

Eurocode 5 puitehitiste tulepüsivusest

Alar Just

Tallinn, 13.09.2005

Eurokoodeksite programm

- Startis 1975 Euroopa Komisjoni algatusel
- 1980-te lõpus esimene komplekt Eurokoodekseid
- 1990-tel avaldati **ENV** standarditena
- Aprill 2004 esimene **EN** standard
- Järgmisena teine põlvkond EN standardeid

Eurokoodeks 5 – Puitkonstruktsioonide projekteerimine

PRAEGU KASUTUSEL:

EPN 5.1.1. Üldised juhendid ja hoonete juhendid
põhineb normil prENV 1995-1-1:1992.

EVS 1995-1-2:2003 Tulepüsivus
põhineb normil ENV 1995-1-2:1994

EVS 1995-2:2003. Puitsillad
põhineb normil ENV 1995-2:1997

Eurocode 5 – Design of timber structures

EN 1995-1-1:2004 **Part 1.1: General -
Common rules and rules for buildings**

EN 1995-1-2:2004 **Part 1.2: General -
Structural fire design**

EN 1995-2:2004 **Part 2: Bridges**

NB! Ingliseelsetena olemas kujul EVS-EN 1995-...

Puudub rahvuslik lisa NA

Eurokoodeks 5 – Puitkonstruktsioonide projekteerimine

EVS-EN 1995-1-1:2005

**Osa 1.1: Üldreeglid ja reeglid
hoonetele**

EVS-EN 1995-1-2:2006 ?

Osa 1.2: Tulepüsivus

EVS-EN 1995-2:2006 ?

Osa 2: Sillad

EN 1995-1-2:2004

Puitkonstruktsioonide projekteerimine. Tulepüsivus

- Määrab erinevused ja täiendused võrreldes normaaltemperatuuri kohaste arvutustega.
- Tuleb kasutada koos normidega:
 - EN 1990 Projekteerimise alused
 - EN 1991 Koormused
 - sh EN 1991-1-2. Tulekahjukoormused
 - EN 1995-1-1

EN 1995-1-2:2004

VS

ENV 1995-1-2:1997

- Söestumisel arvestatakse rohkem erijuhtudega
- Eeskirjad kihiliste põranda- ja seinakonstruktsioonide projekteerimiseks
- Liidete osa palju põhjalikum
- Andmed FE analüüsiks
- Eeskirjad parameetrilise tulekahju arvutusteks

Tulepüsiivusarvutus

Üldine tingimus

$$E_{d,fi} \leq R_{d,t,fi}$$

Elemendi arvutus

$$E_{d,fi} = \eta E_d$$

η – koormuse vähendustegur tulekahjuolukorras

Tugevus ja jäikus

Arvutustugevus

$$f_{d,fi} = k_{mod,fi} f_{20} / \gamma_{M,fi}$$

$f_{d,fi}$ arvutustugevus
tulekahjuolukorras

$k_{mod,fi}$ modifikatsioonitegur

f_{20} tugevusnäitaja 20%-ne
fraktiil

Arvutusjäikus

$$S_{d,fi} = k_{mod,fi} S_{20} / \gamma_{M,fi}$$

$\gamma_{M,fi}$ materjali osavarutegur

$$\gamma_{M,fi} = 1$$

Tugevus ja jäikus

$$f_{20} = k_{fi} f_k$$

$$S_{20} = k_{fi} S_{05}$$

k_{fi} teiseendustegur, mis sõltub materjali variatsioonitegurist
 f_k normtugevus
 S_{05} jäikuse 5% väärtus (E, G)

k_{fi} väärtused

Saepuit 1,25

Lamell-liimpuit 1,15

Spoonliimpuit(Kerto) 1,1

Söestumissügavus

Söestumine ühest küljest

$$d_{\text{char},o} = \beta_0 t$$

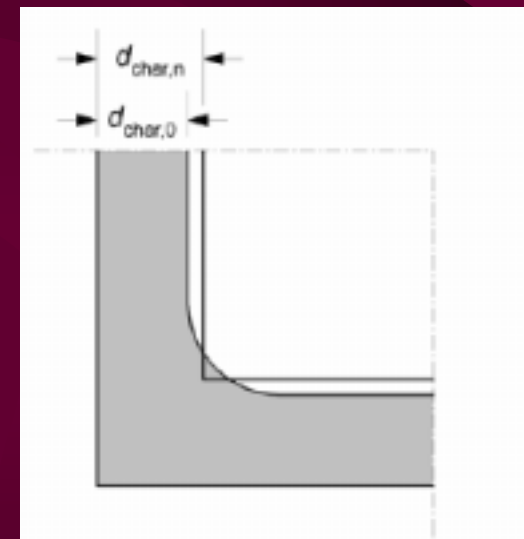
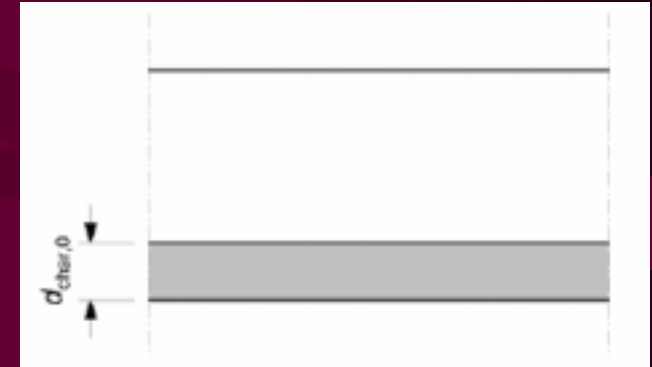
t aeg minutites

β_o, β_n söestumiskiirus

Söestumine mitmest küljest

Tinglik söestumissügavus

$$d_{\text{char},n} = \beta_n t$$



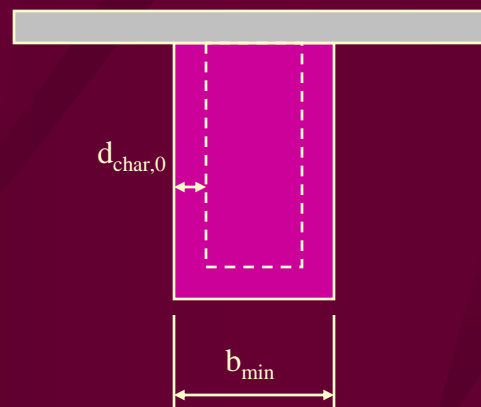
Söestumiskiirused

	β_o , mm/min	β_n mm/min
Okaspuit		
Liimpuit	0,65	0,7
Saepuit	0,65	0,8
Lehtpuit		
normtihedus 290 kg/m ³	0,65	0,7
normtihedus üle 450 kg/m ³	0,5	0,55
Spoonliimpuit	0,65	0,7

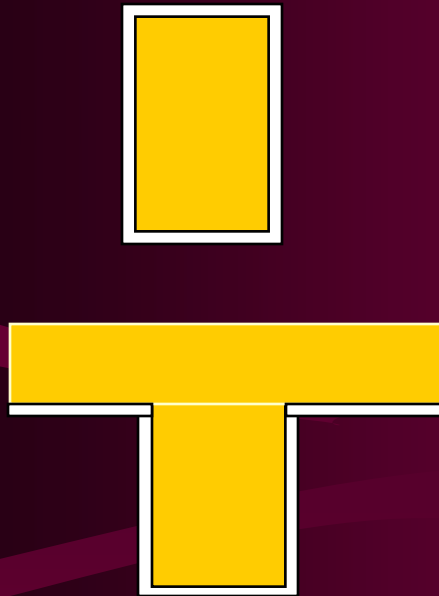
Söestumiskiirused

Söestumiskiirust β_o võib kasutada, kui ristlõike vähim mõõde on suurem kui

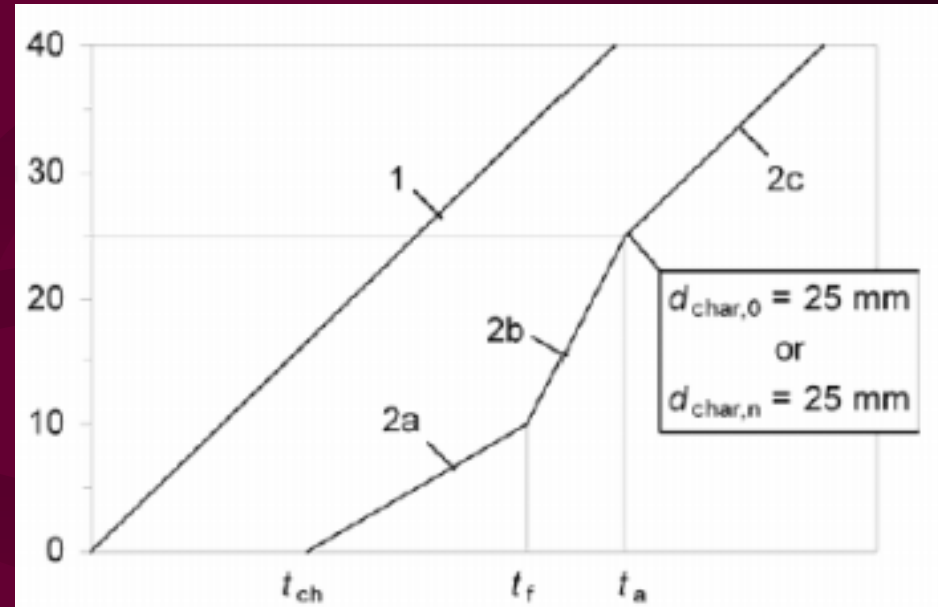
$$b_{\min} = \begin{cases} 2d_{\text{char},n} + 80 & \text{kui } d_{\text{char},0} \geq 13 \text{ mm} \\ 8,15d_{\text{char},n} & \text{kui } d_{\text{char},0} < 13 \text{ mm} \end{cases}$$



Kaitstud pinnad



$d_{char,0}$
või
 $d_{char,n}$
[mm]



aeg t

t_{ch} söestumine algab
 t_f kattematerjal puruneb
 t_a söestumissügavus 25 mm

1 kaitsmata pind
2a kattematerjal jääb veel paigale
2b kattematerjal on ära kukkunud
2c söestumiskiirus ühtlustub
kaitsmata puidu s.k.-ga

Kaitstud pinnad

t_{ch} määramine

- Puitplaadid
- Kips
- Kivivill

$$t_{ch} = h_p / \beta_0$$

$$t_{ch} = 2,8h_p - 14$$

$$t_{ch} = 0,07(h_{ins} - 20) (\rho_{ins})^{0,5}$$

- Võõpasid normis ei käsitleta
- Puuduvad andmed kõikide kipsplaadi tüüpide kohta
- Arvutus kivivillaplaatide puhul liiga konservatiivne

Efektivrastlõikemeetod

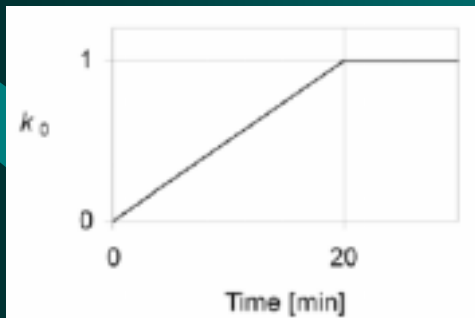
Efektivsöestumissügavus

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 d_0$$

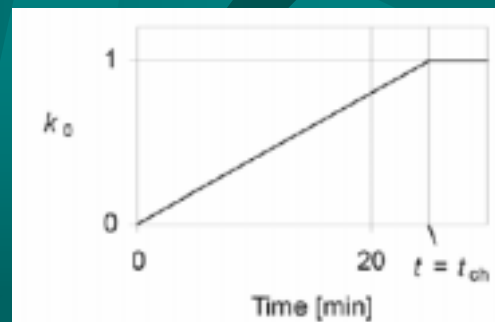
$$d_0 = 7 \text{ mm}$$

$$k_{mod,fi} = 1$$

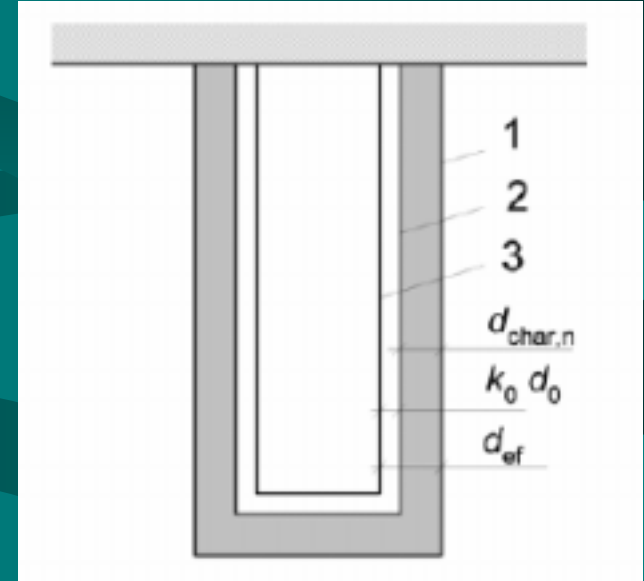
k_0



Kaitsmata pind



Kaitstud pind



- 1 ristlõike algne pindala
- 2 jääristlõike piir
- 3 efektiivristlõike piir

Vähendatud tugevusomaduste meetod

- Ristlõiget vähendatakse ainult söestumissügavuse $d_{\text{char},0}$ või $d_{\text{char},n}$ võrra

- Tugevuse modifikatsioonitegur $k_{\text{mod},fi}$

paine $k_{\text{mod},fi} = 1,0 - (1/200)(p/A_r)$

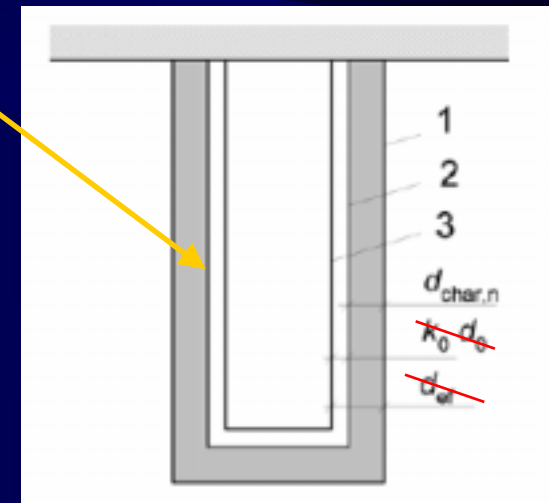
surve $k_{\text{mod},fi} = 1,0 - (1/125)(p/A_r)$

tõmme $k_{\text{mod},fi} = 1,0 - (1/330)(p/A_r)$

el.moodul

p – tulele avatud jääkristlõike perimeeter

A_r – jääkristlõike pindala

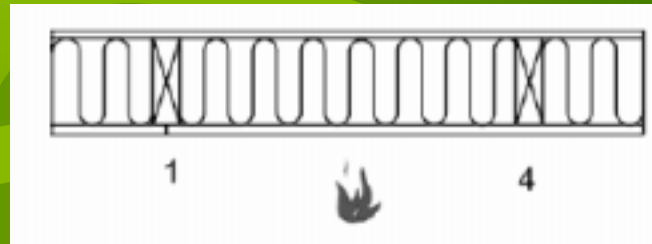


Lihtsustused

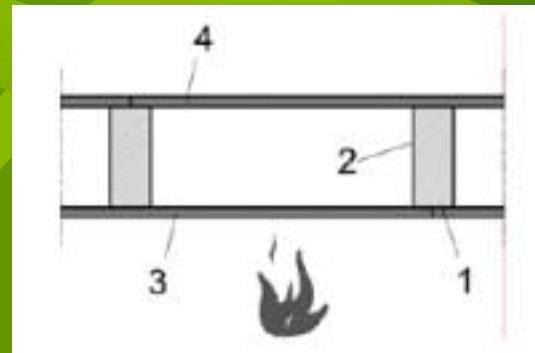
- Kui elemendi jäikusside tulekahjus puruneb, siis sellega ei arvestata
- Ristikiudu survet ei pea arvestama
- Täisristlõike puhul võib nihke jätta arvestamata
- Deformatsiooniarvutus tuleb teha vaid juhul, kui vastavate elementide tootekirjeldustes nõutakse kandekonstruktsioonide deformatsioonide arvestamist

Seinad ja vahelaed

- Isolatsiooniga täidetud seinad ja vahelaed
 - Juhised lisas C



- Tühimikega seinad ja vahelaed
 - Juhised lisas D



- Arvutus eralduskriteeriumile
 - Juhised lisas E

Liited

- EN 1995-1-1 järgi projekteeritud kaitsmata “puit-puiduga” liidete tulepüsivus

	$t_{d,fi}$, min	piirtingimus
naelad	15	$d \geq 2,8$ mm
kruvid	15	$d \geq 3,5$ mm
poldid	15	$t_1 \geq 45$ mm
naaglid	20	$t_1 \geq 45$ mm

t_1 – äärmise elemendi paksus

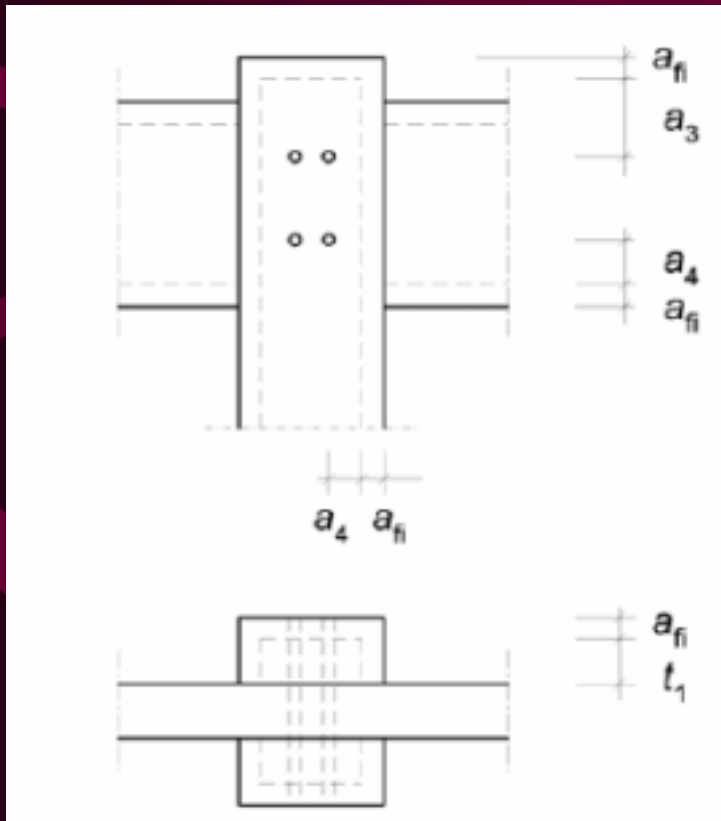
Liited

Suurema tulepüsivuse saavutamiseks

- Suurendada nõutud kaugusi a_{fi} võrra
- Vähendada koormust teguri η võrra
- Või teha mõlemat

Liited

- Tulepüsivus $t_{d,fi}$ kuni 30 min
 - Nõutud kaugusi suurendada a_{fi} võrra



$$a_{fi} = \beta_n k_{flux} (t_{req} - t_{d,fi})$$

β_n söestumiskiirus

k_{flux} soojuse kandumist läbi kinniti arvestav tegur

$$k_{flux} = 1,5$$

t_{req} nõutav tulepüsivusaeg

Liited

- Vähendatud koormuse meetod

$$F_{V,Rk,fi} = \eta F_{V,Rk}$$

Liite nihkekandevõimet vähendatakse teguriga

$$\eta = e^{-kt_{d,fi}}$$

Liite tulepüsivus

$$t_{d,fi} = -1/k \ln (\eta_{fi} \gamma_{M,fi} / \gamma_M k_{fi})$$

	k	Kaitsmata liite maks tulepüsivus [min]
Naelad, kruvid	0,08	20
Poldid, puit-puiduga	0,065	30
Poldid, teras-puiduga	0,085	30
Naaglid, puit-puiduga	0,04	40
Naaglid, teras-puiduga	0,085	30

Liited

Kaitstud liited

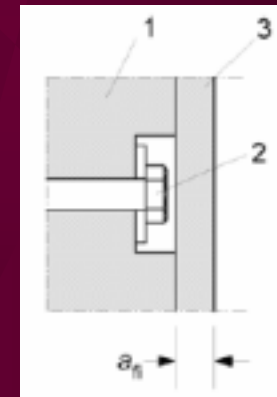
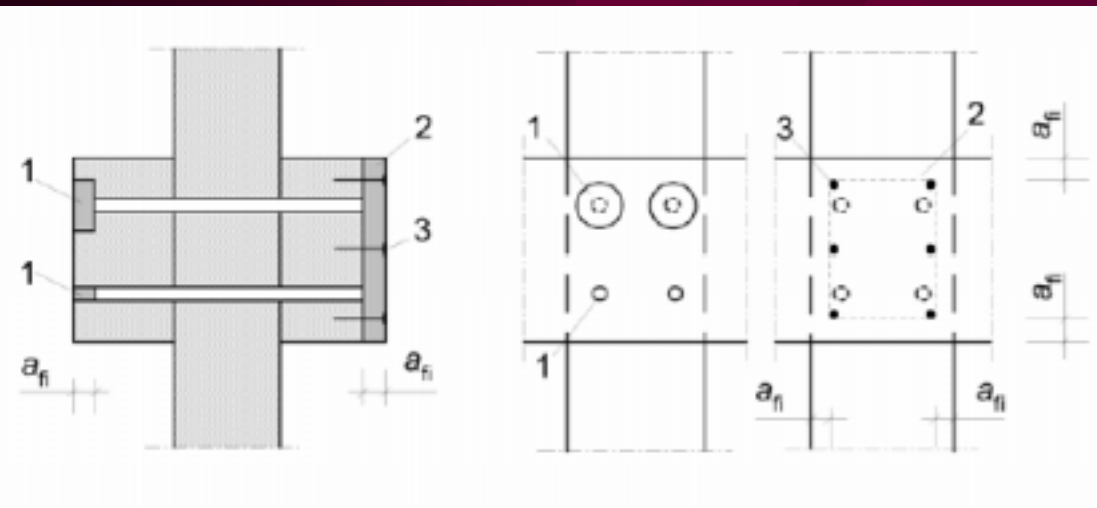
- Puidu või kipsplaadiga (tüüp A,H)
- Kipsplaadiga (tüüp F)
- Sisseliimitud korkidega

$$t_{ch} \geq t_{req} - 0,5 t_{d,fi}$$

$$t_{ch} \geq t_{req} - 1,2 t_{d,fi}$$

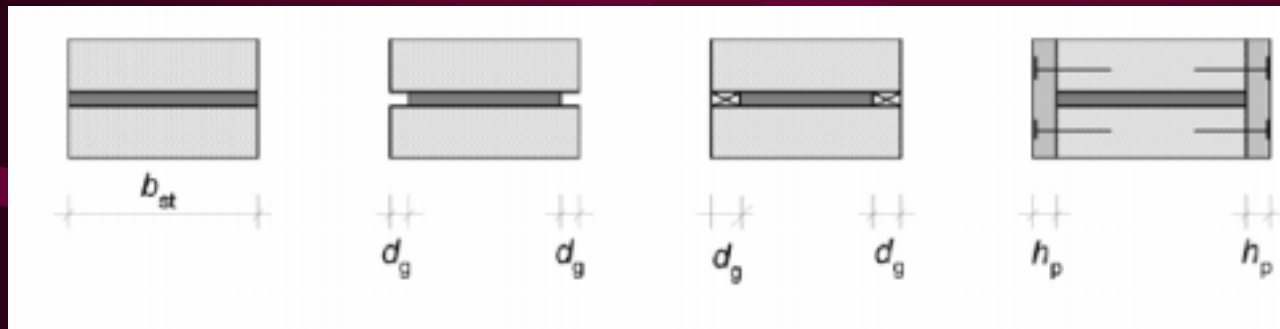
$t_{d,fi}$ - kaistmata liite
tulepüsivus tabelist

(15-20 min)



Liited

Sisemised terasplaadid



Kaitsmata

*Kaitstud
piludega*

*Kaitstud
korkidega*

*Kaitstud
plaatidega*

Tulepüsivus

b_{st}

R30

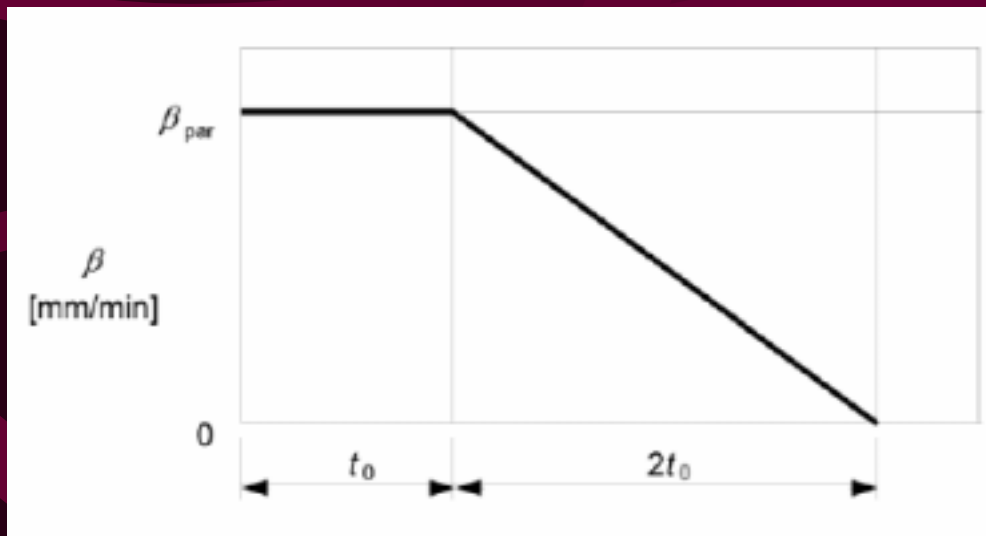
≥ 200 mm

R60

≥ 280 mm

Parameetriline tulekahju esitus

- Lisas A antakse valemid söestumiskiiruse ning tugevuse modifikatsiooniteguri arvutamiseks

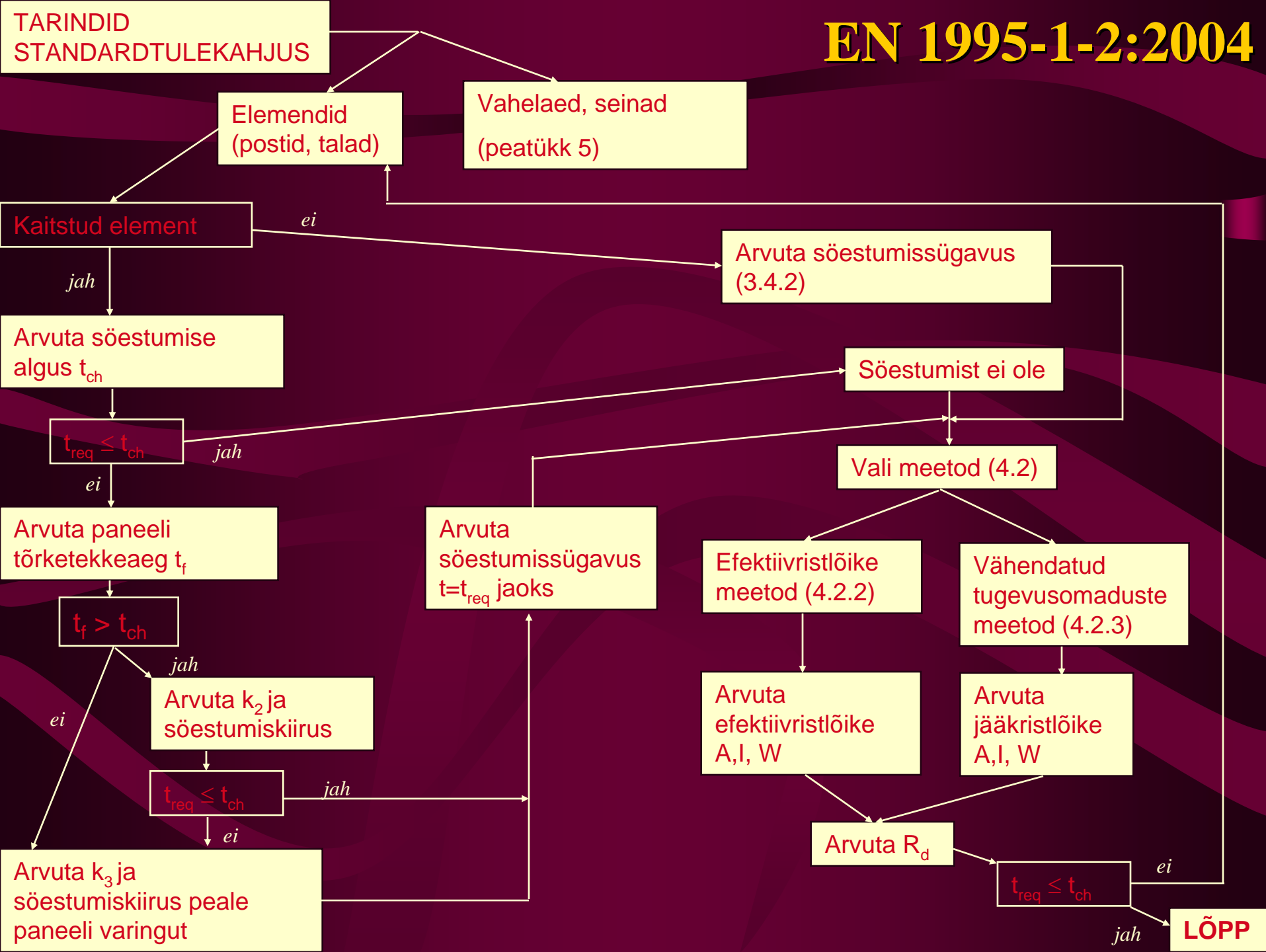


Täpsemad arvutusmeetodid

Võib rakendada

- Söestumissügavuse määramiseks
- Temperatuuri kasvu ja jagunemise määramiseks
- Konstruksiooni käitumise määramiseks

Lisas B esitatud graafikud puidu omaduste muutumisest temperatuuri muutumisel





Tänan!
Thank You!