

AVE

SISÄASIAINMINISTERIÖ

Suomen rakentamismääräyskokoelma

E 5

*Vanhassa*

KANTAVIEN JA OSASTOIVIEN RAKENTEIDEN  
PALONKESTÄVYYS

Ohjeet

2. painos

1977

## KANTAVIEN JA OSASTOIVIEN RAKENTEIDEN PALONKESTÄVYYS Ohjeet

2. painos

Nämä ohjeet kuuluvat Suomen rakentamismääräyskokoelmaan, josta on määrätty sisäasiainministeriön päätöksellä (867/75). Ohjeet liittyvät rakenteellisesta paloturvallisuudesta annettuihin määräyksiin.

Helsingissä 11 päivänä lokakuuta 1977

Osastopäällikkö Ylijohtaja Olavi Syrjänen

Yli-insinööri Esko Mononen

### SISÄLTÖ

- 1 Yleisohjeet
  - 1.1 Ohjeiden soveltaminen
  - 1.2 Käsitteet
  - 1.3 Merkinnät
- 2 Suunnitteluperusteet
- 3 Kantavat ja osastoivat betonirakenteet
  - 3.1 Yleistä
  - 3.2 Laatat
  - 3.3 Palkit
  - 3.4 Pilarit
  - 3.5 Seinät
  - 3.6 Vetotangot
  - 3.7 Lohkeilun estäminen
- 4 Kantavat ja osastoivat muuratut rakenteet
  - 4.1 Yleistä
  - 4.2 Osastoivat, kantamattomat seinät
  - 4.3 Osastoivat, kantavat seinät
  - 4.4 Osaston sisäiset kantavat seinät
  - 4.5 Pilarit
- 5 Kantavat puurakenteet
  - 5.1 Yleistä
  - 5.2 Hiiltyminen
  - 5.3 Suunnitteluperusteet
  - 5.4 Metalliosien ja liittimien suojaus
- 6 Kantavat teräsrakenteet
  - 6.1 Suunnitteluperusteet
  - 6.2 Kriittinen lämpötila
  - 6.3 Teräksen lämpötilan nousu

### Siirtymäohjeita

## 1 Yleisohjeet

### 1.1 Ohjeiden soveltaminen

1.1.1 Nämä ohjeet esittävät hyväksyttävän ratkaisun kantavien ja osastoivien betonirakenteiden, kantavien ja osastoivien muurattujen rakenteiden, kantavien puurakenteiden ja kantavien teräsrakenteiden palonkestoajan määrittämiseksi.

1.1.2 Rakenteen ja rakennusosan palonkestoaja voidaan määrittää suoritettuna polttokokeen, näiden ohjeiden tai muiden riittävien selvitysten perusteella.

### 1.2 Käsitteet

#### Hyötykuorma

Kuorma, jonka rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisen käytön on katsottava aiheuttavan rakenteisiin.

#### Kantava rakennusosa

Rakennusosa, jonka kuormana on oman painon lisäksi muita kuormia.

#### Kapasiteetti

Rakenteen tai sen osan kyky ottaa vastaan tarkasteltavaa rasiitusta.

#### Kriittinen lämpötila

Materiaalin lämpötila, jossa lujuus (yleensä alempi myötöraja tai 0,2-raja) on lämpötilan kohoamisen seurauksena laskenut vallitsevan jännityksen suuriseksi.

#### Kuorma

Voima tai muu vaikutus, joka aiheuttaa rakenteeseen jännityksiä tai muodonmuutoksia.

#### Lohkeilu

Betonirakenteille ominainen ilmiö tiettyjen edellytysten vallitessa (esim. korkea lämpötila), jonka seurauksena rakenteesta irtoaa kappaleita.

#### Murtorajatila

Rajatila, jossa rakenne menettää kantokykynsä.

#### Ominaiskuorma

Kuorma, jota ei riittävällä todennäköisyydellä ylitetä rakenteen käyttöaikana normaalissa käytössä.

#### Ominaislujuus

Materiaalin lujuus, jota ei riittävällä todennäköisyydellä aliteta.

#### Osastoiva rakennusosa

Paloteknistä osastoa rajoittava rakennusosa, joka määrätyn palonkestoajan täyttää sille asetetut osastoivuusvaatimukset.

### Osavarmuuskerroin

Kuorman; kerroin, jolla ominaiskuorma kerrotaan laskentakuorman saamiseksi.

Materiaalin; kerroin, jolla ominaislujuus jaetaan laskentalujuuden saamiseksi.

### Palosuojaus

Kantavan tai osastoivan rakennusosan pintaan kiinnitetty verhous, jonka tarkoituksena on lisätä rakennusosan palonkestoaikaa.

### Palonkesto aika

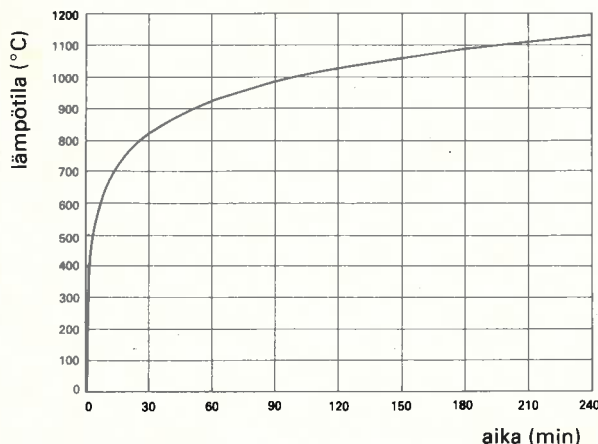
Minuutteina ilmaistu aika, jonka rakennusosan on todettu täyttävän sille asetetut vaatimukset polttokokeessa tai tämän ohjeen mukaan laskennallisesti määritettynä.

### 1.3 Merkinnot

$A_s$	=	teräksen poikkileikkausala
$E$	=	teräksen kimmomoduuli
$L$	=	jännemitta
$L_1$	=	laatan pienempi jännemitta
$L_2$	=	laatan suurempi jännemitta
$T$	=	lämpötila
$T_{kr}$	=	kriittinen lämpötila
$T_o$	=	alkulämpötila
$b$	=	poikkileikkauksen leveys
$b_{min}$	=	palkin vähimmäisleveys
$b_{wmin}$	=	palkin uuman vähimmäisleveys
$c$	=	terästä suojaavan betonikerroksen paksaus mitattuna tangon pinnasta lähimpään betonipintaan
$f_{yk}$	=	teräksen alempi myötöraja
$h$	=	poikkileikkauksen korkeus
$n$	=	lukumäärä
$t$	=	aika
$\lambda$	=	hoikkusuulu
$\sigma$	=	jännitys
$\sigma_r$	=	reunajännitys

## 2 Suunnitteluperusteet

2.1 Määritettäessä rakenteen palonkesto aikaa kokeellisesti tai paloteknistä mitoitusta käyttäen palon kehittyminen säädetään kokeessa tai lasketaan mitoitettaessa kuvassa 1 esitetyn aika-lämpötiläkäyrän mukaisesti.



Kuva 1

Aika-lämpötiläkäyrä

$$T - T_o = 345 \log_{10}(8t + 1),$$

missä  $t$  on aika (min)  
 $T$  on lämpötila hetkellä  $t$  ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $T_o$  on alkulämpötila ( $^{\circ}\text{C}$ )

Paloteknisessä mitoituksessa voidaan käyttää myös muuta aikälämpötiläkäyrää, mikäli palon kehittymiseen vaikuttavat palokuormasta ja rakenteista riippuvat tekijät otetaan yksityiskohtaisesti huomioon.

2.2 Kantavan rakenteen palonkesto aika on murto-rajatilan saavuttamiseen tarvittava aika.

Taivutetun rakennusosan katsotaan saavuttaneen murtorajatilan, kun sen suurin taipuma on ylittänyt arvon  $L/30$  tai kun sen taipuman kasvu mitattuna yhden minuutin aikana on ylittänyt arvon  $L^2/9000$  h.  $L$  on rakennusosan jännemitta (mm) ja  $h$  on rakennusosan toimiva korkeus (mm).

Hyötykuormina käytetään rakenteiden suunnittelua varten tarkoitettuja ominaiskuormia (hyötykuormien vähimmäisarvoja). Oleskelu- ja kokoontumiskuorman arvona saa kuitenkin käyttää  $0,75 \text{ kN/m}^2$ , tungoskuorman arvona  $2,0 \text{ kN/m}^2$ , lumikuorman arvona  $50\%$  ominaiskuormasta ja tuulikuorman arvona  $30\%$  ominaiskuormasta. Lisäksi saa tehdä Suomen rakentamismääräyskokoelman osan B1 mukaiset kuormien vähennykset pystyrakenteissa oleskelu- ja kokoontumiskuormiin. Lumi- ja tuulikuorman ei tarvitse otaksua esiintyvän samanaikaisesti.

Materiaalien lujuusarvoina käytetään myötölujuutta, jolla tarkoitetaan teräksellä alemmaa myötärajaa tai  $0,2$ -rajaa vastaavaa lujuutta, ja jänneteräksellä sekä puulla murtolujuutta. Lämpötilan vaikutus materiaaliominaisuuksiin otetaan huomioon. Kuorman ja materiaalin osavarmuuskerroin paloteknisessä mitoituksessa on  $1,0$ .

2.3 Osastoiva rakennusosa ei palonkesto aikanaan saa menettää stabiilisuuttaan. Siihen ei saa syntyä halkeamia, reikiä tai muita aukkoja, joiden läpi voi tunkeutua liekkejä tai kuumia palamiskaasuja. Tulen vastakkaisella puolella olevan pinnan keskimääräinen lämpötila saa nousta enintään  $140^{\circ}\text{C}$  alkulämpötilaa korkeammaksi, eikä tämän pinnan lämpötila saa missään kohdassa nousta  $180^{\circ}\text{C}$  alkulämpötilaa korkeammaksi eikä missään kohdassa ylittää  $220^{\circ}\text{C}$ .

2.4 Määritettäessä rakennusosan palonkesto aika tulee selvittää myös käytettävien liitosten palonkesto aika ja liitosten vaikutus koko rakenteen palonkesto aikaan.

2.5 Rakennusosien muodonmuutokset tulipalossa tulee selvittää riittävällä tarkkuudella stabiilisuuden säilymisen kannalta. Tällöin on selvitettävä, että rakennusosien ja liitosten kyky ottaa vastaan nämä muodonmuutokset on riittävä vaaditun palonkestoajan saavuttamiseen.

2.6 Mikäli rakennusosa tarvitsee erityisen suojakerroksen vaaditun palonkestoajan saavuttamiseen, on huolehdittava siitä, että suojakerros pysyy paikallaan sekä käyttöolosuhteissa että tulipalossa.

## 3 Kantavat ja osastoivat betonirakenteet

### 3.1 Yleistä

3.1.1 Nämä ohjeet koskevat betonirakenteita, joissa betonin runkoaineena on normaalipainoinen kiviaines (normaalibetoni), sekä jännittämättömiä kevytsorabetonirakenteita.

Taulukoissa kevytsorabetonille annetut ohjearvot on tarkoitettu kevytsorabetonille, jonka kuivatiheys on alle 1200 kg/m<sup>3</sup>. Jos kuivatiheys on suurempi, interpoloidaan suoraviivaisesti normaalibetonille ja kevytsorabetonille annettujen ohjearvojen välillä.

**3.1.2** Betonirakenteessa tarkoitetaan teräksen kriittisellä lämpötilalla ( $T_{kr}$ ) lämpötilaa, jossa betoniteräksen myötölujuus tai jänneteräksen murtolujuus on laskenut rakenteessa palotilanteen kuormitusta vastaavan teräsjännityksen suuruiseksi.

Teräsjännityksen laskemiseksi käytetään kohdan 2.2 kuormitusetuksia, tai käytetään arvoa, joka on 65 % betoniteräksen myötölujuudesta tai 48 % jänneteräksen murtolujuudesta normaalilämpötilassa.

Paloteknisessä mitoituksessa käytetään sisäasiainministeriön hyväksymän koemenetelmän mukaisesti määritettyä teräksen myötölujuuden ja murtolujuuden lämpötilariippuvuutta.

**3.1.3** Ellei toisin mainita, tarkoitetaan suojaavan betonikerroksen paksuudella mittaa teräksen pinnasta lähimpään betonipintaan. Suojaavan betonikerroksen paksuuden lopullisena suunnitteluarvona käytetään kaikissa tapauksissa vähintään 15 mm. Taulukoissa esiintyvät tätä pienemmät, sulkuihin merkityt, arvot ovat perusarvoja, joihin tehdään kriittisen lämpötilan aiheuttama korjaus.

## 3.2 Laatat

**3.2.1** Tässä kohdassa annetut ohjearvot koskevat rakenteita, joilla kuumuus voi kohdistua rakenteeseen yhden pinnan kautta. Kun kuumuus voi kohdistua rakenteeseen kahden tai useamman pinnan kautta, kuten ripalaatan ripoihin, sovelletaan palkeille (kohta 3.3) annettuja vaatimuksia.

**3.2.2** Massiivisen laatan vähimmäispaksuus ja ontelolaatan vähimmäispaksuus ontelon alla on esitetty taulukossa 1.

### Taulukko 1

*Massiivisen laatan vähimmäispaksuus ja ontelolaatan vähimmäispaksuus ontelon alla (mm)*

#### a) normaalibetoni

Palonkestoaika	30	60	90	120	180	240
Laatan paksuus	60	80	100	120	150	175
Paksuus ontelon alla	20	25	30	40	45	50

#### b) kevytsorabetoni

Palonkestoaika	30	60	90	120	180	240
Laatan paksuus	60	65	80	95	120	140
Paksuus ontelon alla	20	25	30	40	45	50

**3.2.3** Ontelolaatan keskimääräisen paksuuden, joka saadaan jakamalla laatan betonipoikkileikkauksen pinta-ala laatan leveydellä, tulee olla vähintään yhtä suuri kuin vastaava massiivisen laatan vähimmäispaksuus.

**3.2.4** Laatan pääteräksiä suojaavan betonikerroksen vähimmäispaksuus on esitetty taulukossa 2.

### Taulukko 2

*Laatan pääteräksiä suojaavan betonikerroksen vähimmäispaksuus (mm).  $L_1$  on laatan pienempi jännemitta,  $L_2$  on laatan suurempi jännemitta. Ristiin raudoitetun laatan sivusuhteen ollessa  $1,5 < L_2/L_1 < 2$  saadaan vähimmäispaksuus interpoloimalla väliarvot suoraviivaisesti.*

#### a) normaalibetoni

Palonkestoaika	30	60	90	120	180	240
Yhteen suuntaan raudoitettu laatta <sup>1)</sup>	(10)	15	25	35	50	60
Ristiin raudoitettu laatta $L_2/L_1 \leq 1,5$	(10)	(10)	(10)	15	25	35

#### b) kevytsorabetoni

Palonkestoaika	30	60	90	120	180	240
Yhteen suuntaan raudoitettu laatta <sup>1)</sup>	(10)	15	25	35	45	50
Ristiin raudoitettu laatta $L_2/L_1 \leq 1,5$	(10)	(10)	(10)	(10)	20	30

1) Koskee myös ristiin raudoitettua laattaa, jonka  $L_2/L_1 \geq 2$

**3.2.5** Laatan ja teräksiä suojaavan betonikerroksen paksuutta laskettaessa voidaan palamattomat ta-saus- ja pintakerrokset, lukuun ottamatta laatan päällä olevaa lämmöneristekerrosta, ottaa huomioon, mikäli pintakerroksen lämmönjohtavuus kysymykseen tulevissa lämpötiloissa on yhtä suuri tai pienempi kuin betonilla. Käytettäessä pintakerrosta laatan alapinnassa, tulee sen kiinni pysyminen vaaditun palonkestoajan osoittaa tarvittaessa kokeellisesti.

**3.2.6** Taulukossa 2 esitetyt ohjearvot pääteräksiä suojaavan betonikerroksen vähimmäispaksuuksista edellyttävät, että teräksen kriittinen lämpötila on 500° C. Mikäli se on pienempi, tulee suojaavan betonikerroksen paksuutta lisätä 1 mm:llä jokaista 10° C kohti, jonka teräksen kriittinen lämpötila poikkeaa lämpötilasta 500° C. Mikäli teräksen kriittinen lämpötila on suurempi kuin 500° C, voidaan vastaava vähennys tehdä suojaavan betonikerroksen paksuuteen.

## 3.3 Palkit

**3.3.1** Palkin vähimmäisleveys ( $b_{min}$ ) ja I-palkin uuman vähimmäisleveys ( $b_{w min}$ ) on esitetty taulukossa 3. (Ks. kuva 2)

### Taulukko 3

*Palkin vähimmäisleveys  $b_{min}$  (mm) ja I-palkin uuman vähimmäisleveys  $b_{w min}$  (mm)*

#### a) normaalibetoni

Palonkestoaika	30	60	90	120	180	240
$b_{min}^{1)}$	80	120	150	200	240	280
$b_{w min}$	80	100	100	120	140	160

#### b) kevytsorabetoni

Palonkestoaika	30	60	90	120	180	240
$b_{min}^{1)}$	80	100	120	160	190	225
$b_{w min}$	80	80	80	100	115	130

1) Koskee myös I-palkin vetopuolen laipan leveyttä.

**3.3.2** Taulukon 3 vähimmäisarvot koskevat palkkeja, joissa teräksen kriittinen lämpötila on vähintään 400° C. Mikäli se on pienempi, tulee palkin vähimmäislevyettä ( $b_{\min}$ ) lisätä 8 mm:llä jokaista 10° C kohti, jonka teräksen kriittinen lämpötila alittaa 400° C. Vähimmäislevyettä ei kuitenkaan saa vähentää, vaikka teräksen kriittinen lämpötila olisikin yli 400° C.

**3.3.3** Palkin pääteräksiä suojaavan betonikerroksen keskipaksuuden vähimmäisarvot on esitetty taulukossa 4 (Ks. kuva 2).

#### Taulukko 4

Palkin pääteräksiä suojaavan betonikerroksen keskipaksuuden vähimmäisarvo  $c$  (mm).  $b$  on palkin vetopuolen leveys (mm).

##### a) normaalibetoni

Palonkestoaika	30	60	90	120	180	240
b	80	120	150	200	240	280
c	20	35	50	60	75	85
b	120	160	200	240	300	350
c	(10)	30	40	50	65	75
b	160	200	280	300	400	500
c	(10)	25	35	45	60	70
b	200	300	400	500	600	700
c	(10)	20	30	40	55	65

##### b) kevytsorabetoni

Palonkestoaika	30	60	90	120	180	240
b	80	100	120	160	190	225
c	15	35	50	60	75	85
b	120	160	200	240	300	350
c	(10)	25	35	45	60	70
b	160	200	280	300	400	500
c	(10)	20	30	35	50	60
b	200	300	400	500	600	700
c	(10)	15	25	35	45	50

Teräksiä suojaavan betonikerroksen keskipaksuus lasketaan kaavasta:

$$c = \frac{A_{s1} \cdot c_1 + A_{s2} \cdot c_2 + \dots + A_{sn} \cdot c_n}{A_{s1} + A_{s2} + \dots + A_{sn}} = \frac{\sum_{i=1}^n A_{si} \cdot c_i}{\sum_{i=1}^n A_{si}} \quad (1)$$

missä

$A_{si}$  ( $i = 1 \dots n$ ) on pääteräksen poikkileikkausala ( $\text{mm}^2$ )

$c_i$  ( $i = 1 \dots n$ ) on vastaavan teräksen etäisyys mitattuna tangon pinnasta lähimpään betonipintaan (mm)

$n$  on pääterästen lukumäärä

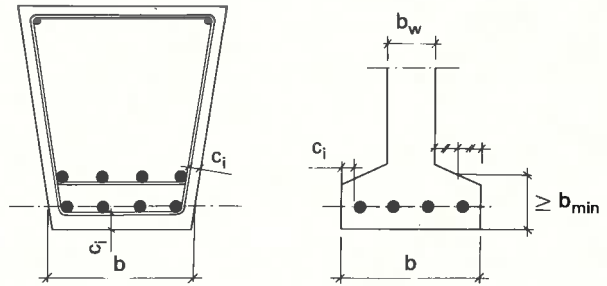
Jos palkin vetopuolella on käytetty eri teräslaatuja yhdessä, käytetään kaavassa (1) poikkileikkausalan  $A_{si}$  sijasta teräksen myötölujuudella kerrottua poikkileikkausala ( $f_{yk} \cdot A_{si}$ ).

**3.3.4** Jokaisen pääteräksen etäisyyden tangon pinnasta lähimpään betonipintaan tulee kuitenkin olla vähintään puolet taulukossa 4 mainitusta arvosta, eikä se saa olla pienempi kuin 15 mm.

**3.3.5** Taulukossa 4 esitetyt pääteräksiä suojaavan betonikerroksen keskipaksuuden vähimmäisarvot koskevat rakenteita, joissa teräksen kriittinen lämpötila on 500° C. Mikäli se on pienempi, on suojaavan betonikerroksen keskipaksuutta lisättävä 1 mm:llä jokaista 10° C kohti, jonka teräksen kriittinen lämpötila alittaa 500° C. Mikäli kriittinen lämpötila on suurempi kuin 500° C, voidaan vastaava vähennys tehdä suojaavan betonikerroksen keskipaksuuteen. Kuitenkin tulee kohdan 3.3.4 vähimmäisvaatimusten toteutua.

**3.3.6** Palkeissa niillä alueilla, joilla leikkausjännityksiä on otettu teräksillä tulee leikkausteräksiä suojaavan betonikerroksen paksuuden olla vähintään yhteen suuntaan raudoitetun laatan pääteräksien suojakerrospaksuuden suuruinen (taulukko 2).

**3.3.7** Seinämäiset palkit käsitellään momenttiteräksiä suojaavan betonikerroksen paksuuden osalta palkkeja koskevien vaatimusten ja muilta osin seinäiä koskevien vaatimusten mukaisesti.



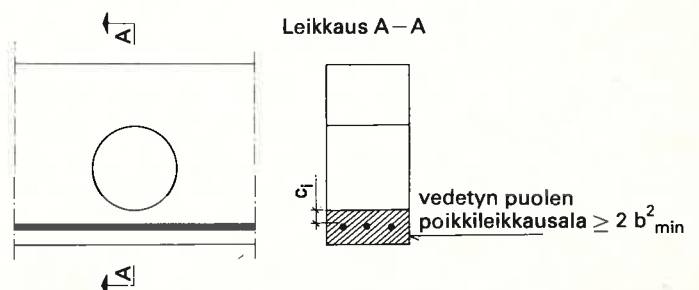
Kuva 2

Käytetyt merkinnät.  $b$  on palkin leveys (mitattuna alimman pääteräskerroksen kohdalta),  $b_w$  on I-palkin uuman leveys, laipan keskipaksuus  $\geq b_{\min}$ ,  $c_i$  on pääteräksen etäisyys lähimmästä betonipinnasta.

**3.3.8** Palkissa olevan reiän kohdalla on vedetyn puolen poikkileikkausalan oltava vähintään  $2 \cdot b^2_{\min}$  suuruinen. ( $b_{\min}$ : taulukko 3)

Pääteräksiä suojaavan betonikerroksen paksuuden tulee olla vähintään yhtä suuri kuin palkissa muutoin on vaadittu.

Edellä mainittu ei koske sellaisia reikiä, joiden suurin halkaisija tai sivumitta on pienempi kuin  $b_{\min}/2$ .



Kuva 3

Vaatimukset palkissa olevan reiän kohdalla

### Erityisohjeita I-palkeille

**3.3.9** I-palkin vedetyn puolen laipan keskipaksuuden tulee olla vähintään taulukon 3 arvon  $b_{\min}$  suuruinen (ks. kuva 2).

**3.3.10** Kun I-palkin vedetyn puolen leveyden suhde uuman leveyteen on

- a)  $b/b_w \leq 1,4$ , määrätään teräksiä suojaavan betonikerroksen keskipaksuus taulukon 4 ja kohtien 3.3.4 ja 3.3.5 mukaisesti.
- b)  $1,4 < b/b_w < 3$ , taulukon 4 mukainen keskipaksuus kerrotaan luvulla 0,85  $\sqrt{b/b_w}$ ; lisäksi otetaan huomioon kohtien 3.3.4 ja 3.3.5 vaatimukset.

Jos laipan poikkileikkausala täyttää vetotangolle (kohta 3.6) esitetyn poikkileikkausalavaatimuksen, saadaan käyttää vetotangoille esitettyjä suojaakerrospaksuusvaatimuksia.

- c)  $b/b_w \geq 3$ , käsitellään laippa vetotankona kohdan 3.6 mukaan.

### 3.4 Pilarit

**3.4.1** Poikkileikkaukseltaan suorakaiteen muotoisen pilarin lyhyemmän sivun vähimmäispituus ja pääteräsiä suojaavan betonikerroksen vähimmäispaksuus on esitetty taulukossa 5.

#### Taulukko 5

*Pilarin lyhyemmän sivun vähimmäispituus ja pääteräsiä suojaavan betonikerroksen vähimmäispaksuus (mm)*

#### a) normaalibetoni

Palonkestoaika	30	60	90	120	180	240
Sivun pituus yhden sivun ollessa alttiina palolle	100	120	140	160	200	240
Sivun pituus kahden tai useamman sivun ollessa alttiina palolle	150	200	240	300	400	450
Pääteräsiä suojaavan betonikerroksen paksuus	15	20	30	35	35	40

#### b) kevytsorabetoni

Palonkestoaika	30	60	90	120	180	240
Sivun pituus yhden sivun ollessa alttiina palolle	100	100	115	130	160	190
Sivun pituus kahden tai useamman sivun ollessa alttiina palolle	150	160	190	240	320	360
Pääteräsiä suojaavan betonikerroksen paksuus	15	20	30	35	35	35

**3.4.2** Poikkileikkaukseltaan pyöreän pilarin vähimmäishalkaisija saadaan kertomalla tapauksessa "kahden tai useamman sivun ollessa alttiina palolle" vaadittu sivun pituus luvulla 1,13.

### 3.5 Seinät

**3.5.1** Seinän ja teräsiä suojaavan betonikerroksen vähimmäispaksuus on esitetty taulukossa 6.

### Taulukko 6 Seinän ja teräsiä suojaavan betonikerroksen vähimmäispaksuus (mm)

#### a) normaalibetoni

Palonkestoaika	30	60	90	120	180	240
Osastoiva, kantamaton seinä	60	80	100	120	150	175
Kantava seinä	100	120	140	160	200	240
Teräsiä suojaavan betonikerroksen paksuus kantavassa seinässä	15	15	15	25	25	25

#### b) kevytsorabetoni

Palonkestoaika	30	60	90	120	180	240
Osastoiva, kantamaton seinä	60	65	80	100	120	140
Kantava seinä	100	100	115	130	160	190
Teräsiä suojaavan betonikerroksen paksuus kantavassa seinässä	15	15	15	25	25	25

### 3.6 Vetotangot

**3.6.1** Vetotangon suorakaiteen muotoisen poikkileikkauksen pienemmän mitan vähimmäisarvo (b) ja teräsiä suojaavan betonikerroksen vähimmäispaksuus (c) on esitetty taulukon 4 ylimmällä rivillä. I-palkeilla mitalla b tarkoitetaan joko laipan keskipaksuutta tai laipan leveyttä (ks. 3.3.10 kohta c ja kuva 2).

**3.6.2** Vetotangon poikkileikkauksalan tulee olla vähintään  $2 \cdot b_{\min}^2$ , missä  $b_{\min}$  saadaan taulukosta 3.

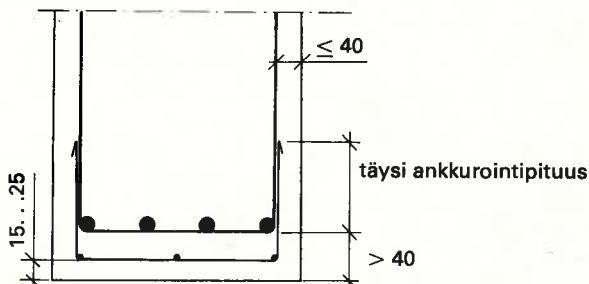
### 3.7 Lohkeilun estäminen

**3.7.1** Mikäli rakennusosan pintaa lähinnä olevia pääteräsiä suojaavan betonikerroksen paksuus on suurempi kuin 40 mm, on käytettävä lohkeilua vähentävää lisäraudoitusta. Lisäraudoitus on sijoitettava 15...25 mm:n etäisyydelle rakennusosan pinnasta. Lisäraudoituksena voidaan käyttää teräsverkkoa tai ristiin asetettua raudoitusta, jonka lankapaksuus on vähintään 2,5 mm ja jakoväli 50 x 50 mm...150 x 150 mm.

**3.7.2** Lisäraudoitusta käytettäessä sovelletaan tavanomaisia betoniterästen jatkos- ja ankkurointipi-tuusia.

Palkeissa lisäraudoitus ankkuroidaan joko palkin sisään tai pintaan, jossa ei vaadita lisäraudoitusta (ks. kuva 4).

**3.7.3** Leikkausraudoitusta voidaan käyttää lisäraudoituksena tai sen osana, mikäli leikkausraudoitus täyttää kohdassa 3.7.1 esitetyt vaatimukset.



**Kuva 4**  
Lisäraudoituksen ankkurointi

## 4 Kantavat ja osastoivat muuratut rakenteet

### 4.1 Yleistä

4.1.1 Muurattujen rakenteiden vähimmäismitat eri palonkestoajaluokissa on esitetty taulukoissa 7, 8, 9 ja 10.

Vähimmäismitat ovat nimellismittoja, joihin ei sisälly rappausta.

4.1.2 Raudoitettujen muurattujen rakenteiden teräksiä suojaavan kerroksen osalta sovelletaan vastaavia betonirakenteita (normaalibetoni) koskevia ohjeita.

4.1.3 Rakenteet tulee muurata palamattomilla muurauslaasteilla.

### 4.2 Osastoivat, kantamattomat seinät

#### Taulukko 7

Muurauskivistä muuratun osastoivan, kantamattoman seinän vähimmäispaksuus (mm)

Palonkestoajakuusi	30	60	90	120	180	240	
Tiilikivi	täyskivi	70	80	110	110	130	160
	reikäkivi	110	110	110	110	130	160
Kalkkihiekka-kivi <sup>1)</sup>	täyskivi	70	80	110	110	130	160
	reikäkivi	110	110	110	110	160	250
Kaasubetoniharkko <sup>2)</sup>	70	70	100	100	120	150	
Kevytsorabetoni-harkko <sup>3)</sup>	70	70	100	100	120	150	

### 4.3 Osastoivat, kantavat seinät

#### Taulukko 8

Muurauskivistä muuratun osastoivan, kantavan seinän vähimmäispaksuus (mm)

Palonkestoajakuusi	30	60	90	120	180	240	
Tiilikivi	täyskivi	110	110	110	110	250	250
	reikäkivi	110	110	130	160	250	250
Kalkkihiekka-kivi <sup>1)</sup>	täyskivi	110	110	110	110	250	250
	reikäkivi	110	110	130	160	250	250
Kaasubetoniharkko <sup>2)</sup>	100	100	100	150	200	200	
Kevytsorabetoni-harkko <sup>3)</sup>	100	100	100	150	200	200	

### 4.4 Osaston sisäiset kantavat seinät

#### Taulukko 9

Muurauskivistä muuratun osaston sisäisen kantavan seinän vähimmäispaksuus (mm)

Palonkestoajakuusi	30	60	90	120	180	240	
Tiilikivi	täyskivi	110	110	130	180	250	250
	reikäkivi	110	130	180	250	250	280
Kalkkihiekka-kivi <sup>1)</sup>	täyskivi	110	110	160	180	250	350
	reikäkivi	110	130	180	250	250	350
Kaasubetoniharkko <sup>2)</sup>	100	150	150	200	250	250	
Kevytsorabetoni-harkko <sup>3)</sup>	100	150	150	200	250	250	

## 4.5 Pilarit

### Taulukko 10

Muurauskivistä muuratun pilarin pienin poikkileikkausmitta (mm)

Palonkestoajakuusi	30	60	90	120	180	240	
Tiilikivi	täyskivi	250	250	250	250	280	350
	reikäkivi	250	250	280	350	370	370
Kalkkihiekka-kivi <sup>1)</sup>	täyskivi	250	250	250	250	310	370
	reikäkivi	250	250	280	350	—	—

1) Kalkkihiekkakiven puristuslujuuden tulee olla vähintään 15 MN/m<sup>2</sup>.

2) Kaasubetoniharkon kuivatiheyden tulee olla 400...650 kg/m<sup>3</sup>.

3) Kevytsorabetoniharkon kuivatiheys saa olla enintään 700 kg/m<sup>3</sup>.

## 5 Kantavat puurakenteet

### 5.1 Yleistä

Nämä ohjeet koskevat poikkileikkaukseltaan suorakaiteen muotoisia sekä rakennepuutavarasta valmistettuja että kerrosliimattuja massiivisia mäntyjä kuusipuisia kantavia rakenteita. Kerrosliimattujen rakenteiden liimauksen tulee olla suoritettu fenoli-, resorsiiniformaldehydiliimalla tai paloteknisiltä ominaisuuksiltaan vastaavalla liimalla.

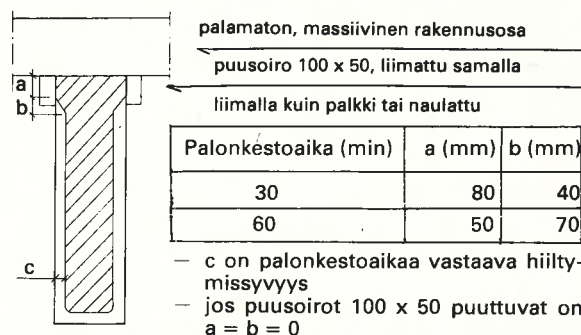
### 5.2 Hiiltyminen

5.2.1 Puisen rakennusosan suorakaiteen muotoisen poikkileikkauksen hiiltymissyvyys on kerrosliimatuilla puulla 0,6 · t ja rakennepuutavaralla 0,8 · t millimetriä (t on palonkestoajakuusi minuutteina) edellyttäen, että alkuperäisen poikkileikkauksen pienempi sivu on vähintään 65 mm palonkestoajakuusi vaatimuksen ollessa 30 min ja 140 mm palonkestoajakuusi vaatimuksen ollessa 60 min. Muussa tapauksessa tulee alkuperäisen poikkileikkauksen pienemmän sivun olla vähintään yhtä suuri kuin neljä kertaa kysymykseen tuleva hiiltymissyvyys.

5.2.2 Hiiltymättä jääneen poikkileikkauksen nurkien kaarevuussäde on 10 + 0,3 · t (mm).

5.2.3 Jos puurakenteella on yhteinen kosketuspinta jonkun toisen rakennusosan; kuten yläpohjan, seinän ym. kanssa, voidaan jälkimmäisen rakennusosan suojaava vaikutus kosketuspinnan hiilymisessä ottaa huomioon, jos suojaavan rakenteen vaikutus hiiltymissyvyyteen on luotettavasti selvitetty osoitettuna.

5.2.4 Jos liimapuurakenteeseen rajoittuva rakenne on kuvan 5 mukainen, voidaan hiiltymättä jäänyt



### Kuva 5

Toimiva poikkileikkaus puisen rakennusosan rajoituksella välittömästi massiiviseen, palamattomista rakennustarvikkeista valmistettuun, rakenteeseen

poikkileikkauksen osa otaksua kuvassa vinoviivitetun osan mukaiseksi. Rajoittuvan rakenteen palonkesto-aika on kuitenkin aina erikseen selvitetävä.

### 5.3 Suunnitteluperusteet

**5.3.1** Rakennusosan murtorajatilaa vastaava kantokyky määritetään kyseisen palonkestoajan jälkeen hiiltymättä jääneelle poikkileikkaukselle.

**5.3.2** Paloteknisessä mitoituksessa murtolujuutena käytetään taulukossa 11 esitetyjä arvoja.

**Taulukko 11**

*Puun murtolujuuden arvot syiden suunnassa MN/m<sup>2</sup>*

Lujuusluokka	T30	T20
Taivutus	24	16
Veto	15	10
Puristus	21	14
Leikkaus	2	2

**5.3.3** Taivutetussa rakennusosassa tulee sivusuuntaisen kiepahduksen olla estetty vaaditun palonkestoajan.

**5.3.4** Puristetun puusauvan rajoittuessa muuhun rakennusosaan, kuten seinään, tulee epäsymmetrisen hiiltymisen johdosta syntyvä epäkeskisyys ottaa huomioon normaalivoiman epäkeskisyyttä laskehtaessa.

**5.3.5** 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 määritettäessä.

### 5.4 Metalliosien ja liittimien suojaus

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

## 6 Kantavat teräsrakenteet

### 6.1 Suunnitteluperusteet

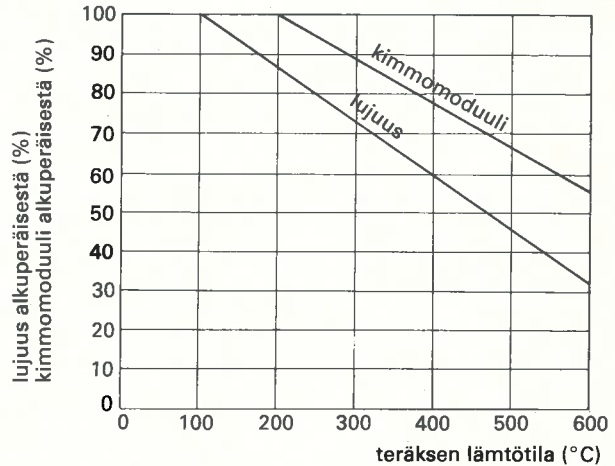
**6.1.1** Teräsrakenteisten kantavien rakennusosien palonkesto-aika määritetään mitoittamalla niiden palosuojaus siten, että rakenteen lämpötila ei ylitä rakenteen kriittistä lämpötilaa vaaditun palonkestoajan kuluessa.

**6.1.2** Paloteknisessä mitoituksessa voidaan soveltaa plastisuusteoriaa.

**6.1.3** Palosuojauksen kiinnityksen ja pinnan suojaus tulee olla siten suoritettu, että palosuojaus pysyy paikallaan sekä tulipalo- että käyttöolosuhteissa. Tämä selvitetään tarvittaessa kokeellisesti.

### 6.2 Kriittinen lämpötila

**6.2.1** Kriittinen lämpötila määritetään käyttäen lujuusopin tavanomaisia laskentaperiaatteita, jolloin otetaan huomioon kyseessä olevan teräslaadun lujuus- ja muodonmuutosominaisuuksien riippuvuus lämpötilasta. Kuumavalssatulle rakenneteräkselle voidaan taivutus-, veto- ja puristuslujuuksien sekä kimmomoduulin riippuvuus lämpötilasta otaksua kuvan 6 mukaiseksi.



**Kuva 6**

*Kuumavalssatun teräksen kimmomoduulin ( $E$ ) ja alemman myötörajan ( $f_{yk}$ ) riippuvuus lämpötilasta*

**6.2.2** Rakenteeseen otaksutaan vaikuttavan kohdan 2.2 mukaiset kuormat. Lisäksi otetaan huomioon lämpöpiteneemisestä aiheutuvat muodonmuutokset ja siirtymät. Estetyn lämpöpiteneamisen aiheuttamat lisäjännitykset otetaan myös huomioon.

**6.2.3** Kuumavalssatusta rakenneteräksestä valmistetun yksinkertaisen sauvarakenteen kriittinen lämpötila voidaan määrittää seuraavassa esitettyjen kaavojen ja käyrästöjen avulla.

a) Vektorasituksen alainen sauva

$$T_{kr} = 835 - 735 \frac{\sigma_r}{f_{yk}}$$

b) Taivutusrasituksen alainen sauva

$$T_{kr} = 835 - 735 \frac{\sigma_r}{f_{yk}}$$

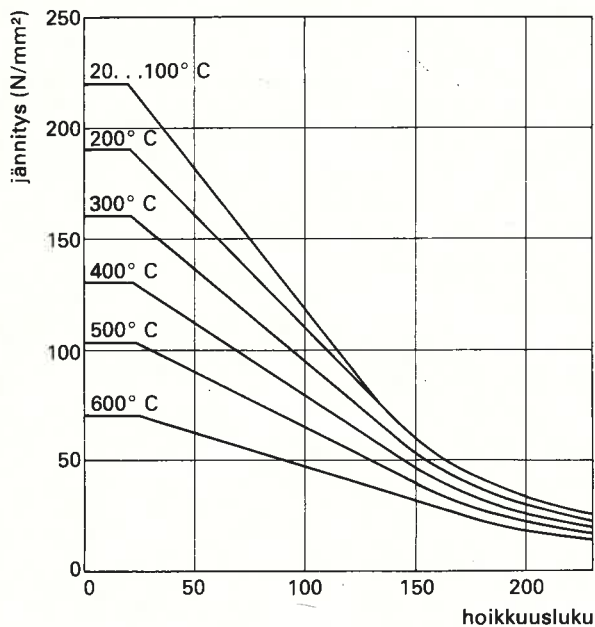
Jännitysjakautuma voidaan otaksua suorakaiteen muotoiseksi. Momenttijakautuma voidaan laskea plastisuusteorian mukaan.

Mikäli lommahdus tai kiepahdus on normaalilämpötilassa estetty sivutuilla, jotka eivät toimi vastaavalla tavalla tulipalo-olosuhteissa, tulee kriittinen lämpötila laskea myös lommahdukselle ja kiepahdukselle. Tällöin lähtökohtana käytetään kuvassa 6 esitettyjä lujuus- ja kimmo-ominaisuuksien riippuvuutta lämpötilasta.

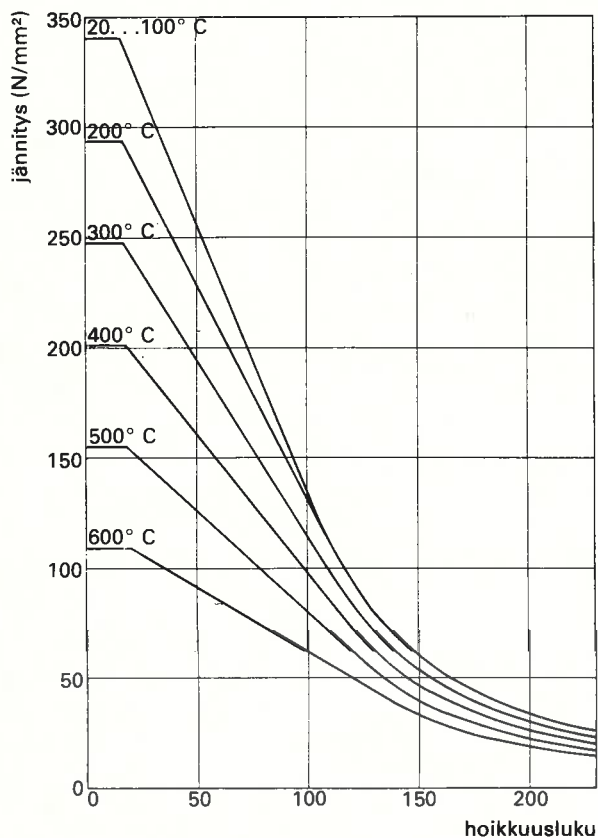
c) Keskeisesti tai epäkeskeisesti puristetun sekä taivutetun ja puristetun sauvan kriittinen lämpötila



voidaan määrittää kuvien 7 a ja 7 b avulla. Teräkselle, jonka alempi myötöraja normaalilämpötilassa on välillä 220...340 N/mm<sup>2</sup>, kriittinen lämpötila saadaan suoraviivaisella interpolatiolla.



**Kuva 7 a**  
Pilarin nurjahduskäyrät eri lämpötiloissa.  
( $f_{yk} = 220 \text{ N/mm}^2$ )



**Kuva 7 b**  
Pilarin nurjahduskäyrät eri lämpötiloissa.  
( $f_{yk} = 340 \text{ N/mm}^2$ )

**6.2.4** Useista sauaelementeistä koostuvan ristiko-, kehä- yms. rakenteen kriittinen lämpötila laskeaan tavanomaisilla mitoitusmenetelmillä ottamalla huomioon kyseessä olevan teräslaadun lujuus- ja muodonmuutosominaisuuksien riippuvuus lämpötilasta ja tulipalon aiheuttamat lisärasitukset.

**6.2.5** Kriittisenä lämpötilana saa käyttää enintään arvoa 600° C.

### 6.3 Teräksen lämpötilan nousu

**6.3.1** Suojaamattoman terässauvan lämpötilan nousun tulipalossa katsotaan riippuvan

- palotilan lämpötilasta
- sauvan poikkileikkausmitoista
- teräksen tiheydestä
- teräksen lämpökapasiteetista
- emissiokertoimesta

**6.3.2** Palosuojatun terässauvan lämpötilan nousun tulipalossa katsotaan riippuvan kohdassa 6.3.1 mainittujen tekijöiden lisäksi

- palosuoja-aineen poikkileikkausmitoista
- palosuoja-aineen tiheydestä
- palosuoja-aineen lämmönjohtavuudesta
- palosuoja-aineen lämpökapasiteetista

**6.3.3** Emissiokerroin valitaan rakennusosan sijainnin, tyyppin, poikkileikkausmittojen ja muiden asiaan vaikuttavien tekijöiden perusteella.

Lämpötilan vaikutus teräksen lämpökapasiteettiin, palosuoja-aineen lämpökapasiteettiin ja lämmönjohtavuuteen otetaan huomioon.

**6.3.4** Teräspoikkileikkauksen lämpötilatarkastelu voidaan suorittaa tasossa, joka on kohtisuorassa sauvan pituusakselia vastaan.

Lämpötilan voidaan olettaa jakautuneen tasaisesti teräspoikkileikkauksessa kunakin tarkasteluhetkenä mikäli poikkileikkauksen seinämät eivät ole erityisen paksuja.

**6.3.5** Lämpötilagradientti palosuoja-aineessa voidaan olettaa lineaariseksi.

Mikäli palosuoja-aineen lämpökapasiteetti on hyvin pieni verrattuna teräksen lämpökapasiteettiin, ei edellistä tarvitse ottaa huomioon.

**6.3.6** Lämmönjohtuminen sekä teräksessä että palosuoja-aineessa voidaan olettaa yksidimensionaaliseksi.

## Siirtymäohjeita

### 1. Ohjeen soveltaminen

Ohjeet kantavien ja osastoivien rakenteiden palonkestävyydestä korvaavat sisältönsä osalta joukon kantavia ja osastoivia rakenteita koskeneita, 1. 7. 1976 kumoutuneita, paloluokituspäätöksiä.

Koska uusien ohjeiden soveltaminen heti niiden antamisen jälkeen saattaa aiheuttaa joissakin tapauksissa kohtuuttomia vaikeuksia käytännössä, sisäasiainministeriö katsoo tarkoituksenmukaiseksi, että edellä mainittuja paloluokituspäätöksiä voidaan pitää soveltuvilta osiltaan riittävinä selvityksinä rakennuslupaviranomaiselle, jos lupaa rakentamistoimenpiteeseen haetaan vuoden 1978 loppuun mennessä.

### 2. Betoni- ja jänneterästen lujuusominaisuuksien lämpötilariippuvuus

Ohjeen kohdassa 3.1.2 on mainittu, että palotekniikassa mitoituksessa käytetään sisäasiainministeriön hyväksymän koemenetelmän mukaisesti määritettyä teräksen myötö- ja murtolujuuden lämpötilariippuvuutta.

Terästen lujuuden lämpötilariippuvuuden määrittäminen tullaan liittämään terästen laadunvalvontaan. Koska laadunvalvonnan yhteydessä saatavia tietoja ei näiltä osin ole vielä käytettävissä, voidaan betonirakenteiden paloteknisessä suunnittelussa käyttää kriittisen lämpötilan arvoina SFS standardien 1205, 1206, 1210, 1211 ja 1212 mukaisilla kuumavalssatuilla teräksillä 500° C, SFS standardien 1255 ja 1256 mukaisilla kylmämuokatuilla teräksillä 400° C sekä jänneteräksillä, joilla on betonirakenteita koskevien ohjeiden mukainen käyttöseloste, 350° C.

---

**Tätä julkaisua myy**

**VALTION PAINATUSKESKUS**  
MARKKINOINTIOSASTO

**Postimyynti**

PL 516  
00101 HELSINKI 10  
Puh. 90-539011

**Kirjakauppa**

Annankatu 44  
00100 HELSINKI 10  
Puh. 90-17341

---

**Denna publikation säljes av**

**STATENS TRYCKERICENTRAL**  
MARKNADSFÖRINGSÄVDELNINGEN

**Postförsäljning**

PB 516  
00101 HELSINGFORS 10  
Tel. 90-539011

**Bokhandel**

Annegatan 44  
00100 HELSINGFORS 10  
Tel. 90-17341

---

**This publication can be obtained from**

**GOVERNMENT PRINTING CENTRE**  
MARKETING DEPARTMENT

**Mail-order business**

P.O. Box 516  
SF-00101 HELSINKI 10  
Phone 90-539011

**Bookshop**

Annankatu 44  
00100 HELSINKI 10  
Phone 90-17341

---