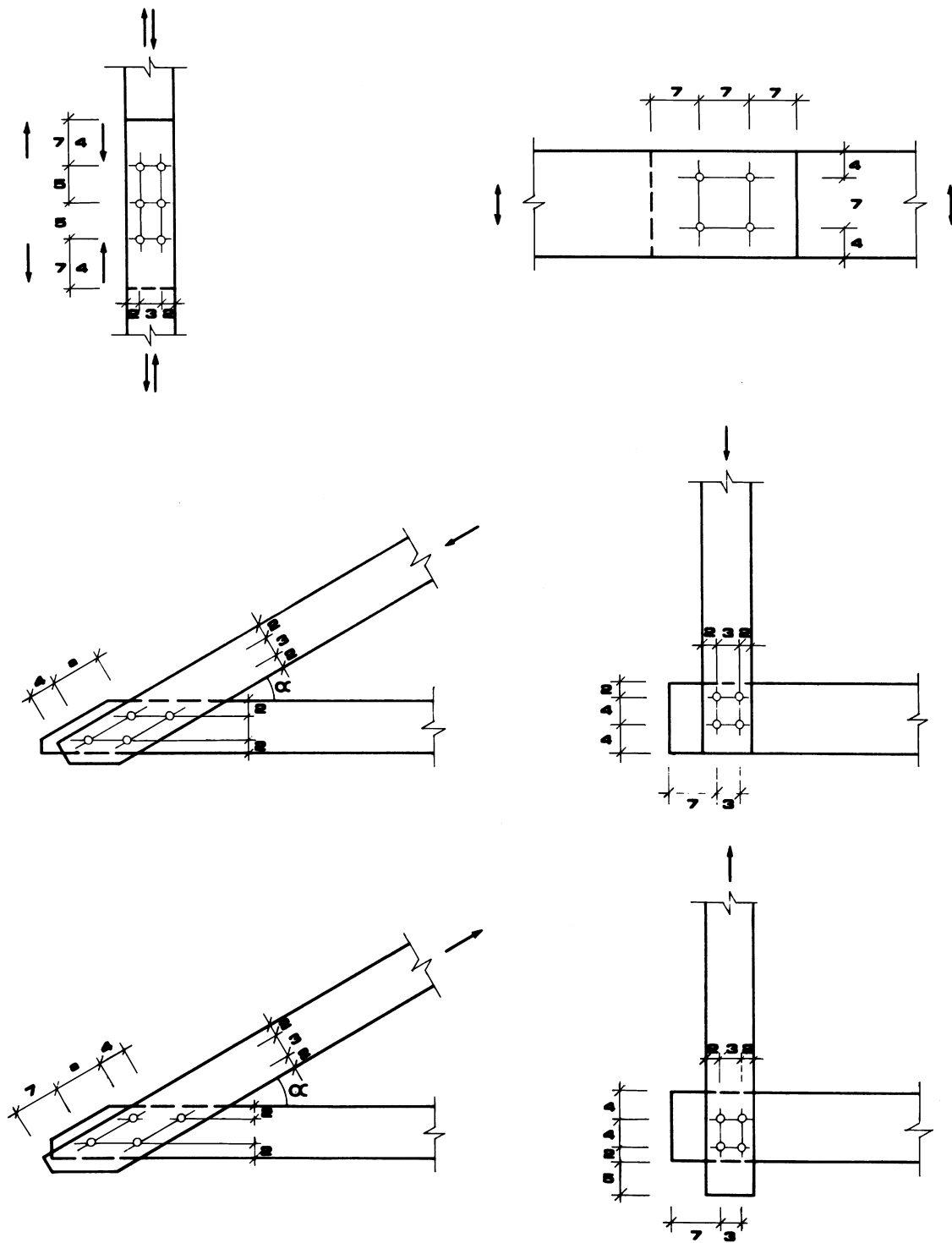
k_1 ja k_2 ovat taulukosta 5.7 saatavia kertoimia.

Metallilevyn ja puun välisen liitoksen ominaisleikkauslujuus voidaan laskea kaavasta

$$F = 34 d^2 \sqrt{0,5 (1 + k_2)} \sqrt{f_y / 240} \quad (5.13)$$

Jos levyn paksuus on $\leq 2 \text{ mm}$ ja ruuvin tai pultin suurin halkaisija $\geq 12 \text{ mm}$, tarkistetaan lisäksi levyn reunapuristus.

Mikäli ankkurointipituus on $< 8 d$, vähennetään kaavoista (5.12) ja (5.13) määritettyjä lujuuksia ankkurointipituuksien suhteessa. Ankkurointipituuden on kuitenkin oltava $\geq 4 d$.



Kuva 5.8. Pienimmät ruuvi ja pulttivälit sekä päätte-etiäisyydet. Yksikkönä ruuvien ja pultin halkaisija d .
Kahdessa kuvassa oleva mitta a määräytyy seuraavasti:

Jos $\alpha \leq 30^\circ$, niin $a = 7$

Jos $30^\circ < \alpha \leq 50^\circ$, niin $a = 6$

Jos $50^\circ < \alpha \leq 70^\circ$, niin $a = 5$

Jos $> 70^\circ$, niin $a = 4$

Puuruuvien ja kuusiokantaruuvien ominaistartuntavoima (yksikkö N) lasketaan kaavalla

$$F = (15 + 7,5d)(L - 1,5d) \quad (5.14)$$

jossa

d on ruuvien halkaisija (mm)

L on ruuvien kierteisen osan pituus (mm).

Tällöin ankkurointipituus saa olla pienempi kuin $8d$.

Vaarnaliitokset

Vaarnaliitoksessa määräytyvät vaarojen pienemmät sallitut etäisyydet taulukon 5.8 mukaan. Vaarnat ja pultit sijoitetaan pareittain symmetrisesti sauvan keskiviivan suhteen. Samalla ne sijoitetaan mahdollisuuksien mukaan syyn suunnasta vuorotellen vastakkaisille puolille poiketen, etteivät puun mahdolliset kutistumishalkeamat pääse vaarantamaan kaikkien samaan pituussuuntaiseen jonoon kuuluvien liittimien kantokykyä.

TAULUKKO 5.8.

Vaarojen pienimmät sallitut etäisyydet.

D on vaarnan halkaisija tai sivumitta tarkasteltavassa suunnassa	Puristettava vaarna		Asennettava vaarna
	Pyöreä	Nelikulmainen	
Keskeltä keskelle			
– syyn suunnassa	1,25 D	1,50 D	2,00 D
– kohtisuoraan syyn suuntaa vastaan	1,20 D	1,20 D	1,30 D
Keskeltä reunalle			
– syyn suunnassa	1,25 D	1,50 D	1,75 D
– kohtisuoraan syyn suuntaa vastaan	0,60 D	0,70 D	0,80 D

Liitosten muodonmuutokset

Leikkausvoiman rasittaman liitoksen muodonmuutos voidaan laskea kaavasta

$$\delta = \frac{q}{k} \quad (5.15)$$

jossa

q on liitoksen liitintä rasittava leikkausvoima ja k on siirtymäkerroin, joka saadaan sileille lankanauiloille, puuruuveille ja pulteille taulukosta 5.9.

TAULUKKO 5.9.

Kaavan (5.15) siirtymäkerroin k (N/mm) liitettäessä puuta puuhun.

Aika-luokka	Naula-liitos	Puuruuvi-liitos	Pultti-liitos
A	100 d	60 d	60 d ^{*)}
B	300 d	160 d	160 d ^{*)}
C	400 d	240 d	240 d ^{*)}

^{*)} Pulttiliitoksen siirtymäarvoon lisätään 0,05 d, joka ottaa huomioon ruuvien mahdollisen väljyyden

Kosteusluokassa 3 kerrotaan taulukon 5.9 arvot 0,6:lla, ja kosteusluokassa 4 kertoimella 0,4.

5.2.2 Liimaliitokset

Jatkuvassa liimasaumassa, kuten lamellien välisessä liimasaumassa sekä laipan ja uuman välisessä saumassa, liitoksen lujuus on sama kuin heikoimman liitettävän osan materiaalin leikkauslujuus.

Muiden liimaliitosten lujuutta pienennetään yllä olevasta, mikäli jännitykset eivät jakaudu tasan liitospinnassa. Työmaalla tehtyä liimausta ei yleensä oteta huomioon liitoksen kantokykyä laskettaessa.

5.3 Levyrakenteet

5.3.1 Levyuumaistet palkit

Levyuumaistilla palkeilla tarkoitetaan rakennetta, jossa paarteita yhdistävä levy toimii pääasiassa leikkausjännityksiä ottavana rakenneosana.

Paarteiden jännitykset tarkistetaan kaavalla

$$\frac{|\sigma_{fm}|}{f} + \frac{|\sigma_f - \sigma_{fm}|}{f_b} \leq 1 \quad (5.16)$$

jossa

σ_{fm} on laskentakuormien aiheuttama jännitys paarteen poikkileikkauksen painopisteessä

σ_f on laskentakuormien aiheuttama reunajännitys
f on σ_{fm} :ää vastaava laskentalujuus (puristus tai veto)

f_b on taivutuksen vastaava laskentalujuus

Kiepahdusvaara tarkistetaan kohdan 5.1.2 mukaan.

Leikkauskapasiteetti lasketaan kuvan 5.9 leikkauksissa I–I ja II–II. Jos $h_u < h_{max}$, jossa h_{max} saadaan taulukosta 5.10, voidaan uuman leikkauskapasiteetti laskea ilman lommahdustarkastelua yhtä uumalevyä kohti kaavalla

$$V \leq f_{vp} t_u (h_u + h_1), \text{ kun } h_u \leq h_{max} \quad (5.17)$$

jossa f_{vp} saadaan jakamalla standardista saatu arvo f_{vpk} materiaalin osavarmuuskertoimella.

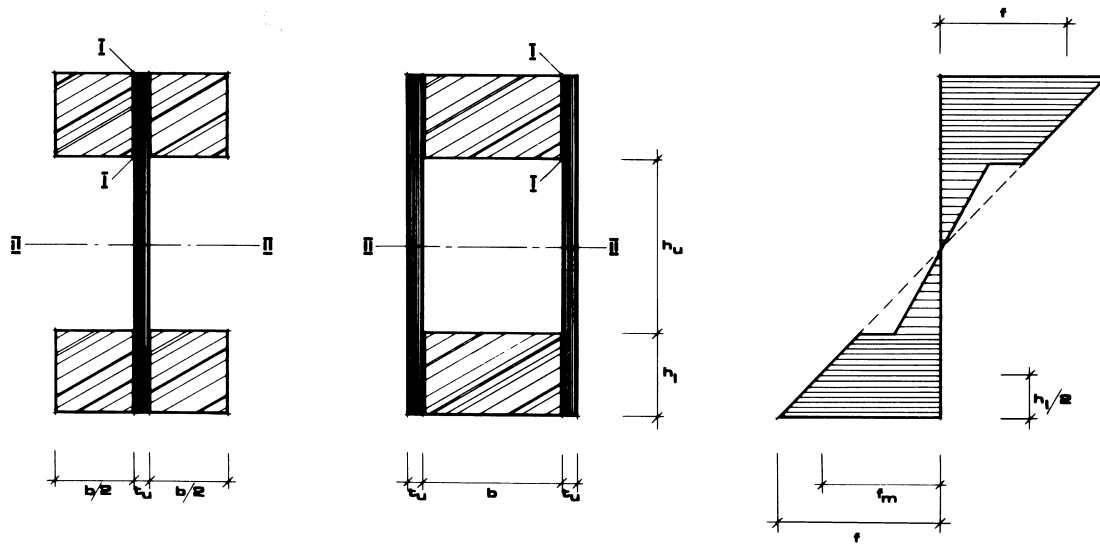
Korkeammille uumille tehdään lommahdustarkastelu kohdan 5.3.3 mukaisesti.

TAULUKKO 5.10.

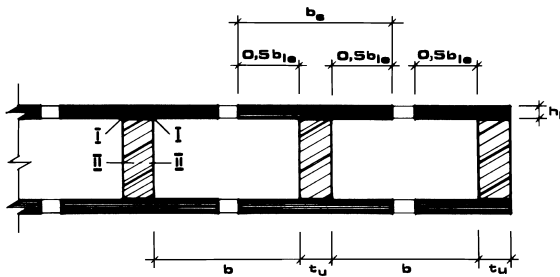
Uumalevyn h_{max} -korkeus eri materiaaleille.

Levyateriaali	h_{max}
Vaneri, kun pintaviilujen syyt ovat kohtisuorassa jänneväliä vastaan	45 t_u
Puulikova kuitu- ja lastulevy	35 t_u
Kovalevy	27 t_u

Taipumaa laskettaessa otetaan huomioon myös leikkausvoiman aiheuttama lisätaipuma.



Kuva 5.9. Ohutuumaisten palkkien merkintöjä.



Kuva 5.10. Laattapalkkien merkintöjä.

5.3.2 Laattapalkit

Laattapalkki muodostuu rivoista ja yhdestä tai kahdesta pintalevystä. Pintalevyn hyödyllinen leveys b_e saadaan kaavasta (5.18)

$$b_e = b_{1e} + t_u \text{ (väliripa)} \quad (5.18)$$

$$b_e = 0,5 b_{1e} + t_u \text{ (reunaripa)}$$

TAULUKKO 5.11.

Liimatun pintalevyn hyödyllinen leveys.

Levymateriaali	b_{1e}		b_{max}
	Tasainen kuorma	Piste-kuorma	
Vaneri, kun syyn suunta on kohtisuoraan palkin pituussuuntaa vastaan	L/7	L/10	30 h_1
Kuitu- ja lastulevy	L/3	L/5	30 h_1

L on palkin momenttien nollakohtien välinen etäisyys

Merkinnät ovat kuvan 5.10 mukaiset. b_{1e} saadaan taulukosta 5.11. Sitä ei kuitenkaan valita suuremmaksi kuin b_{max} eikä suuremmaksi kuin ripojen vapaa väli.

Leikkauksen kapasiteetti tarkistetaan leikkauksissa I–I ja II–II (kuva 5.10). Jos ripojen vapaa väli on puristuspuolella pienempi kuin b_{max} (taulukko 5.11), ei lommahdusta tarvitse tarkistaa.

Kosteuden aiheuttamiin muodonmuutoksiin on kiinnitettävä erityistä huomiota.

5.3.3 Lommahdus

Levyrakenteiden mitoituksessa otetaan tarvittaessa huomioon lommahdus. Myös levyn kostumisen aiheuttama lommahdusvaara tutkitaan tarvittaessa.

Levyuomaisen palkin lommahdus voidaan yleensä ottaa huomioon tarkastelemalla vain leikkausjännityksen aiheuttamaa lommahdusta. Mikäli uuman ominaispaneelileikkaukselujuus f_{vpk} on pienempi kuin kaavasta (5.19) saatava uuman lommahtamiseen tarvittava leikkausjännitys, ei lommahdusta tarvitse ottaa huomioon.

$$f_{vpkr} = 3,3 k E_k \left(\frac{t_u}{h_u} \right)^2 \quad (5.19)$$

jossa

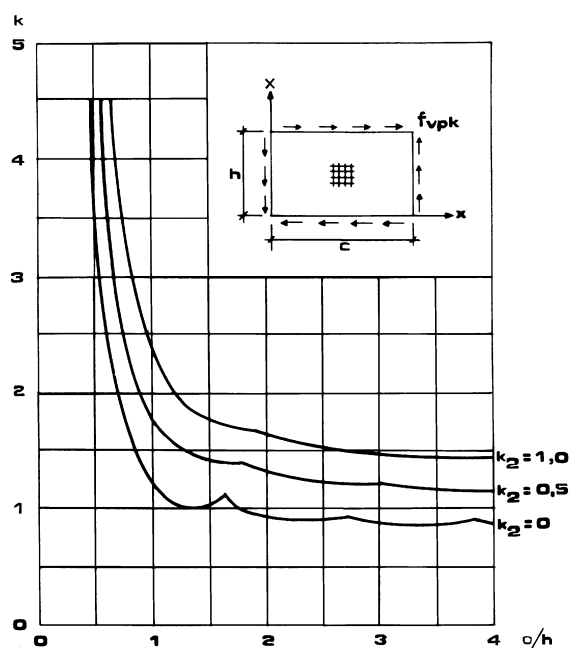
- k on kuvasta 5.11 saatava kerroin
- E_k on uuman ominaiskimmomoduuli
- t_u on uuman paksuus ja
- h_u on uuman korkeus

Kuvan 5.11 kerroin

$$k_2 = \frac{2G_k}{E_k} \quad (5.20)$$

jossa

- G_k on uuman ominaisliukumoduuli ja
- E_k on uuman ominaiskimmomoduuli



Kuva 5.11. Lomahdusta laskettaessa tarvittava kerroin k .

Kuvan 5.11 mitta a on uuman pystytukien väli ja h on uuman korkeus.

Mikäli kaavasta (5.19) saatava lomahdusjännitys f_{vpkr} on pienempi kuin ominaispaneelileikkauslujuus f_{vpk} , käytetään f_{vpk} :n sijasta f_{vpkr} :ää.

6

LAHONTORJUNTA

6.1 Sovellutusalue

Nämä lahontorjuntaohjeet koskevat kantavien rakenteiden ohella sellaisia niihin liittyviä kantamattomia rakenteita, joiden kautta laho voi siirtyä kantaviin rakenteisiin.

6.2 Rakenteellinen suojaus

Rakenteellisella suojauksella tarkoitetaan rakentamistapaan kuuluvia tai siihen liittyviä toimenpiteitä, jotka estävät tai oleellisesti vähentävät rakenteen lahoamista. Puun rakenteellisella suojauksella pyritään

- kostumisen estämiseen
- kuivumisen varmistamiseen
- muiden lahoamista edistävien tekijöiden rajoittamiseen.

Rakenteellisen suojauksen kelvollisuus selvitetään, ellei kokemuspäisestitiedetä rakenteen säilyvän lahoamatta vastaavissa olosuhteissa.

Rakenteellista suojausta koskevia selvityksiä ei ole tarpeen suorittaa seuraavissa tapauksissa

- puun kosteus on pysyvästi alle 0,20 tai
- puu on veden kyllästämä ja hapen saanti on estetty tai
- puun lämpötila on alle +3 °C tai yli 40°C.

Ellei rakenteellista suojausta voida toteuttaa, käytetään kohdan 6.3.5 tapauksissa standardien SFS-EN 335 ja SFS-EN 351 mukaisesti luokiteltua kemiallisesti suojattua puutavaraa. Kuitenkin rakenteelliseen suojaukseen tulee pyrkiä riippumatta siitä, onko puutavara kemiallisesti suojattua vai ei.

6.3 Kemiallinen suojaus

6.3.1 Puulajit

Kyllästettävänä puulajina käytetään mäntyä, jonka pintapuu voidaan täyskyllästä. Suojattujen puulevyjen valmistukseen voidaan käyttää muitakin puulajeja kuin mäntyä.

6.3.2 Kyllästeet

Käytettävien kyllästeiden tulee olla standardin SFS-EN 113 tai SFS-EN 252 mukaisesti testattuja.

6.3.3 Suojausmenetelmät

Painekyllästystä käytetään haluttaessa täyskyllästettyä puutavaraa. Tyhjiökyllästyksellä saadaan tavallisesti vajaakyllästys. Puulevyt voidaan suojata valmistusvaiheessa sekoittamalla suoja-aine liimaan tai puuraaka-aineeseen.

6.3.4 Kyllästäväällä suojattujen puutuotteiden luokitus

Kyllästäväällä suojatun puutavaran laatu luokitellaan standardien SFS-EN 335 ja SFS-EN 351 mukaan.

6.3.5 Suojattujen puutuotteiden käyttö

Vähintään luokan A mukaisesti suojattuja puutuotteita käytetään, kun kantava pysyväksi tarkoitettu rakenne kuuluu kosteusluokkaan 4 (maa- ja vesikosketus), ellei rakenne ole jatkuvasti alimman vesirajan alapuolella. Kosteusluokassa 3 (maan yläpuoliset rakenteet), kun ilmeinen lahoamisvaara on olemassa, käytetään kantavissa rakenteissa luokan AB mukaisesti suojattuja tuotteita.

RAKENTAMINEN

7.1 Materiaalin ja rakennusosien säilytys työmaalla

Eri lujuusluokkiin kuuluvat rakennustarvikkeet (esim. lujuusluokiteltu sahatavara) säilytetään siten, etteivät ne sekoitu keskenään eivätkä joudu haitallisiin kosteusolosuhteisiin.

7.2 Rakennustarvikkeiden ennakkotarkastus

Rakennusaineet ja -osat tarkastetaan asianmukaisesti työmaalla ennen niiden käyttämistä. Tällöin rakennustarvikkeiden kelvollisuutta arvioidaan aineenkoe- tustodistuksien, tyyppihyväksyntä- ja laadunvalvontamerkintöjen yms. selvitysten sekä käytännön kokemuksen perusteella. Kuljetuksen aiheuttamat mahdolliset vauriot tarkistetaan.

7.3 Rakenteiden kokoaminen

Erityisesti huolehditaan siitä, etteivät rakenteet halkeile liittimien kohdalta.

Valmiita rakenneosia liikuteltaessa huolehditaan siitä, ettei nostotapa aiheuta rakennetta vaurioittavia rasituksia. Lisäksi tulee kiinnittää huomiota rakenneosan noston- ja asennusaikaiseen tuentaan, sillä tällöin monien rakenneosien stabiilisuus on huono. Tällaisia rakenneosia voivat olla esim. pilarit, seinät, ristikot, liimapuukaaret sekä korkeat palkit.

7.4 Muodonmuutosten huomioonotto

Kantaviin puurakenteisiin syntyvien taipumien haitallisuutta voidaan pienentää antamalla rakenteelle sopiva esikorotus, joka ilmoitetaan rakennepiirustuksissa. Rakenteita ei saa rakennusaikana yleensä kuormittaa käyttäen ominaiskuormia suurempia kuormia, jotka saattavat aiheuttaa pysyviä taipumia. Tällainen vaara on erityisesti silloin, kun rakenteiden materiaalin kosteus on rakentamisen aikana suunnitelmissa esitettyä suurempi.

MITOITUS SALLITTUJA JÄNNITYKSIÄ KÄYTTÄEN

Tämä lisäohje on tarkoitettu kantavien puurakenteiden suunnitteluohjeeksi, kun rakenteet mitoitetaan sallittuja jännityksiä käyttäen.

Rajatilaohjeet luku 2, luvusta 3 (Suunnitteluperusteet) osat 3.1 (Rakennussuunnitelman sisältö), 3.3 (Kuormien perusteet) ja 3.4, luvusta 4 osa 4.1 sekä luvut 6 ja 7 ovat sellaisenaan käyttökelpoisia.

Muilta osin luvut 4 ja 5 on tätä lisäohjetta varten lyhennetty ja merkinnät on muutettu sallittuja jännityksiä vastaaviksi. Lujuusarvot on taulukoissa korvattu sallituilla jännityksillä. Sallittuja jännityksiä voidaan korottaa 10 % vesikattorakenteissa, jotka eivät toimi yläpohjan kantavana osana sekä sellaisessa yksikerroksisessa varasto- tai muussa vastaavassa rakennuksessa, jossa vain tilapäisesti oleskelee ihmisiä.

Tätä lisäohjetta käytettäessä päädytään pyöritystarkkuuden rajoissa samaan lopputulokseen kuin rajatilaohjetta käytettäessä. Tässä vaiheessa ei ole kuitenkaan katsottu tarpeelliseksi esittää koko rajatilaohjetta sallittuja jännityksiä käyttäen, vaan on rajoitettu lähinnä niihin osiin, joissa on perinteisesti totuttu käyttämään sallittuja jännityksiä. Mikäli muissa tapauksissa halutaan käyttää sallittuja jännityksiä, ne saadaan jakamalla ominaislujuudet luvulla 2,08.

8.1 Mitoitusperusteet

Suunnittelussa otetaan huomioon aina

- kuormitusyhdistelmän aikaluokka
- rakenteen kosteusluokka
- rakenteen käyttökohde

Mitoitusperusteina käytetään

- lujuutta ja
- muodonmuutoksia.

8.2 Laskennallinen mitoitus

8.2.1 Poikkileikkausmitat

Sahatavaran edellytetään täyttävän kosteustilassa $u = 0,20$ poikkileikkauksen nimellismittojen suhteen seuraavat vaatimukset:

- + 4 mm/–2 mm, kun mitta on alle 100 mm
- + 6 mm/–3 mm, kun mitta on 100 mm tai yli.

Laskelmat tehdään siinä poikkileikkauksessa, joka on määräävin. Poikkileikkauksen heikennykset otetaan huomioon seuraavia periaatteita noudattaen:

- Rakennesahatavaran lujuusluokittelussa sallittavia poikkileikkauksen heikennyksiä ei tarvitse ottaa huomioon.
- Vedetyissä ja taivutetuissa rakenteissa otetaan huomioon lovetukset, aukot, pulttien reiät, vaarajien syvennykset jne.
- Kuitenkaan alle 6 mm paksujen nauhojen heikennyksiä ei tarvitse ottaa huomioon.

8.2.2 Mitoitus

Rakennetta mitoitettaessa tarkistetaan, etteivät kuormien aiheuttamat jännitykset ylitä sallittuja jännityksiä eivätkä kuormien aiheuttamat taipumat ylitä sallittuja taipumia.

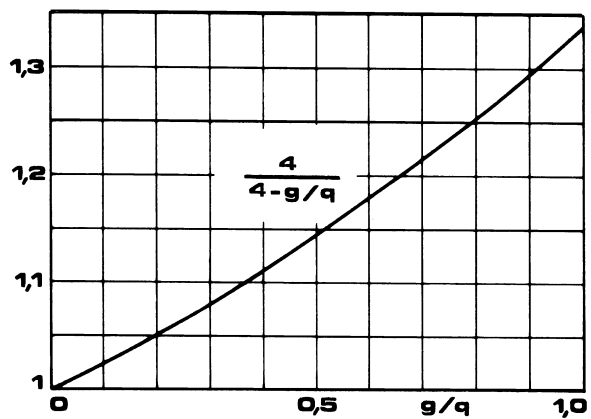
Kuorman aikaluokka

Kun kuormitusyhdistelmä käsittää kestoaltaan erilaisia kuormia, valitaan kuormitusyhdistelmän aikaluokka taulukon 8.1 mukaan.

TAULUKKO 8.1. Aikaluokan valinta.

Kuormitusyhdistelmä	Aikaluokka
A	A
A+B	B
A+B+C	C

Vaarallisin kuormitusyhdistelmä määrää mitoituksen.



Kuva 8.1. Sallittujen arvojen korotuskerroin rakenteen pysyvän kuorman g ja kokonaiskuorman q suhteen funktiona.

Sallitut jännitykset ja kimmomoduulit

Sahatavaran sallitut jännitykset ja kimmomoduulit on annettu taulukoissa 8.2...8.4 ja liimapuun vastaavat arvot taulukoissa 8.5 ja 8.6. Liitosten sallitut arvot on esitetty kohdassa 8.4.

Sallittujen jännitysten ja sallittujen kuormien korotuskerroin

Sallittuja jännityksiä ja sallittuja kuormia saa korottaa kuvasta 8.1 saatavalla korotuskertoimella.

TAULUKKO 8.2. Sahatavaran T30 sallitut jännitykset ja kimmomoduulit eri kuormien aikaluokissa ja kosteusluokissa. Yksikkö MN/m².

	Aikaluokka											
	A				B				C			
	Kosteusluokka				Kosteusluokka				Kosteusluokka			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Lujuuksia laskettaessa												
Taivutus, σ_{bsall}	8,8	8,8	7,2	6,6	11,1	11,1	9,4	8,3	14,4	14,4	11,1	10,0
Puristus, σ_{csall}	8,5	8,5	6,9	6,3	10,6	10,6	9,0	7,9	13,7	13,7	10,6	9,5
Puristus, $\sigma_{c,lsall}$	1,4	1,4	1,2	1,0	1,8	1,8	1,5	1,3	2,3	2,3	1,8	1,6
Veto, σ_{tsall}	5,8	5,8	4,7	4,3	7,2	7,2	6,1	5,4	9,8	9,8	7,2	6,5
Veto, $\sigma_{t,lsall}$	0,15	0,15	0,12	0,12	0,19	0,19	0,16	0,14	0,25	0,25	0,19	0,17
Leikkaus, τ_{sall}	0,77	0,77	0,62	0,58	0,96	0,96	0,82	0,72	1,25	1,25	0,96	0,87
Leikkaus, $\tau_{l,sall}$	0,38	0,38	0,31	0,29	0,48	0,48	0,41	0,36	0,62	0,62	0,48	0,43
Kimmomoduuli ¹⁾ , E_k	4800	4200	3600	2100	6000	6000	4800	3600	7800	7800	6000	4800
Liukumoduuli, G_k	240	210	180	100	300	300	240	180	360	360	300	240
Muodonmuutoksia laskettaessa												
Kimmomoduuli, \bar{E}	5600	4900	4200	2500	7000	7000	5600	4200	9100	9100	7000	5600
Kimmomoduuli, \bar{E}_\perp	180	160	140	80	230	230	180	140	300	300	230	180
Liukumoduuli, \bar{G}	280	250	210	120	350	350	280	210	460	460	350	280

¹⁾ nurjahdusta laskettaessa

TAULUKKO 8.3. Sahatavaran T24 sallitut jännitykset ja kimmomoduulit eri kuormien aikaluokissa ja kosteusluokissa. Yksikkö MN/m².

	Aikaluokka											
	A				B				C			
	Kosteusluokka				Kosteusluokka				Kosteusluokka			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Lujuuksia laskettaessa												
Taivutus, σ_{bsall}	7,7	7,7	6,2	5,8	9,6	9,6	8,2	7,2	12,5	12,5	9,6	8,7
Puristus, σ_{csall}	7,3	7,3	5,9	5,5	9,1	9,1	7,8	6,9	11,9	11,9	9,1	8,2
Puristus, $\sigma_{\text{c,lsall}}$	1,2	1,2	1,0	0,9	1,5	1,5	1,3	1,1	1,9	1,9	1,5	1,3
Veto, σ_{tsall}	5,0	5,0	4,1	3,8	6,3	6,3	5,3	4,7	8,1	8,1	6,3	5,6
Veto, $\sigma_{\text{t,lsall}}$	0,15	0,15	0,12	0,12	0,19	0,19	0,16	0,14	0,25	0,25	0,19	0,17
Leikkaus, τ_{sall}	0,77	0,77	0,63	0,58	0,96	0,96	0,82	0,72	1,25	1,25	0,96	0,87
Leikkaus, $\tau_{\text{t,lsall}}$	0,38	0,38	0,31	0,29	0,48	0,48	0,41	0,36	0,62	0,62	0,48	0,43
Kimmomoduuli ¹⁾ , E_k	4000	3500	3000	1800	5000	5000	4000	3000	6500	6500	5000	4000
Liukumoduuli, G_k	200	170	150	90	250	250	200	150	320	320	250	200
Muodonmuutoksia laskettaessa												
Kimmomoduuli, \bar{E}	5200	4600	3900	2300	6500	6500	5200	3900	8500	8500	6500	5200
Kimmomoduuli, \bar{E}_{\perp}	140	130	110	60	180	180	140	110	230	230	180	140
Liukumoduuli, \bar{G}	260	220	190	110	320	320	260	190	420	420	320	260

¹⁾ nurjaldusta laskettaessa

TAULUKKO 8.4. Sahatavaran T18 sallitut jännitykset ja kimmomoduulit eri kuormien aikaluokissa ja kosteusluokissa. Yksikkö MN/m².

	Aikaluokka											
	A				B				C			
	Kosteusluokka				Kosteusluokka				Kosteusluokka			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Lujuuksia laskettaessa												
Taivutus, σ_{bsall}	6,2	6,2	5,0	4,6	7,7	7,7	6,5	5,8	10,0	10,0	7,7	6,9
Puristus, σ_{csall}	5,8	5,8	4,7	4,3	7,2	7,2	6,1	5,4	9,4	9,4	7,2	6,5
Puristus, $\sigma_{\text{c,lsall}}$	1,0	1,0	0,8	0,7	1,3	1,3	1,1	0,9	1,6	1,6	1,3	1,1
Veto, σ_{tsall}	3,1	3,1	2,5	2,3	3,8	3,8	3,3	2,9	5,0	5,0	3,8	3,5
Veto, $\sigma_{\text{t,lsall}}$	0,15	0,15	0,12	0,12	0,19	0,19	0,16	0,14	0,25	0,25	0,19	0,17
Leikkaus, τ_{sall}	0,77	0,77	0,63	0,58	0,96	0,96	0,82	0,72	1,25	1,25	0,96	0,87
Leikkaus, $\tau_{\text{t,lsall}}$	0,38	0,38	0,31	0,29	0,48	0,48	0,41	0,36	0,62	0,62	0,48	0,43
Kimmomoduuli ¹⁾ , E_k	3200	2800	2400	1400	4000	4000	3200	2400	5200	5200	4000	3200
Liukumoduuli, G_k	160	140	120	70	200	200	160	120	260	260	200	160
Muodonmuutoksia laskettaessa												
Kimmomoduuli, \bar{E}	4400	3900	3300	1900	5500	5500	4400	3300	7200	7200	5500	4400
Kimmomoduuli, \bar{E}_{\perp}	130	110	100	60	160	160	130	100	210	210	160	130
Liukumoduuli, \bar{G}	220	190	160	100	270	270	220	160	350	350	270	220

¹⁾ nurjaldusta laskettaessa

TAULUKKO 8.5. Liimapuun L40 sallitut jännitykset ja kimmomoduulit eri kuormien aikaluokissa ja kosteusluokissa. Yksikkö MN/m².

	Aikaluokka											
	A				B				C			
	Kosteusluokka				Kosteusluokka				Kosteusluokka			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Lujuuksia laskettaessa												
Taivutus, σ_{bsall}	11,9	11,9	9,7	8,9	14,9	14,9	12,7	11,2	19,4	19,4	14,9	13,4
Puristus, σ_{csall}	11,5	11,5	9,4	8,7	14,4	14,4	12,3	10,8	18,8	18,8	14,4	13,0
Puristus, $\sigma_{c\perp sall}$	1,7	1,7	1,4	1,2	2,1	2,1	1,8	1,6	2,7	2,7	2,1	1,9
Veto, σ_{tsall}	8,1	8,1	6,6	6,1	10,1	10,1	8,6	7,6	13,1	13,1	10,1	9,1
Veto, $\sigma_{t\perp sall}$	0,15	0,15	0,12	0,12	0,19	0,19	0,16	0,14	0,25	0,25	0,19	0,17
Leikkaus, τ_{sall}	0,92	0,92	0,75	0,69	1,15	1,15	0,98	0,87	1,50	1,50	1,15	1,04
Leikkaus, $\tau_{\perp sall}$	0,46	0,46	0,37	0,35	0,58	0,58	0,49	0,43	0,75	0,75	0,58	0,52
Kimmomoduuli ¹⁾ , E_k	5300	4600	4000	2300	6600	6600	5300	4000	8600	8600	6600	5300
Liukumoduuli, G_k	260	260	200	110	330	330	260	200	430	430	330	260
Muodonmuutoksia laskettaessa												
Kimmomoduuli, \bar{E}	6800	6000	5100	3000	8500	8500	6800	5100	11000	11000	8500	6800
Kimmomoduuli, \bar{E}_{\perp}	220	200	170	100	280	280	220	170	360	360	280	220
Liukumoduuli, \bar{G}	340	290	250	150	420	420	340	250	550	550	420	340

¹⁾ nurjaldusta laskettaessa

TAULUKKO 8.6. Liimapuun L30 sallitut jännitykset ja kimmomoduulit eri kuormien aikaluokissa ja kosteusluokissa. Yksikkö MN/m².

	Aikaluokka											
	A				B				C			
	Kosteusluokka				Kosteusluokka				Kosteusluokka			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Lujuuksia laskettaessa												
Taivutus, σ_{bsall}	9,6	9,6	7,8	7,2	12,0	12,0	10,2	9,0	15,6	15,6	12,0	10,8
Puristus, σ_{csall}	9,2	9,2	7,5	6,9	11,5	11,5	9,8	8,7	15,0	15,0	11,5	10,4
Puristus, $\sigma_{c\perp sall}$	1,3	1,3	1,1	1,0	1,7	1,7	1,4	1,2	2,2	2,2	1,7	1,5
Veto, σ_{tsall}	6,5	6,5	5,3	4,9	8,2	8,2	6,9	6,1	10,6	10,6	8,2	7,4
Veto, $\sigma_{t\perp sall}$	0,15	0,15	0,12	0,12	0,19	0,19	0,16	0,14	0,25	0,25	0,19	0,17
Leikkaus, τ_{sall}	0,92	0,92	0,75	0,69	1,15	1,15	0,98	0,87	1,50	1,50	1,15	1,04
Leikkaus, $\tau_{\perp sall}$	0,46	0,46	0,37	0,35	0,58	0,58	0,49	0,43	0,75	0,75	0,58	0,52
Kimmomoduuli ¹⁾ , E_k	4400	3900	3300	1900	5500	5500	4400	3300	7200	7200	5500	4400
Liukumoduuli, G_k	220	190	160	90	270	270	220	160	360	360	270	220
Muodonmuutoksia laskettaessa												
Kimmomoduuli, \bar{E}	5600	4900	4200	2500	7000	7000	5600	4200	9100	9100	7000	5600
Kimmomoduuli, \bar{E}_{\perp}	180	160	140	80	230	230	180	140	300	300	230	180
Liukumoduuli, \bar{G}	280	250	210	120	350	350	280	210	460	460	350	280

¹⁾ nurjaldusta laskettaessa

Jos liimapuupalkissa on eri lujuusluokkia olevaa puutavaraa, sen taivutuskapasiteetti voidaan laskea ulkolamellien (uloimman kuudenneksen) mukaan. Poikkileikkauksen muut kapasiteetit lasketaan kimmomoduulien suhteen painotettuina.

Liimapuupalkin korkeuden ylittäessä 300 mm vähennetään sallittua taivutusjännitystä kertoimella

$$C_F = \left(\frac{300}{h}\right)^{1/9} \quad \text{jossa } h = \text{palkin korkeus (mm)}.$$

h (mm)	300	600	1000	1500	2000
C_F	1,0	0,93	0,87	0,84	0,81

8.3 Rakenneosien mitoitus

8.3.1 Suorat palkit ja pilarit

Veto ja puristus

Vedetyn sauvan mitoituksessa tarkistetaan, että

$$\sigma_t \leq \sigma_{tsall} \quad (8.1)$$

jossa

σ_t on kuormien aiheuttama vetojännitys ja
 σ_{tsall} on sallittu vetojännitys

Puristussauvan mitoituksessa tarkistetaan, että

$$\sigma_c \leq \sigma_{csall} \quad (8.2)$$

jossa

σ_c on kuormien aiheuttama puristusjännitys ja
 σ_{csall} on sallittu puristusjännitys

Mikäli puristusrasitus on kulmassa α syyn suuntaan nähden, on sallittu puristusjännitys

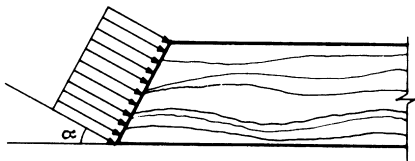
$$\sigma_{c\alpha sall} = \sigma_{csall} - (\sigma_{csall} - \sigma_{c\perp sall}) \sin\alpha \quad (8.3)$$

jossa

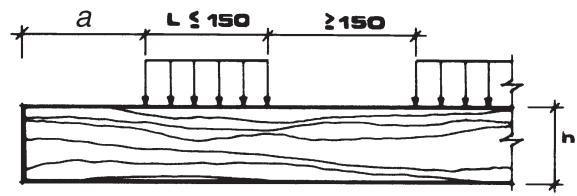
$\sigma_{c\alpha sall}$ on sallittu puristusjännitys kulmassa α syyn suuntaan nähden

σ_{csall} on sallittu puristusjännitys syyn suuntaan

$\sigma_{c\perp sall}$ on sallittu puristusjännitys kohtisuoraan syyn suuntaa vastaan



Kuva 8.2. Puristus kulmassa α syyn suuntaan nähden.



Kuva 8.3. Kiskopaine (mitat mm).

Kuvan 8.3 mukaisen kiskopaineen vaikuttaessa voidaan sallittua jännitystä $\sigma_{c\perp sall}$ korottaa kertoimella

$$k = \begin{cases} 1 + \frac{150 - L}{150}, & \text{kun } a \geq 100 \text{ mm} \\ 1 + \frac{a}{100} \frac{150 - L}{150}, & \text{kun } a < 100 \text{ mm} \end{cases} \quad (8.4)$$

jossa L on kuvan 8.3 mukainen kuormitusalueen pituus.

Sama koskee leimapainetta.

Taulukossa 8.7 on annettu eräitä k-kertoimen arvoja.

TAULUKKO 8.7. Kaavan (8.4) k-kerroin, kun $a \geq 100$ mm.

L (mm)	15	30	45	50	60	75	100	120	150
k	1,9	1,8	1,7	1,67	1,6	1,5	1,33	1,2	1,0

Naulalevyrakenteen tukipainekapasiteettia voidaan korottaa paarteen naulalevyvahvistuksella.

Taivutus

Taivutetulle palkille tarkistetaan, että

$$\sigma_b \leq \sigma_{bsall} \quad (8.5)$$

jossa

σ_b on kuormien aiheuttama taivutusjännitys

σ_{bsall} on sallittu taivutusjännitys.

Kiepahdus

Suorakaiteen muotoisen suoran palkin kiepahdusta ei tarvitse tarkistaa, jos

$$\frac{hL}{b^2} \leq 100 \quad (8.6)$$

jossa

h on palkin korkeus

L on palkin poikittaissiteiden väli

b on palkin leveys.

Tällöin palkin poikittaissiteet mitoitetaan kaavan (8.12) mukaisesti voimalle F käyttäen puristusvoimalle arvoa

$$N = \frac{M}{h} \quad (8.7)$$

jossa

M on palkkiin vaikuttava maksimimomentti ja

h on palkin korkeus

Leikkaus

Massiivisen suorakaidepalkin leikkausjännitys tarkistetaan kaavalla

$$\tau \leq \tau_{sall} \quad (8.8)$$

jossa

τ on kuormien aiheuttama leikkausjännitys
 τ_{sall} on sallittu leikkausjännitys

Leikkausvoimia laskettaessa voidaan palkin yläreunaan vaikuttavia kuormia pienentää lineaarisesti, mikäli ne ovat lähempänä kuin palkin korkeuden etäisyydellä tuelta. Kun a on kuorman etäisyys tuelta ja h on palkin korkeus, niin leikkausvoima kerrotaan suhteella a/h . Lovien vaikutus palkin lujuuteen lasketaan luotettavan selvityksen perusteella.

Liimapuukannattajissa vedettyyn reunaan saa tehdä loveuksia vain VTT:n erityisselvityksen perusteella.

Taivutus ja normaalivoima

Vedon ja taivutuksen rasittamassa palkissa tarkistetaan, että vedetyllä alueella

$$\frac{\sigma_t}{\sigma_{tsall}} + \frac{\sigma_b}{\sigma_{bsall}} \leq 1 \quad (8.9)$$

Puristuksen ja taivutuksen rasittamassa palkissa tarkistetaan, että puristetulla alueella

$$\frac{|\sigma_c|}{\sigma_{csall}} + \frac{|\sigma_b|}{\sigma_{bsall}} \leq 1 \quad (8.10)$$

Edellä olevissa kaavoissa

σ_t on kuormien aiheuttama vetojännitys
 σ_b on kuormien aiheuttama taivutusjännitys
 σ_c on kuormien aiheuttama puristusjännitys
 σ_{tsall} , σ_{bsall} ja σ_{csall} ovat vastaavat sallitut jännitykset.

Nurjahdusalttiin sauvan mitoitus

Nurjahdusalttiissa sauvassa tarkistetaan, että

$$\frac{|\sigma_c|}{k_s \sigma_{csall}} + \frac{|\sigma_b|}{\sigma_{bsall}} \leq 1 \quad (8.11)$$

jossa

k_s on kuvasta 8.4 saatava kerroin.

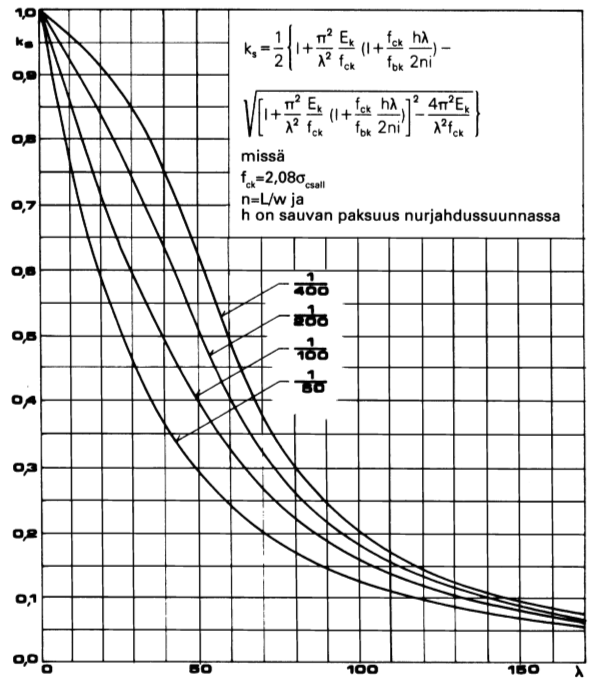
Kuvan 8.4 merkinnät ovat:

λ on puristetun rakenteen hoikkuus ($= L_c/i$), enintään 170

L_c on nurjahduspituus, joka tavallisille tuentatapauksille annetaan taulukossa 8.8

i on poikkileikkauksen jäyhyyssäde

k_s -kerrointa määrittäessä on otettu huomioon puristusvoiman alkuepakesisyys, joka koostuu sauvan käyryydestä, kuorman epäkeskisyydestä ja poikkitaivutusvoimien aiheuttamasta taipumasta. Sauvan normaalivoiman epäkeskisyydestä aiheutuva taivutusjännitystä ei tarvitse erikseen ottaa huomioon. Normaalisti riittää kuvan 8.4 tapauksen $w = L/400$ alkuepakesisyys.



Kuva 8.4. Nurjahduksen huomioonottava kerroin k_s .

Sivuttaistuettavan puristussauvan kukin tuki mitoiteetaan vähintään voimalle:

$$F = \begin{cases} \frac{N}{50} & \text{sahataravaralla} \\ \frac{N}{80} & \text{liimapuulla} \end{cases} \quad (8.12)$$

jossa N on sauvan puristusvoima.

TAULUKKO 8.8.

Puristussauvan nurjahduspituudet L_c eri tuentatapauksille, kun sauvan pituus on L .

Tuentatapa	Nurjahduspituus L_c
Sauva on jäykästi kiinnitetty molemmista päistään	0,7 L
Sauva on jäykästi kiinnitetty toisesta ja nivelellisesti toisesta päistään	0,85 L
Sauva on nivelöity molemmista päistään	1,0 L
Sauva on jäykästi kiinnitetty toisesta päästä ja toisesta päästä kiinnitetty suunnalleen, muttei asemalleen	1,5 L
Sauva on jäykästi kiinnitetty toisesta päistään ja toisesta päistään vapaa	2,5 L

8.3.2 Lisäohjeita

Kaareissa palkeissa tarkistetaan kaarevuudesta johdettavat lamelleja vastaan kohtisuorat lisärasitukset.

Mikäli käyrää palkkia rasittaa taivutusmomentti, joka pyrkii oikaisemaan sitä, syntyy palkkiin poikittaisia syyn suuntaa vastaan kohtisuoria vetojännityksiä. Vakiokorkuisen käyrän suorakaidepalkin poikittainen vetojännitys voidaan laskea kaavasta

$$\sigma_{\perp} = 1,5 \frac{M}{R_m bh} \quad (8.13)$$

jossa

σ_{\perp} on poikittainen vetojännitys

M on taivutusmomentti

R_m on painopisteakselin kaarevuussäde

b on palkin leveys

h on palkin korkeus.

Palkkia mitoitettaessa on osoitettava, että

$$\sigma_{\perp} \leq \sigma_{\perp\text{sall}} \quad (8.14)$$

jossa

σ_{\perp} on syyn suuntaa vastaan kohtisuorassa oleva kuormien aiheuttama vetojännitys

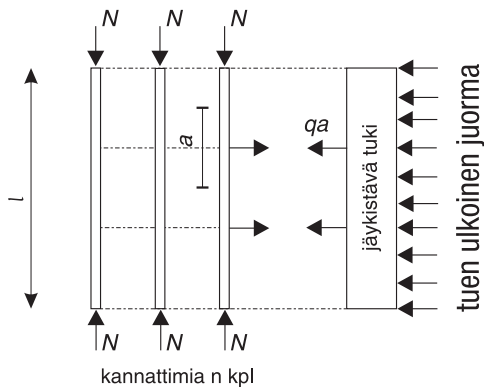
$\sigma_{\perp\text{sall}}$ on sallittu poikittainen vetojännitys.

8.3.3 Palkiston tai ristikkorakenteiden poikittaistuennan mitoitus

Sivuttaistukia tarvitsevat vierekkäiset yhdensuuntaiset kannatteet (ks. kuva 8.5) on varustettava jäykistävin poikittaistuvin, joiden on ulkoisten vaakakuormitusten (esim. tuuli) lisäksi kestettävä pituusyksikköä (m) kohden kuorma

$$q = \frac{nN}{50l} \quad (8.15)$$

N on keskimääräinen puristusvoima kannattajan yläpaarteessa. Palkin tapauksessa $N = M/h$. n on jäykistävään rakenteeseen sidottujen vierekkäisten kannattajien lukumäärä ja l on kannattajien pituus metreissä.



Kuva 8.5. Poikittaistuettu palkisto tai ristikkosysteemi.

8.4 Liitokset

Liitokset jaetaan

- mekaanisiin liitoksiin ja
- liimaliitoksiin (varsinaisesti liimaliitokset ja naulaliimaliitokset).

Kantavien rakenteiden liitokset mitoitetaan lujuuden ja tarvittaessa myös siirtymien mukaan.

Jos käytetään epäsymmetrisiä liitoksia tai liitoksen tuleva voima on epäkeskinen, otetaan syntyvät lisärasitukset huomioon liitoksen lujuutta laskettaessa. Tällöin jatkoskappaleiden jännityksiä laskettaessa otetaan sauvavoima 1,5-kertaisena. Vetosauvojen jatkoksissa on jatkoskappaleet pyrittävä sijoittamaan symmetrisesti sauvan keskiviivan suhteen.

Käytettäessä eri liittintyyppisiä samassa liitoksessa otetaan huomioon jäykkyydet ja niiden vaikutus voimien jakautumiin. Liiman ja mekaanisen liittimen ei lasketa toimivan yhdessä. Kun samassa liitoksessa käytetään monia liittimiä peräkkäin, täytyy ottaa huomioon, etteivät rasitukset jakaannu tasan kaikille liittimille. Mikäli liittimiä on peräkkäin enemmän kuin 10, lasketaan 10 liittintä täysimääräisenä ja muista 2/3.

8.4.1 Mekaaniset liitokset

Naulaliitokset

Naulaliitoksen naulojen pienimmät sallittavat etäisyydet on annettu kuvassa 8.6. Lisäksi on huomattava seuraavaa:

- Naulat lyödään kohtisuoraan syyn suuntaa vastaan. Syyn suuntaan lyödyn naulan sallittuja arvoja alennetaan 70 %. Syyn suuntaan lyödyllä naulalla ei kuitenkaan ole ulosvetolujuutta.
- Puun paksuuden on oltava yleensä vähintään 8d. Lisäksi kärjen puoleisen puun on oltava niin paksu, että seuraavat vaatimukset täyttyvät (kuva 8.7):
 - kaksileikkeisissä liitoksissa $L_1 > 8d$ ja
 - yksileikkeisissä liitoksissa $L_2 > 12d$ silleillä nauloilla ja $L_2 > 8d$ kampa- ja kierrenauloilla.
- Mikäli $L_3 > 3d$ (kuva 8.7), saavat eri puolilta lyödyt naulat koskettaa toisiaan.
- Naulojen pienimmille keskinäisille etäisyyksille sallitaan 20 %:n hajonta.
- Syyn suunnassa peräkkäiset naulat lyödään kuvan 8.6 mukaisesti naulanpaksuuden verran syyn suunnasta sivuun halkeiluvaaran vuoksi.
- Mikäli liitokseen tulee laskelmien mukaan 1 tai 2 naulaa, lisätään liitoksen naulamäärää yhdellä.
- Yleensä naulat lyödään niin syvälle, että naulan kanta on puupinnan tasossa.

Nelikulmaisilla lankanauloilla kootun puuliitoksen sallittu leikkausvoima (N/leike) saadaan taulukosta 8.9 edellyttäen, että liitos täyttää edellä annetut rakenteelliset ohjeet.

Liitettäessä sahatavaraa pyöreään puutavaraan kerrotaan taulukon 8.9 arvot 0,65:lla. Kahden pyöreän puun välistä liitosta ei pidetä voimia siirtävänä liitoksena. Profiloimattomia pyöreitä nauloja käytettäessä kerrotaan taulukon 8.9 arvot 0,8:lla. Jos metallilevy liitetään puuhun, voidaan käyttää 1,25-kertaisia arvoja.

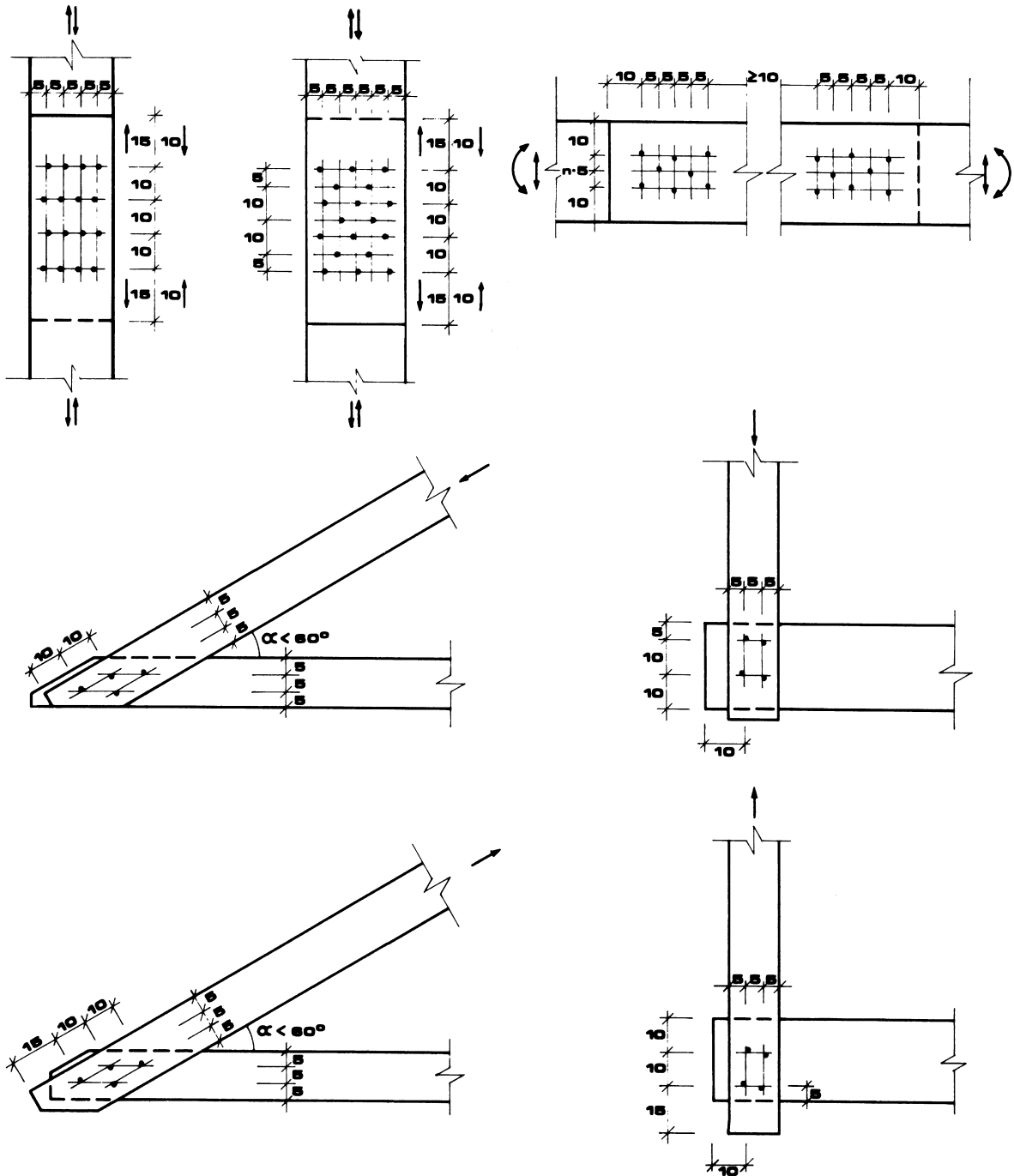
Vanerin ja puun välisessä naulaliitoksessa koivuvaneri vastaa paksuudeltaan 3-kertaista, sekavaneri 2,5-kertaista ja havupuuvaneri 2-kertaista puuta. Lastulevy ja puolikova puukuitulevy vastaavat 2-kertaista ja kova puukuitulevy 2,5-kertaista puuta.

Jos liitettävän puun paksuus $t < 8d$, suurennetaan kuvan 8.6 syyn suuntaisia etäisyyksiä suoraviivaisesti siten, että kun $t = 4d$, lisäys on 20 %. Taulukon 8.9

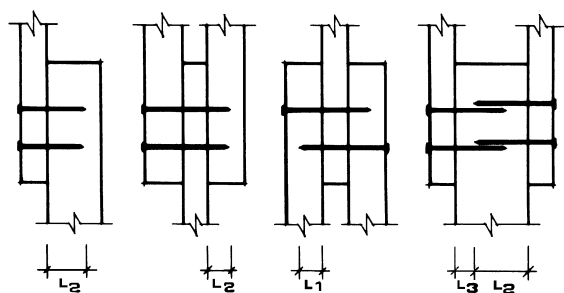
lujuusarvo ja pienennetään paksuuksien suhteessa (kerroin $t/(8d)$).

Naulaliitoksen tartuntalujuuden määrää naulan tartuntalujuus kärjen puoleisessa puussa, naulan läpimeno kannan puoleisesta puusta tai naulan katkeaminen. Naulan läpimenoon kannan puoleisesta puusta vaikuttaa naulan kannan koko jo naulan varren tartunta.

Naulaliitoksen sallitut tartuntavoimat saadaan taulukosta 8.10. Naulan kannan halkaisijan pitää olla vähintään 2,5 kertaa naulan paksuus. Taulukon 8.10 arvoja käytettäessä edellytetään, että nailat lyödään vähintään 45° :n kulmassa liitospintaan ja puun syiden suuntaan nähden.



Kuva 8.6. Naulojen pienimmät sallitut etäisyydet (yksikkönä naulan paksuus d), kun puun paksuus $t > 8d$.



Kuva 8.7. Naulan kärjen ankkurointipituus eri ta-pauksissa (vrt. teksti). L_1 liittyy vuorotellen vastak-kaisilta puolilta lyötyihin nauloihin ja L_2 samalta puolelta lyötyihin nauloihin.

TAULUKKO 8.9. Poikkileikkaukseltaan nelikulmaisilla lankanauiloilla kootun kahden puun välisen lii-toksen sallitut leikkausvoimat. Yksikkö N/leike.

Naulan paksuus x (pituus) (mm)	Aikaluokka								
	A			B			C		
	Kosteusluokka			Kosteusluokka			Kosteusluokka		
	1 ja 2	3	4	1 ja 2	3	4	1 ja 2	3	4
1,7 x (50)	100	90	70	150	130	100	250	220	170
2,1 x (50)	150	130	100	210	190	140	360	320	250
2,5 x (60)	200	180	135	280	250	190	480	430	330
2,8 x (75)	240	210	160	350	300	240	590	510	400
3,4 x (100)	340	300	230	480	420	330	820	720	560
4,2 x (125)	480	420	330	690	610	470	1 200	1 000	790
5,1 x (150)	670	590	460	970	840	650	1 600	1 400	1 100
5,5 x (200)	760	670	520	1 100	960	740	1 900	1 600	1 260
6,0 x (225)	890	780	600	1 300	1 100	860	2 100	1 900	1 500
6,6 x (250)	1 000	890	690	1 450	1 300	990	2 500	2 200	1 700

TAULUKKO 8.10.

Sallitut naulan tartuntavoimat pyöreille ja nelikulmai-sille lankanauiloille kaikissa kosteusluokissa.

Naulan paksuus x (pituus) (mm)	Tartunta (N/mm) ¹⁾		Kannan vaikutus (N) ²⁾	
	A	B ja C	A	B ja C
1,7 x (50)	1,1	1,3	70	90
2,1 x (50)	1,3	1,6	110	140
2,5 x (60)	1,5	1,9	150	190
2,8 x (75)	1,7	2,2	190	240
3,4 x (100)	2,1	2,6	280	360
4,2 x (125)	2,6	3,2	430	540
5,1 x (150)	3,1	3,9	640	800
5,5 x (200)	3,4	4,2	740	930
6,0 x (225)	3,7	4,6	890	1100
6,5 x (250)	4,0	5,0	1040	1300

Naulan paksuuden väliarvot voidaan interpoloida suoraviivaisesti.

¹⁾ Sileille nauiloille käytetään aikaluokassa A 0,6-ker-taisia arvoja. Kuumasinkityille nauiloille käytetään 1,94-kertaisia, kierrenauiloille 3,25-kertaisia ja kampanauiloille 4,5-kertaisia arvoja. Kuitenkaan kierre- ja kampanauilojen kannan puoleisella osalla ei lasketa olevan tartuntaa.

²⁾ Kannan vaikutus on sama kaikilla naulatyypeillä. Jos kannan halkaisija $d_h < 2,5 d$, niin arvot kerrotaan luvulla 0,67 ($d_h/d-1$).

Ruuvi- ja pulttiliitokset

Ruuvi- ja pulttiliitosten liittimien pienimmät sallittavat etäisyydet on annettu kuvassa 8.8. Kuusiokantaruuveilta edellytetään, että ruuvin sileän osan pituus on vähintään liitettävän osan paksuus. Ankkurointipituus kärjen puoleisessa puussa on yleensä oltava vähintään 8 d. Kuusiokantaruuveille porataan reikä, jonka halkaisija ruuvin sileällä osalla on sama kuin ruuvin halkaisija ja kierteisellä osalla sydänläpimitta.

Pulttiliitoksissa reikä porataan pultin halkaisijan mukaan ilman tarpeetonta väljyyttä. Sekä kannan että mutterin alla käytetään aluslevyä, jonka sivun pituus on vähintään 3 d ja paksuus 0,3 d, jossa d on pultin halkaisija. Alle 5 mm paksua levyä ei tule käyttää. Pultit kiristetään siten, että liitettävät osat tulevat tiukasti toisiaan vasten. Liitosten myöhemmän kiristämisen tulee olla mahdollista.

Ruuvi- ja pulttiliitosten sallitut arvot on esitetty kuorman aikaluokassa B sekä kosteusluokissa 1 ja 2. Aikaluokassa A kerrotaan sallitut lujuudet luvulla 0,8 ja aikaluokassa C luvulla 1,3. Kosteusluokassa 3 sallitut lujuudet kerrotaan luvulla 0,75 ja kosteusluokassa 4 luvulla 0,67.

Pulttiliitoksen sallitut leikkausvoimat (yksikkö N/leike) lasketaan kaavasta (8.16) Pienimmän arvon antava kaava on määräävä. Tällöin edellytetään, että puuosat ovat vähintään lujuusluokkaa T18 ja ruuvin materiaalin myötöraja $f_y \geq 240$ N/mm². Lisäksi liitoksen tulee täyttää edellä annetut rakenteelliset ohjeet.

$$F \leq \begin{cases} 2,4(k_1 t_1 + k_2 t_2)d & \text{(vain 1-leikkeissä) (a)} \\ 4,6 k_2 t_2 d & \text{(vain 2-leikkeissä) (b)} \\ 9 k_1 t_1 d & \text{(c) (8.16)} \\ 1,4 k_1 t_1 d + 8,2 d^2 & \text{(d)} \\ 16 d^2 \sqrt{0,5(k_1 + k_2)} \sqrt{f_y / 240} & \text{(e)} \end{cases}$$

jossa

- t_1 on ohuemman puun paksuus (mm)
- t_2 on paksumman puun paksuus (mm)
- d on pultin halkaisija (mm)
- f_y on pultin materiaalin myötöraja (N/mm²)
- k_1 on taulukosta 8.11 puulle 1 saatava kerroin
- k_2 on taulukosta 8.11 puulle 2 saatava kerroin.

TAULUKKO 8.11.

Kaavojen (8.16) ja (8.17) k-kertoimet.

Voiman ja puun syyn suunnanvälinen kulma	Halkaisija d (mm)		
	6	12	24
0°	1	1	1
30°	1	0,88	0,82
45°	1	0,79	0,70
60°	1	0,70	0,58
90°	1	0,64	0,42

k :n alaindeksi 1 viittaa 2-leikkeisessä liitoksessa ulkopuuhun jo alaindeksi 2 keskipuuhun. 1-leikkeisissä liitoksissa indeksit valitaan siten, että $k_1 t_1 \leq k_2 t_2$.

Mikäli sivukappale on terästä, voidaan kaavoissa valita $t_1 = t_2 =$ puuosan paksuus. Jos keskikappale on terästä, ei kaavaa (b) tarvitse tarkistaa ja kaavojen (d) ja (e) arvot kerrotaan 1,4:llä.

Puuruuvi- ja kuusiokantaruuviliitosten sallittu leikkausvoima lasketaan kaavasta (8.17) Kaava pätee samoilla edellytyksillä kuin pulttiliitosten vastaava kaava (8.16).

$$F \leq \begin{cases} 9 k_1 t_1 d \\ 1,9 k_1 t_1 d + 6,7 d^2 \\ 16 d^2 \sqrt{0,5(k_1 + k_2)} \sqrt{f_y / 240} \end{cases} \quad (8.17)$$

jossa

- t on kannan puoleisen puun paksuus (mm)
- d on ruuvin sileän osan halkaisija (mm)
- f_y on ruuvin materiaalin myötöraja (N/mm²)
- k_1 ja k_2 ovat taulukosta 8.11 saatavia kertoimia

Metallilevyn ja puun välisen liitoksen sallittu leikkausvoima voidaan laskea kaavasta

$$F \leq 16,3 d^2 \sqrt{0,5(k_1 + k_2)} \sqrt{f_y / 240} \quad (8.18)$$

Jos levyn paksuus on ≤ 2 mm ja pultin tai ruuvin suurin halkaisija ≥ 12 mm, tarkistetaan lisäksi levyn reunapuristus.

Mikäli ankkurointipituus on < 8 d, vähennetään kaavoista (8.17 ja 8.18) määritettyjä lujuuksia ankkurointipituuksien suhteessa. Ankkurointipituuden tulee kuitenkin olla ≥ 4 d.

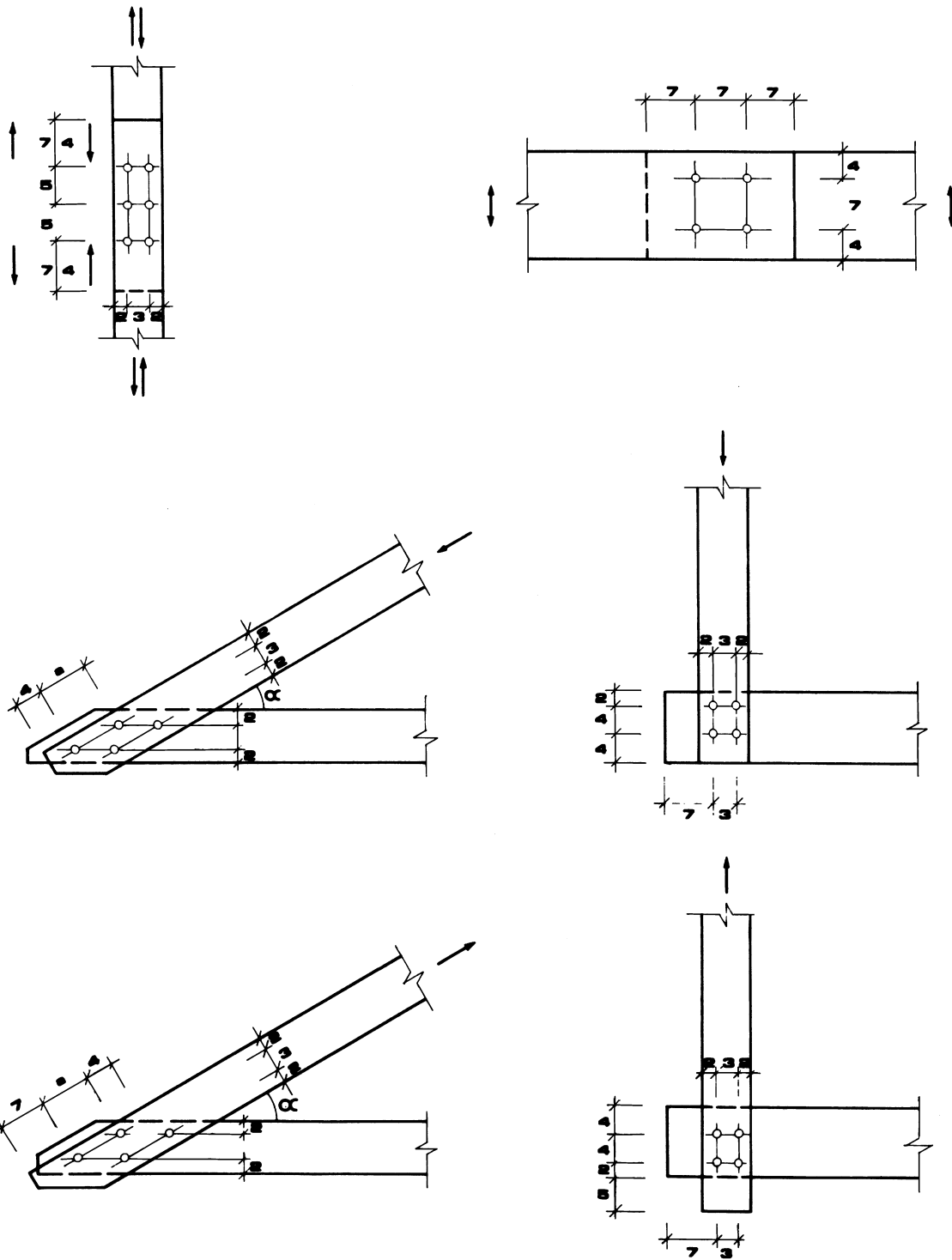
Puuruuvin ja kuusiokantaruuvin sallittu tartuntavoima (Yksikkö N) lasketaan kaavalla

$$F = (7 + 3,6 d) (L - 1,5d) \quad (8.19)$$

jossa

- d on ruuvin halkaisija (mm)
- L on ruuvin kierteisen osan pituus (mm).

Tällöin ankkurointipituus saa olla pienempi kuin 8d.



Kuva 8.8. Ruuvien ja pulttien pienimmät sallitut etäisyydet (yksikkönä ruuvien ja pultin halkaisija d).

Kahdessa kuvassa oleva mitta a määräytyy seuraavasti:

jos $\alpha \leq 30^\circ$, niin $a = 7$

jos $30^\circ < \alpha \leq 50^\circ$, niin $a = 6$

jos $50^\circ < \alpha \leq 70^\circ$, niin $a = 5$

jos $a > 70^\circ$, niin $a = 4$.

8.4.2 Liitosten muodonmuutokset

Leikkausvoiman rasittaman liitoksen muodonmuutos voidaan laskea kaavasta

$$\delta = \frac{q}{k} \quad (8.20)$$

jossa

q on liitoksen liitintä rasittava leikkausvoima ja
k on siirtymäkerroin, joka saadaan sileille lankanuloille, puuruuveille ja pulteille taulukosta 8.12.

TAULUKKO 8.12.

Kaavan (8.20) siirtymäkerroin k (N/mm) liitettäessä puuta puuhun.

Aika-luokka	Naula-liitos	Puuruuvi-liitos	Pultti-liitos
A	100 d	60 d	60 d*
B	300 d	160 d	160 d*
C	440 d	240 d	240 d*

* Pulttiliitoksen siirtymäarvoon lisätään 0,05 d, joka ottaa huomioon ruuvien mahdollisen väljyyden.

Kosteusluokassa 3 kerrotaan taulukon 8.12 arvot 0,6:lla ja kosteusluokassa 4 kertoimella 0,4.

9

PALOTEKNINEN MITOITUS

9.1 Yleisohjeet

Rakenteen tai rakennusosan palonkestävyyttä arvioidaan palokestoajalla, joka voidaan määrittää suoritettuna polttokokeen, näiden ohjeiden tai muiden riittävien selvitysten perusteella.

9.2 Paloteknisen mitoituksen perusteet

9.2.1 Hyötykuormat ja luonnonkuormat

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

noudatetaan yleisesti sovellettuja periaatteita kulloinkin vaarallisimman kuormitusyhdistelmän suhteen. Mitoituksessa voidaan otaksua, että lumi- ja tuulikuorma eivät esiinny samanaikaisesti.

9.2.2 Varmuuskertoimet

Kuorman ja materiaalin osavarmuuskertoimena paloteknisessä mitoituksessa käytetään arvoa 1,0.

9.2.3 Palo-olosuhteet

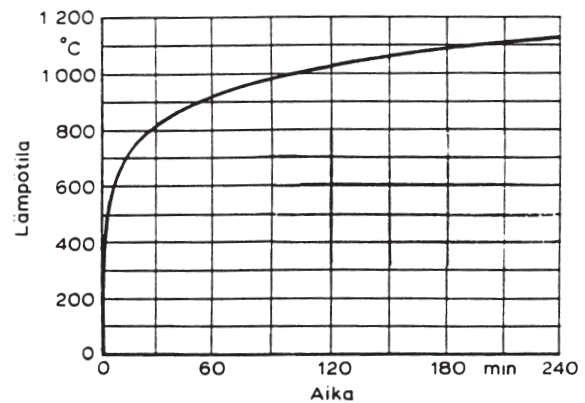
Palotilan aika-lämpötilariippuvuus lasketaan ns. standardipalossa kaavasta

$$T - T_0 = 345 \lg(8t + 1) \quad (9.1)$$

jossa

T on palotilan lämpötila (°C) ajanhetkellä t (min)

T₀ on lämpötila (°C) ajanhetkellä t = 0.



Kuva 9.1. Palotilan aika-lämpötilayhteys standardipalossa, kun alkulämpötila on +20°C.

Palotilan aika-lämpötilariippuvuus voidaan määrittää myös energiatasapainotilaperiaatteeseen perustuen.

9.2.4 Hiiltyminen

Hiiltymisnopeutena β käytetään standardipalokäyrän mukaisessa palossa seuraavia arvoja:

$\beta = 0,7$ mm/min kerrosliimatulle puulle

$\beta = 0,8$ mm/min rakennepuutavaralle

Puisen rakennusosan suorakaiteenmuotoisen poikkileikkauksen hiiltymissyvyys x voidaan laskea hiiltymisnopeuden β ja ajan t (min) avulla seuraavasti:

$$x = \beta t.$$

Hiiltymättä jääneen poikkileikkauksen nurkkien kaarevuussäde $r = 0,8 \beta t$ (mm).

Jos puurakenteella on yhteinen kosketuspinta jonkun toisen rakennusosan, kuten yläpohjan, seinän ym. kanssa, voidaan jälkimmäisen rakennusosan suojaava vaikutus kosketuspinnan hiiltymisessä ottaa huomioon, jos suojaavan rakenteen vaikutus hiiltymissyvyyteen on luotettavin selvityksin osoitettu.

9.3 Mitoitus

Rakennusosan murtorajatilaa vastaava kantokyky määritetään kyseisen palonkestoajan jälkeen hiiltymättä jääneelle poikkileikkaukselle. Paloteknisessä mitoituksessa käytetään taulukossa 9.1 esitettyjä lujuusarvoja.

TAULUKKO 9.1.

Puun lujuuden arvot syiden suunnassa palotilanteessa. Yksikkö MN/m².

Lujuus- luokka	L40	L30	T30 T3	T24 T2	T18 T1
Taivutus	31	25	23	20	16
Veto	21	17	15	13	8
Puristus	30	24	22	19	15
Leikkaus	2,4	2,4	2	2	2

Liimapuupalkin korkeusvähennystä

$$C_F = \left(\frac{300}{h} \right)^{1/9}$$

ei tehdä palotilanteessa.

Taivutetussa rakennusosassa tulee sivusuuntaisen kiepahduksen olla estetty vaaditun palonkestoajan.

Puristetun puusauvan rajoituessa muuhun rakennusosaan, kuten seinään, tulee epäsymmetrisen hiiltymisen johdosta syntyvä epäkeskisyys ottaa huomioon normaalivoiman epäkeskisyttä laskettaessa.

Rakennusosan nurjahduspituuteen vaikuttavien muiden rakennusosien ja kiinnitysten tulee olla palonkestävyydeltään vastaavia kuin mitoitettava rakennusosa. Ellei näin ole, tulee tämä ottaa huomioon rakennusosan tulipalon aikaista nurjahduspituutta määrittäessä.

Puisiin rakennusosiin liittyvät metalliset rakennusosat ja liitososat, jotka saattavat tulipalossa heikentää puisen rakennusosan palonkestävyyttä, on suojattava siten, että näin suojatun rakennusosan tai liitoksen palonkestävyys vastaa puiselta rakennusosalta edellytettyä palonkestävyyttä. Suojaamiseen voidaan käyttää esim. puuta, lastulevyä tai mineraalivillaa.

Kerrosliimattujen rakenteiden liimauksen tulee olla suoritettu fenoli-, resorsiiniformaldehydiliimalla tai paloteknisiltä ominaisuuksiltaan vastaavalla liimalla.