

**Når de bærende
konstruktioner er i træ...**

abc



energi
forum danmark

Når de bærende konstruktioner er i træ...

- Introduktion af oplægsholder
- Materialet og krav
- Hvad er så særligt ved at bygge i træ?
 - Byggesystemer
 - Fugt
 - Brand
 - Akustik
 - Priser
- Træ gode råd, hvis man vil i gang
- **Spørgsmål**



Miki Kobayashi

Partner & Forretningschef, Nybyg

- Forretningschef, nybyg 2025
- Partner 2023
- Afdelingsleder 2022
- Kom til ABC i 2019
- Uddannet på DTU 2011
 - Civilingeniør
 - Speciale: Bygningskonstruktioner og materialer

Mail – mko@abc.dk

Telefon – +45 2840 5003

ABC Rådgivende Ingeniører A/S

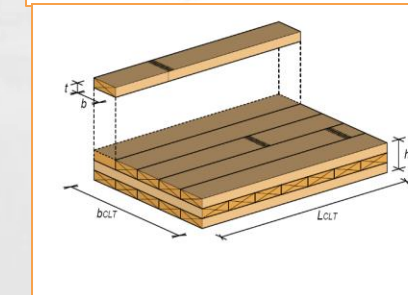
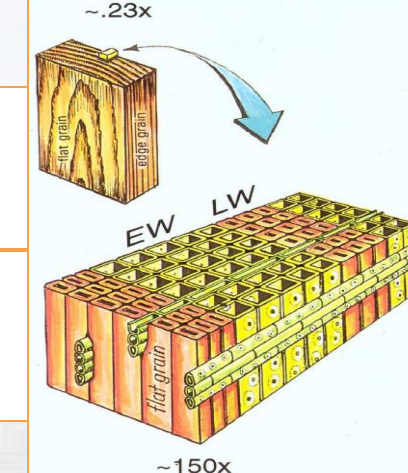
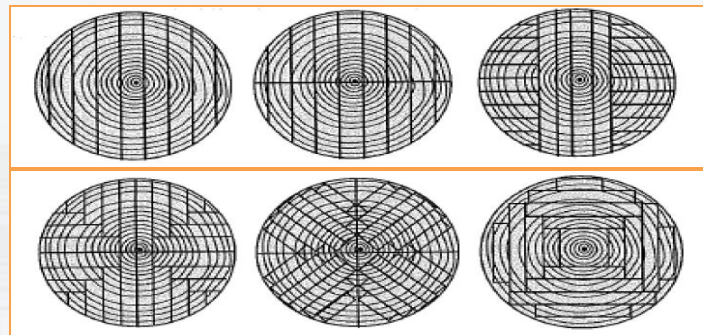
BÆREDYGTIGE HELHEDSLØSNINGER

- Ca. 200 Ansatte
- Kontorer i Glostrup og Silkeborg
- Leverer rådgivning og ingeniørydelser til bygge- og industrisektoren med fokus på transformation, renovering og nybyggeri
- Fagområder omfatter Konstruktioner, Brand, Bæredygtighed, Installationer, Digital Innovation, Projektstyring m.fl.
- Én af landets største grupper af certificerede rådgivere:
 - 17 certificerede statikere &
 - 8 certificerede brandrådgivere

MATERIALER OG KRAV

Konstruktionstræ og limtræ

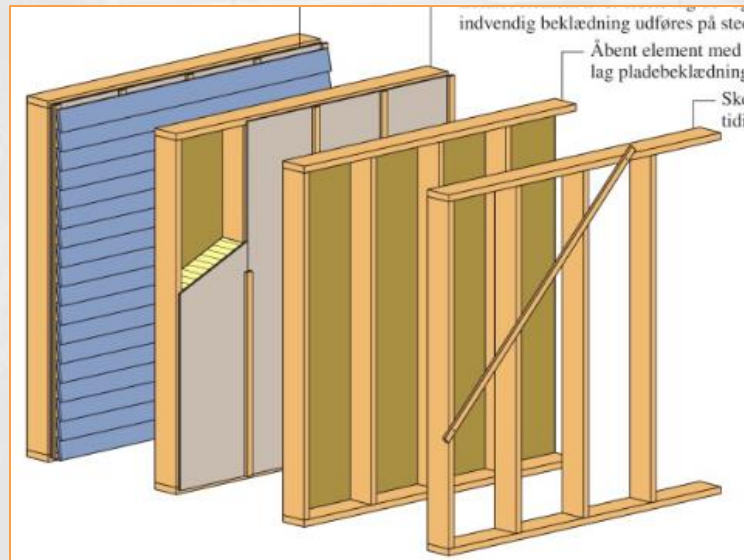
- Typisk gran i Danmark
- Konstruktionstræ, skal CE-mærkes og sorteres i styrkeklasser (C18, C24, etc.)
- Engineered wood – minimerer "fejl" i træet og øger derved sikkerheden
 - Limtræ (GL = Glued Laminated timber)
 - Brettstapel
 - LVL - Laminated Veneer Lumber
 - CLT – Cross Laminated Timber
- Skal som alle andre konstruktionsmaterialer overholde krav i BR18 til fx.
 - Normer (eurocode, ETA osv.) og retningslinjer (træinfo, bygerfa, SBI anvisninger osv).
 - Akustik
 - Brand
 - Holdbarhed (fugt, indeklima osv.)



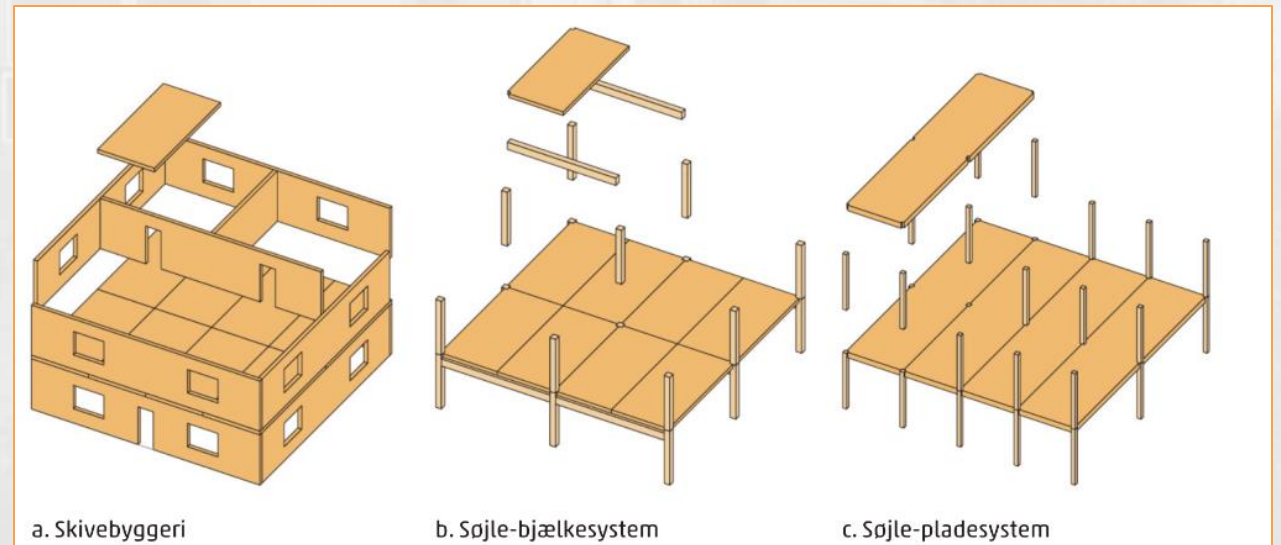
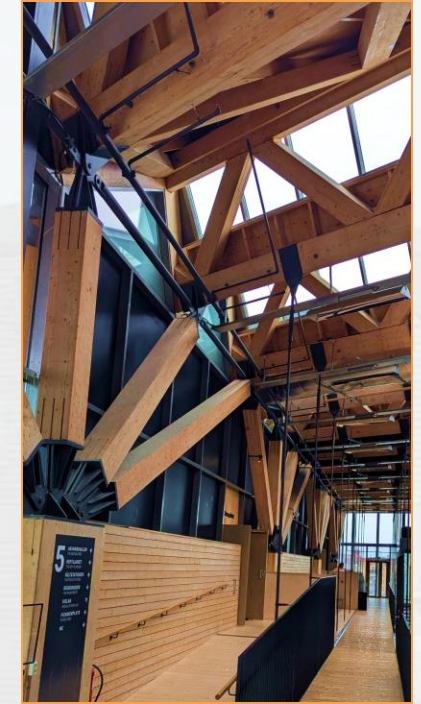
Hvad er så særligt ved at bygge i træ?

Byggesystemer

- Bygninger i op til 4 etager: Træskelet eller massive træelementer
- Bygninger over 4 etager: Massive træelementer – engineered wood



Træskelet



Massive træelementer

Hvad er så særligt ved at bygge i træ?

Byggesystemer - Træskelet

Trækassetter



Træmoduler (Boksmoduler)



3D KON-model, Bakke kvarteret Vinge

Hvad er så særligt ved at bygge i træ?

Byggesystemer - Engineered wood

Modulstørrelser

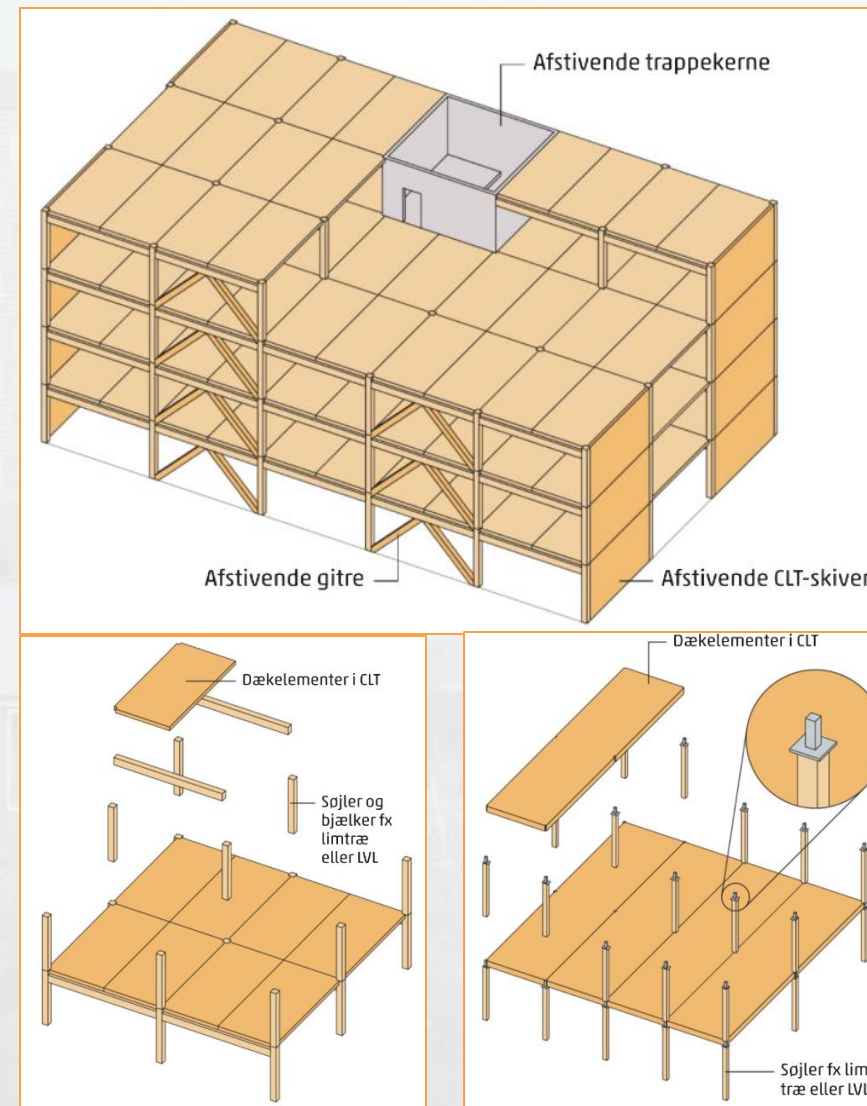
- Spænd på op til 5-7m i dækretning (Større spænd er mulig med ribbedæk eller hybriddæk)

Fordele

- Hurtig montage
- Kan bearbejdes på pladsen
- Stor fleksibilitet i udformning
- Mulighed for præfabrikation og øget færdighedsgrad fra fabrik
- Lavere CO₂ aftryk
- Mindre tilkørsel af lastbiler sammenlignet med betonelementer grundet flere elementer pr. lastbil
- Rummelig følelse

Ulemper

- Fugtfølsomme materialer
- Brandbar materiale
- Let konstruktion skaber øget fokus på vibrationskomfort og akustik

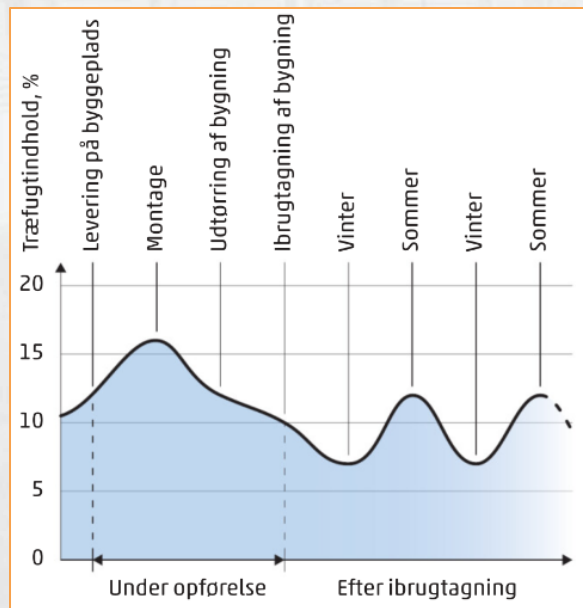


Hvad er så særligt ved at bygge i træ?

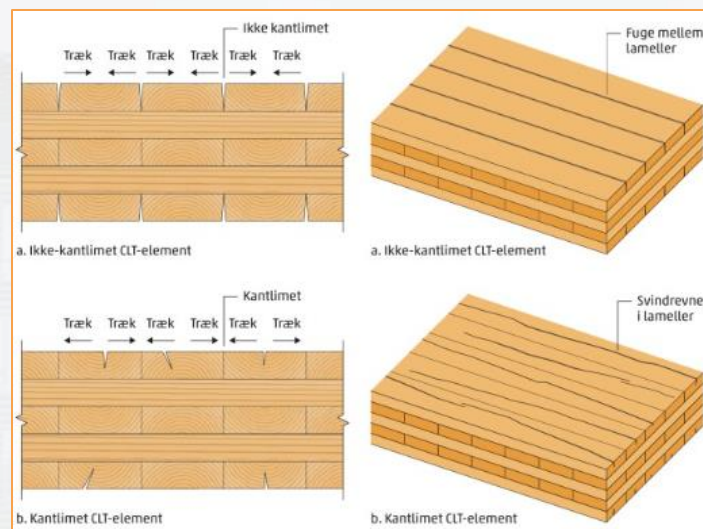
Fugt og fugtstrategi

Udvalgte fokuspunkter ifm. byggefasen

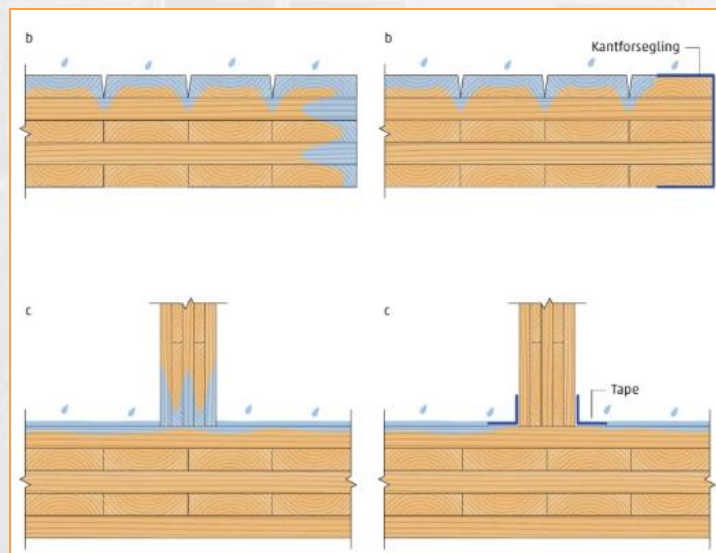
- Entreprenør og rådgiver skal lægge en strategi for håndtering af fugtindholdet i træet i hele byggeriet levetid.
- Beskyt endetræ, da endetræ suger meget vand hurtigt
- Luk klimaskærm så hurtigt som muligt
- Kontrolleret udtørring af bygning for at minimere svindrevner.
- Indtænk overdækning ifm. montage



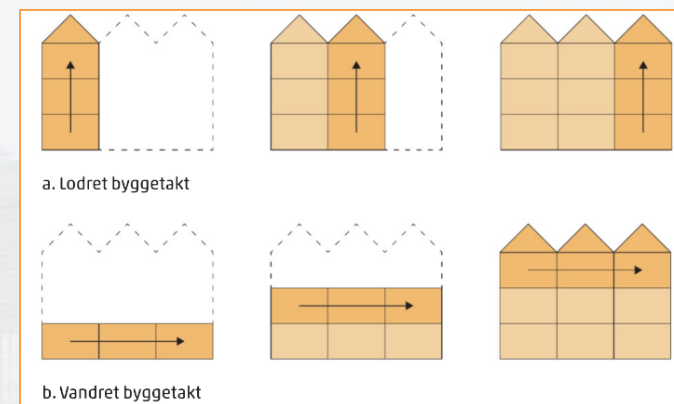
Eksempel på variation i fugtindhold i byggeriet levetid



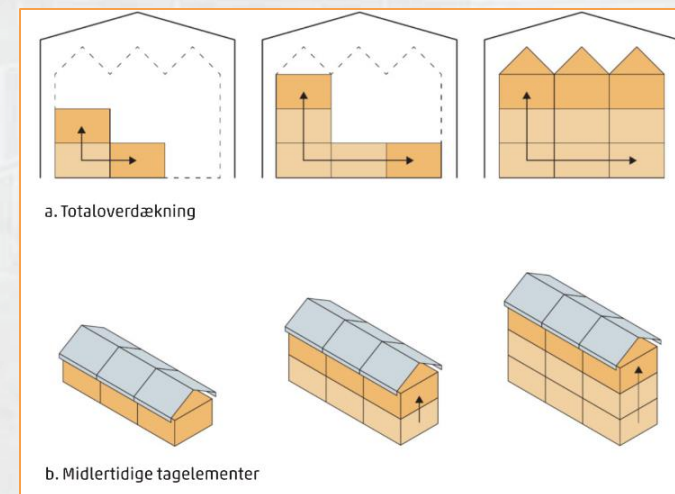
Limning af trælameller



Forsøgning af ved



Montagerækkefølge



Overdækning

Hvad er så særligt ved at bygge i træ?

Akustik

Akustik

- Forøgelse af masse (hjælper også på lavfrekvent støj)
- Flere lag med forskellig stivhed
- Hulrum
- Kombination af ovenstående

Har stor indflydelse på tykkelse af lejlighedsskel (nettokvadratmeter), typisk 300-400mm og dæktykkelse (etage-/bygningshøjde), typisk 400-500mm

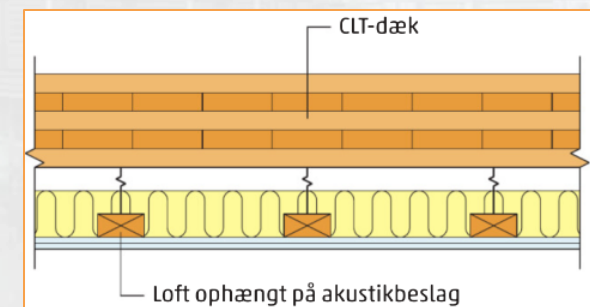
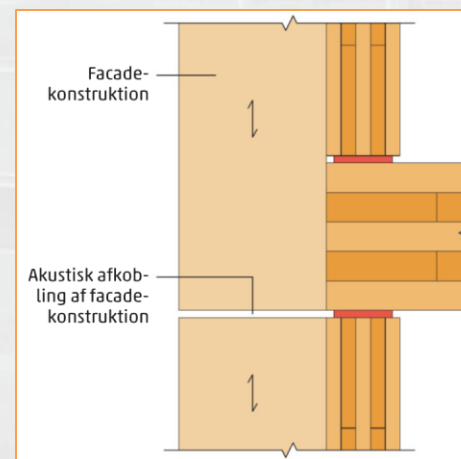
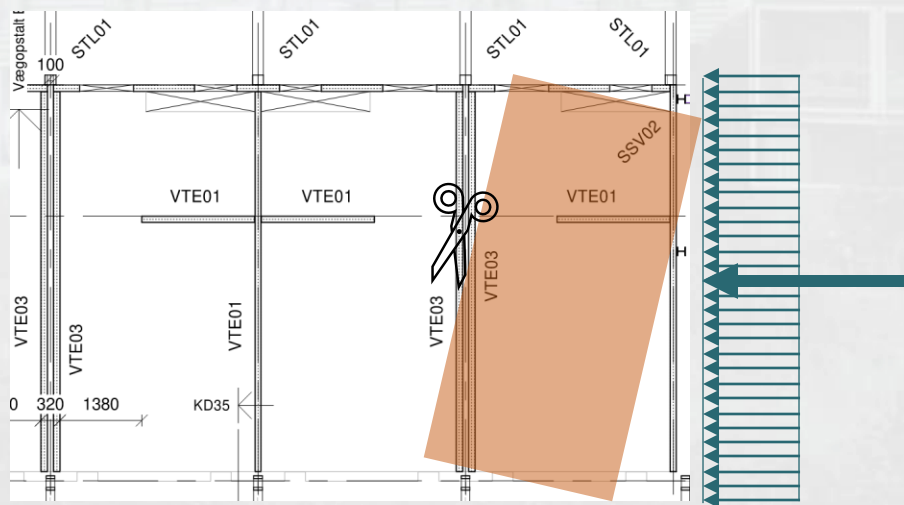
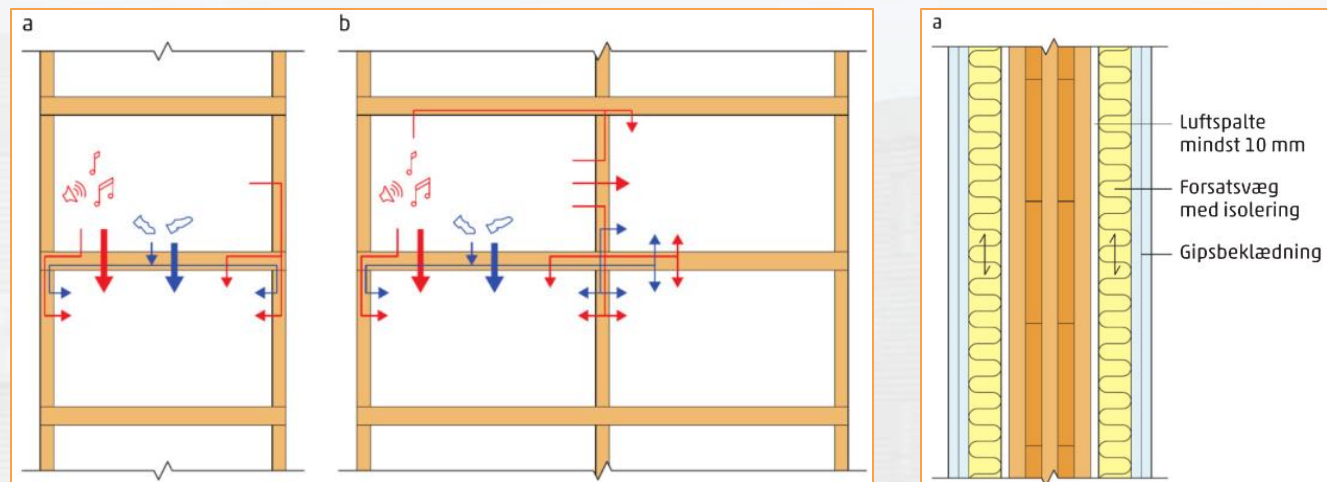


Illustration: Træinformation, TRÆ80: Træbyggeri med CLT

Fokus: Hav akustiker med i de tidlige faser, da akustik afkobling kan skille et hus ad!

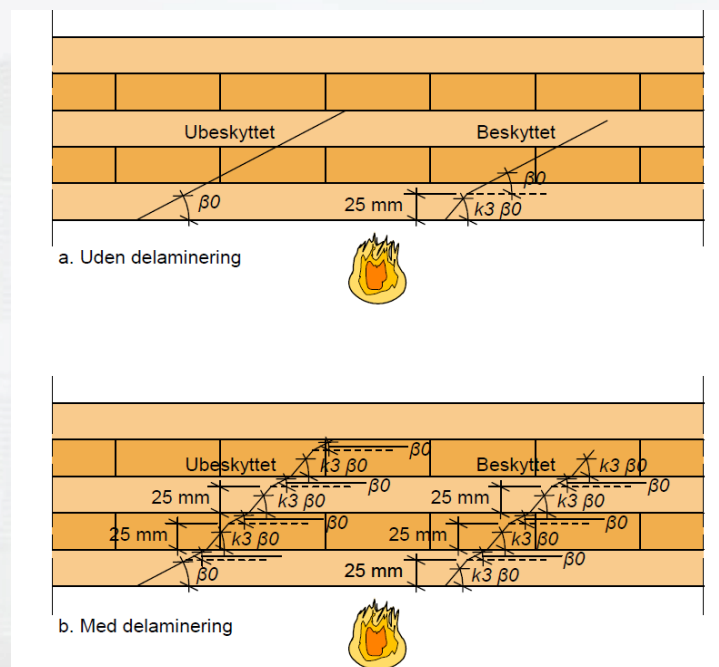
Plansnit Green Solutions House – ABC projekt

Hvad er så særligt ved at bygge i træ?

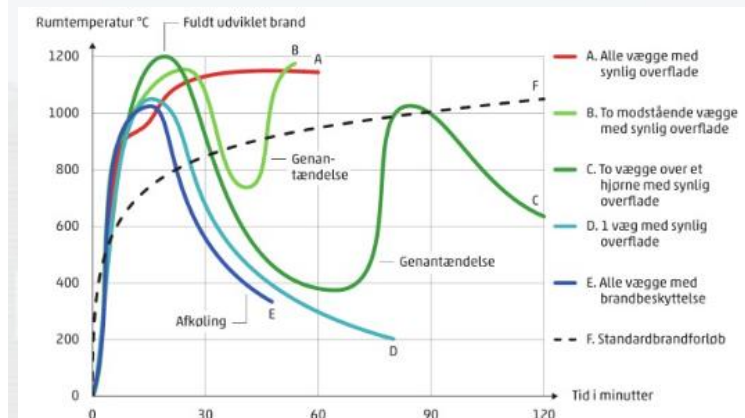
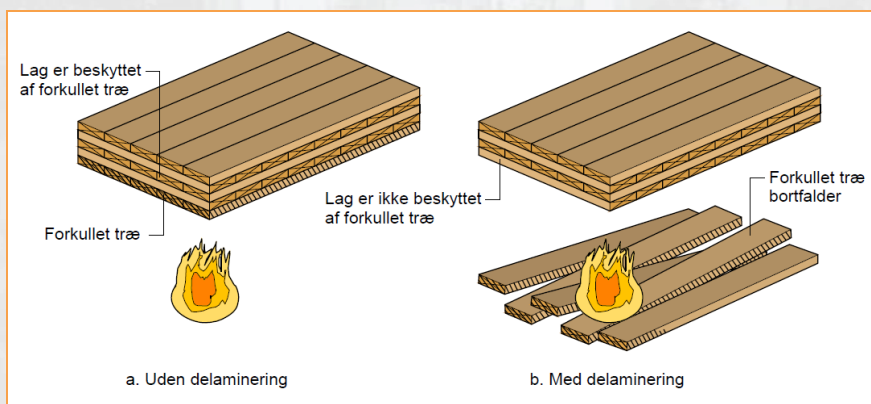
Brand

Brand

- Træ har konstant indbrænding hvilket gør det til en forudsigelig proces
- CLT har et anderledes brandforløb, da den er opbygget af lamellar som kan delaminere
- Passiv brandbeskyttelse kan ske med brandgips.
- Ved lange brande vindes der ikke noget på det totale søjletværsnit, om det er brandinddækket eller øget i søjlestørrelse.
 - Uden gips, giver færre arbejds gange
- Samlinger skal have særlig fokus, da branddimensionering af disse kan være dimensionsgivende for trætværsnittene



Indebrændingsgradient



Forskellige brandforløb: Temperatur som funktion af tid

Type	Nedfaldstid $t_f (= t_{ch})$ [min]
Alm. Gipsplade (type A og H)	
Ét lag, 12,5 mm	21,0
To lag, 2 × 12,5 mm	38,5
Brandgipsplade (type F)	
Ét lag, 15 mm	28,0
To lag, 2 × 15 mm	61,6

Nedfaldstid for gipsplader

Brandpåvirkning	Ubeskyttet ¹	15 mm brandgips ²	2 × 15 mm brandgips ³
30 minutter	28 mm	25 mm	30 mm
60 minutter	49 mm	57 mm	30 mm
120 minutter	91 mm	99 mm	90 mm

¹ Indbrændingsdybde, se Indbrænding i limtræ side 202

² Samlet tykkelse = 15 mm brandgips + indbrænding

³ Samlet tykkelse = 2 × 15 mm brandgips + indbrænding

Samlet tykkelse af indbrændning + evt. brandgips, målt fra hver brandpåvirket side a limtræssøjle

Hvad er så særligt ved at bygge i træ?

PRISSAMMENLIGNING

Træ-, hybrid- og betonkonstruktioner, eksempel på elementbyggeri – boliger

Eksempel på elementbyggeri - boliger

Benchmark – Rent træhus

- CLT vægge og dæk.
- Gulvopbygning med isolering, anhydrit (inkl. gulvvarme i dette lag), gulv. Loft – 2 x Fermacell. Lodret lejlighedsskel med en koblet væg på den ene side.

Hybrid

Alternativ

- CLT dæk udskiftes med letklinkeelementer (eller huldæk).
- Thermocell opbygning ovenpå dækket. Mal direkte nedenunder.
- Besparelse 1000 kr. / m²

Beton

Som vi kender det. Besparelse er sat til yderligere 500 kr/m². Dvs. prisdifference lyder sådan her:

- Hybrid: besparelse ift. træ: 1000 kr/m²
- Beton: Besparelse ift. træ: 1500 kr/m²

Der er i beregningen ikke er kapitaliseret følgende:

- Kortere byggetid
 - Lavere omkostning til byggepladsdrift
 - Hurtigere aflevering –
Mindre kapitalkrav
Hurtige lejeindtægter
- Mindre omkostning til
 - Fundament
 - Kran
 - Udtørring



Træ gode råd, hvis man vil i gang

Brug træ, hvor det giver mening

Det er ikke hensigtsmæssigt af forcere brugen af træ, hvor det ikke giver mening

- Ubrændbare flugtveje som fx trappekerne i beton
 - Giver brandrådgiveren ro i maven
 - Bygningen får masse og stabilitet
 - Simplere projektering

Hav argumentationen i orden

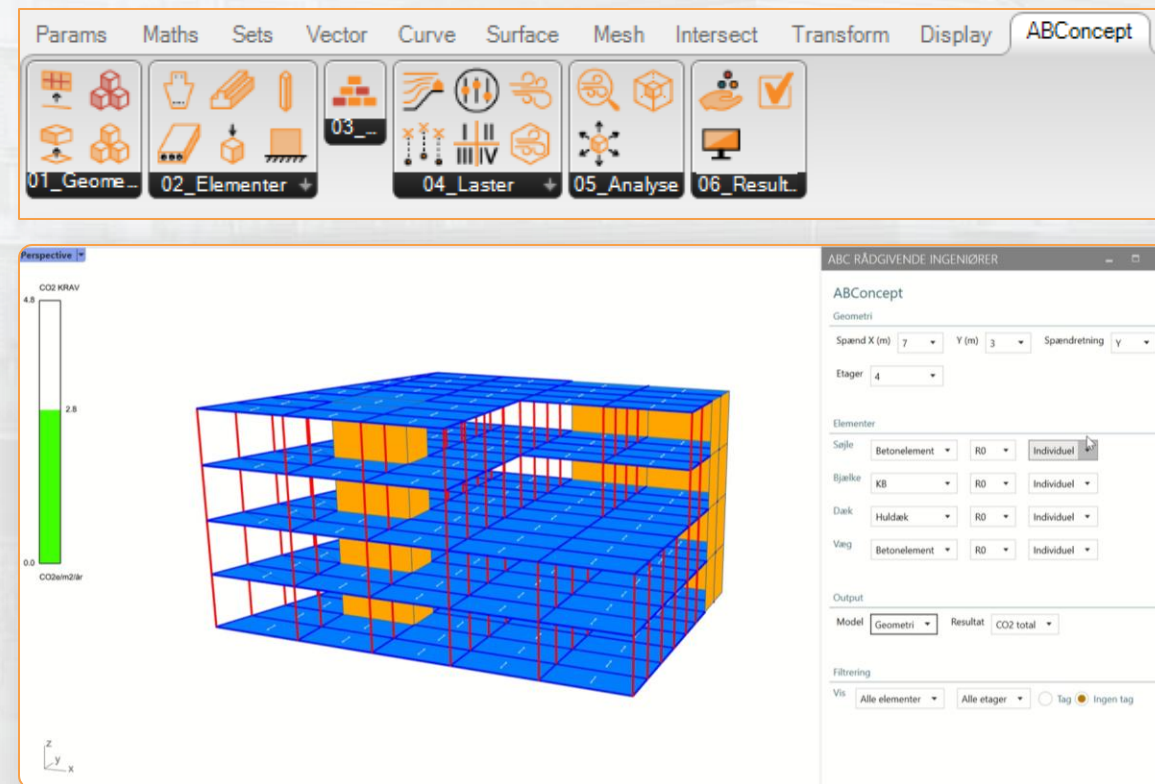
Der er rigtig mange fordomme om træbyggeri: det er dyrt, det brænder, det kan ikke tåle fugt, det skal vedligeholdes meget mere, akutstikproblemer osv.

Der er en stor referenceramme i Danmark, der kan vise det modsatte, man skal bare vide hvad man gør.

Heller gå 3 km i dag end at satse på en marathon om 6 måneder - der aldrig bliver

Det er for simpelt at sige, at det hele bare skal være biobaseret materialer.

Byggebranchen er tung og kræver tilvænning – men vi skal gøre det så godt og så klimavenligt som muligt.





TAK FORDI I LYTTETE

Har I nogen spørgsmål?