

TAULUKKOMITOITUS

1. Yleistä

Tässä esitetään eurokoodin SFS-EN 1992-1-2 ja Suomen kansallisen liitteen mukainen taulukkomitoitus normaalipainoiselle betonille. Standardiin nähden esitystapa on tiivistetty ja muokattu suomalaiseen käytäntöön.

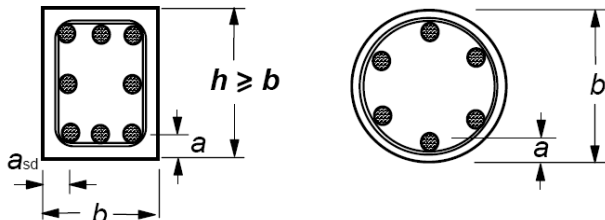
Taulukkoja käytettäessä ei tarvita lisätarkistuksia leikkaus- ja vääntökestävyyden, ankkurointiyksityiskohtien tai lohkeilun suhteen.

Lohkeilun suhteen on poikkeuksena edelliseen seuraavat säännöt:

- pintaraidoitus SFS-EN 1992-1-2 kohdan 4.5.2 mukaan tarvitaan, kun lähinnä pintaa olevan raidoituksen 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: Hyväksytyt betonityyppi, suojakerrokset tai polypropyleenikuidut.

Taulukkomitoitus perustuu palotilanteen mitoituskuormien pienennyskertoimen $\eta_{fi} = E_{d,fi} / E_d$ arvoon 0,7. Se on käytännössä varmalla puolella oleva likiarvo, joten palotilanteen kuormitustasoa ei tarvitse tarkistaa. Jos rakenne ei ole täysin kuormitettu voidaan pilarien ja seinien taulukoissa valita pienemmän hyväksikäyttöasteen sarake ja vastaavasti palkeilla ja seinillä pienentää raidoituksen keskiöetäisyysvaatimusta määrittämällä teräksen jännitys palotilanteessa.

Taulukkomitoituksessa annetaan poikkileikkauksen vähimmäismitat ja raidoituksen keskiöetäisyys. Keskiöetäisyys on suoraan nimellisarvo, johon ei lisätä toleranssivaraa. Taulukkoarvojen välillä saa interpoloida. Merkinnät ovat kuvan 1 mukaiset.



Kuva 1 Poikkileikkausmittojen merkinnät taulukkomitoituksessa

Jos raidoitus on useammassa kerroksessa, käytetään keskimääräistä keskiöetäisyyttä, joka määräytyy raidoituksen painopisteen mukaan. Jokaisen yksittäisen tangon on kuitenkin täytettävä vähintään puolet keskiöetäisyysvaatimuksesta ja R30 luokan vaatimus.

2. Pilarit

2.1 Normaalilujuus (\leq C50/60)

Taulukossa 1 on SFS-EN 1992-1-2 kaavalla (5.7) laskettuja suorakaidepilarien ja pyöreiden pilarien paloluokkia. Suluissa on suoraan kaavan antamat palonkestoaajat, 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 epäkeskisyys palotilanteessa $\leq 0,4 h$ (tai b)
- raidoituksen määrä $A_s < 0,04 A_c$

Taulukkoa ei saa käyttää sivusiirtyville pilareille. Mastopilareille on erillinen suunnitteluohje.

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 kestävyysmitoitustarvoon 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.

SFS-EN 1992-1-2 kaavalla (5.7) voidaan laskea muita arvoja kaavan merkintöjen selityksien yhteydessä annetuissa rajoissa:

$$R = 120 ((R_{\eta_{fi}} + R_a + R_l + R_b + R_n) / 120)^{1,8}$$

missä

$$R_{\eta_{fi}} = 83 [1,00 - \mu_{fi}]$$

$$R_a = 1,60 (a - 30)$$

$$R_l = 9,60 (5 - l_{0,fi})$$

$$R_b = 0,09 b'$$

$$R_n = 0 \text{ kun päätangot ovat vain pilarin kulmissa}$$

$$= 12 \text{ päätangot on jaettu myös pilarin sivuille}$$

$$\mu_{fi} = N_{Ed,fi} / N_{Rd} = \text{hyväksikäyttöaste palossa}$$

a on pääraudoituksen keskiöetäisyys (mm); $25 \text{ mm} \leq a \leq 80 \text{ mm}$

$l_{0,fi}$ on pilarin nurjahduspituus palotilanteessa; $2 \text{ m} \leq l_{0,fi} \leq 6 \text{ m}$

käyttämällä nurjahduspituutta $l_{0,fi} = 2 \text{ m}$ vastaavia arvoja saadaan varmalla puolella olevat tulokset, kun pilarin nurjahduspituus $l_{0,fi} < 2 \text{ m}$

b' = $2A_c / (b+h)$ suorakaidepoikkileikkauksille tai pyöreän poikkileikkauksen halkaisija
 $200 \text{ mm} \leq b' \leq 450 \text{ mm}$; $h \leq 1,5 b$.

HUOM: Kaavan pätevyysalue on rajattu eurokoodissa arvoon $b' \leq 450 \text{ mm}$ johtuen siitä, että kaava on empiirinen ja suurilla pilareilla ei ole polttokoetuloksia. Taulukossa 1 on käytetty kuitenkin tätä suurempia arvoja ja tuloksien vertailu muihin eurokoodin taulukkoarvoihin osoittaa, että näin menetellen ei mennä epävarmalle puolelle.

Ensimmäisen kertaluvun epäkeskisyyden palotilanteessa $\leq 0,4 h$ (tai b) ja raudoituksen määrä $A_s < 0,04 A_c$

2.2 Korkealujuusbetoni (> C50/60)

SFS-EN 1992-1-2 ja kansallisen liitteen mukaan korkealujuusbetonin taulukkomitoituksessa pilarin poikkileikkauksen vähimmäismittoja suurennetaan luvulla 0,6a, missä a on taulukkomitoituksessa vaadittava keskiöetäisyys. EN 1992-1-2 pilaritaulukot antavat erilaisia esimerkkivaihtoehtoja, joten niistä ei suoraan saada yleisiä korkealujuuspilarien taulukoita.

Edellä mainitun vähennyksen peruste on se, että korkealujuusbetonille pitää käyttää kriittistä lämpötilaa 400°C eikä 500°C (Suomen kansallinen liite). Lisäys 0,6a ottaa tämän eron huomioon. Kohdan 2.1 kaavaa (5.7) voidaan käyttää, kun siihen sijoitetaan pilarin sivumitat vähennettynä mitalla 0,6a. Käytännössä riittävä tarkkuus saadaan ottamalla keskiöetäisyysvaatimus a palkkien taulukosta (likimain samat isotermit kuin pilarissa) palkin leveyden ja odotettavissa olevan palonkestoajan funktiona. Jos saatu palonkestoaja poikkeaa huomattavasti odotettavissa olevasta, joudutaan iteroimaan. Tällä menetelmällä on laskettu taulukko 2.

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)

3. Seinät

Kantavien seinien vähimmäismitat ovat taulukon 3 mukaiset. Hyväksikäyttöaste $\mu_{fi} = N_{Ed,fi} / N_{Rd}$ on sama kuin pilareilla kohdassa 2.1.

Taulukko 3 Kantavien seinien vähimmäismitat

Standardi- palon- kestävyys	Vähimmäismitat (mm)			
	Seinän paksuus / keskiöetäisyys			
	$\mu_{fi} = 0,35$		$\mu_{fi} = 0,7$	
	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 seiiniä 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. Vaipan 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

4. Palkit

4.1 Yleistä

Vapaasti tuettujen palkkien vähimmäisleveysvaatimukset ovat taulukossa 4 ja pääraudoituksen keskiöetäisyysvaatimukset 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.

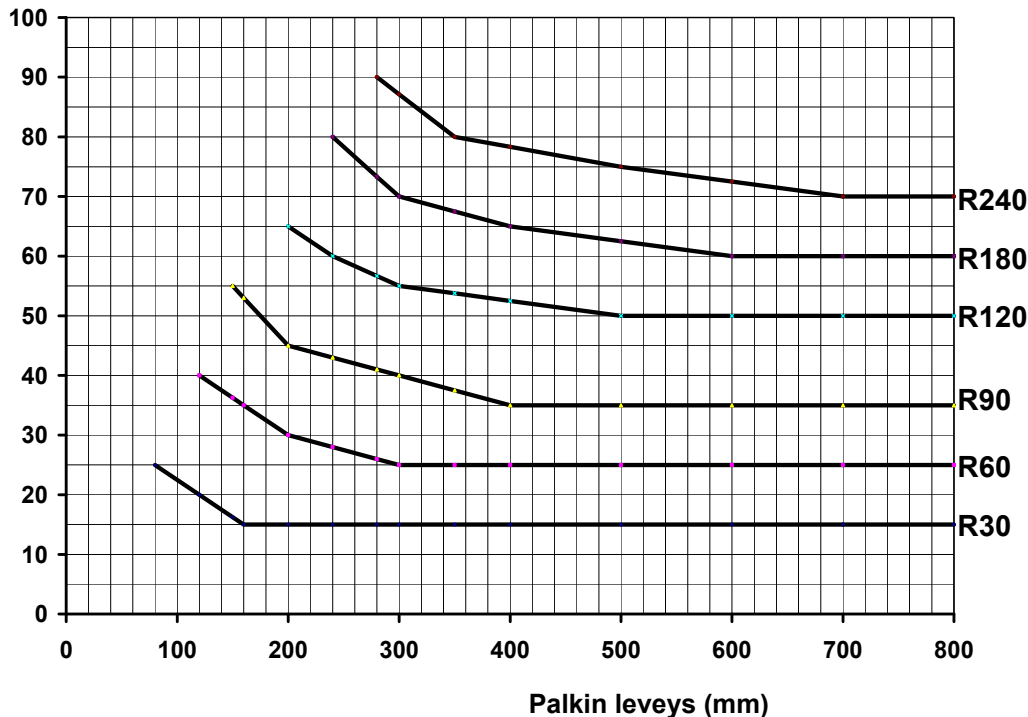
Taulukko 4 Palkkien vähimmäisleveydet

	Palkin leveys	Jännebetonipalkki ¹⁾	Korkealujuusbetonipalkki ²⁾	Uuman paksaus	Korkealujuusbetonin uuman paksaus
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 jänneteräksen kriittinen lämpötila on 350 °C tai jos sitä ei lasketa. Kriittiselle lämpötilalle 400 °C käytetään sarakkeen 2 arvoja. Väliarvot voidaan interpoloida suoraviivaisesti.
2) Korkealujuusjännebetonipalkkien 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

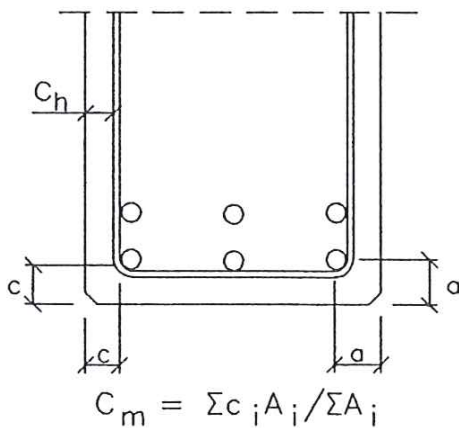
4.2 Suorakaidepalkit

R30 ja R60

Vähintään 200 mm leveät teräsbetonipalkit täyttävät kaikki vaatimukset. Kapeilla R60 jännebetonipalkeilla saattaa olla tarpeen tarkistaa keskiöetäisyys.

R90 ja suuremmat paloluokat

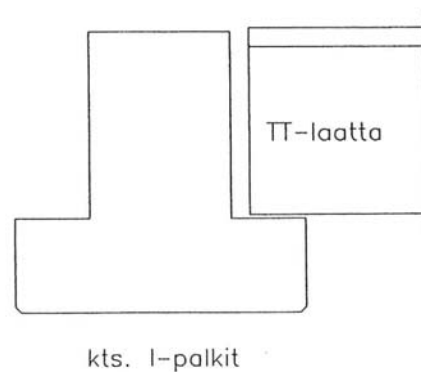
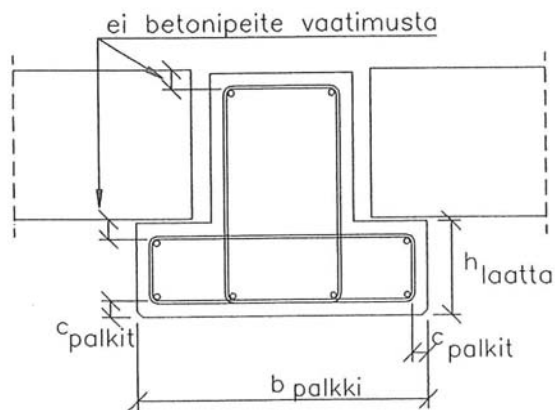
Palkin vähimmäisleveys valitaan taulukon 4 mukaan ja pääraudoituksen keskiöetäisyys kuvan 2 mukaan tai tarkemmin luvun 6 mukaan kriittisen lämpötilan tarkastelulla ja yksittäisen tangon vähimmäisarvo luvun 1 mukaan. Jos rauditus on yhdessä kerroksessa, kasvatetaan kapeiden palkkien (katso SFS-EN 1992-1-2 taulukko 5.5) nurkkaterästen keskiöetäisyyttä sivulta 10 mm.



4.3 Leukapalkit

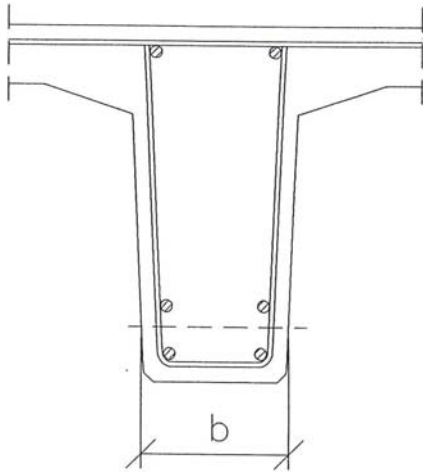
Leukapalkit käsitellään kuten suorakaidepalkit, jos laatat suojaavat leuan yläpintaa kuumenemasta. Jos leuan yläpinta pääsee kuumenemaan kuten TT-laattoja käytettäessä, sovelletaan I-palkkien vaatimuksia.

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

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 (a)	25	35	45	55	70
Laatan paksuus (h)	150	200 ¹⁾	250 ²⁾	265 ²⁾	300 ²⁾

Lisäehdot:

- 1) Sallitaan $h = 160$ mm, jos $\sigma_{p,fi} \leq 0,5 f_{pk}$ eli palomitoituksen teräsännitys rajoitetaan puoleen jänneteräksen ominaisvetolujuudesta
- 2) $\mu_{fi} = V_{d,fi} / V_{Rd,c} \leq 0,5$, missä μ_{fi} 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.

6. Palkkien ja laattojen keskiöetäisyyden pienentäminen kriittisen lämpötilan tarkastelulla

Kun kriittinen lämpötila poikkeaa arvosta 500°C betoniteräksellä tai arvosta 350°C jänneteräksellä, mutta on välillä 350°C < θ_{cr} < 700°C, voidaan taulukoista saatavaa keskiöetäisyyttä muuttaa seuraavasti:

a) määritetään teräksen jännitys $\sigma_{s,fi}$ palotilanteessa vaikuttaville kuormille ($E_{d,fi}$) käyttämällä kaavaa

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

missä:

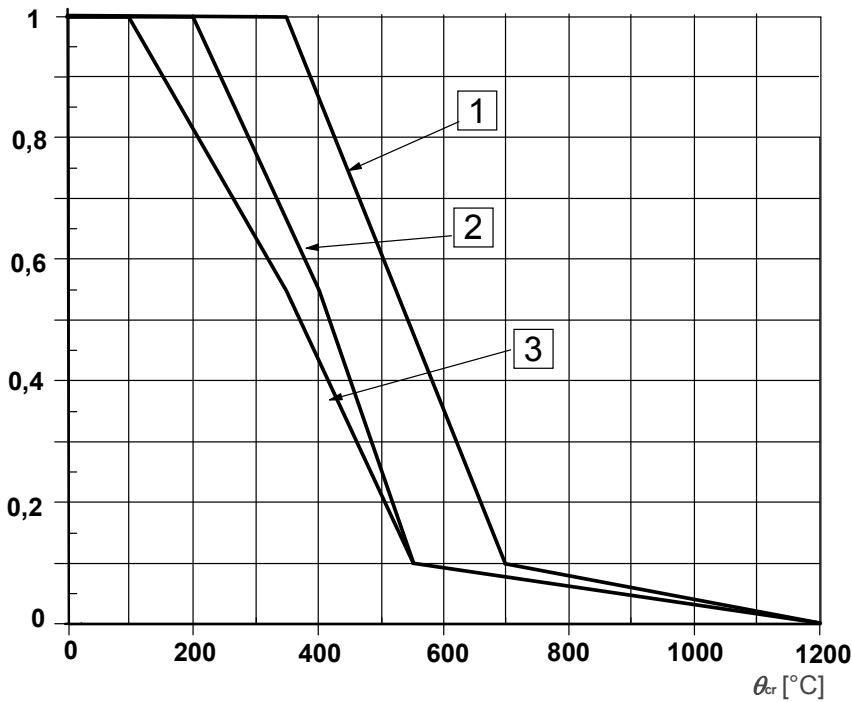
γ_s on betoniteräksen osavarmuusluku
 $A_{s,req}$ on murtorajatilassa tarvittava raudoituksen ala (normaalilämpötilamitoitus)
 $A_{s,prov}$ on käytetyn raudoituksen ala
 $E_{d,fi}/E_d$ palomitoituksen ja normaalilämpötilamitoituksen kuormien vaikutusten suhde (SFS-EN 1992-1-2 kohta 2.4.2).

b) määritetään raudoituksen kriittinen lämpötila θ_{cr} , joka vastaa betoniteräkselle pienennyskerrointa $k_s(\theta_{cr}) = \sigma_{s,fi}/f_{yk}(20^\circ\text{C})$ käyttämällä kuvan 3 (SFS-EN 1992-1-2 kuva 5.1) käyrää 1 tai jännepunokselle pienennyskerrointa $k_p(\theta_{cr}) = \sigma_{p,fi}/f_{pk}(20^\circ\text{C})$ käyttämällä kuvan 3 (SFS-EN 1992-1-2 kuva 5.1) käyrää 3.

c) muutetaan taulukoiden mukaista keskiöetäisyyden vähimmäisarvoa siten, että se vastaa uutta kriittistä lämpötilaa θ_{cr} käyttämällä likimääräistä kaavaa, missä Δa on keskiöetäisyyden muutos millimetreinä:

$$\Delta a = 0,1 (500 - \theta_{cr}) \text{ (mm)}$$

$k_s(\theta_{cr}), k_p(\theta_{cr})$



Käyrä 1 betoniteräs

Käyrä 2 jänneteräs
(tangot: EN 10138-4)

Käyrä 3 jänneteräs
(langat ja punokset EN 10138-2 ja -3)

Kuva 3 Pienennyskerrointa $k_s(\theta_{cr}) = \sigma_{s,fi} / f_{yk}(20^\circ\text{C})$ tai $k_p(\theta_{cr}) = \sigma_{p,fi} / f_{pk}(20^\circ\text{C})$ vastaavat betoniteräksen ja jänneteräksen kriittisen lämpötilan θ_{cr} referenssikäyrät

Kriittisen lämpötilan tarkastelulla voidaan myös pienentää jännebetonipalkkien vetopuolen vähimmäisleveyttä, katso taulukko 4.

7. Kuormavähennykset

Kuormien pienennyskerroina η_{fi} käytetään pienempää seuraavien kahden kaavan antamista arvoista:

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} Q_{k,1}}{1,35 G_k} \quad (\text{tämä kaava ei tule juuri koskaan määrääväksi})$$

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} Q_{k,1}}{1,15 G_k + 1,5 Q_{k,1}}$$

missä

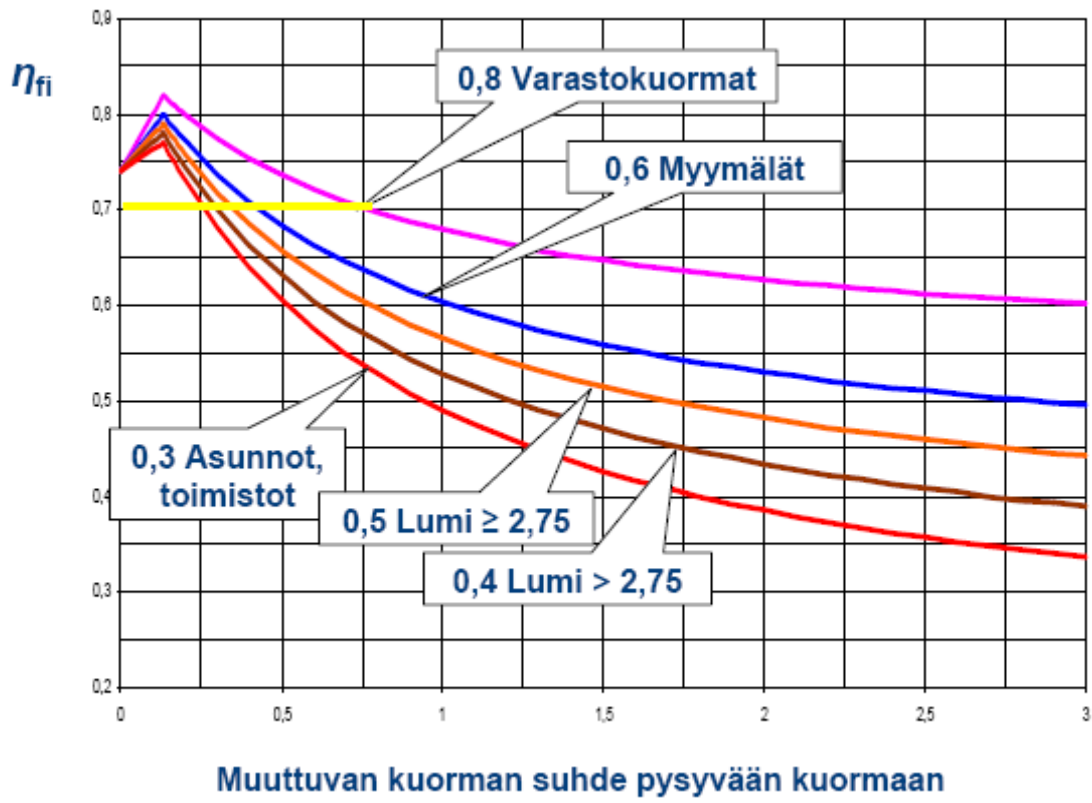
$Q_{k,1}$ on määräävä muuttuva kuorma

G_k on pysyvän kuorman ominaisarvo

ψ_{fi} on tavallisten tai pitkäaikaisten muuttuvien kuormien yhdistelykerroin, jonka arvona käytetään Suomessa lumi- ja tuulikuormille $\psi_{1,1}$ ja hyötykuormille $\psi_{2,1}$

Kaavapari on kuvattu käyrinä kuvassa 4 eräille kuormatyypeille.

Pinta-alavähennyksiä ja kerrosvähennyksiä ei käytettä palomitoituksessa.



Kuva 4 Kuormien pienennyskerroin palomitoituksessa

LIITE: TT-LAATAN PALOMITOITUS

Lähtötiedot:

- pituus $L=15\text{m}$
- paloluokka R60
- Kuormitus: vesikatto
 - pysyvä kuorma $g=1.0\text{kN/m}^2$
 - lumikuorma $q=0.8 \times 2.75 = 2.2\text{kN/m}^2$

Menetelmä 1:

Taulukkomitoitus EN 1992-1-2 mukaisesti.

Taulukko 5.5, sarake 2:

$$b_{\min}=120\text{mm}$$
$$a=40\text{mm}$$

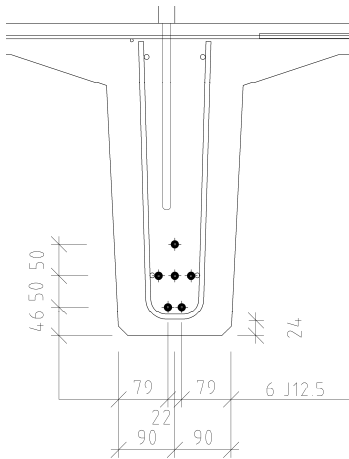
Kohdan 5.2 (5) mukaisesti punosten kriittiseksi lämpötilaksi valitaan $\theta_{kr} = 350^\circ$. Tällöin taulukon 5.5 arvoja korotetaan seuraavasti

$$b_{\text{mod}} \geq b_{\min} + 0.8 \times (400 - \theta_{kr}) = 120 + 0.8 \times (400 - 350) = 160\text{mm} \quad (5.4)$$

Nyt ripaleveydeksi valitaan 180mm. Tällöin terästen keskiöetäisyyden minimiarvo voidaan valita taulukon 5.5 sarakkeen 3 mukaisesti, jolloin $a=35\text{mm}$. Tätä arvoa pitää vielä korottaa kriittisen lämpötilan perusteella seuraavasti

$$a_{\text{mod}} = a + \Delta a = a + 0.1 \times (500 - \theta_{kr}) = 35 + 0.1 \times (500 - 350) = 50\text{mm} \quad (5.3)$$

Valitaan TT-laatta TT-500/180.



Lasketaan vielä terästen keskiöetäisyys

$$a = \frac{2 \times 46 + 94 + 96 + 2 \times 68}{6} = 70\text{mm} > a_{\text{mod}}$$

OK!

Menetelmä 2:

Taulukkomitoitus EN 1992-1-2 mukaisesti. Lasketaan punosten kriittinen lämpötila.

Kuormitukset: Luonnonkuormille käytetään yhdistelykerrointa ψ_1 .
TEK-500/120 laatan omapaino 2.2kN/m^2 .

$$E_{d,fi} = 2.2 + 1.0 + 0.5 \times 2.2 = 4.3 \text{ kN/m}^2$$

$$E_d = 1.15 \times (2.2 + 1.0) + 1.5 \times 2.2 = 7.0 \text{ kN/m}^2$$

Normaalitilanteen mitoitus TEK-500/125 laattaa 6J12.5/ ripa => käyttöaste 1.0.

$$\sigma_{s,fi} = \frac{E_{d,fi}}{Ed} \frac{f_{yk}(20^\circ)}{\gamma_s} \frac{A_{s,req}}{A_{s,prov}} = \frac{4.3}{7.0} \times \frac{1640}{1.1} \times 1.0 = 916 \text{ MPa}$$

$$\Rightarrow k_p(\theta) = \frac{916}{1860} = 0.49$$

Kuvasta 5.1 saadaan punosten kriittiseksi lämpötilaksi (käyrä 3)

$$\theta_{kr} = 380^\circ \text{ C}$$

Nyt

$$b_{\text{mod}} \geq b_{\text{min}} + 0.8 \times (400 - \theta_{kr}) = 120 + 0.8 \times (400 - 380) = 136 \text{ mm} \quad (5.4)$$

$$a_{\text{mod}} = a + \Delta a = a + 0.1 \times (500 - \theta_{kr}) = 40 + 0.1 \times (500 - 380) = 52 \text{ mm} \quad (5.3)$$

TEK-500/125 laatan ripaleveys punosten painopisteen kohdalla on 125 mm => vaatimus R60 ei täyty!

Lisätään punosmäärää 7J12.5/ ripa

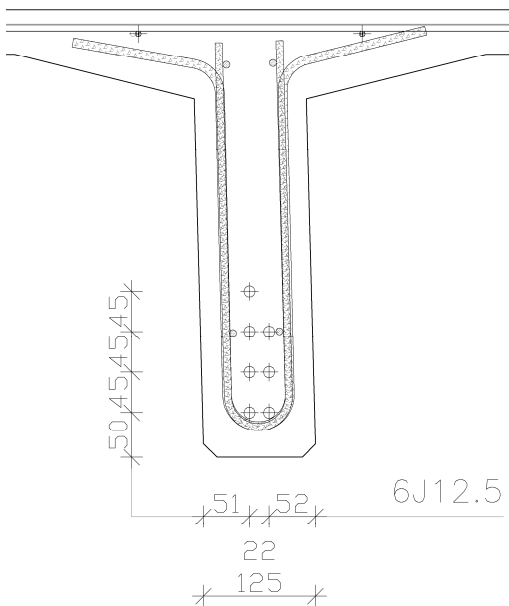
$$\sigma_{s,fi} = \frac{E_{d,fi}}{Ed} \frac{f_{yk}(20^\circ)}{\gamma_s} \frac{A_{s,req}}{A_{s,prov}} = \frac{4.3}{7.0} \times \frac{1640}{1.1} \times \frac{6}{7} = 785 \text{ MPa}$$

$$\Rightarrow k_p(\theta) = \frac{785}{1860} = 0.42$$

$$\theta_{kr} = 410^\circ \text{ C}$$

$$b_{\text{mod}} \geq b_{\text{min}} + 0.8 \times (400 - \theta_{kr}) = 120 + 0.8 \times (400 - 410) = 120 \text{ mm}$$

$$a_{\text{mod}} = a + \Delta a = a + 0.1 \times (500 - \theta_{kr}) = 40 + 0.1 \times (500 - 410) = 49 \text{ mm}$$



Lasketaan vielä terästen keskiöetäisyys

$$a = \frac{2 \times 50 + 54 + 56 + 57 + 49 + 47}{7} = 52 \text{ mm} > a_{\text{mod}}$$

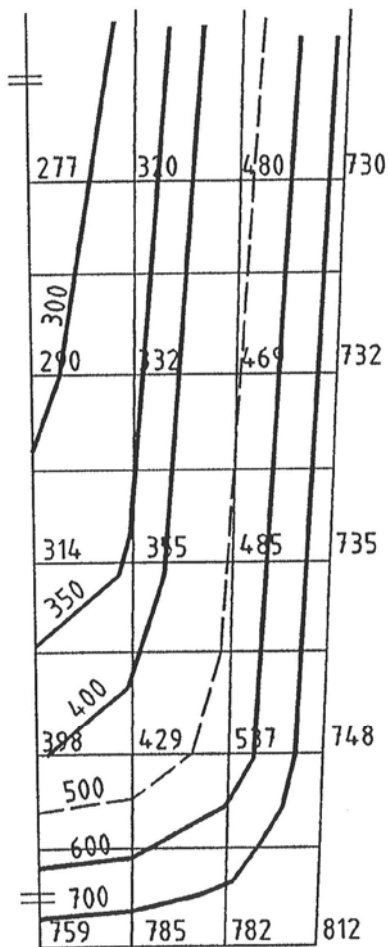
OK!

TEK-500/125 (7J12.5) täyttää vaatimuksen R60.

Menetelmä 3:

Laskennallinen palomitoitus EN 1992-1-2 ja EN 13224+A1 mukaisesti.

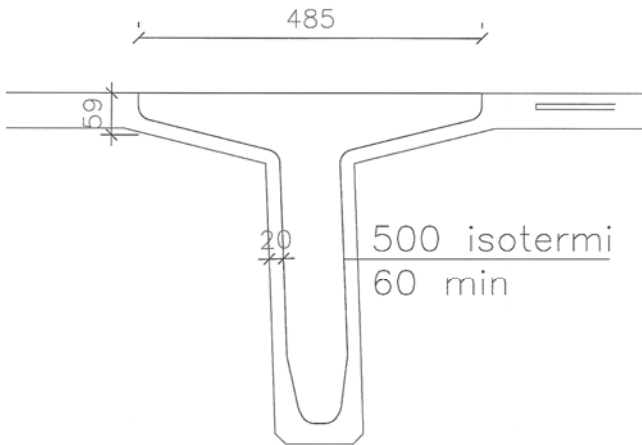
Ripalaattastandardista EN 13224 löytyy TT-laattojen lämpötilakartat standardipalossa. TEK-laatan punosten lämpötilat voidaan määrittää kuvan D1 avulla



Punosten lämpötiloiksi saadaan kuvasta

rivi 1	413°C	$k_p=0.473$
rivi 2	334°C	$k_p=0.631$
rivi 3	311°C	$k_p=0.678$

Lasketaan poikkileikkauksen kapasiteetti soveltaen 500°C isotermimenetelmää. Tämä tarkoittaa, että poikkileikkauksesta jätetään pois alue, jonka lämpötila on yli 500°C ja teräksille käytetään lämpötilaa vastaavaa lujuutta.



Lasketaan poikkileikkauksen kapasiteetti palossa 60 minuutin kohdalla.

$$N_p = 93 \times 1640 \times 2 \times (0.473 + 0.631 + 0.678) = 544 \text{ kN}$$

$$\text{Betoni C50} \Rightarrow f_{cd,fi} = 50 \text{ MPa}$$

$$N_c = 0.8 \times f_{cd,fi} \times b \times x = N_p$$

$$\Rightarrow x = \frac{544000}{0.8 \times 50 \times 485} = 28 \text{ mm}$$

Näin saadaan palotilanteen kapasiteetiksi

$$M_{Rd,fi} = 2 \times 93 \times 1640$$

$$\times [(0.473 \times (500 - 0.4 \times 28 - 50)) + (0.631 \times (500 - 0.4 \times 28 - 95)) + (0.678 \times (500 - 0.4 \times 28 - 140))] \\ = 211 \text{ kNm}$$

Vastaava palotilanteen taivutusmomentti on

$$M_{Ed,fi} = \frac{P_{d,fi} \times l^2}{8} = \frac{4.3 \times 1.8 \times 14.8^2}{8} = 211 \text{ kNm} \geq M_{Rd,fi}$$

Laskennallisella palomitoituksella TEK-500/125 (6J12.5) laatta täyttää vaatimuksen R60!