

Træinformation

Brandtekniske krav og løsninger i træbyggeri

EKSEMPLER PÅ LØSNINGER

Anders Bach Vestergaard

Chief Specialist
1102917 - Fire Safety East

M +45 51612933
abvd@ramboll.dk

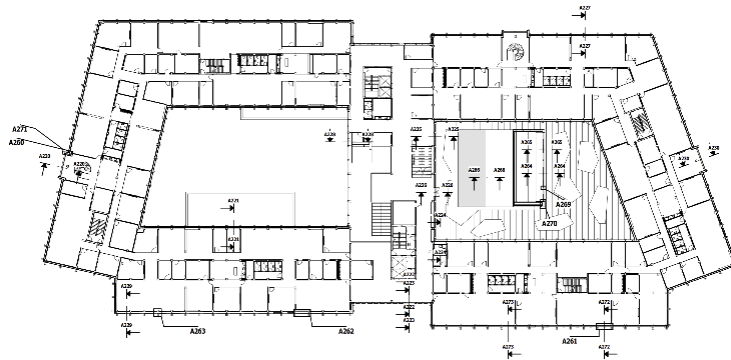
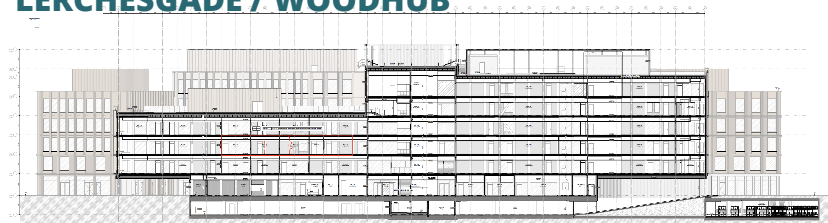
Jacob Ettrup Petersen

Kompetencechef | Trækonstruktioner
M +45 2880 7489
jet@arteliagroup.dk



1

LERCHESGADE / WOODHUB



Ramboll

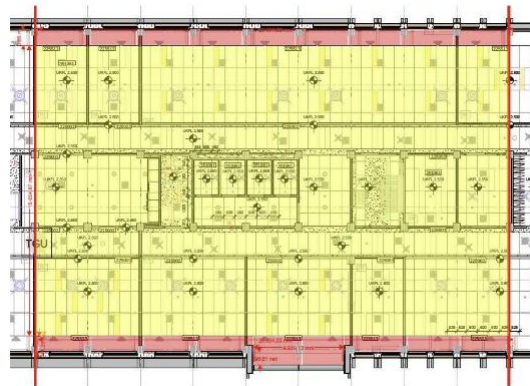
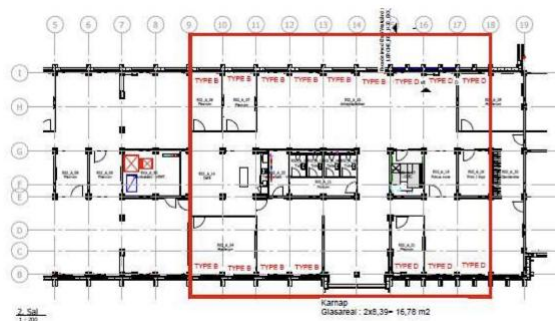
jeep



2



LERCHESGADE / WOODHUB



Figur. 3 loft. Rød farve ubeskyttet CLT loftsoverflade og gul farve 30 min brandbeskyttelse af CLT-dæk.

Brandbelastningen

Materiale	vægt(kg)	Brændværdi(MJ/kg)	Brandlast (MJ)
trægulv	2950	18	53100
installationer	500	40	20000
trækonstruktioner	22400	18	403200
			0
			0
			0
			0
			0
			0
			0
			0
			476300

Brandbelastningen

Materiale	vægt(kg)	Brændværdi(MJ/kg)	Brandlast (MJ)
trægulv	2950	18	53100
installationer	500	40	20000
trækonstruktioner	18325	18	329850
			0
			0
			0
			0
			0
			0
			0
			0
			402950

$Q_{d,permanet} = 448 \text{ MJ/m}^2$
 $Q_{d,variabel} = 200 \text{ MJ/m}^2$
 $Q_{d,t} = 648 \text{ MJ/m}^2$
 $t_f = 38,5 \text{ min}$

$Q_{d,permanet} = 379 \text{ MJ/m}^2$
 $Q_{d,variabel} = 200 \text{ MJ/m}^2$
 $Q_{d,t} = 579 \text{ MJ/m}^2$
 $t_f = 60 \text{ min}$

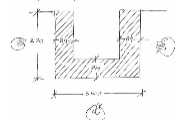
3



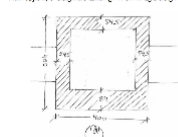
LERCHESGADE / WOODHUB

Profil A, 2 sidede indbrænding

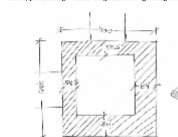
Brandbelastning for væg og gulv i forbindelse med indbrænding i 30 min for væg og gulv



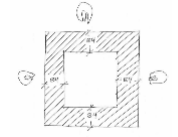
Indk. 1000 A, 4 sidede indbrænding 123 min og 3 sidede indbrænding 60 min



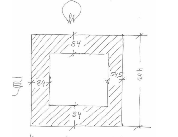
Indk. 500 C, 2 sidede indbrænding 120 min og 1 sidede indbrænding 60 min



Indk. Søjle 0, 4 sidede indbrænding 120 min



Sølle E, 3 sidede indbrænding 120 min og 1 sidede indbrænding 60 min



Brandbelastningen

Materiale	vægt(kg)	Brændværdi(MJ/kg)	Brandlast (MJ)
trægulv	2950	18	53100
installationer	500	40	20000
trækonstruktioner	22400	18	403200
			0
			0
			0
			0
			0
			0
			0
			0
			476300

Brandbelastningen

Materiale	vægt(kg)	Brændværdi(MJ/kg)	Brandlast (MJ)
trægulv	2950	18	53100
installationer	500	40	20000
trækonstruktioner	18325	18	329850
			0
			0
			0
			0
			0
			0
			0
			402950

Materiale	vægt(kg)	Brændværdi(MJ/kg)	Brandlast (MJ)
trægulv	2950	18	53100
installationer	500	40	20000
trækonstruktioner	0	18	0
			0
			0
			0
			0
			0
			0
			0
			73300

$Q_{d,permanet} = 69 \text{ MJ/m}^2$
 $Q_{d,variabel} = 200 \text{ MJ/m}^2$
 $Q_{d,t} = 269 \text{ MJ/m}^2$

$Q_{d,permanet} = 448 \text{ MJ/m}^2$
 $Q_{d,variabel} = 200 \text{ MJ/m}^2$
 $Q_{d,t} = 648 \text{ MJ/m}^2$
 $t_f = 38,5 \text{ min}$

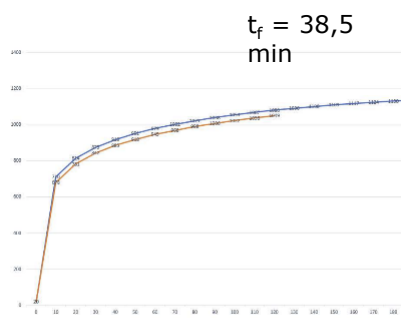
$Q_{d,permanet} = 379 \text{ MJ/m}^2$
 $Q_{d,variabel} = 200 \text{ MJ/m}^2$
 $Q_{d,t} = 579 \text{ MJ/m}^2$
 $t_f = 60 \text{ min}$

Ramboll



4

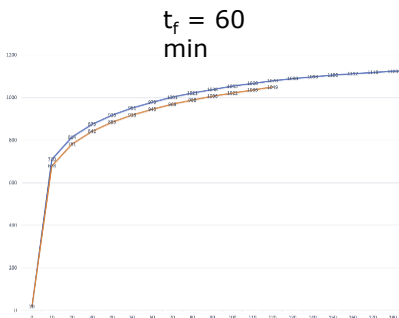
LERCHESGADE / WOODHUB



Parametriske brandforløb iht. DS/EN 1991-1-2

Gastemperaturen til tiden t_f brøn kurve er standardbrandkurven og blå kurve parametriske brand.

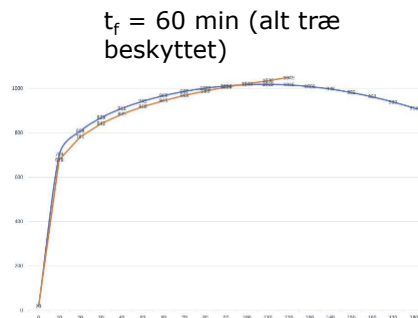
Efter 120 min er gastemperaturen 1080°C og max gastemperatur nås efter 251 min, med tilhørende t_{200} 120 min. Efter 135 min er gastemperaturen faldet til 302 °C og trækonstruktionerne vil ikke bidrage til brænde.



Parametriske brandforløb iht. DS/EN 1991-1-2

Gastemperaturen til tiden t_f brøn kurve er standardbrandkurven og blå kurve parametriske brand.

Efter 120 min er gastemperaturen 1078°C og max gastemperatur nås efter 225 min, med tilhørende t_{200} 120 min. Efter 13 min og 40 min er gastemperaturen faldet til 306 °C og trækonstruktionerne vil ikke bidrage til brænde.



Gastemperaturen til tiden t_f brøn kurve er standardbrandkurven og blå kurve parametriske brand.

Efter 6 timer og 18 min er gastemperaturen faldet til 300°C og max gastemperatur nås efter 106 min, med tilhørende t_{200} 123 min. Bestående trækonstruktioner skal inddækkes med 6,5 times brandbeskyttelsessystem.

Ramboll



5

Fælledbyen

FÆLLEDBYS BOLIGER

Boligerne i Fælledby vil variere i boligformer og boligstørrelser, så der bliver rum og plads til alle generationer.

Boligerne bliver opført i trækonstruktioner med facader i fx tegl, træ og genbrugsmaterialer, og der kommer også begrønnede facader.



NATUREN OMKRING FÆLLEDBY

I og omkring Fælledby kan du opleve naturtyper, som allerede eksisterer på Amager Fælled - krat, vådområder og overdrev.



Ramboll

6

6

Byggeudstilling af træhuse

Fælledbyen på Amager er inden for træbyggeri kan ses som en levende byggeudstilling, hvor flere forskellige byggesystemer anvendes:

- Etagehuse i moduler og CLT under opførelse
- Etagehuse i massivt træ, CLT og Limtræ, under projektering
- Gårdhuse i CLT og i massive træelementer / halmelementer.



Ramboll



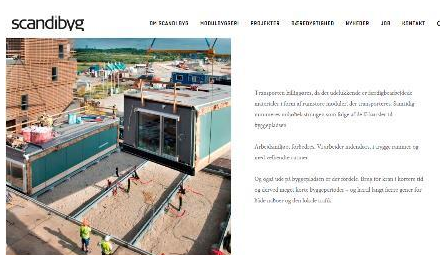
7

7

Fælledbyen – Etageejendomme bygget med moduler



Ramboll



8

8

Fælledbyen – Etageejendomme



Ramboll

9

Fravigelser:

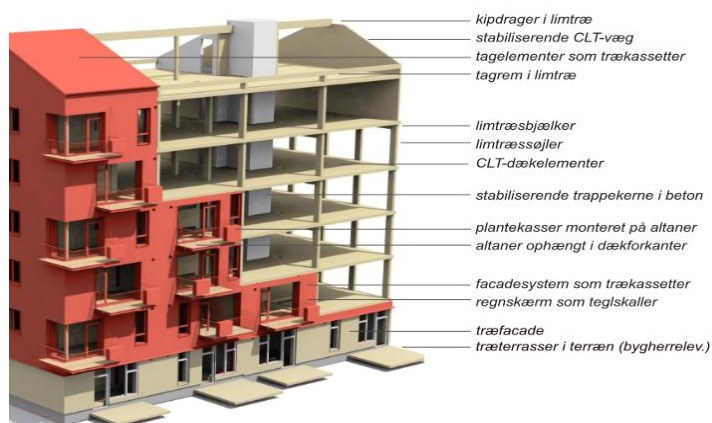
- Bærende konstruktioner og brandsektioner af træ til > 12 m over terræn
- Ikke helt jævnt fordelt træ på facaden

Kompenserende tiltag:

Adskillende vægge og etageadskillelser på 120 min.

9

Fælledbyen – Etageejendomme



FÆLLEDBY
Ref-diagram_byggesystem

Ramboll

10

10

Rækkehus

Brandsikring af biogene bygninger kan gøres *nemt* og det kan gøres *ikke helt så nemt* – hvis et blevet meget svært skal projektet gentænkes.

Ikke helt så nemt betyder at gå til – og ud over – grænserne for de præ. accepterede løsninger i BR18. Det stiller krav til den brandtekniske dokumentation og samarbejde med besværlige brandrådgiver, certificeret til brandklasse 3 og 4.

Nemt betyder at acceptere de benspændende præ. accepterede løsninger giver, og så designe og bygge efter det – og samtidig blive fri for besværlige brandrådgiver, certificeret til brandklasse 3 og 4.



Ramboll

11

11

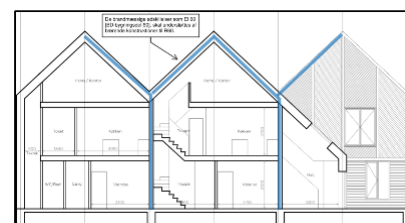
Rækkehus

Holistisk brandstrategi – kombination af bygbarhed, energikrav, bæredygtighed, statik, akustik og brandsikkerhed, økonomi og arkitektur.

- Lodrette lejlighedsstel designet traditionelt med dobbeltvæg og mineraluld, skal klare akustik og brand
- Sikring mod brandspredning i taget, Taget skal klare energikrav og brandkrav, men ikke akustik. Designes med biogen isolering og brandbeskyttende pladelag.
- Ydervægge af præ. fab elementer af træ og halm – brandbeskyttet på ydersiden og på indersiden (ikke bærende).

Afviger fra præ. accepterede løsninger grundet højde – mindre hems.

Ramboll



Figur 1-3 Brandmæssig inddeling af rækkehuset.

12

12

EKSEMPEL: GREEN SOLUTION HOUSE 2.0

Tilbygning til eksisterende hotel

ARTELIA

Projektinfo

Konstruktioner: CLT & Limtræ
 Areal: ca. 1000 m²
 Etager: 2 + tagterrasse

Kunde og samarbejdspartnere

Bygherre: Hotel GSH
 Totalentreprenør: PL Enterprise
 Ingeniør: **ABC** Rådgivende Ingeniører (JET og NKH)
 Arkitekt: 3XN
 Installationer: Flux
 Brand: SafeDesign
 Akustik: Gade & Mortensen
 Leverandør: CLT Danmark



Ramboll

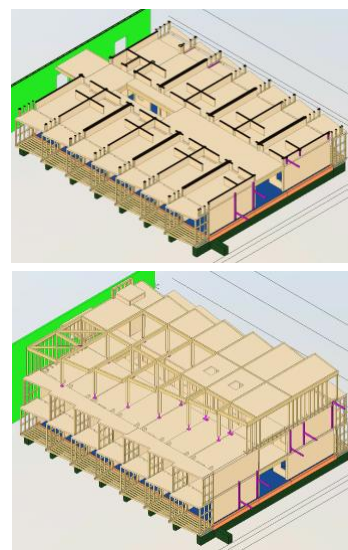
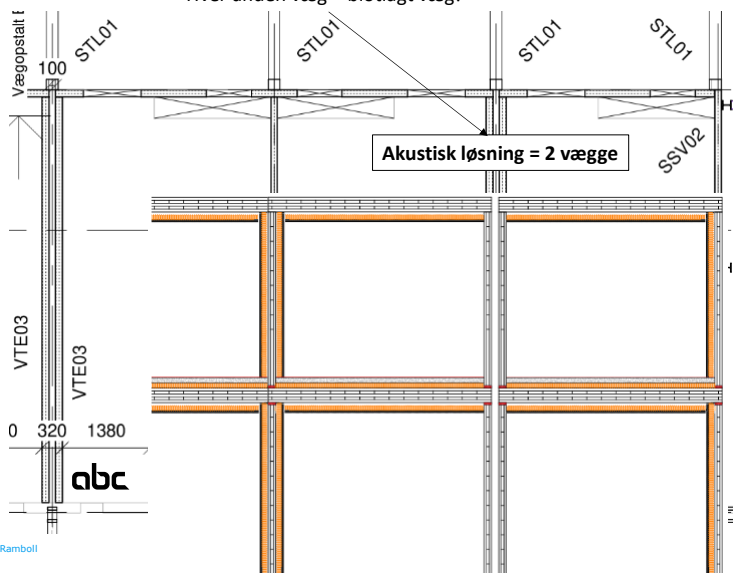
æe abc

13

GREEN SOLUTION HOUSE 2.0 (ABC)

Hver anden væg = blotlagt væg!

ARTELIA



Ramboll

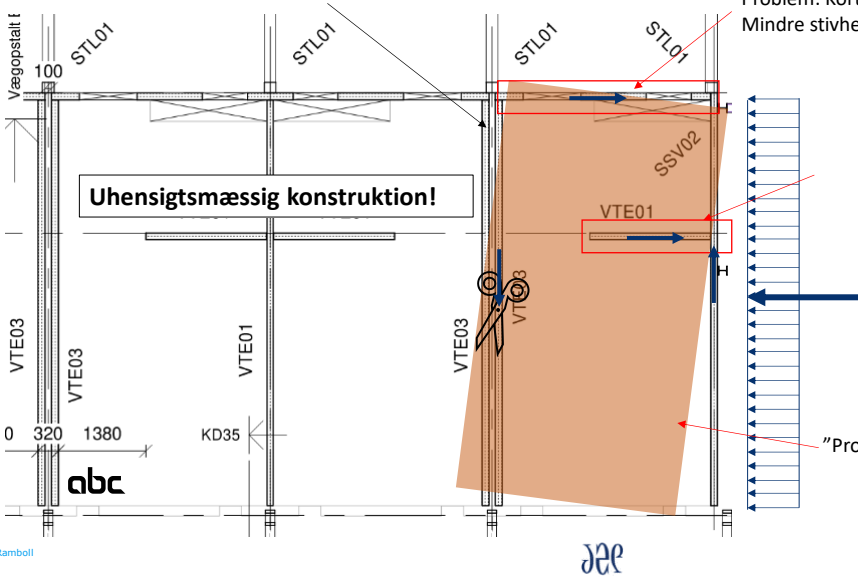
abc

14



GREEN SOLUTION HOUSE 2.0

Hver anden væg = blotlagt væg!



Problem: Kort væg med huller og lav egenlast => Mindre stivhed, store forankringskræfter og ballast

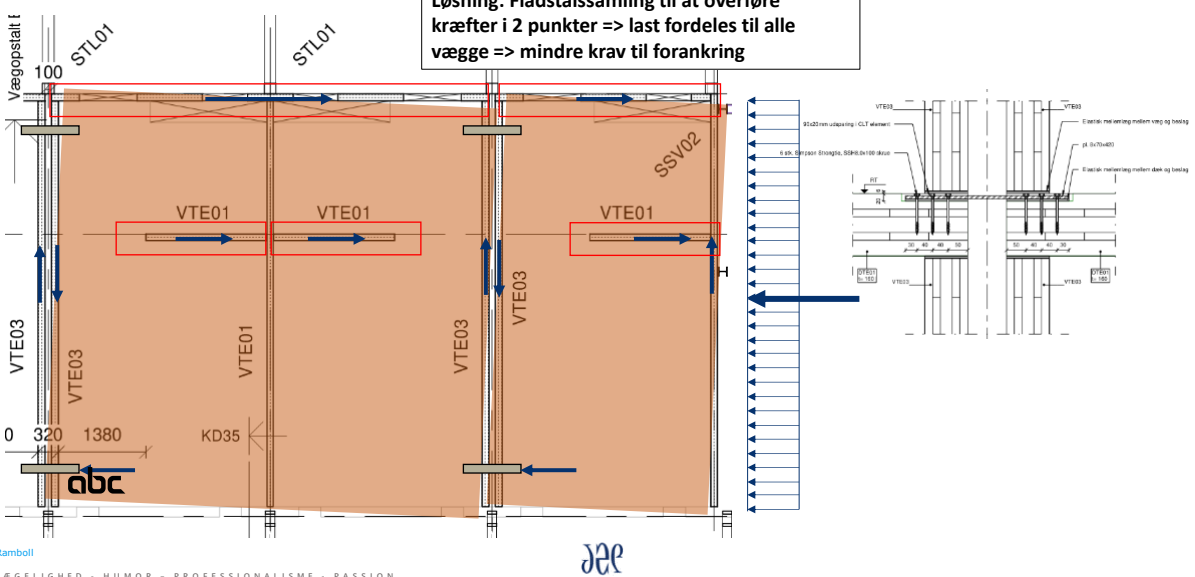
"Problem": Større krav til stivhed af skive

15



GREEN SOLUTION HOUSE 2.0

Løsning: Fladstålssamling til at overføre kræfter i 2 punkter => last fordeles til alle vægge => mindre krav til forankring



16

GREEN SOLUTION HOUSE 2.0 IHT. TRÆINFO-METODEN

- Lagopbygning:
 - 20-20-30-20-20 => T = 110mm
- Gennembrænding, lag 1:

$$T_1 = \frac{20\text{mm}}{0,65\text{mm/min}} = 30,8\text{min}$$

$$T_{rest} = 60\text{min} - 30,8\text{min} = 29,2\text{min}$$
- Gennembrænding, lag 2:

$$T_2 = \frac{20\text{mm}}{2 \cdot 0,65\text{mm/min}} = 15,4\text{min}$$

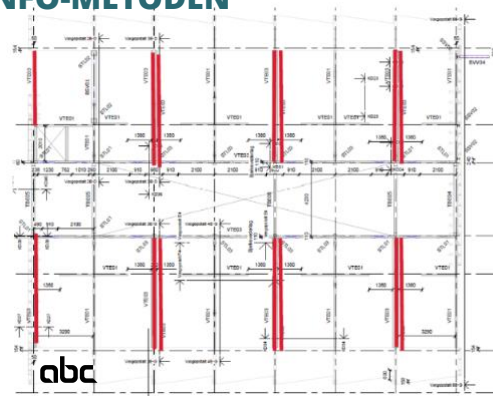
$$T_{rest} = 29,2\text{min} - 15,4\text{min} = 13,8\text{min}$$
- Indbrænding, lag 3:

$$T_{25\text{mm}} = \frac{25\text{mm}}{2 \cdot 0,65\text{mm/min}} = 19,2\text{min} > T_{rest} \Rightarrow$$

$$d_{char,3} = 2 \cdot 0,65\text{mm/min} \cdot 13,8\text{min} = 17,9\text{mm}$$
- Pyrolysezone:

$$d_0 = \frac{110\text{mm}}{15} + 10,5\text{mm} = 17,8\text{mm} \Rightarrow$$
- Effektiv indbrænding i lag 3:

$$d_{ef,3} = 17,9\text{mm} + 17,8\text{mm} = 35,7\text{mm} > t_3 \Rightarrow \text{Lag 1 tilbage}$$



Tabell 6.2 Tykkelse af styrkeløst lag d_0 (mm) for 3-, 5- og 7-lags GLF-element som funktion af elementtykkelsen T.

Antal lag	Dæk, træk		Dæk, tryk		Væg	
	Ubekyttet	Bekyttet ¹⁾	Ubekyttet	Bekyttet	Ubekyttet	Bekyttet
3 lag	T/30+3,7	10	T/25+4,5	13,5 min (T/2,5+7)	T/25+3,95	14,5 min (T/2,5+7)
5 lag	T/100+10	T/35+6 ²⁾	T/20+11	18	T/15+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 t.

2. For T<100mm skal anvendes $d_0 = 34 \cdot T/4$

Ramboll

17

GREEN SOLUTION HOUSE 2.0 IHT. TRÆINFO-METODEN

Opbygning	30-20-20-20-20	20-30-20-20-20	20-20-40-20-20	30-20-30-20-20
Tykkelse, T	110mm	110mm	120mm	120mm
Tid for gennembrænding, lag 1, T_1	46,2min	30,8min	30,8min	46,2min
Tid for gennembrænding, lag 2, T_2	15,4min ($T_1 + T_2 =$ 61,6min)	23,1min ($T_1 + T_2 =$ 53,9min)	23,1min ($T_1 + T_2 =$ 53,9min)	15,4min ($T_1 + T_2 =$ 61,6min)
Indbrænding i lag 3, $d_{char,3}$	0mm	7,9mm	17,9mm	0mm
Pyrolysezone, $d_0 = T / 15 + 10,5\text{mm}$	17,8mm	17,8mm	18,5mm	18,5mm
Ef. indbrænding i lag 3, $d_{ef,3} = d_{char,3} + d_0$	15,8mm (alene fra d_0)	20mm (hele laget)	36,4mm	16,4mm (alene fra d_0)
Resttværnit	0-0- 4,2-20-20	0-0- 0-14,2-20	0-0- 3,6-14,2-20	0-0- 16,4-20-20

Ramboll

18

GREEN SOLUTION HOUSE 2.0 IHT. PRODUCENT ETA

- Gennembrændig, lag 1:

$$T_1 = \frac{20\text{mm}}{0,55\text{mm/min}} = 36,4\text{min}$$

- Gennembrændig, lag 2:

$$T_2 = \frac{20\text{mm}}{0,80\text{mm/min}} = 25\text{min} \Rightarrow T_1 + T_2 > 60\text{min} \Rightarrow$$

- Indbrænding i lag 2:

$$d_{char,2} = (60\text{min} - 36,4\text{min}) \cdot 0,80\text{mm/min} = 18,9\text{mm}$$

- Samlet effektiv indbrænding:

$$d_{ef} = t_1 + d_{char,2} + d_{100} = 20\text{mm} + 18,9\text{mm} + 15\text{mm} = 53,9\text{mm}$$

- Rest, lag 3:

$$d_{ef} = t_1 + t_2 + t_3 - d_{ef} = 20\text{mm} + 20\text{mm} + 30\text{mm} - 53,9\text{mm} = 16,1\text{mm}$$

- Resttværsnit:

0-0-16,1-20-20 =>

Lagopbygning = 20-20-30-20-20 =>
T = 110mm

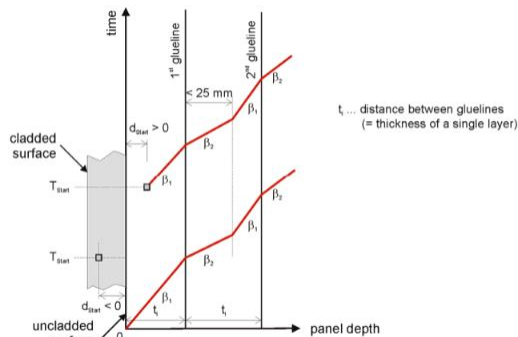


Figure 21: Charring behaviour with and without cladding

Inclination α	Cladding System KLH	$d_{start}^{1)}$	$\beta_1^{2), 1)}$	$\beta_2^{3), 1)}$	d_{100}	d_{20}	T_{start}	Time of exposure
		mm	mm/min	mm/min	mm	mm	min	
$\alpha > 75^\circ$	none	0	0.55 / 0.65	0.80 / 0.90	15	25	0	$T > 0$
$\alpha \leq 75^\circ$	none	0	0.65 / 0.75	1.00 / 1.10	15	25	0	$T > 0$

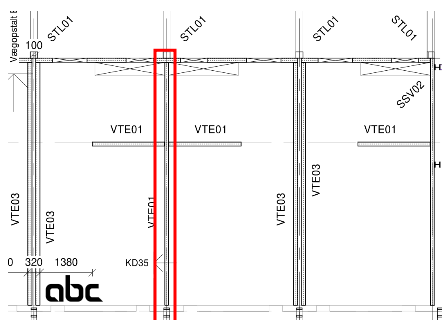
Ramboll

æ

Global / Lokal
effekt

19

GREEN SOLUTION HOUSE 2.0 SAMLINGER



- Brandlast =>

- Lodret last

- Eftervist ved reduceret tværsnit

- Vandret last

- Kold tilstand: $1,5 \cdot$ Vindlast

- Brand: $0,2 \cdot$ Vindlast

- Last er 7,5 gange større i kold tilstand, dvs. inddækket væg kan optage last alene

- Kræver stabilt system =>

- Vægge skal blive stående

- Min 3. vægge

- Må ikke alle være parallelle

- Må ikke skære hinanden i samme punkt

Ramboll

æ

20

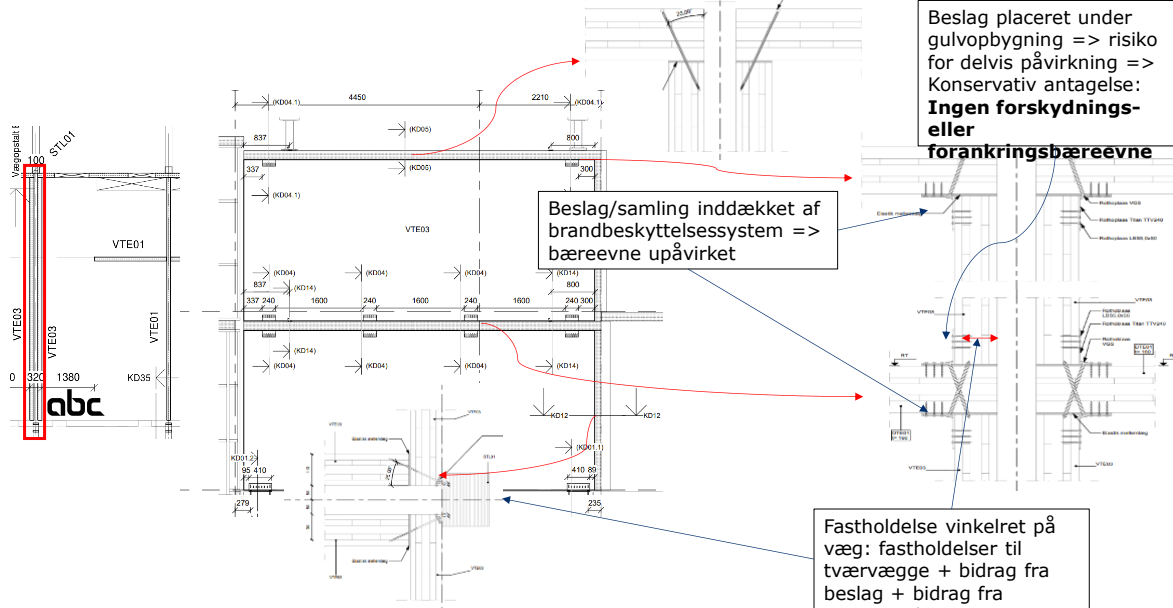
GREEN SOLUTION HOUSE 2.0 SAMLINGER BLØTLAGTE VÆGGE

ARTELIA

Beslag placeret under gulvopbygning => risiko for delvis påvirkning => Konservativ antagelse: **Ingen forskydnings- eller forankringsbæreevne**

Beslag/samling inddækket af brandbeskyttelsessystem => bæreevne upåvirket

Fastholdelse vinkelret på væg: fastholdelser til tværvægge + bidrag fra beslag + bidrag fra montageskruer

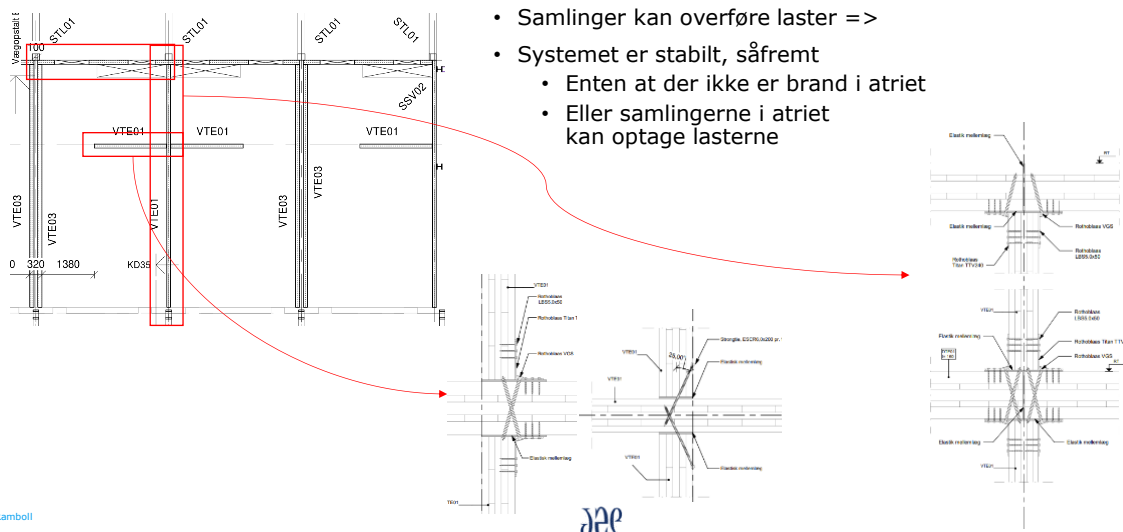


21

GREEN SOLUTION HOUSE 2.0 INDDÆKKEDE VÆGGE

ARTELIA

- Resterende vægge er inddækket fra værelse + har samlinger fra flere sider =>
- Samlinger kan overføre laster =>
- Systemet er stabilt, såfremt
 - Enten at der ikke er brand i atriet
 - Eller samlingerne i atriet kan optage lasterne

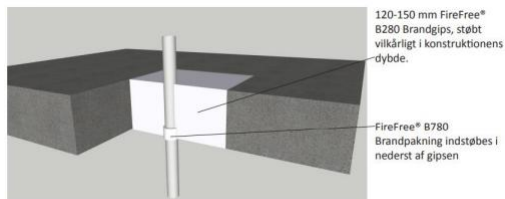


22

UN17 - gennemføringer



- Traditionel løsning
 - Åbninger i betondæk udstøbes med brandgips



Minimumsafstand til anden installation: 30 mm

- Kan ikke anvendes, da
 - Ikke testet på træ => risiko for utætheder
 - Vederlag kan brande bort

- Løsning
 - Udstøbning ovenpå dæk =>
 - Produktgodkendelse for gennemføring gælder
 - Der sikres tilstrækkeligt kontaktareal til at kompensere for lokale utætheder
 - Der sikres vederlag for selv bærende gips

