

PALONKESTO-OHJEISTUS

- MITEN TAULUKKOMITOITUSTA VOIDAAN KÄYTTÄÄ
- RAKENTEIDEN YHTEISTOIMINTA PALOTILANTEESSA

STANDARDIN EN 1992-1-2 SISÄLTÖÄ:

Luvussa 2: Palomitoituksen perusteet

Luvussa 3: Materiaaliominaisuudet

Luvussa 4 ja liitteissä: Yksinkertaistetut ja kehittyneet laskentamenetelmät

Luvussa 5: Taulukkomitoitus **PILARIT MUUTTUNUT**

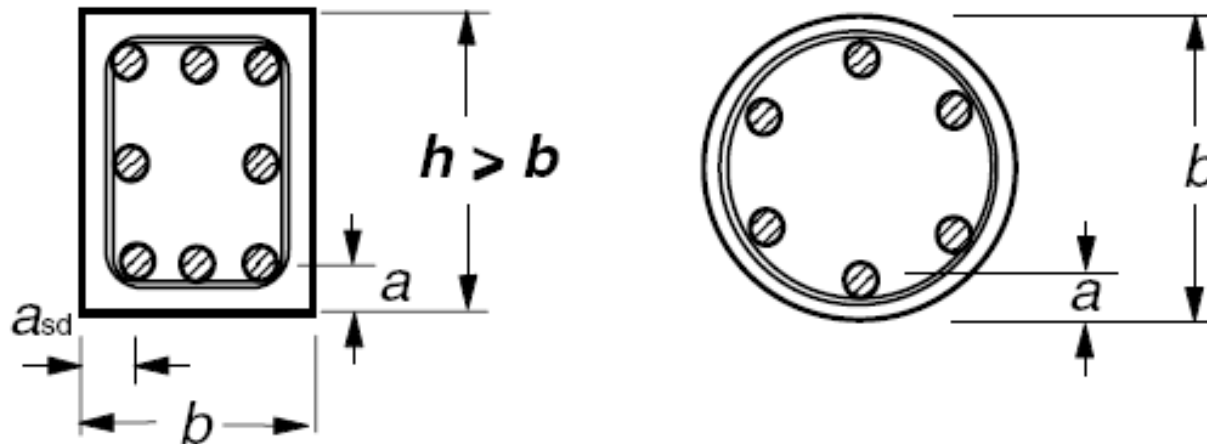
Luvussa 6: Korkealujuusbetoni **UUTTA: Lujuuden aleneminen, lohkeilun estäminen**

Luvuissa 4 ja 6: Lohkeilu

Taulukkomitoitus

Sama periaate kuin Suomen normeissa –
betonipeitteen sijasta tarkistetaan raudituksen keskiöetäisyys

(13) Taulukoiden merkinnät määritellään kuvassa 5.2.



Kuva 5.2 Rakenneosien poikkileikkauksia, joista näkyy nimellinen keskiöetäisyys a

(14) Keskiöetäisyydet a terästankoon, lankaan tai jänteeseen ovat nimellisarvoja. Toleranssivaraa ei tarvitse lisätä.

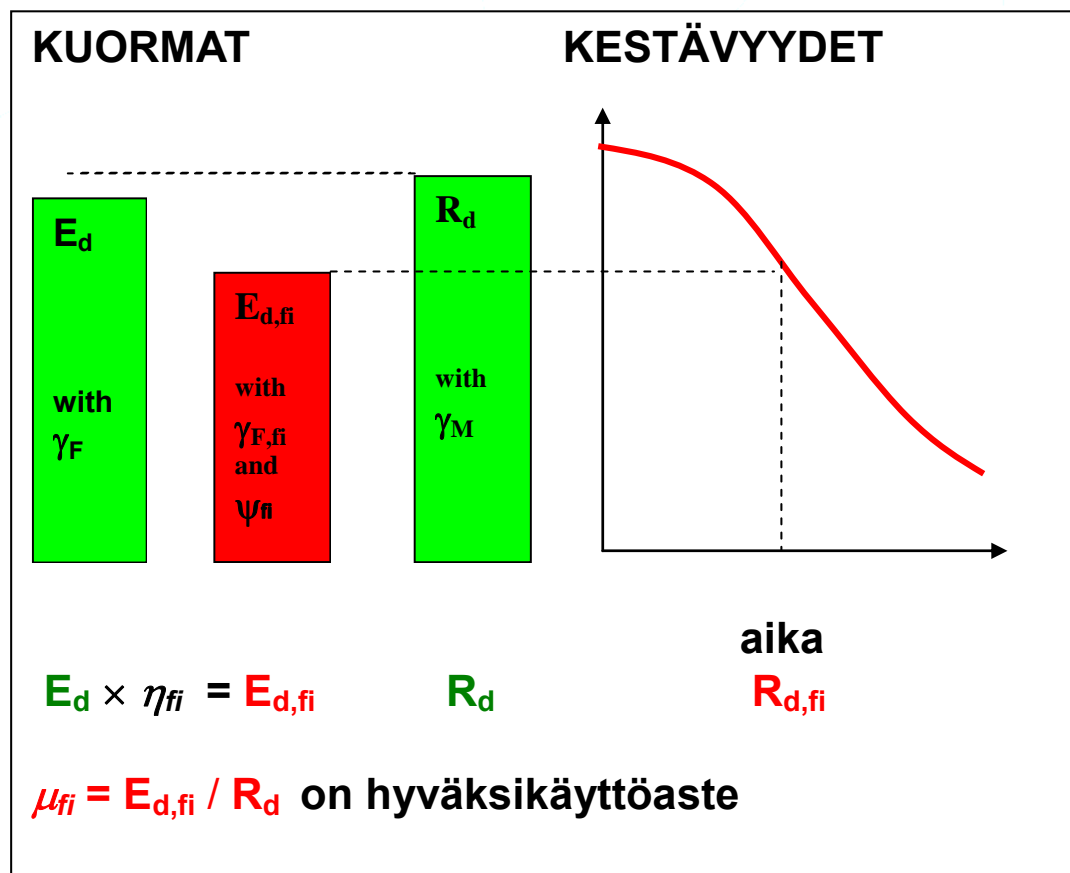
Taulukkoja käytettäessä ei tarvita lisätarkistuksia leikkaus- ja vääntökestävyyden, ankkurointiyksityiskohtien tai lohkeilun suhteen.

Lohkeilun suhteen on poikkeuksena edelliseen seuraavat säännöt:

- **pintarautoitus** SFS-EN 1992-1-2 kohdan 4.5.2 mukaan tarvitaan, kun lähinnä pintaa olevan raudoituksen keskiöetäisyys on vähintään **70 mm**
- **korkealujuusbetonilla** lujuuteen C80/95 asti saa **silikaa** olla enintään 6 paino-% sementin määrästä
- jos korkealujuusbetonissa on **silikaa yli 6 paino-%** sementin määrästä **ja lujuusluokalla C90/105** aina, on käytettävä ainakin yhtä Suomen kansallisessa liitteessä hyväksytystä kolmesta menetelmästä: Hyväksytty betonityyppi, suojakerrokset tai polypropyleenikuidut.

Kuormitustason huomioonottaminen

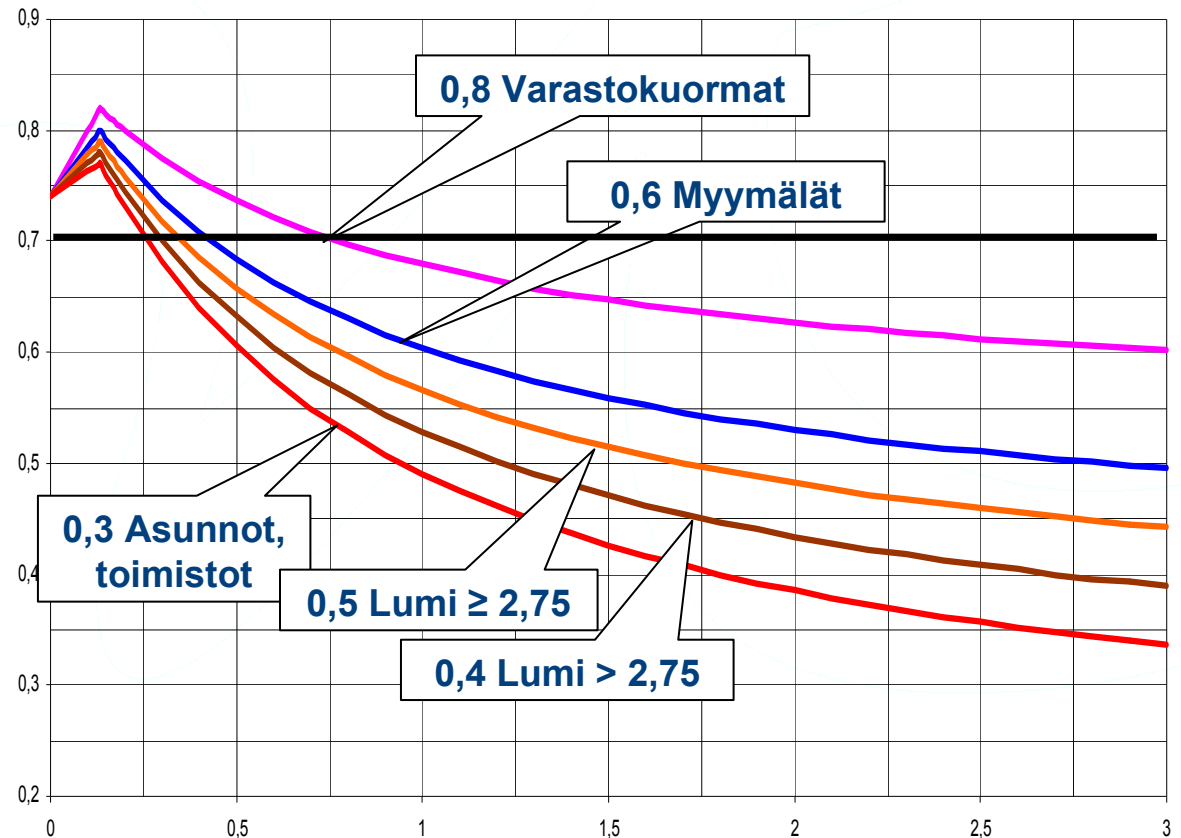
- Taulukkoarvot perustuvat siihen, että rakenne on täysin kuormitettu, eli palotilanteen mitoituskuormatason pienennyskerroin $\eta_{fi} = 0,7$
- Hyväksikäyttöaste μ_{fi} voidaan ottaa huomioon, jos rakenne ei ole täysin kuormitettu



Varmuuskertoimet ja kuormavähennykset

η_{fi}

- Palomitoituksessa kaikki osavarmuusluvut (kuormat ja materiaalit) = 1,0 (kuten RakMK)
- Palotilanteen kuormavähennykset ovat erilaiset, Suomen NA:n mukaan:
 - Ψ_2 hyötykuormille
 - Ψ_1 luonnonkuormille



Muuttuvan kuorman suhde pysyvään kuormaan

Pilarien taulukkomitoitus

EN 1992-1-2 Yksinkertaisempi taulukko A

- johdettu polttokoetuloksista
- rajattu nurjahduspituuteen ≤ 3 m ja epäkeskisyyteen $e \leq 0,4h$ (NA)
- voidaan laajentaa empiirisellä kaavalla 6 m nurjahduspituuteen
 - Kaavan muut muuttujat: hyväksikäyttöaste, raudoituksen keskiöetäisyys ja sijoittelu, poikkileikkausmitat

sekä mutkikkaammat taulukot B

- laadittu laskennallisesti
- Vaatii yleensä interpolointia

Suosittelaa empiiristä kaavaa, jolla on laskettu tässä esitettävät taulukot

SFS-EN 1992-1-2 kaavalla (5.7) laskettuja pilarien paloluokkia

Suluissa on suoraan kaavan antamat palonkestoajat, joita käytetään interpoloidessa.

Taulukko on voimassa seuraavilla ehdoilla:

- nurjahduspituus palotilanteessa $l_{0,fi} = 3,0$ m (eli jäykistetyissä rakenteissa välikerroksen kerroskorkeus saa olla $3,0 \text{ m}/0,5 = 6$ m ja ylimmässä kerroksessa $3,0 \text{ m}/0,7 = 4,3$ m)
- ensimmäisen kertaluvun epäkeskisyyden palotilanteessa $\leq 0,4 h$ (tai b)
- raudoituksen määrä $A_s < 0,04 A_c$

Taulukko1 Suorakaidepilarien ja pyöreiden pilarien paloluokkia

b (mm) =	180		280		380		480		580		680	
a (mm) =	40		40		40	50	40	50	50	60	50	60
$\mu_{fi} = 0,7$	R30 (53)		R60 (65)		R60 (78)	R90 (103)	R90 (92)	R120 (119)	R120 (159)	R180 (193)	R120 (178)	R180 (214)
$\mu_{fi} = 0,5$	R60 (76)		R90 (89)		R90 (104)	R120 (133)	R120 (120)	R120 (150)	R180 (194)	R180 (232)	R180 (215)	R240 (254)
$\mu_{fi} = 0,3$	R90 (102)		R90 (117)		R120 (134)	R120 (166)	R120 (151)	R180 (185)	R180 (233)	R240 (273)	R240 (255)	R240 (297)

$\mu_{fi} = N_{Ed,fi} / N_{Rd}$ = hyväksikäyttöaste palossa eli palotilanteen kuormilla lasketun pilarikuorman suhde pilarin kestävyuden mitoitusarvoon normaalilämpötilassa. Varmalla puolella olevana arvona voidaan aina käyttää 0,7.

Päätangot on oletettu jaetun pilareissa $b \geq 580$ mm myös sivuille, tätä pienemmissä vain nurkissa.

Korkealujuusbetonipilarit

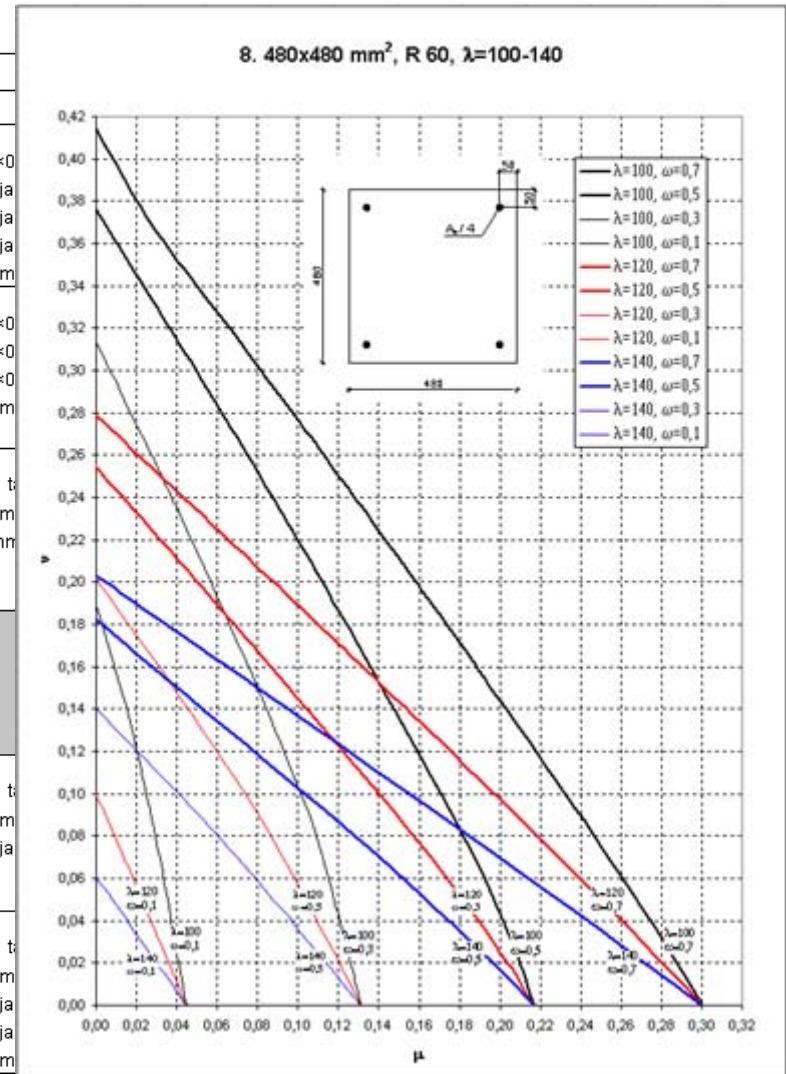
Vastaava taulukko, jossa on otettu huomioon korkealujuusbetonin suurempi lujuuden aleneminen

Taulukko 2 Korkealujuuspilarien paloluokkia

b (mm) =	180		280		380		480		580		680	
a (mm) =	40		40		40	50	40	50	50	60	50	60
$\mu_{fi} = 0,7$	R30 (51)		R60 (63)		R60 (74)	R90 (100)	R90 (89)	R90 (114)	R120 (153)	R180 (185)	R120 (171)	R180 (205)
$\mu_{fi} = 0,5$	R60 (73)		R60 (86)		R90 (100)	R120 (127)	R90 (115)	R120 (144)	R180 (187)	R180 (223)	R180 (207)	R240 (244)
$\mu_{fi} = 0,3$	R90 (97)		R90 (113)		R120 (128)	R120 (159)	R120 (145)	R120 (178)	R180 (224)	R240 (262)	R240 (246)	R240 (285)

Mastopilareille TTY:ssä tehtyyn diplomityöhön perustuva mitoitusohje tarkistus ensin taulukoista, jos ei OK, käytetään diagrammeja

R 60	μ_{fi}		
a=50 mm	0,3	0,4	0,5
380x380	OK	OK	OK, jos 1. $\omega < 0,85$ ja $12 < T < 32$ tai 2. $0,10 < \omega < 0,35$ tai 3. $e_a > 180$ mm 4. $\omega < 1,05$ ja 5. $e_a > 550$ m
480x480	OK	OK	OK 1. $0,10 < \omega < 0$ 2. $0,05 < \omega < 0$ 3. $0,05 < \omega < 0$ 4. $e_a > 290$ m
580x580	OK	OK	OK 1. $\omega < 0,55$ t 2. $T < 32$ mm 3. $e_a > 80$ mm
680x680	OK	OK	OK
480x580	OK	OK	OK 1. $\omega < 0,25$ t 2. $e_a > 160$ m 3. $\omega < 1,00$ ja
480x680	OK	OK	OK 1. $\omega < 0,35$ t 2. $T < 25$ mm 3. $\omega < 0,45$ ja 4. $\omega < 0,90$ ja 5. $e_a > 160$ m



Kantavat ja osastoivat seinät

Taulukko 3 Kantavien seinien vähimmäismitat

Standardi- palon- kestävyys	Vähimmäismitat (mm)			
	Seinän paksuus / keskiöetäisyys			
	$\mu_n = 0,35$		$\mu_n = 0,7$	
	altistus toiselta puolelta	altistus molemmilta puolin	altistus toiselta puolelta	altistus molemmilta puolin
1	2	3	4	5
REI 30	100/10*	120/10*	120/10*	120/10*
REI 60	110/10*	120/10*	130/10*	140/10*
REI 90	120/20*	140/10*	140/25	170/25
REI 120	150/25	160/25	160/35	220/35
REI 180	180/40	200/45	210/50	270/55
REI 240	230/55	250/55	270/60	350/60

* Tavallisesti standardin EN 1992-1-1 edellyttämä betonipeitteen paksuus on määräävä.

Jos kantavia seinäiä tehdään korkealujuusbetonista, lisätään taulukosta saatavaan vähimmäispaksuuteen toiselta puolelta altistetuilla seinillä 0,3a ja molemmilta puolilta altistetuilla seinillä 0,6a, missä a on taulukon mukainen raudoituksen keskiöetäisyysvaatimus.

Osastoiville ei-kantaville seinille on vain vähimmäispaksuusvaatimus, joka on sama kuin laatoille. Vaapaan korkeuden ja seinän paksuuden suhde rajoitetaan arvoon 40.

Palomuurin iskunkestävyysvaatimus täyttyy, kun edellä olevien vaatimusten lisäksi raudoituksen keskiöetäisyys on vähintään 25 mm ja seinän paksuus vähintään:

- 200 mm raudoittamaton seinä
- 140 mm raudoitettu kantava seinä
- 120 mm raudoitettu ei-kantava seinä

Palkit

Vapaasti tuettujen palkkien vähimmäisleveysvaatimukset ovat taulukossa 4 ja pääraudoituksen keskiötäisyysvaatimukset saadaan kuvasta 5. Jatkuvuus tai päiden kiinnitysaste parantaa palonkestävyyttä ja se voidaan halutessa ottaa SFS-EN 1992-1-2 mukaan huomioon.

Jännebetonin sarake 3 johtuu terästen lämpötilan rajoittamisesta (SFS-EN 1992-1-2 kohta 5.2 (10) ja se koskee vain palkin vetopuolta. Korkealujuusbetonin sarakkeet 4 ja 6 johtuvat betonin lujuuden alenemisesta ja se koskee vain palkin puristuspuolta ja uumaa.

Taulukko 4 Palkkien vähimmäisleveydet

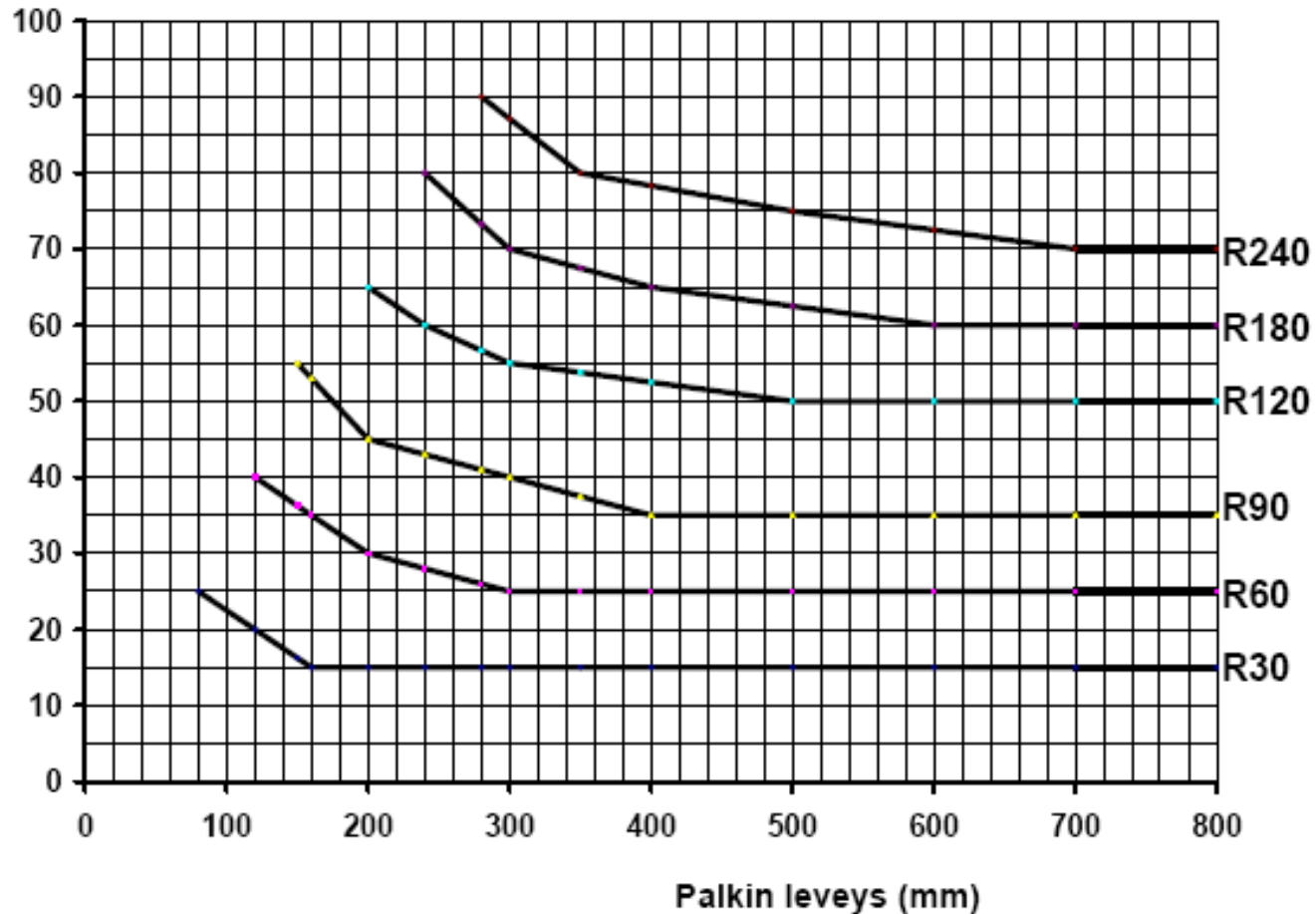
	Palkin leveys	Jännebetonipalkki ¹⁾	Korkealujuusbetonipalkki ²⁾	Uuman paksuus	Korkealujuusbetonin uuman paksuus
1	2	3	4	5	6
R30	80	120	95	80	86
R60	120	160	144	100	112
R90	150	190	183	100	118
R120	200	240	239	120	144
R180	240	280	288	140	173
R240	280	320	334	160	199

1) Sarake 3 on voimassa, jos jännebetonin kriittinen lämpötila on 350 °C tai jos sitä ei lasketa. Kriittiselle lämpötilalle 400 °C käytetään sarakkeen 2 arvoja. Väliarvot voidaan interpoloida suoraviivaisesti.

2) Korkealujuusjätnebetonipalkkien vähimmäisleveys on suurempi sarakkeen 4 tai sarakkeen 3 antamasta arvosta, alahuomautus 1) huomioon ottaen.

Keskiöetäisyys (mm)

Jännebetonipalkeilla lisätään 15 mm tai luvun 6 mukaan laskettu tätä pienempi arvo.

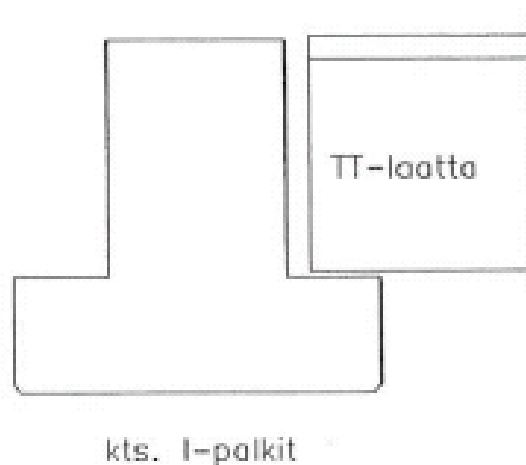
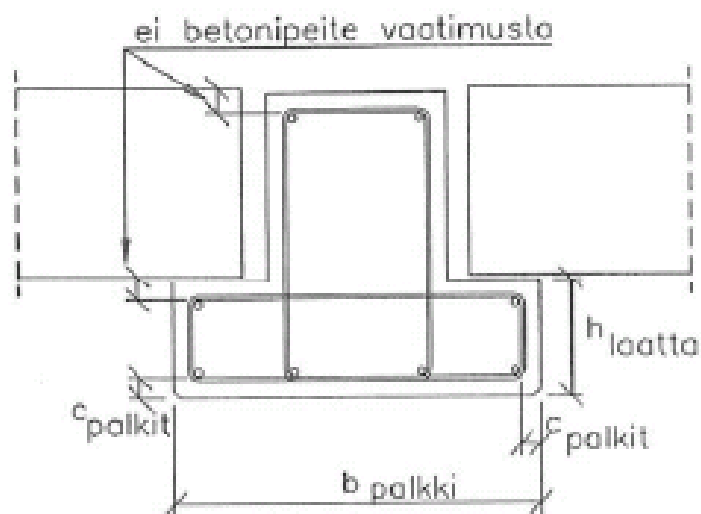


Kuva 2 Palkin pääraudoituksen keskiöetäisyyden vähimmäisarvot

4.3 Leukapalkit

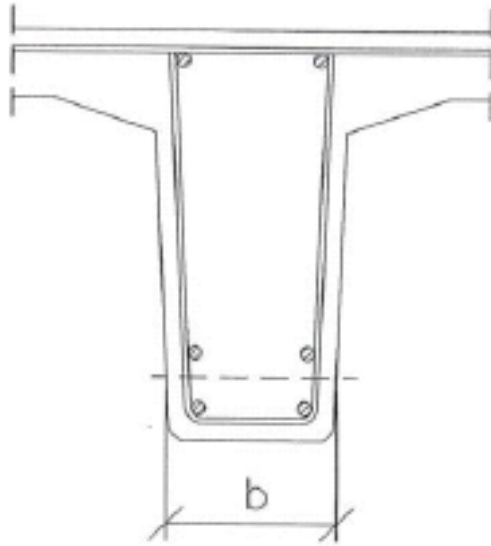
Leukapalkit käsitellään kuten suorakaidepalkit, jos laatat suojaavat leuan yläpintaa kuumenemasta. Jos leuan yläpinta pääsee kuumenemaan kuten TT-laattoja käytettäessä, sovelletaan I-palkkien vaatimuksia.

Yleensä leuan korkeus on selvästi suurempi kuin laatan vähimmäispaksuus samassa paloluokassa (taulukko 5), jolloin voidaan katsoa, ettei leuassa ole leikkausmurron vaaraa.



4.4 T-palkit

T-palkit ja TT-laattojen rivat käsitellään kuten suorakaidepalkit. Palkin leveys määritetään raudituksen painopisteen korkeudelta.



4.5 I-palkit

I-palkkien vähimmäisleveys ja uuman paksuus on taulukon 4 mukainen. Vähimmäisleveysvaatimus koskee myös alalaipan keskikorkeutta. Jännebetonilla näitä minimimittoja kasvatetaan taulukon 4 mukaan. Korkealujuusbetonin ylälaipan leveyttä ja uuman paksuutta kasvatetaan taulukon 4 mukaan, mutta alalaipan leveyttä ei tarvitse kasvattaa.

Kuvasta 2 saatavaa raudituksen keskiöetäisyyttä kasvatetaan SFS-EN 1992-1-2 kaavalla (5.10), kun alalaipan leveyden suhde uuman paksuuteen on yli 1,4.

Laatat

5. Laatat

5.1 Yhteen suuntaan kantavat massiivilaatat

Taulukko 5 Yhteen suuntaan kantavien massiivilaattojen vähimmäismitat

	Laatan vähimmäispaksuus h_s (mm)		Keskiöetäisyys a (mm)
	$\leq C50/60$	Korkealujuusbetoni	
REI 30	60	63	10
REI 60	80	86	20
REI 90	100	109	30
REI 120	120	132	40
REI 180	150	167	55
REI 240	175	195	65

Jännepunoksilla lisätään keskiöetäisyyteen 15 mm tai luvun 6 mukaan laskettu tätä pienempi arvo.

5.2 TT-laatat

Laattaosaan sovelletaan edellisen kohdan yhteen suuntaan kantavien massiivilaattojen taulukkoa. Jos vaaditaan vain kantavuutta R , kuten yleensä kattorakenteissa, ei taulukon 5 mukaista laatan vähimmäispaksuutta vaadita, vaan normaalilämpötilamitoituksen mukainen paksuus riittää. Jos vaaditaan myös osastoivuutta, saa palamattomat pinta- ja eristekerrokset laskea laatan paksuuteen (SFS-EN 1992-1-2 kohta 5.7.1 (2)).

Ripaan sovelletaan kohdan 4.4 T-palkkien sääntöjä. Jännitetyillä TT-laatoilla voidaan taulukon 4 sarakkeen 3 vähimmäisleveyttä pienentää laskemalla kriittinen lämpötila kohdan 6 mukaan. Liitteessä on esimerkkejä eri menetelmien käytöstä TT-laatoille.

5.3 Ontelolaatat

Ontelolaattojen taulukkomitoitus standardin SFS 7016 mukaan:

Taulukko 6 Ontelolaatan jännepunosten nimellisetäisyys, laatan nimellispaksuus ja lisäehdot
Mitat mm

Vähimmäisarvot	Vaadittu palonkestoluokka REI				
	REI 30	REI 60	REI 90	REI 120	REI 180
Jännepunosten keskiöetäisyys (<i>a</i>)	25	35	45	55	70
Laatan paksuus (<i>h</i>)	150	200 ¹⁾	250 ²⁾	265 ²⁾	300 ²⁾
Lisäehdot: 1) Sallitaan $h = 160$ mm, jos $\sigma_{p,n} \leq 0,5 f_{pk}$ eli palomitoituksen teräsännitys rajoitetaan puoleen jänneteräksen ominaisvetolujuudesta 2) $\mu_n = V_{d,n} / V_{Rd,c} \leq 0,5$, missä μ_n on palomitoituksen hyväksikäyttöaste leikkaukselle, eli palomitoituksen kuormilla lasketun leikkausvoiman suhde leikkauskapasiteetin mitoitusarvoon					

Kun punokset on järjestelty useiksi kerroksiksi kuvan 6.1 mukaisesti, tulee keskimääräisen keskiöetäisyyden olla vähintään taulukossa esitetyn etäisyyden suuruinen (ks. standardin SFS-EN 1992-1-2:2004 yhtälö (5.5)).

Jännepunosten keskiöetäisyys taulukossa 6.1 perustuu kriittiseen lämpötilaan 350°C ja sitä voidaan muuntaa standardissa SFS-EN 1992-1-2 esitetyillä menetelmillä.

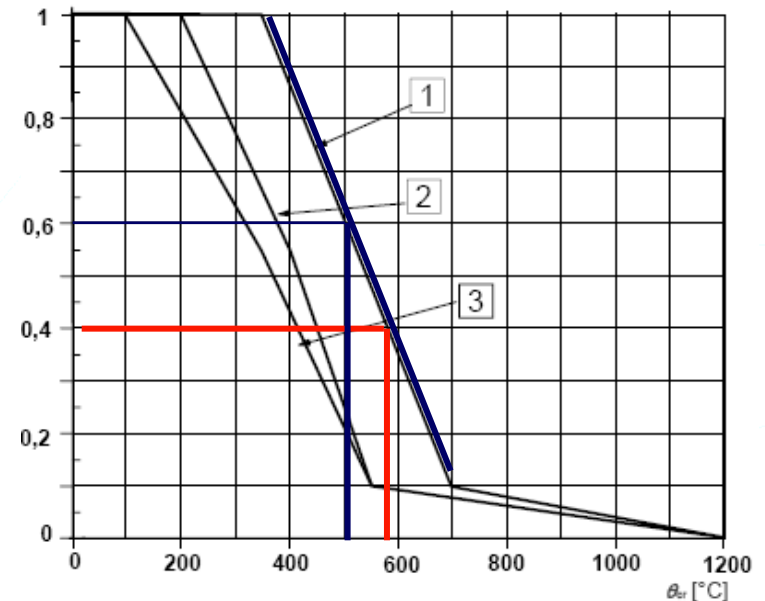
Laattojen ja palkkien kuormitusasteen huomioon otto

Yksinkertainen sääntö:

- Lasketaan teräsännitys palomitoituksen kuormilla
- Määritetään kriittinen lämpötila referenssikäyrältä
- Muutetaan keskiöetäisyyttä 1 mm 10°C lämpötilaeroa kohti

$$\sigma_{s,fi} = \frac{E_{d,fi}}{E_d} \times \frac{f_{yk}(20^\circ\text{C})}{\gamma_s} \times \frac{A_{s,req}}{A_{s,prov}}$$

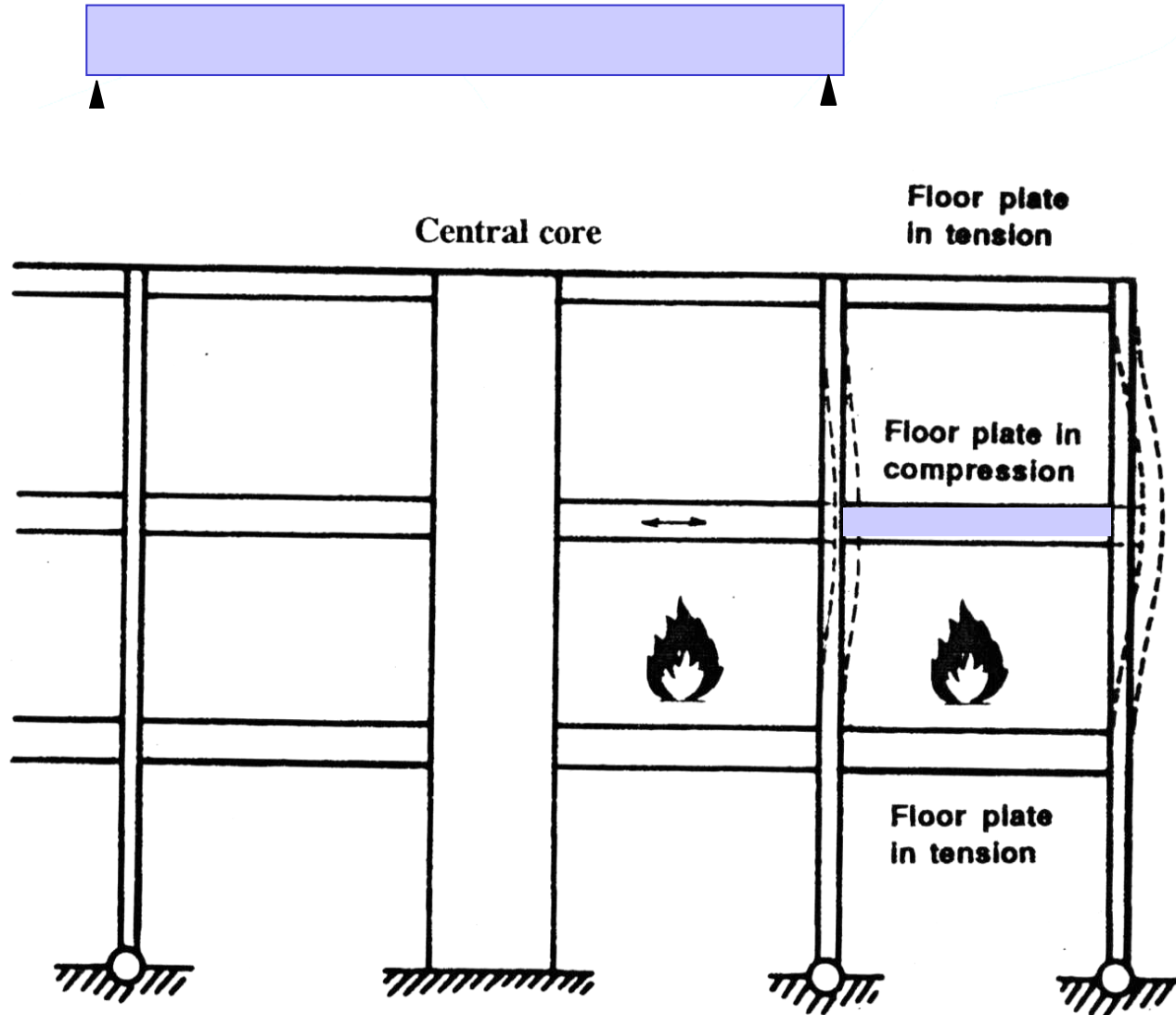
$$\sigma_{s,fi} / f_{yk} = 0,4$$



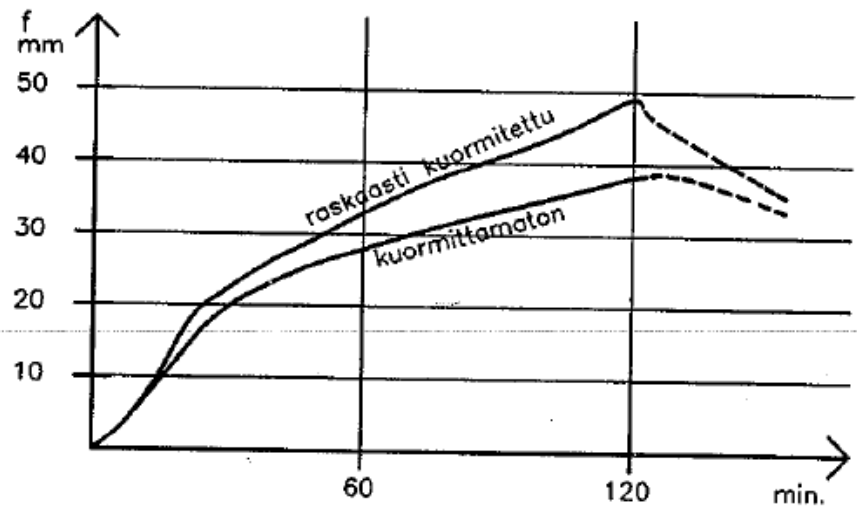
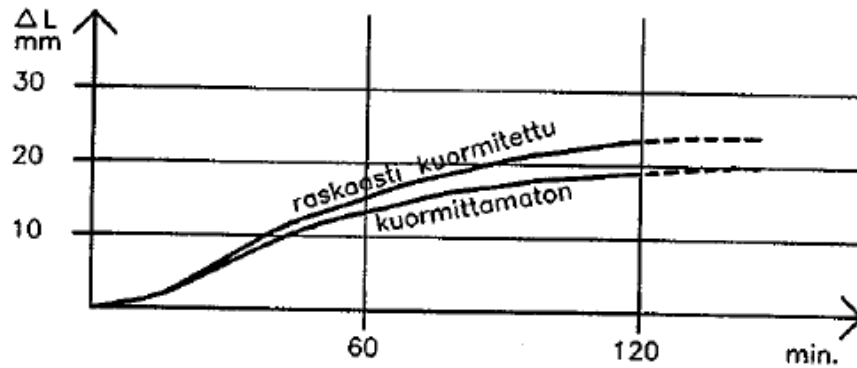
$$T_{cr} = 580^\circ\text{C}, \Delta a = -8 \text{ mm}$$

Rakenteiden yhteistoiminnasta palotilanteessa

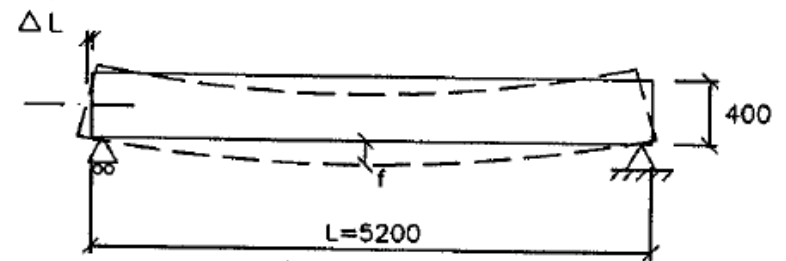
- lämpölaajenemista ja muodonmuutoksia ei tarvitse tarkastella taulukkomitoituksessa



Esimerkki ontelolaatan lämpölaajenemisesta ja käyritymisestä polttokokeessa

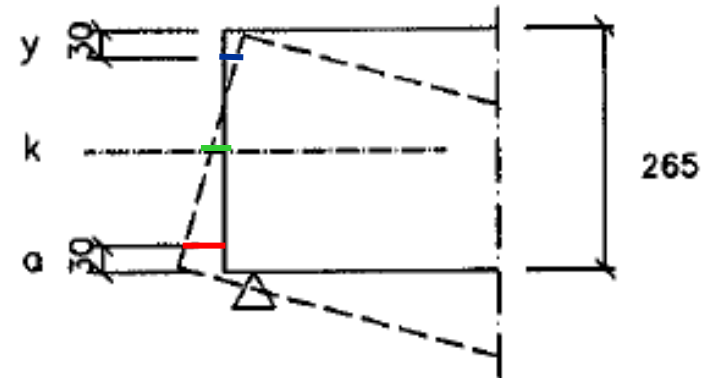
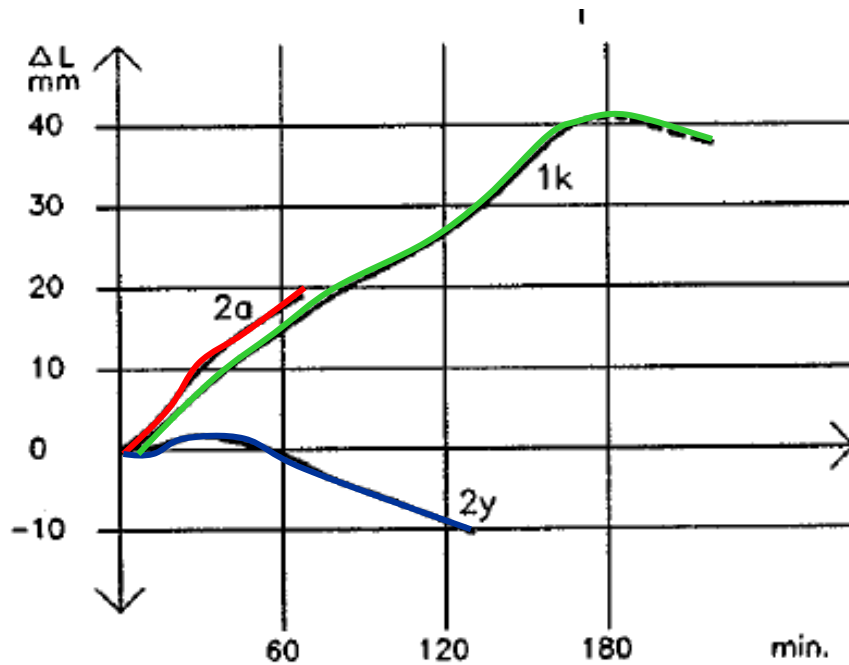


Lämpölaajeneminen



Käyrityminen eli taipuma alaspäin

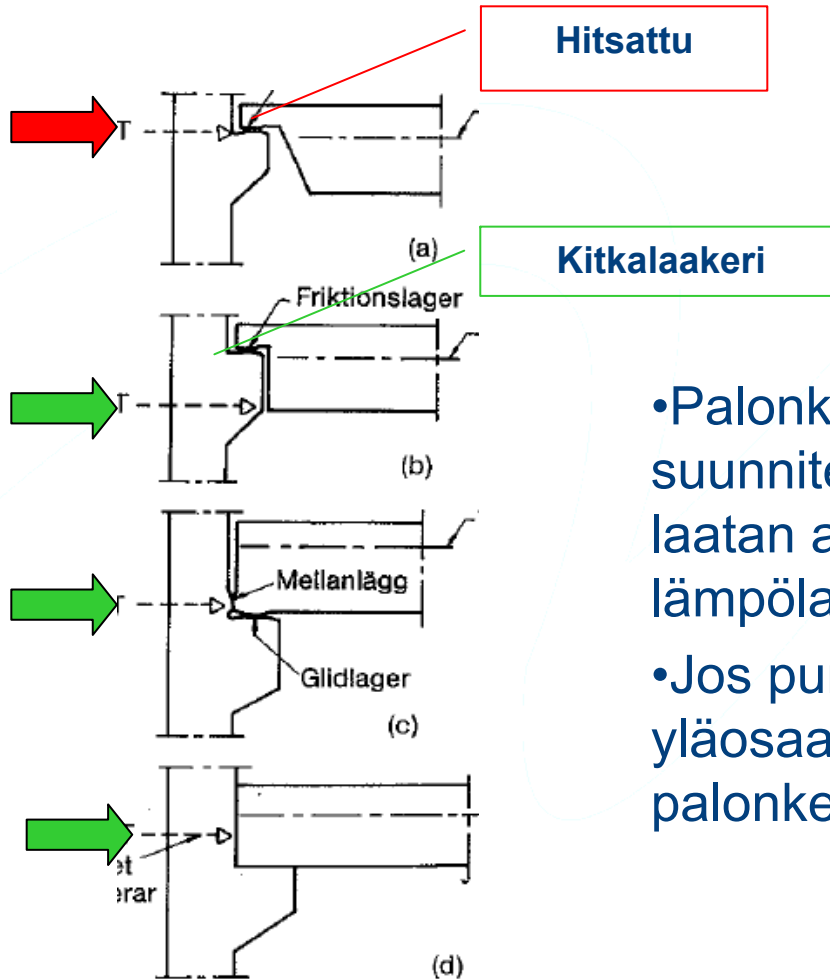
Esimerkki ontelolaatan lämpölaajenemisesta ja käyristymisestä polttokokeessa



Alapinnan estetty lämpölaajeneminen aiheuttaa laattaan esijännityksen kaltaisen puristusvoiman, joka lisää kantokykyä

-Tuelta putoamisen vaaraa ei ole käyristymisestä huolimatta

Estetyn lämpölaajenemisen vaikutus



- Palonkestoa parantaa, jos liitos on suunniteltu niin, että palkin tai laatan alaosaan syntyy lämpölaajenemisesta puristusvoima
- Jos puristusvoima kohdistuu yläosaan se heikentää palonkestävyyttä