

TRÆBYGGERI OG ETAGEBYGGERI MED CLT

Brand – bæreevne og anbefalinger
26. og 27. februar 2025

Jacob Ettrup Petersen

Kompetencechef | Trækonstruktioner

M +45 2880 7489

jet@arteliagroup.dk

SIDE 1

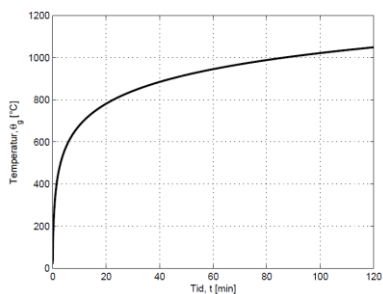
TRÆ
Information

1

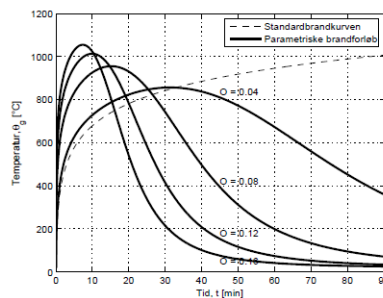
TRÆ
Information

BRANDFORLØB

• Standard brandkurven



• Naturlige/Parametriske brandforløb



§ 100

Brandmodstandsevnen for bærende bygningsdele bestemmes enten ved standardbrandpåvirkning eller ved anvendelse af et naturligt brandforløb, som beskrevet i *DS/EN 1991-1-2 Eurocode 1: Last på bærende konstruktioner – Del 1-2: Generelle laster – Brandlast* og *DS/EN 1991-1-2 DK NA Nationalt Anneks til Eurocode 1: Last på bygværker – Del 1-2: Generelle laster – Brandlast*.

§ 101

Anvendes et naturligt brandforløb i medfør af § 100, skal det dokumenteres, at konstruktionen kan modstå det fulde brandforløb.

SIDE 2

jet

2

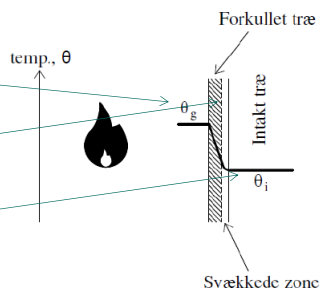
TEMPERATURFORHOLD UNDER BRAND

- Ved brandpåvirkning:
 - Forkullingslag (ved $\sim 300^\circ\text{C}$)
 - Forkullingslag virker som "isolering", dvs. temperatur falder gennem denne

θ_g = Gastemperatur

Temperaturfald gennem
forkullingslag og svækkede zone

θ_i = Temperatur i intakt konstruktion



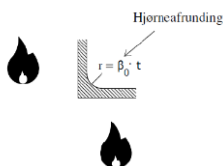
SIDE 3

JEP

3

INDBRÆNDING I TRÆKONSTRUKTIONER

- Endimensional påvirkning: $d_{char,0} = \beta_0 t$



- Påvirkning fra flere sider => hjørne afrundes

- Begrænsning (kold bredde):

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

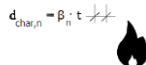
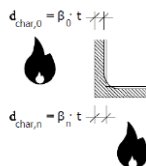
- Tænkt indbrænding (indeholder effekt af hjørner og revner)

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

Tabel 3.1 – Regningsmæssige indbrændingshastigheder β_0 og β_n for træ, LVL, træbæklædning og træbaserede pladematerialer

	β_0 mm/min	β_n mm/min
a) Nåltræ og bøg		
Limtræ med en karakteristisk densitet $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,7
Konstruktionsræ med en karakteristisk densitet $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,8
b) Løvtræ		
Konstruktionsræ eller limtræ af løvtræ med en karakteristisk densitet $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,7
Konstruktionsræ eller limtræ af løvtræ med en karakteristisk densitet $\geq 450 \text{ kg/m}^3$	0,50	0,55
c) LVL		
med en karakteristisk densitet $\geq 480 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,7
d) Plader		
Træbæklædning	0,9*	–
Krydsfinér	1,0*	–
Andre træbaserede pladematerialer end krydsfinér	0,9*	–

* Værdierne gælder for en karakteristisk densitet på 450 kg/m^3 og en pladetykkelse på 20 mm; se 3.4.2(8) for andre tykkelser og densiteter.



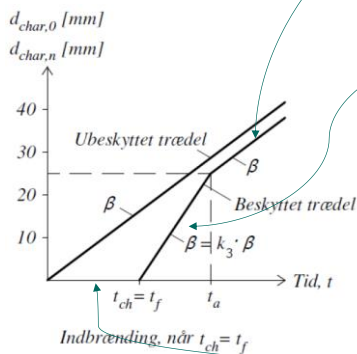
SIDE 4

JEP

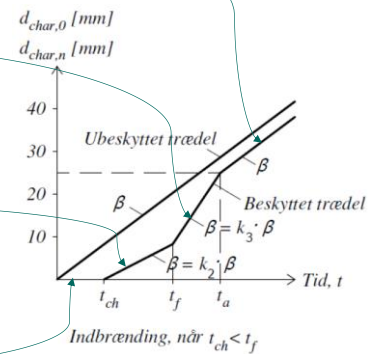
4

BESKYTTETE OVERFLADER

- Forløb, hvor indbrænding begynder, når beskyttelses svigter



- Forløb, hvor indbrænding begynder, før beskyttelse svigter



5

SVIGTTIDER AF GIPSPLADER

Type	Nedfaldstid, $t_f (= t_{ch})$ [min]
Almindelig gipsplade, type A eller H	
- Ét lag, 12,5mm	21,0
- To lag, 2 x 12,5mm	38,5
Brandgipsplade, type F	
- Ét lag, 15mm	28,0
- To lag, 2 x 15mm	61,6

Tabel 3.1B DK NA værdier for indbrændingens begyndelse, t_{ch} , for beskyttede CLT-elementer

16 DK-NA Værdier for indbrændningens begyndelse, t_{ch} , for beskyttelse af mennesker				
Bekledning	Tykkelse af trykklædesystem [mm]		Indbrændningens begyndelse, t_{ch} [min]	
	Lag 1, h_1	Lag 2, h_2	Dæk	Vægge
Gips, Type A	12,5	-	20	22
	15	-	27	28
	18	-	34	35
	12,5	12,5	35	39
	15	15	45	49
Gips, Type F	12,5	-	24	24
	15	-	30	30
	18	-	37	37
	12,5	12,5	49	49
	15	15	60	60
Gips, Type F + Type A (type F er lag 1)	12,5	12,5	49	49
	15	12,5	55	55
Fibergipsplader	12,5	-	24	24
	15	-	30	30
	18	-	36	37
	12,5	12,5	49	49
	15	15	60	60
	18	18	73	75

§ 1 an 1 er den økonomiske side

*Lag 1 er den eksponerede side

Tabel 3.1C DK NA værdier for beklædningens svigtider, t_f , for beskyttede CLT-elementer

Tabel DK NA værdier for beklædnings svigtfordi, t_f , for beskyttede CUL1-elementer					
Beklædning	Tykkelse af beskyttelsessystem [mm] ^a		Beklædnings svigtfordi, t_f [min]		
	Lag 1, h_1	Lag 2, h_2	Dæk	Vægge	
Gips, Type A	12,5	-	20	22	
	15	-	27	28	
	18	-	34	35	
	12,5	12,5	35	45	
	15	15	45	55	
Gips, Type F	12,5	-	30	35	
	15	-	34	48	
	18	-	39	63	
	12,5	12,5	63	66	
	15	15	72	90	
Gips, Type F + Type A (type F er lag 1)	12,5	12,5	63	66	
	15	12,5	67	78	
Fibergipsplader	12,5	-	28	29	
	15	-	32	39	
	18	-	36	52	
	12,5	12,5	55	55	
	15	15	63	76	
	18	18	73	100	

*Lag 1 er den eksponerede side

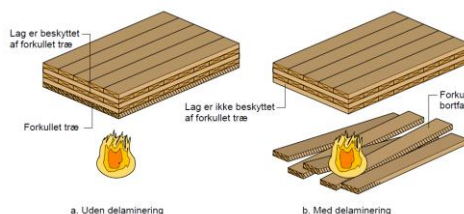
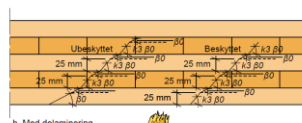
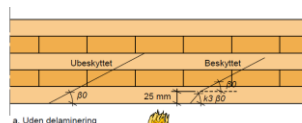
6

INDBRÆNDING, CLT

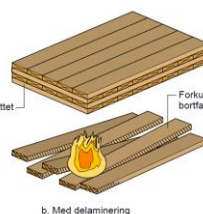
- Åbning mellem brædder $\leq 2\text{mm}$

$$d_{char,0} = \beta_0 \cdot t = 0,65\text{mm/min} \cdot t$$
- Åbning mellem 2mm og 5mm

$$d_{char,n} = 1,2 \cdot \beta_0 \cdot t \approx 0,8\text{mm/min} \cdot t$$
- Åbning $\geq 5\text{mm}$
 - Antages indbrænding fra 3 sider
 - Ved åbning $\leq 2\text{mm}$ i yderste lag og mellem 2 og 6mm i øvrige lag
 - $d_{char,0}$ for yderste lag
 - $d_{char,n}$ for øvrige lag
- Delaminering skal betragtes! Hvis limen ikke er varmebestandig, antages forkullet træ at bortfalde, når indbrændingen når limfugen => dobbelt indbrænding i 25mm efter hver limfuge!



a. Uden delaminering



b. Med delaminering

SIDE 7

JEP

7

BÆREEVNE UNDER BRAND

- **Styrker**
 - Baseret på 20%-fraktil

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

Tabel 2.1 – Værdier for k_{fi}

	k_{fi}
Konstruktiv træ	1,25
Limtræ	1,10
Træbaserede pladematerialer	1,10
LVL	1,1
Forkbinderer med træbærende forbindelsesmidler med sidestykker af træ og træbærende pladematerialer	1,10
Forkbinderer med træbærende forbindelsesmidler med sidestykker af stål	1,05
Forkbinderer med skråstribede forbindelsesmidler	1,05

- Regn. styrke i brand

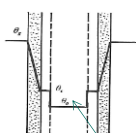
$$f_{d,fi} = k_{mod,fi} \cdot \frac{f_{20}}{\gamma_{M,fi}}$$

$$\gamma_{M,fi} = 1,0 \text{ jf. DK - NA}$$

$$k_{mod,fi} = 1,0$$

SIDE 8

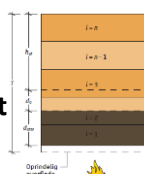
- **Effektivt resttværsnit**

 $\theta_0 = \text{Normal temperatur}$

– Regnes med et effektivt tværsnit, hvor der ses bort fra forkullet lag + pyrolysezone

$$d_{ef} = d_{char,0/n} + k_0 \cdot d_0$$

$d_0 = 7\text{mm}$ for normale trækonstruktioner – anderledes for CLT!

Tabel 4.1A DK-NA bestemmelser af stykket lag d_0 for dæk [mm]

	Ubeskyttet	Beskyttet
Brandpåkirket side		
Lag 1, brandeksponeret på trykplået side	7 ^a	12 ^a
Øvrige lag, brandeksponeret på trykplået side		12 ^{a,b}
Lag 1, brandeksponeret på trykplået side	10 ^a	16 ^a
Øvrige lag, brandeksponeret på trykplået side		16 ^{a,c}

^a Hvis d_{ef} er i et lag, som spænder i den tværgående retning, skal den endelige d_{ef} agges, så den reducerer det næste længdelag, lastbærende lag med 2mm.
^b Hvis d_{ef} er i et lag, som spænder i den længdelag, lastbærende retning, skal den endelige d_{ef} minimum reducere lag med 2mm.
^c Hvis d_{ef} er i et lag, som spænder i den tværgående retning, skal den endelige d_{ef} agges, så den reducerer det næste længdelag, lastbærende lag med 4mm.
^d Hvis d_{ef} er i et lag, som spænder i den længdelag, lastbærende retning, skal den endelige d_{ef} minimum reducere lag med 4mm.

Tabel 4.1B DK-NA bestemmelser af stykket lag d_0 for vægge [mm]

Placering af indbrænding	Ubeskyttet	Beskyttet
Lag 1, brandeksponeret side	$d_0 = \max \left(\frac{4}{3} h_1 - 14, 10 \right)$	$d_0 = \frac{2}{3} h_1 + 8$
Øvrige lag i tværgående retning	$d_0 = h_{res} + \left(\theta + \frac{\Delta}{10} \right) \left(1 - 0,9 \cdot \frac{h_{res}}{h_1} \right)^{1,5}$	
Øvrige lag i lodret (lastbærende) retning	$d_0 = \left(\theta + \frac{\Delta}{10} \right) \left(0,1 + 0,9 \cdot \frac{h_{res}}{h_1} \right)^{1,5}$	

hvor
 h_1 er tykkelsen af det første lag, i mm
 h_2 er tykkelsen af det 2' te lag, i mm
 h_{res} er tykkelsen af den ikke-forkullede del af det 1' te lag, i mm
 h_3 er tykkelsen af CLT-elementet inden brandpåvirkningen, i mm

^a Hvis d_{ef} er i et lag, som spænder i den tværgående retning, skal den endelige d_{ef} agges, så den reducerer det næste længdelag med 4mm.
^b Hvis d_{ef} er i et lag, som spænder i den lastbærende retning, skal den endelige d_{ef} minimum reducere lag med 4mm.

Tykkelsen d_0 af det stykket lag bør ikke sættes mindre end værdierne angivet i henholdsvis tabel 4.1A og 4.1B, uanset at en ETA anviser lavere værdier.

Tabel 6.2 Tykkelse af stykket lag d_0 [mm] for 3-, 5- og 7-lags CLT-element som funktion af elementtykkelsen T

Antal lag	Dæk, tryk		Dæk, tryk		Væg	
	Ubeskyttet	Beskyttet ¹⁾	Ubeskyttet	Beskyttet	Ubeskyttet	Beskyttet
3 lag	T/20>3,7	10	T/25>4,5	min 13,5	T/25>3,95	min 14,5
5 lag	T/20>10	T/35>10	T/20>11	18	T/35>10,5	20
7 lag T<175mm	T/6>2,5	T/6>2,5	T/6>2,5	T/6>2,5	T/6>4	T/6>4
T>175mm	10	10	13	13	16	16

1. Gælder både for og efter 5.
 2. For T<100mm skal anvendes $d_0 = 34-7/4$

JEP

8

EKSEMPEL: CLT INDBRÆNDING

- 200mm 7-lags CLT-element, opbygget med **20L-20L-40T-40L-40T-20L-20L**
- Ubeskyttet fra start, elementet delaminerer. Indbrændingen ønskes fundet efter 120 min.
- Gennembrænding, 1. lag: $T_1 = \frac{20mm}{0,65mm/min} = 30,8min$
- Gennembrænding, 2. lag: $T_2 = \frac{20mm}{2 \cdot 0,65mm/min} = 15,4min$
- Gennembrænding, 3., 4. og 5. lag: $T_{3-5} = \frac{25mm}{2 \cdot 0,65mm/min} + \frac{40mm-25mm}{0,65mm/min} = 42,3min$
- Total gennembrænding 4. lag = $30,8 + 15,4 + 2 \cdot 42,3min = 130,8min \Rightarrow$ indbrænding stopper i 4. lag.
- Brandpåvirket tid, 4. lag: $120 - 30,8 - 15,3 - 42,3 = 31,5min$
- Tid for 25mm forkulning: $T_{25mm} = \frac{25mm}{2 \cdot 0,65mm/min} = 19,2min$
- Indbrænding i 4. lag: $d_{char,4} = 19,2min \cdot 2 \cdot 0,65mm/min + (31,5 - 19,2) \cdot 0,65mm/min = 33mm$
- Resttværsnit (ekskl. Pyrolysezone): 7L-40T-20L-20L = **7L-40T-40L**

SIDE 9

JEP

9

EKSEMPEL: CLT INDBRÆNDING

- 200mm 5-lags CLT-element, opbygget med **40L-40T-40L-40T-40L** (samme bæreevne og stivhed, som 7-lags!)
- Ubeskyttet fra start, elementet delaminerer. Indbrændingen ønskes fundet efter 120 min.
- Gennembrænding, 1. lag: $T_1 = \frac{40mm}{0,65mm/min} = 61,5min$
- Gennembrænding, 2., 3., 4. og 5. lag: $T_{2-5} = \frac{25mm}{2 \cdot 0,65mm/min} + \frac{40mm-25mm}{0,65mm/min} = 42,3min$
- Total gennembrænding 3. lag = $61,5 + 2 \cdot 42,3min = 146,2min \Rightarrow$ indbrænding stopper i 3. lag.
- Brandpåvirket tid, 3. lag: $120 - 61,5 - 42,3 = 16,2min < 19,2min$ (25mm forkulning)
- Indbrænding i 3. lag: $d_{char,3} = 16,2min \cdot 2 \cdot 0,65mm/min = 21,1mm$
- Resttværsnit (ekskl. Pyrolysezone): 18,9L-40T-40L
- KONKLUSION:
 - Pyrolysezone typisk 11-12mm $\Rightarrow$
 - Element med 2 yderlag på 20mm: **XL-40T-40L** $\Rightarrow$ 1 lags element
 - Element med 1 yderlag på 40mm: **18,9L-40T-40L** $\Rightarrow$ 7L-40T-40L = 3 lags element

Der vindes væsentligt ved at anvende tykkere yderlag ved blotlagte elementer!

SIDE 10

JEP

10

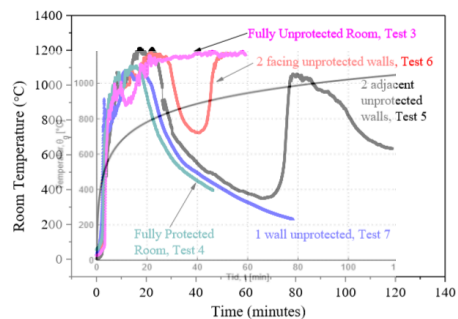
BRAND, PARAMETRISK, MASSIVTRÆ

- "Real-scale fire tests on massive timber constructions"

- Fuldt beskyttede rum (dvs. alt er beklædt med gips) bevirker en brand tilsvarende den parametriske
- Rum med én beskyttet væg giver en brand tilsvarende den parametriske
- Rum med 2 ubeskyttede vægge giver en risiko for en ekstra overtænding i afkølingsfasen
- Ubeskyttede rum giver en "uendelig brand", som er kraftigere end standardbranden

- Konklusion:

- Vi kan ikke bare blotlægge alt træ!
- Kravet om 20% blotlagte overflader kan bruges som et pejlemærke



Kilde: Xiao Li, et al., REAL-SCALE FIRE TESTS ON TIMBER CONSTRUCTIONS, WCTE 2016

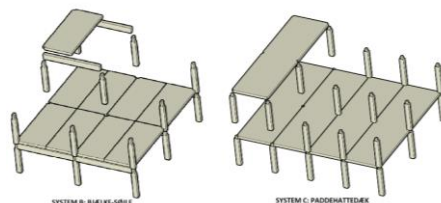
SIDE 11

JEP

11

SØJLER OG BJÆLKER

- Søjler & bjælker
 - Overfladeareal = lille i forhold til samlede konstruktion =>
 - Ofte valgfrit, om søjler & bjælker inddækkes eller blotlægges



SIDE 12

JEP

12

EKSEMPEL: INDBRÆNDING I BESKYTTET SØJLE, R120

- Beskyttede søjler & bjælker
- 25mm forkullingslag: $25\text{mm}/(2 \cdot 0,7\text{mm}/\text{min}) = 17,9\text{min}$
- Indbrænding, beskyttet med 2 x 15mm brandgips ($t_f = 62\text{min}$)
 - R30: $d_{ef} = 0\text{mm}$ (gipsen beskytter hele forløbet)
 - R60: $d_{ef} = 0\text{mm}$ (gipsen beskytter hele forløbet)
 - R120: $d_{ef} = 25\text{mm} + 0,7\text{mm}/\text{min} \cdot (120 - 17,9 - 62)\text{min} + 7\text{mm} = 60,1\text{mm}$
- Nødvendig tværsnitsforøgelse pr. side ved 2x15mm brandgips
 - R30: $d_{ef} + 2 \cdot 15\text{mm} = 0\text{mm} + 2 \cdot 15\text{mm} = 30\text{mm}$
 - R60: $d_{ef} + 2 \cdot 15\text{mm} = 0\text{mm} + 2 \cdot 15\text{mm} = 30\text{mm}$
 - R120: $d_{ef} + 2 \cdot 15\text{mm} = 60,1\text{mm} + 2 \cdot 15\text{mm} = 90,1\text{mm}$
- N.B.: $\beta_n = 0,7\text{mm}/\text{min}$ for limtræ

SIDE 13

JEP

13

SØJLER OG BJÆLKER

Konklusion

Ved R30: Lille gevinst på fodaftryk ved at anvende ét lag brandgips

Ved R60: Gevinst på fodaftryk ved at anvende 2 lag brandgips

Ved R120: Ingen gevinst på fodaftryk ved at anvende brandgips for limtræ, lille gevinst ved konstruktionstræ

Nødvendig tværsnitsforøgelse (træ + gips) pr. brandpåvirket side af limtræssøjler ($\beta_n = 0,7\text{mm}/\text{min}$)

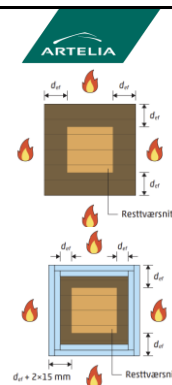
Brandpåvirkning	Ubeskyttet	15mm brandgips	2 x 15mm brandgips
R30	28mm	24,8mm (-3,2mm)	30mm (+2mm)
R60	49mm	56,9mm (+7,9mm)	30mm (-19mm)
R120	91mm	98,9mm (+7,9mm)	90,1mm (-0,9mm)

Nødv. tværsnitsforøgelse (træ + gips) pr. brandpåvirket side af konstruktionstræssøjler ($\beta_n = 0,8\text{mm}/\text{min}$)

Brandpåvirkning	Ubeskyttet	15mm brandgips	2 x 15mm brandgips
R30	31mm	25,2mm (-5,8mm)	30mm (-1mm)
R60	55mm	60,1mm (+5,1mm)	30mm (-25mm)
R120	103mm	108,1mm (+5,1mm)	95,9mm (-7,1mm)

SIDE 14

JEP



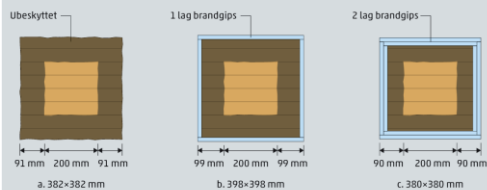
14

Eksempel 8.2: Søjletværsnit

Til en limtræssøjle stilles krav om brandmodstandsevne R 120, og det nødvendige resttværsnit efter indbrænding er 200×200 mm.

Den samlede tykkelse af indbrænding og brandbeskyttende gips aflæses i tabel 8.2. Figur 8.12 viser de nødvendige søjletværsnit, når søjlen er henholdsvis a. ubeskyttet/synlig træoverflade, b. beskyttet med 1 lag brandgips og c. beskyttet med 2 lag brandgips.

Mindste søjletværsnit findes for den ubeskyttede søjle med synlig træoverflade og søjlen med 2 lag brandgips, der bliver ca. lige store. Den mest effektive bæreevne fås for den ubeskyttede søjle, der har størst trætværsnit i den normale (kolde) tilstand.



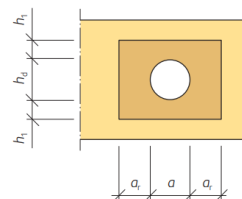
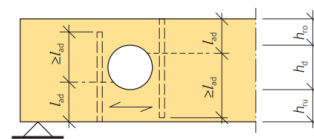
Figur 8.12 Søjletværsnit ved brandmodstandsevne R 120 for a. ubeskyttet/synlig træoverflade, b. 1 lag brandgips og c. 2 lag brandgips.

SIDE 15



15

- Huller i bjælker til fx installationer overses ofte i branddimensioneringen
- Beregningsregler tillader:
 - $h_d = 0,15 \cdot h$ for uarmeret hul
 - $h_d = 0,30 \cdot h$ for hul med indvendig armering (skrue, indlimet gevindstænger)
 - $h_d = 0,40 \cdot h$ for hul med udvendig forstærkning (krydsfinér plader)
 - Der anvendes typisk armering af alle huller, og grundet æstetik foretrækkes den indvendige forstærkning.
- Eksempel:
 - Limtræsbjælke: $b \times h = 166 \times 400$ mm
 - $h_d = 0,30 \cdot h = 0,30 \cdot 400$ mm = 120 mm
 - $h_{ro} = h_{ru} = (1 - 0,30)/2 \cdot h = 0,35 \cdot 400$ mm = 140 mm
 - Brandkrav = R60
 - Brandpåvirket fra 3 sider (siderne + bund)



SIDE 16

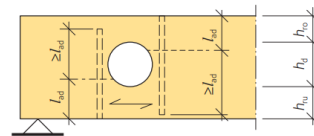


16

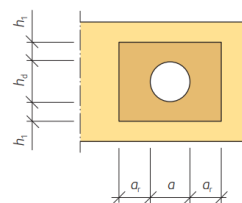
HULLER I BJÆLKER

• Eksempel:

- Indbrænding, hvis der ses bort fra hullet
 - $b_{fi} = 166\text{mm} - 2 \cdot (0,7\text{mm/min} \cdot 60\text{ min} + 7\text{mm}) = 68\text{mm}$
 - $h_{ro,fi} = 140\text{mm}$ (ingen indbrænding fra top)
 - $h_{ru,fi} = 140\text{mm} - (0,7\text{mm/min} \cdot 60\text{ min} + 7\text{mm}) = 91\text{mm}$
 - Modstandsmoment (beregnet):
 $W_{el} = 1227 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$



- Indbrænding, hvis hullet medtages
 - $b_{fi} = 166\text{mm} - 2 \cdot (0,7\text{mm/min} \cdot 60\text{ min} + 7\text{mm}) = 68\text{mm}$
 - $h_{ro,fi} = 140\text{mm} - (0,7\text{mm/min} \cdot 60\text{ min} + 7\text{mm}) = 91\text{mm}$
 - $h_{ru,fi} = 140\text{mm} - 2 \cdot (0,7\text{mm/min} \cdot 60\text{ min} + 7\text{mm}) = 42\text{mm}$
 - Modstandsmoment (beregnet):
 $W_{el} = 697 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
- Bæreevne reduceret til: $697/1227 = 0,568 = 56,8\%$, dvs. bæreevne reduceret med 43,2% pga. indbrænding i hul
- Løsning: Beskyttelse af hul!

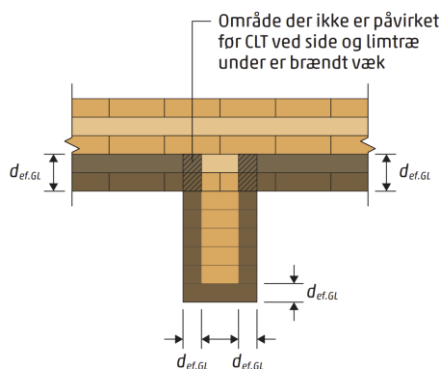


SIDE 17

ææ

17

RIBBEDÆK



SLS-f1: 540mm (100 / 200x440)
 Brand: 480mm (160 / 200x320)

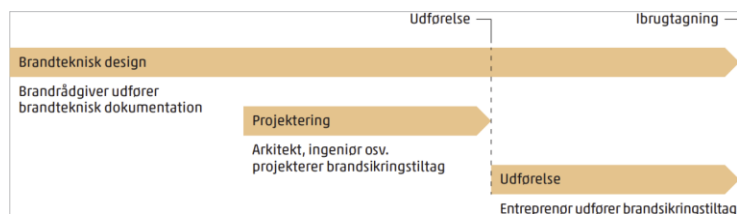


- Resultater fra tidligere:
 - SLS-f1: 540mm (100 / 200x440)
 - Brand: 480mm (160 / 200x320)
- Konklusion:
 - Bredde af bjælke under brand skal anvendes
 - Tykkelse af CLT under brand skal anvendes
 - Løsning:
 - Bredde af limtræsbjælkeskal altid overholde brand!
 - Tykkelse af CLT skal altid overholde brand!
 - Højde af bjælke i SLS kan mindskes svarende til difference mellem brand og SLS
 - Opbygning:
 $200 \times (440 - 60) / 160 = 200 \times 380 / 160$ (540)

SIDE 18

ææ

18

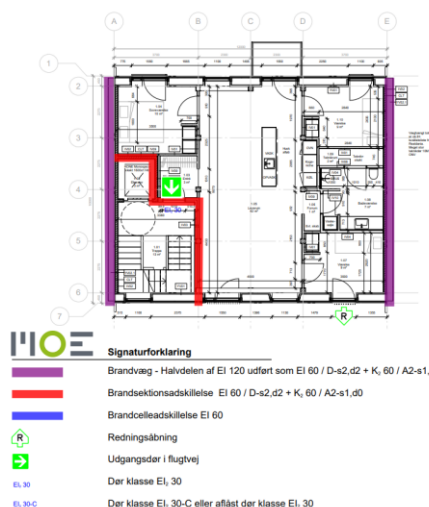


SIDE 19

JEP

19

- Ved krav til adskillende konstruktioner
- Sørg for, at KON og BRA-ingeniører koordinerer
- Dækkonstruktioner kan være angivet til R60, hvorimod en adskillende væg kan være EI120.
- Det betyder i bund og grund, at dækket kan bortfalde efter 60 min
- Dæk afstiver ofte vægfelter. Derved vil væggen blive ustabil, og EI120-kravet vil ikke længere være gældende
- Koordinering bør derfor sikre, at dækelementer, som afstiver væggene bliver opjusteret til R120-elementer.

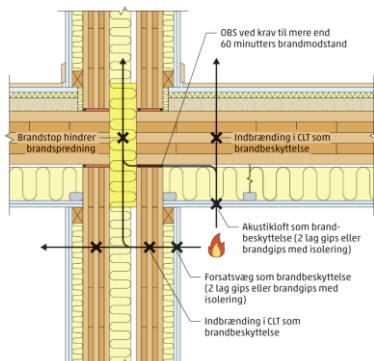


SIDE 20

JEP

20

Brandadskillende (EI)-krav



Eksempel 8.3: Brandmodstandsevne R og EI for en CLT-væg

Brandmodstandsevnen vurderes for et vægelement af CLT som henholdsvis bærende og brandadskillende bygningsdel. Væggen har synlig overflade og er opbygget som et 100 mm tykt 5-lags CLT-element (20L-20T-20L-20T-20L), som forventes at delaminere.

Bæreevne (R-krav):

Bæreevnen under brand beregnes jf. *Indbrænding i CLT* side 201. Der skal dog være mindst 3 lamellag tilbage, for at væggen kan beholde en bæreevne.

Gennembrænding lag 1: 20 mm / 0,65 mm/min = 30,8 min

Gennembrænding lag 2: 20 mm / (1,3 · 0,65 mm/min) = 23,7 min

Da der ikke må ske indbrænding i lag 3, vil væggen kunne modstå en brand i 54,5 minutter, dvs. den har en brandmodstandsevne R 30.

Brandadskillelse (EI-krav):

Brandmodstandsevnen kan beregnes vha. metoden i *Brandsåkra Tråhus 3*. Beregningen viser, at den vil kunne modstå en brand i 73,1 minutter, som svarer til brandadskillende bygningsdel EI 60. Hvis væggen skal være både bærende og brandadskillende skal både R- og EI-krav være opfyldt, og væggen vil højst kunne klassificeres som bygningsdel klasse REI 30 (80-bygningsdel 30).

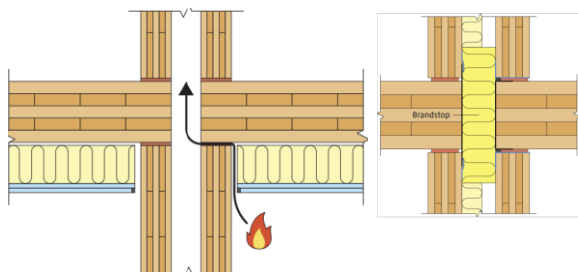
SIDE 21



21

DETALJER

- Hulrum

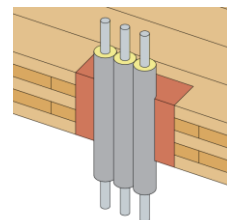
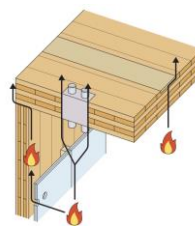


SIDE 22



- Gennembrydninger

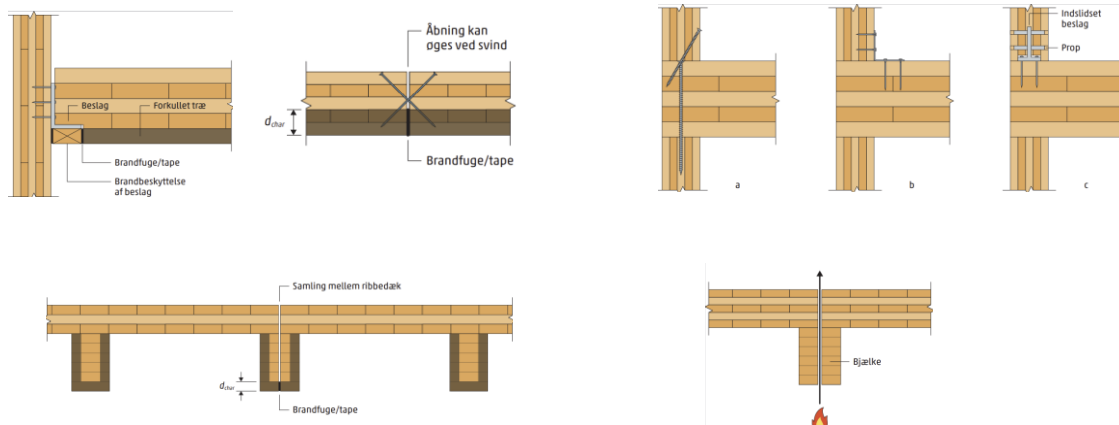
- Skal være godkendt til montage i CLT



22

DETALJER

- Konstruktionssamlinger



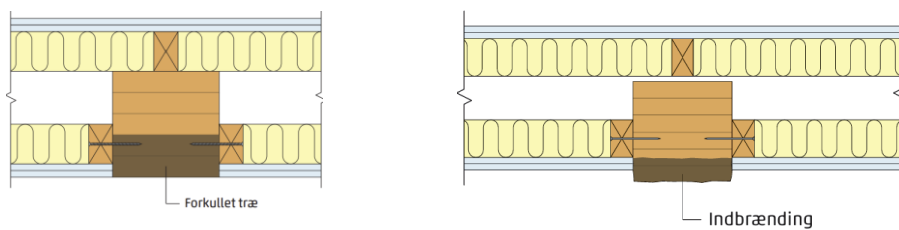
SIDE 23

JEP

23

DETALJER

- Fastgørelser af beskyttelse skal bevares, indtil beskyttelsen svigter



SIDE 24

JEP

24

BRAND OPSUMMERING

- Der kan typisk maks blotlægges 20% af træet
- Blotlagt CLT bør designes med tykke yderlameller
- Kan typisk bedst betale sig at blotlægge søjler
- Systemer til gennembrydninger skal være godkendt til CLT/træ-konstruktioner
- Vær opmærksom på, at der er overensstemmelse mellem adskillende og konstruktive krav
- Undgå store hulrum = husk brandstop!
- Huller i bjælke = fokuspunkt!

SIDE 25

