

**RAK-33570 RAKENTEIDEN PALOMITOITUS**

Mikko Malaska
Tentti 9.5.2018

Tentissä saa käyttää ohjelmoitavaa laskinta.
Tehtävien ratkaisussa voi hyödyntää tehtäväpaperin liitesivua 3(3).

1. Selitä lyhyesti: (8 p)
 - a) Mitä parametrisilla lämpötila-aikakäyrillä voidaan määrittää? Miten ne poikkeavat nimellisistä lämpötila-aikakäyristä?
 - b) Paikallinen palo
 - c) Varjostusvaikutus
 - d) Teräspalkin kriittinen lämpötila

2. a) Esitä ja selitä korkean lämpötilan vaikutukset teräsbetonirakenteisiin. (4 p)
b) Tarkista mitoituslaskelmien avulla onko 1-aukkoisen teräsbetonipalkin rauditus riittävä palotilanteessa, kun sitä rasittaa palotilanteessa 35 kNm suuruinen taivutusmomentti. Käytä tarkastelussa standardin SFS-EN 1991-1-2 mukaista 500°C isotermin menetelmää. Palkki on altistettu palolle kolmelta sivulta ja sen palonkestovaatimus on R60. Voit hyödyntää ratkaisussasi sivua 3. (4 p)

Palkkipoikkileikkaus: 160 mm x 300 mm (leveys x korkeus)
Betoni C25/30, $f_{cd} = 25 \text{ N/mm}^2$
Palkin rauditus (Grade 500 Class B, $f_{yd} = 500 \text{ N/mm}^2$):
 - Yläpinnan rauditus 2 ϕ 12 mm
 - Alapinnan rauditus 2 ϕ 20 mm
 - Leikkaushaavat ϕ 6 @ 200 mm
 - Betonipeitteen nimellisarvo $c_{nom} = 30 \text{ mm}$

3. a) Esitä ja selitä korkean lämpötilan vaikutukset teräsrakenteisiin. (4 p)
b) Mikä on teräsrakenteen jäännöslujuus palon jälkeen kun lämpötila on laskenut palolämpötilasta takaisin normaalilämpötilaan 20°C? Onko lujuus pienentynyt? Jos on, niin kuinka paljon? (2 p)
c) Esitä mitä eri menetelmiä voidaan käyttää teräksen palosuojaukseen (2 p)

**RAK-33570 STRUCTURAL FIRE DESIGN**

Mikko Malaska
Exam 9.5.2017

Programmable calculator can be used.
See page 3(3) for additional information.

1. Explain briefly (8 p)
 - a) What are the parametric temperature-time curves used for? What is the difference between the parametric and nominal temperature-time curves?
 - b) Localised fire
 - c) Shadow effect
 - d) Critical temperature of a steel beam

2. a) Explain the effects of high temperature on reinforced concrete structures (4 p)
b) Verify using the 500 °C isotherm method (Annex B.1 of SFS-EN 1992-1-2) if the simply supported reinforced concrete beam described below meets the fire resistance requirement of R60. The design value of the bending moment in fire situation is 35 kNm about the major axis. The fire exposure is on three sides. Additional information is given on page 3(3). (4 p)

Beam section: 160 mm x 300 mm (width x depth)
Concrete C25/30, $f_{cd} = 25 \text{ N/mm}^2$
Reinforcement details (Grade 500 Class B, $f_{yd} = 500 \text{ N/mm}^2$):
 - Top reinf. 2 ϕ 12 mm
 - Bottom reinf. 2 ϕ 20 mm
 - Stirrups ϕ 6 @ 200 mm
 - Concrete cover $c_{nom} = 30 \text{ mm}$

3. a) Explain the effects of high temperature on steel structures (4 p)
b) What are the post fire mechanical properties of steel? Is the yield strength of steel reduced and how much? (2 p)
c) What are the fire protection methods and materials suitable for steel structures (2 p)



Raudoituksen laskentaan
For reinforcement calculation

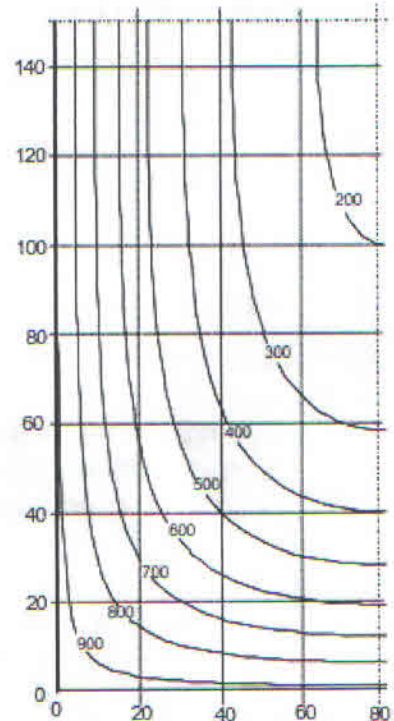
$$K_{fi} = M_{Ed,fi} / (b_{eff} \cdot d_{fi}^2 \cdot f_{cd})$$

$$z = 0,5 \cdot [1 + \sqrt{(1 - 2K_{fi})}] \cdot d$$

$$A_{sl} = M_{Ed,fi} / (f_{yd,fi} \cdot z)$$

Palkin lämpötilaprofiileja (°C), h x b = 300 x 160 (Kuva A.4 / SFS-EN 1992-1-2)

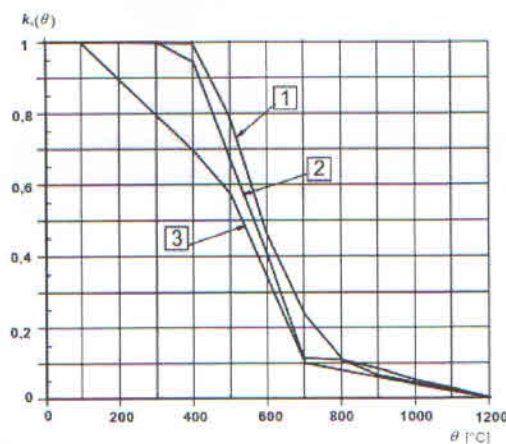
Temperature profiles (°C), h x b = 300 x 160 (Figure A.4 / SFS-EN 1992-1-2)



b) R60

Kerroin, jolla otetaan huomioon veto- ja puristusraudoituksen lujuuden ominaisarvon pieneneminen (Kuva 4.2a / SFS-EN 1992-1-2)

Coefficient allowing for decrease of characteristic strength of tension and compression reinforcement (Figure 4.2a / SFS-EN 1992-1-2)



Käyrä 1 Vetorausoituis (kuumavalssattu) venymän ollessa $\epsilon_{s,t} \geq 2\%$

Käyrä 2 Vetorausoituis (kylmämuokattu) venymän ollessa $\epsilon_{s,t} \geq 2\%$

Käyrä 3 Puristus- ja vetorausoituis muodonmuutoksen ollessa $\epsilon_{s,t} < 2\%$

$$\frac{35000}{13000}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ 13 \overline{) 35} \\ \underline{26} \\ 90 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 254 \\ 254 \\ \underline{1016} \\ 12700 \\ \underline{50600} \\ 64516 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 64516 \\ 25 \\ \underline{322580} \\ 1290320 \\ \underline{1612900} \\ 1612900 \\ 1612900 \\ \underline{12903200} \\ = 12903200 \end{array}$$

$$7 \cdot \pi \cdot 6^2 + \pi \cdot 10^2 \cdot 2 = 870$$