

**Sallittu kirjallisuus**

- tentissä jaettava kaavakokoelma

**Kirjoita jokaiseen paperiin:**

- opintojakson koodi, nimi ja päivämäärä
- oma nimi, op:no, ja osasto
- luentojen kuunteluvuosi, monesko yritys tai korotus

~~X~~

- a) Osallistut yksikerroksisen puurakenteisen koulurakennuksen homevaurioiden korjausprojektiin. Seinien ensimmäisten avauskohtien perusteella hometta esiintyy syvyysuunnassa eri kohdissa sijainnin vaihdelta eri puolilla rakennusta. Esitä pääpiirteissään mitä homeen esiintymiskohdan perusteella voidaan päätellä vaurion aiheuttajasta.
- b) Osallistut yksikerroksisen asuntolarakennuksen suunnitteluun. Rakennuksessa on huoneistokohtaiset kylpyhuoneet, jotka rajoittuvat ulkoseinään. Mihin rakenteellisiin yksityiskohtiin kiinnität luonnospirustuksissa huomiota, jotta voit olla varma, että rakenteet ovat myös kosteusteknisesti toteuttamiskelpoisia?

2.

- a) Yritysketju on rakentamassa sivupisteeksi itselleen syrjäiselle seudulle pientä liiketaloa, jonka sisämitat ovat 8,4 m x 15 m ja korkeus 2,7 m. LVI-insinööri sanoi pystyvänsä suunnittelemaan ja toteuttamaan 35 % lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen. Rakennuksen ilmanvaihtoluku on  $n = 2,2$  1/h. Yläpohjan ja alapohjan lämmönläpäisykerroin suunniteltiin  $0,16$  W/m<sup>2</sup>K (Sama kuin C3:n vaatimus). Ikkunoita suunniteltiin rakennuksen etujulkisivulle 6 kpl näyteikkunoita, joitten koko on 1,8 m x 2,1 m. Lisäksi sivuseinillä on 4 kpl ikkunoita kooltaan 1,5 m x 2,1 m. Tämän lisäksi rakennuksessa on kolme ovea kooltaan 2,1 m x 0,9 m. Näitten ikkunoitten ja ovien lämmönläpäisykerroin on  $1,4$  W/m<sup>2</sup>K, joka on sama kuin ikkunoitten C3 perusarvo. Mikä saa olla seinien U-arvo enintään, jotta suunnitelma täyttää C3:n lämpötekniiset vaatimukset, vaikka kohteeseen on suunniteltu yllä mainitut näyteikkunat?

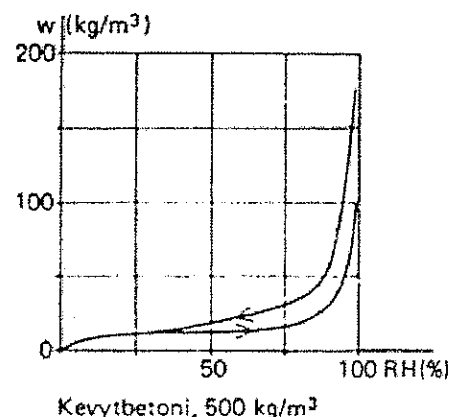
Huom. Ilmanvaihdosta tuleva ominaislämpöhäviöt rakennukselle lasketaan kaavalla

$$Q_{il} = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 1000 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times q_v \times (1 - \eta_a)$$

- b) Esitä pääpiirteissään, miten puolilämpimän varistorakennuksen rautasuojaus mitoitetaan.

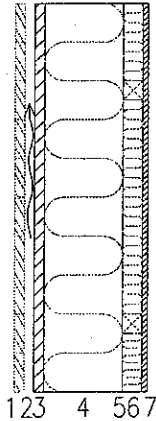
~~X~~

Tarkastellaan lämpimän rakennuksen siporex-seinää, jonka paksuus on 200mm. Paikkakunta Joensuu. Seinä on tarkoitettu lisäeristää joko sisä- tai ulkopuolelta 50mm kovalla mineraalivillalla. Tarkastele lisäeristämisenpuolen vaikutusta siporexin keskimääräiseen kosteuspitoisuuteen (kg/m<sup>3</sup>) tammikuun olosuhteilla. Kummalla eristysratkaisulla valitset. Perustelee.



4.

Tarkastellaan seuraavaa keramiikkateollisuusrakennuksen seinää lämpö- ja kosteusteknisesti. Rakennus sijaitsee Sodankylässä. Sisätilan suunnitteluarvot ovat: lämpötila 21°C ja sisällä suhteellinen kosteus 42%.



enne ulkoa sisälle  
 Jlkoverhouslauta 25mm  
 Tuuletusrako 25 mm  
 Bitumipitoinen huokoinen  
 puukuitulevy 25 mm  
 Mineraalivilla x mm+ runko x 50  
 mm k600  
 Höyrinsulku  
 Mineraalivilla 50 mm + koolaus  
 50x50 mm k600  
 Sipsilevy 13 mm

- a) Millä kerroksen 4 paksuudella rakenne täyttää SRMK:n C3:n U-arvo vaatimukset?  
 b) Millä höyrinsulun kosteudenläpäisyvastuksella seinärakenne on kosteusteknisesti toimiva? Onko tarkastelu kuukautena riskiä homeen muodostumisella.?

5.

- a) Määritä kuvan mukaisen suojaamattoman teräspalkin lämpötila 10 minuutin kuluttua palon alkamisesta SRMK B7:n ohjeen mukaisesti. Palotilan lämpötilan nousu vastaa liitteen 1. tapausta case 2.

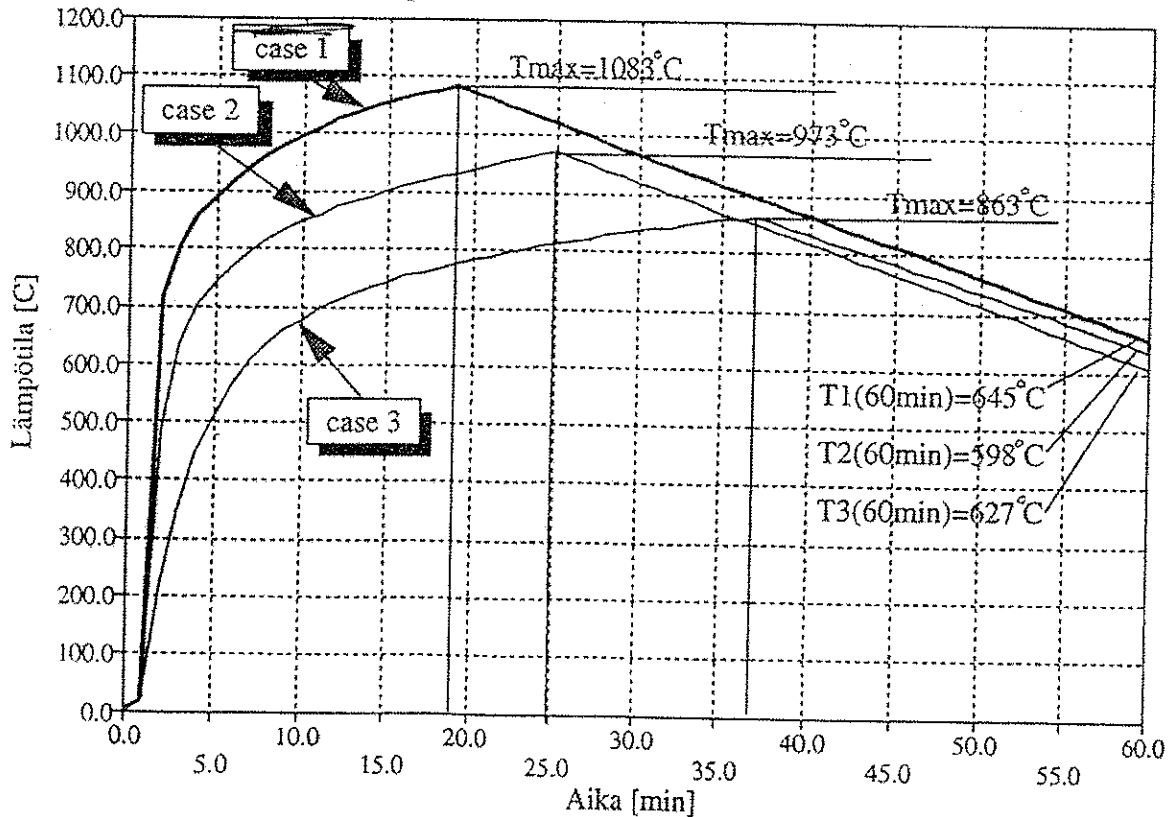
<p>Palotila (laatan alapuolinen palo)</p>	<p>Palkin poikkileikkausala 9726*10-6 m<sup>2</sup>                  Palolle altis pinta-ala 1.364 m<sup>2</sup>/m</p> <p>Ohje: Maksimiaika-askel 2 min.                  Vakio λs, ps, cs</p>
---	--

- b) Esitä pääpiirteissään mitä olennainen vaatimus paloteknisessä suunnittelussa tarkoittaa, ja miten vaatimuksen täyttäminen voidaan osoittaa

Liite 1

AREA [m <sup>2</sup> ]	Aika [min]	CASE 1	CASE 2	CASE 3					
0.0166667	0	0	0	0	0.5166667	31	947.88377	899.76302	844.18458
0.0333333	1	714.43589	483.37036	211.77804	0.5333333	32	937.4671	889.34635	848.14818
0.05	2	804.8664	637.09084	347.31994	0.55	33	927.05044	878.92969	851.98643
0.0666667	3	855.70738	704.15186	444.25303	0.5666667	34	916.63377	868.51302	855.70742
0.0833333	4	891.58957	743.84318	514.60796	0.5833333	35	906.2171	858.09635	859.31658
0.1	5	919.88499	772.62565	566.59861	0.6	36	895.80044	847.67969	852.82676
0.1166667	6	943.65346	795.83625	605.83862	0.6166667	37	885.38377	837.26302	852.99759
0.1333333	7	964.26738	815.2914	636.16931	0.6333333	38	874.9671	826.84635	843.16843
0.15	8	982.41645	832.0655	660.22367	0.65	39	864.55044	816.42969	833.33926
0.1666667	9	998.50518	846.78597	679.81045	0.6666667	40	854.13377	806.01302	823.51009
0.1833333	10	1012.8113	859.93056	696.1759	0.6833333	41	843.7171	795.59635	813.68083
0.2	11	1025.5496	871.79695	710.18206	0.7	42	833.30044	785.17969	803.85176
0.2166667	12	1036.8988	882.64848	722.42834	0.7166667	43	822.88377	774.76302	794.02259
0.2333333	13	1047.013	892.66635	733.33421	0.7333333	44	812.4671	764.34635	784.19343
0.25	14	1056.0278	901.99603	743.19583	0.75	45	802.05044	753.92969	774.36426
0.2666667	15	1064.0631	910.74354	752.22455	0.7666667	46	791.63377	743.51302	764.53509
0.2833333	16	1071.2254	918.99574	760.57318	0.7833333	47	781.2171	733.09635	754.70593
0.3	17	1077.6097	926.81663	768.35397	0.8	48	770.80044	722.67969	744.87676
0.3166667	18	1083.3004	934.25697	775.65094	0.8166667	49	760.38377	712.26302	735.04759
0.3333333	19	1072.8838	941.3568	782.52829	0.8333333	50	749.9671	701.84635	725.21843
0.35	20	1062.4671	948.14806	789.03614	0.85	51	739.55044	691.42969	715.38926
0.3666667	21	1052.0504	954.69854	795.21458	0.8666667	52	729.13377	681.01302	705.56009
0.3833333	22	1041.6338	960.90338	801.09637	0.8833333	53	718.7171	670.59635	695.73093
0.4	23	1031.2171	966.90614	806.70885	0.9	54	708.30044	660.17969	685.90176
0.4166667	24	1020.8004	972.67969	812.07532	0.9166667	55	697.88377	649.76302	676.07259
0.4333333	25	1010.3838	978.26302	817.21591	0.9333333	56	687.4671	639.34635	666.24343
0.45	26	999.9671	981.84635	822.1483	0.95	57	677.05044	628.92969	656.41426
0.4666667	27	989.55044	984.42969	826.8882	0.9666667	58	666.63377	618.51302	646.58509
0.4833333	28	979.13377	981.01302	831.44966	0.9833333	59	656.2171	608.09635	636.75593
0.5	29	968.7171	920.59635	835.84537	1	60	645.80044	597.67969	626.92676
	30	958.30044	910.17969	840.08685					

Palotilan lämpötilan kehitys  
palokuorman ollessa 150 MJ/m<sup>2</sup>



## SRMK B7-1996 Teräsrakenteet

### 8 PALOMITOITUS

#### 8.1 Suunnitteluperusteet

Kantavat rakenteet mitoitetaan palon vaikutukselle kohdan 3.6.1 mukaisissa murtorajatiloiissa. Osastoivien rakenteiden tulee täyttää sovellettavan standardin tiiviys- ja eristävyysvaatimukset. Murtorajatilamitointu suoritetaan kohdan 4 mukaisesti käyttäen kohdassa 8 esitettyjä kuormia ja aineominaisuuksia. Kaikissa rakenneluoissa aine- ja kuormien osavarmuuslukuna käytetään arvoa 1,0.

Rakenteet mitoitetaan siten, että ne kestävät vaaditun palonkestoajan. Palo-tilan lämpötilan kehittyminen lasketaan sovellettavan standardin mukaan.

#### 8.2 Kuormat

Hyötykuormina käytetään rakenteiden suunnittelua varten määriteltyjä ominaiskuormia. Oleskelu- ja kokoontumiskuormana saa kuitenkin käyttää arvoa 0,75 kN/m<sup>2</sup>, tungoskuormana arvoa 2,0 kN/m<sup>2</sup> sekä lumi-kuorman arvona 50 % ja tuulikuorman arvona 30 % ominaiskuormasta. Lisäksi saa tehdä Suomen rakentamismääräyskokoelman osan B1 mukaiset kuormien vähennykset oleskelu- ja kokoontumiskuormien arvoihin mitoitettaessa pystyrakenteita.

Vaarallisinta kuormitusyhdistelmää määritettäessä noudatetaan yleisesti käytettyjä periaatteita. Lumi- ja tuulikuorman ei kuitenkaan oleteta esiintyvän palon aikana samanaikaisesti.

#### 8.3 Rakenneteräksen aineominaisuudet

Teräksen lujuus  $f_{T}$  lasketaan kaavasta 8.1. Lujuus vastaa 0,2 % muodonmuutosta.

$$f_{T} = f_{y} \cdot e^{-1,3 \cdot \left( \frac{T_{s} - 20}{580} \right)^{2,3}} \quad (8.1)$$

jossa  $T_{s}$  on teräksen lämpötila [°C].

Kimmokerroin  $E_{T}$  lasketaan kaavasta 8.2 ja liukkerroin  $G_{T}$  kaavasta 8.3.

$$E_{T} = 210\,000 \cdot e^{-0,3 \cdot \left( \frac{T_{s} - 20}{430} \right)^{1,1}} \quad (8.2)$$

$$G_{T} = 0,4 \cdot E_{T} \quad (8.3)$$

Teräksen lämpöpiteneminen  $\Delta l/l$  [-] lasketaan kaavasta 8.4.

$$\Delta l/l = 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot T_{s} + 0,4 \cdot 10^{-8} \cdot T_{s}^2 - 2,416 \cdot 10^{-4}, \quad \text{kun } 20 \leq T_{s} < 750 \text{ °C}$$

$$\Delta l/l = 1,1 \cdot 10^{-5}, \quad \text{kun } 750 \leq T_{s} < 860 \text{ °C} \quad (8.4)$$

$$\Delta l/l = 2 \cdot 10^{-5} \cdot T_{s} - 6,2 \cdot 10^{-7}, \quad \text{kun } 860 \leq T_{s} \leq 1200 \text{ °C}$$

jossa  $l$  on teräsoosan pituus lämpötilassa +20 °C

$\Delta l$  on teräsoosan lämpöpitenevä  
 $T_{s}$  on teräsoosan lämpötila [°C].

Tässä ohjeessa esitettyjä laskentamenetelmiä käytettäessä teräksen lämpöpiteneminen voidaan vaihtoehtoisesti laskea kaavasta 8.5.

$$\Delta l/l = 1,4 \cdot 10^{-5} \cdot (T_{s} - 20) \quad (8.5)$$

Teräksen ominaislämpö  $c_{p}$  [J/kg°C] lasketaan kaavasta 8.6.

$$c_{p} = 425 + 0,773 \cdot T_{s} - 1,69 \cdot 10^{-3} \cdot T_{s}^2 + 2,22 \cdot 10^{-6} \cdot T_{s}^3, \quad \text{kun } 20 \leq T_{s} < 600 \text{ °C}$$

$$c_{p} = 666 + \frac{13002}{738 - T_{s}}, \quad \text{kun } 600 \leq T_{s} < 735 \text{ °C} \quad (8.6)$$

$$c_{p} = 545 + \frac{17820}{T_{s} - 731}, \quad \text{kun } 735 \leq T_{s} < 900 \text{ °C}$$

$$c_{p} = 650, \quad \text{kun } 900 \leq T_{s} < 1200 \text{ °C}$$

Tässä ohjeessa esitettyjä laskentamenetelmiä käytettäessä teräksen ominaislämmölle  $c_{p}$  voidaan vaihtoehtoisesti käyttää lämpötilasta riippumatonta vakioarvoa 600 J/kg°C.

Teräksen lämmönjohtavuus  $\lambda_{T}$  [W/m°C] lasketaan kaavasta 8.7.

$$\lambda_{T} = 54 - 3,33 \cdot 10^{-3} T_{s}, \quad \text{kun } 20 \leq T_{s} < 800 \text{ °C} \quad (8.7)$$

$$\lambda_{T} = 27,3, \quad \text{kun } 800 \leq T_{s} \leq 1200 \text{ °C}$$

Tässä ohjeessa esitettyjä laskentamenetelmiä käytettäessä teräksen lämmönjohtavuudelle  $\lambda_{T}$  voidaan vaihtoehtoisesti käyttää lämpötilasta riippumatonta vakioarvoa 45 W/m°C.

#### 8.4 Teräksen lämpötilan nousu

Teräksen lämpötilan otaksuttuun olevan tarkasteltavana ajankohdana sama koko poikkileikkauksessa ja koko saivan pituudelta. Lämpötilan otaksuttuun muuttuvan suoraviivaisesti palosuojauksen paksuussuunnassa.

Suojaamattoman teräksen lämpötilan nousu  $\Delta T_{s}$  [°C] lasketaan kaavasta 8.8.

36

$$\Delta T_s = \frac{\alpha_r + \alpha_s}{c_s \cdot \rho_s} \cdot \frac{F}{V} \cdot (T - T_s) \cdot \Delta t \quad (8.8)$$

- jossa  $\alpha_s$  on kuljettamisen lämmönsiirtymiskerroin,  $\alpha_s = 25 \text{ W/m}^2\text{°C}$   
 $\alpha_r$  on säteilyn lämmönsiirtymiskerroin kaavan 8.9 mukaan [ $\text{W/m}^2\text{°C}$ ]  
 $c_s$  on teräksen ominaislämpö kaavan 8.6 mukaan [ $\text{J/kg}^{\circ}\text{C}$ ]  
 $\rho_s$  on teräksen tiheys,  $\rho_s = 7850 \text{ kg/m}^3$   
 $F$  on teräsosan palolle altis pinta-ala pituus yksikköä kohti [ $\text{m}^2/\text{m}$ ]  
 $V$  on teräsosan tilavuus pituusyksikköä kohti [ $\text{m}^3/\text{m}$ ]  
 $T$  on palotilan lämpötila ajanhetkellä  $t$  [ $^{\circ}\text{C}$ ]  
 $T_s$  on teräsosan lämpötila ajanhetkellä  $t - \Delta t$  [ $^{\circ}\text{C}$ ]  
 $\Delta t$  on laskenta-aikaväli, enintään 5 s [s].

$$\alpha_r = \frac{\epsilon_r \cdot 5,67 \cdot 10^{-8}}{T - T_s} \left[ (T + 273)^4 - (T_s + 273)^4 \right] \quad (8.9)$$

- jossa  $\epsilon_r$  on resaltoiva emissiokerroin.  $\epsilon_r$ :n arvona voidaan käyttää 0,5 ilman tarkempaa selvitystä.

Palosuojaajan teräksen lämpötilan nousu  $\Delta T_s$  [ $^{\circ}\text{C}$ ] lasketaan kaavasta 8.10. Palotilan lämpötilan nousun aikana  $\Delta T_s \geq 0$ .

$$\Delta T_s = \frac{\lambda_s}{d_s \cdot c_s \cdot \rho_s} \cdot \frac{F_s}{V} \cdot \frac{1}{1 + \mu/3} \cdot (T - T_s) \cdot \Delta t - (c_s^{\text{no}} - 1) \cdot \Delta T \quad (8.10)$$

- jossa  $\lambda_s$  on palosuoja-aineen lämmönjohtavuus [ $\text{W/m}^{\circ}\text{C}$ ]  
 $d_s$  on palosuoja-aineen paksuus [m]  
 $F_s$  on palosuoja-aineen sisäpinnan pinta-ala teräsosan pituusyksikköä kohti [ $\text{m}^2/\text{m}$ ]  
 $\mu$  on tekijä [-], joka ottaa huomioon palosuoja-aineen ominaislämmön. Tekijä  $\mu$  lasketaan kaavasta 8.11, kun palosuojauksen ominaislämpö on otettu huomioon määrittäessä palosuojauksen lämmönjohtavuuden arvoja  $\lambda_s$ .  
 $\Delta t$  on laskenta-aikaväli, enintään 30 s [s]  
 $\Delta T$  on palotilan lämpötilan muutos laskenta-aikavälillä  $\Delta t$  [ $^{\circ}\text{C}$ ].

$$\mu = \frac{c_s \cdot \rho_s}{c_s \cdot \rho_s} \cdot d_s \cdot \frac{F_s}{V} \quad (8.11)$$

- jossa  $c_s$  on palosuoja-aineen ominaislämpö [ $\text{J/kg}^{\circ}\text{C}$ ]  
 $\rho_s$  on palosuoja-aineen tiheys [ $\text{kg/m}^3$ ].

Palosuojaajan teräksen lämpötilan nousua määrittäessä teräksen ominaislämpönä  $c_s$  käytetään sovellettavan standardin mukaista arvoa. Eristeen lämmönjohtavuutena  $\lambda_s$  ja ominaislämpönä  $c_s$  käytetään sovellettavan standardin perusteella kokeista johdettuja arvoja.

## 8.5 Laskennallisia ohjeita

Sauvan ja sen osien muunnettuna hoikkuutena  $\bar{\lambda}$  käytetään teräsosan vallitsevan lämpötilan mukaan lasketuja arvoja. Nurjahuokkanaan käytetään luokkaa C. Kiepahuokkaisuuden laskentaan liittyvässä kaavassa 4.21 tekijä  $n = 1,5$ .

## 8.6 Yksikerroksiset tuotanto- ja varastorakennukset

Yksikerroksisen tuotanto- ja varastorakennuksen teräsrungossa tai sen osissa voidaan käyttää palosuojaamatonta terästä sellaisissa paikoissa, joissa tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuutta koskevat ohjeet E2 edellyttävät 15 minuutin palonkestoaikaa seuraavissa tapauksissa:

- koko runko, kun rakennus on varustettu automaattisella vesisprinklausilaitteistoilla, jonka suunnittelussa on otettu huomioon rakenteiden jäädytys
- kattorakenteet palotilan hitaan lämpötilan nousun vuoksi palovaarallisuusluokkaan 1 kuuluvissa palo- ja pidättävissä rakennuksissa, joiden korkeus on vähintään 14 m, kun kattorakenteiden läheisyydessä ei ole huomattavaa määrää palokuormaa
- pilarit, joiden poikkileikkaustekijä  $F/V$  on enintään  $180 \text{ m}^4$ , palovaarallisuusluokkaan 1 kuuluvissa paloapidättävissä rakennuksissa.

Tämä edellyttää lisäksi, että yläpohjan lämmöneriste on palamatonta tai tähän tarkoitukseen erikseen hyväksytyä rakennustarviketta ja kantavien rakennusosien ns. jatkuva sortuma on estetty.

