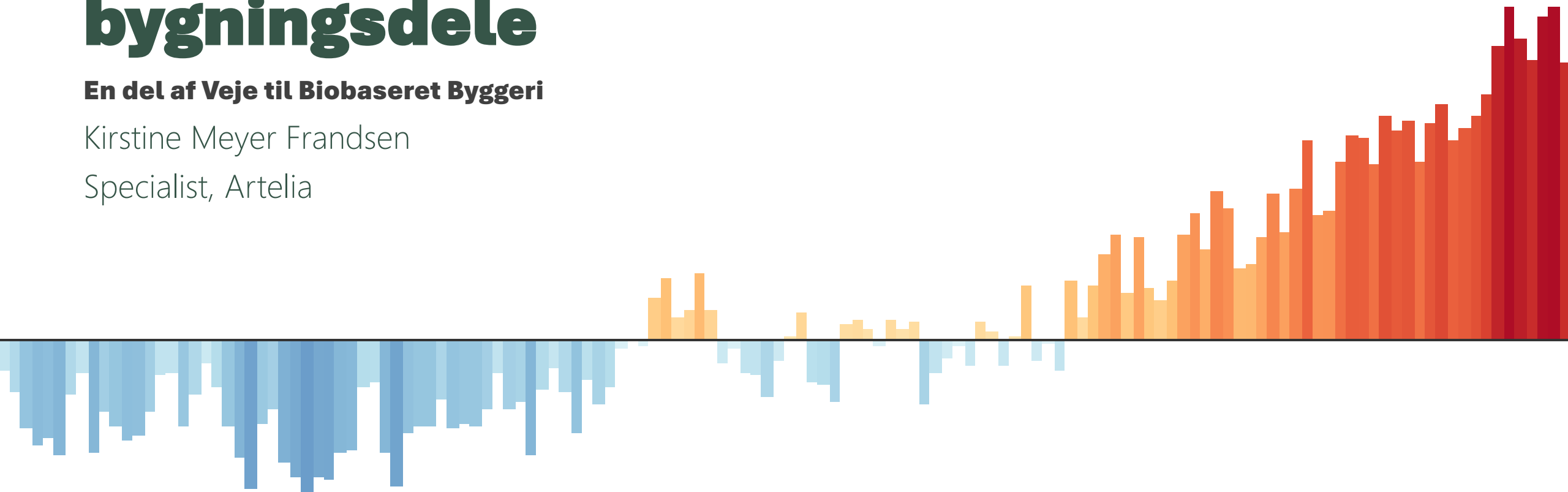


Katalog for biobaserede byggningsdele

En del af Veje til Biobaseret Byggeri

Kirstine Meyer Frandsen

Specialist, Artelia



Hvem er jeg?



Kirstine Meyer Frandsen
Specialist
Energidesign, Bæredygtighed & Indeklima

Specialist på diverse konsulent- og udviklingsopgaver
Materialerådgiver og testkoordinator
Projektering af fugt, energi, indeklima & LCA

Baggrund

Uddannelse

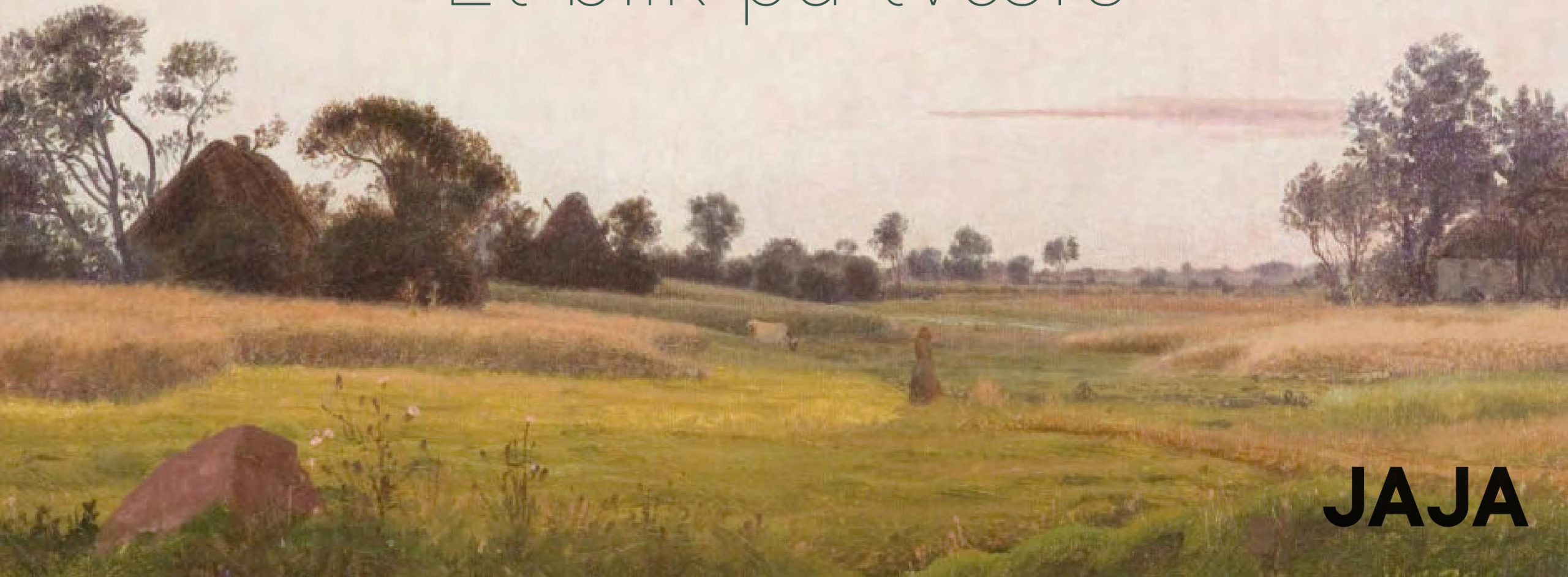
2016	Bachelor i Byggeri & Anlæg, Aalborg Universitet
2018	Civilingeniør i Indeklima & Energi, Aalborg Universitet

Arbejde

2018 – 2023	PhD studerende / videnskabelig assistent ved BUILD, Aalborg
2023 -	Specialist, Artelia
2023 -	Ekstern lektor, Aalborg Universitet

Veje til Biobaseret Byggeri

Et blik på tværs



JAJA

Veje til Biobaseret Byggeri

Periode

Fase 1: 2023 - 2024

Fase 2: 2024 - 2026

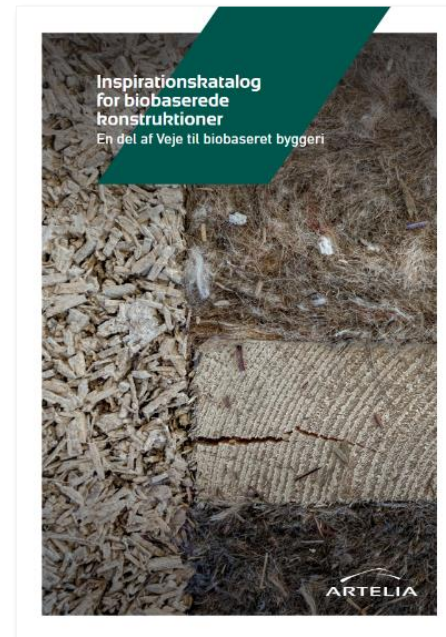
Funding

Igangsat og finansieret af Realdania

Projektgruppe & bidragsydere



Artelias bidrag til Veje til Biobaseret Byggeri Fase 1





Som byggebranche skal vi reducere vores CO₂-udledning med 96%, hvis vi vil overholde parisaftalen om en temperaturstigning på maksimalt 1,5°.

Reduction Roadmap blev støttet af Villum Fonden og Realdania som en del af det fælles initiativ "Boligbyggeri fra 4 til 1 Planet. Bag Reduction Roadmaps målsætning om reduktion ligger en forskningsrapport, som forskere fra Aarhus Universitet, Danmarks Tekniske Universitet og Syddansk Universitet udgav i september 2022: 'The safe operating space for greenhouse gas emission'



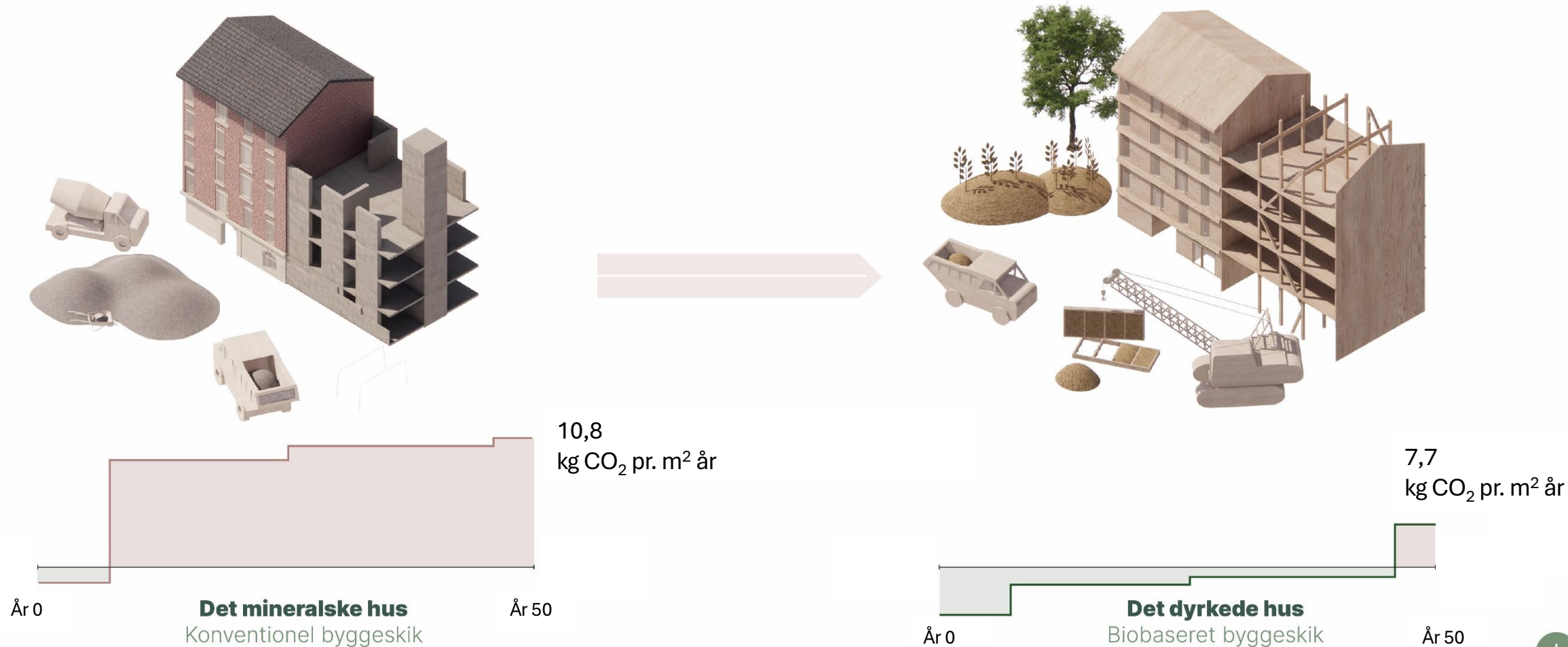
”

Der findes en
**billig, effektiv og
gennemafprøvet** måde
at både opfange og
indlejre CO_2 – og det er
fotosyntesen.



Byggeriet kan være en del af svaret

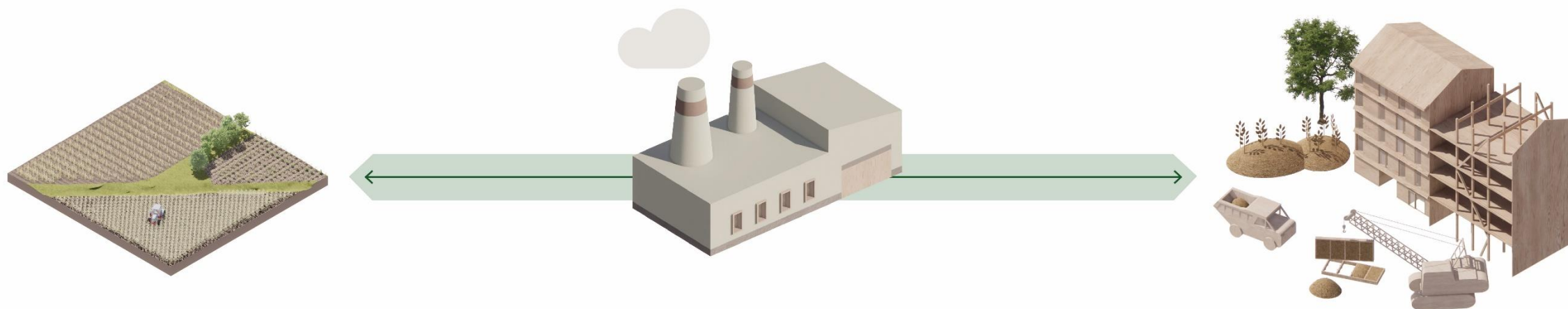
Stort potentiale ved omstilling til biobaserede materialer



Produktion af et almindeligt, tungt hus udleder store mængder CO₂ ved opførelse. Udledningen sker især ved energiforbrug ved produktion af materialer. Alene ved substitution kan vi reducere vores CO₂-forbrug med 20 %.

En biobaseret byggesektor imorgen

Og en række muligheder på tværs af værdikæden



Det dyrkede areal

Biomasse

- Skabe et marked for emissionslette afgrøder
- Binding af kulstof i jorden
- Fra mono til multikultur

Opdyrke et biobaseret produktionssystem

Bioøkonomi

- Lokalt udbredte arbejdspladser indenfor grøn omstilling
- Nye modeller for ejerskab og indtjening
- Produktion og eksport af byggevarer fra sidestrømme fra landbrugsafgrøder

Det dyrkede hus

Biobaseret byggeskik

- Reduktion ved substitution
- Indlejring over tid med hurtig effekt
- En skridt mod regenerativt byggeri

For at forvandle de høstede afgrøder til byggematerialer kræver det at de rette maskiner og fabrikker er tilgængelige for at kunne forarbejde ressourcerne. Dette indebærer et stort potentiale for en bioøkonomisk industri. Danmarks omstilling til Biogent Byggeri påvirker både arealanvendelsen, produktionen og byggeskikken



Hvordan bygger vi med biobaserede materialer?

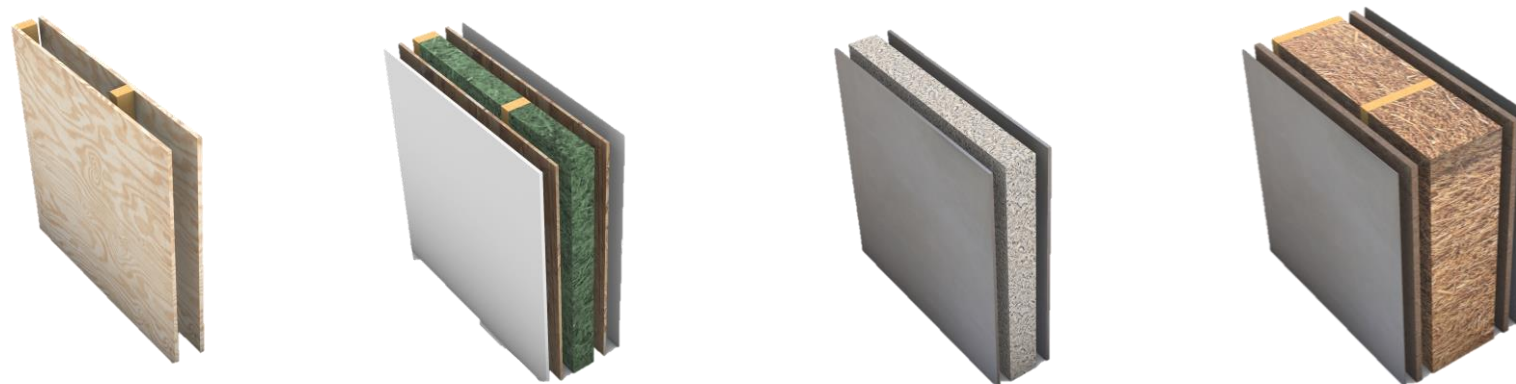
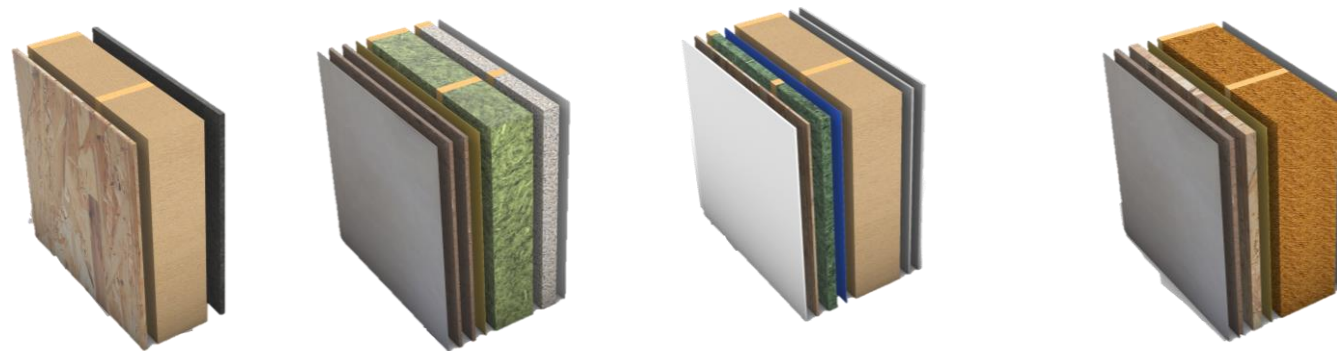
INSPIRATIONSKATALOG FOR BIOBASEREDE KONSTRUKTIONER

- Katalog for konstruktioner af biobaserede materialer tilgængelig på markedet i dag
- Sammenligning af konstruktionsopbygninger på tværs af Performanceindikatorer
- Fokus på, at konstruktionens performanceniveau passer til anvendelsen



INSPIRATIONSKATALOG FOR BIOBASEREDE KONSTRUKTIONER

- Ydervægge
- Indervægge
- Terrændæk
- Etagedæk
- Tage



INSPIRATIONSKATALOG FOR BIOBASEREDE KONSTRUKTIONER

Performanceindikatorer

Beskrivelse af betydning og relevans samt OBS-punkter for de forskellige performanceindikatorer

Potentialeanalyse

Belyser bl.a. sammenhænge mellem brandtekniske egenskaber og klimabelastningen

4.3 Fugt

Fugt er en vigtig faktor i bygninger, der kan have stor indflydelse på bygningens ydeevne og holdbarhed. Hvis fugt ikke kontrolleres, kan det medføre negative konsekvenser som: skimmel, råd, korrosion, energitab og forværring af indeluften. Derfor er det vigtigt at sikre, at bygningen er fugt-tæt og har en god ventilation.

Den vigtigste udfordring i forbindelse med fugt er at sikre, at bygningen er fugt-tæt og har en god ventilation. Dette kan gøres ved at bruge fugt-tætte materialer og sikre, at der er en god ventilation af bygningen.

4.4 Termisk masse

Termisk masse er en egenskab, der beskriver, hvor meget varme et materiale kan lagre. Dette er vigtigt for bygninger, der skal have en god termisk komfort. Termisk masse kan bruges til at lagre varme i sommeren og frigive den i vinteren, hvilket kan reducere energiforbruget.

Termisk masse kan bruges til at lagre varme i sommeren og frigive den i vinteren, hvilket kan reducere energiforbruget. Dette kan gøres ved at bruge materialer med høj termisk masse, som f.eks. beton og mursten.

4.5 Brand

Brand er en af de største udfordringer i bygningsteknik. Det er vigtigt at sikre, at bygningen er brand-sikker og kan modstå en brand. Dette kan gøres ved at bruge brand-sikre materialer og sikre, at der er en god brand-sikkerhed.

Brand-sikkerhed kan sikres ved at bruge brand-sikre materialer og sikre, at der er en god brand-sikkerhed. Dette kan gøres ved at bruge materialer med høj brand-sikkerhed, som f.eks. beton og mursten.

Performanceindikatorer

Performanceindikatorer er en måde at måle bygningens ydeevne på. De kan bruges til at sammenligne bygninger og se, hvilke bygninger der har den bedste ydeevne. Dette kan gøres ved at bruge forskellige indikatorer, som f.eks. energiforbrug, CO₂-udledning og indeluftkvalitet.

Performanceindikatorer kan bruges til at sammenligne bygninger og se, hvilke bygninger der har den bedste ydeevne. Dette kan gøres ved at bruge forskellige indikatorer, som f.eks. energiforbrug, CO₂-udledning og indeluftkvalitet.

8.1 Indvendig belysning

Indvendig belysning er en vigtig faktor i bygninger. Det er vigtigt at sikre, at bygningen har en god indvendig belysning, der kan give en god indeluftkvalitet og reducere energiforbruget.

Indvendig belysning kan sikres ved at bruge energieffektive belysningsmidler og sikre, at der er en god indeluftkvalitet. Dette kan gøres ved at bruge LED-belysning og sikre, at der er en god indeluftkvalitet.

8.2 Regnskylsystem

Regnskylsystemer er en måde at fjerne vand fra bygningens tag og facade. Dette kan bruges til at reducere vandforbruget og sikre, at bygningen er vand-tæt.

Regnskylsystemer kan bruges til at reducere vandforbruget og sikre, at bygningen er vand-tæt. Dette kan gøres ved at bruge regnskylsystemer, der kan fjerne vand fra bygningens tag og facade.

Potentiale

Potentialeanalyse er en måde at se på bygningens muligheder for at forbedre sin ydeevne. Dette kan gøres ved at se på bygningens styrker og svagheder og se, hvordan de kan bruges til at forbedre bygningens ydeevne.

Potentialeanalyse kan bruges til at se på bygningens muligheder for at forbedre sin ydeevne. Dette kan gøres ved at se på bygningens styrker og svagheder og se, hvordan de kan bruges til at forbedre bygningens ydeevne.

Potentialeanalyse

Potentialeanalyse er en måde at se på bygningens muligheder for at forbedre sin ydeevne. Dette kan gøres ved at se på bygningens styrker og svagheder og se, hvordan de kan bruges til at forbedre bygningens ydeevne.

Potentialeanalyse kan bruges til at se på bygningens muligheder for at forbedre sin ydeevne. Dette kan gøres ved at se på bygningens styrker og svagheder og se, hvordan de kan bruges til at forbedre bygningens ydeevne.

Onepager

Beskrivelse af opbygning med materialeegenskaber og - anvendelse

Sammenligningsside for hvor bygningsdel

Evaluering af konstruktioner på tværs inkl. konventionelle referencer

[illegible][illegible]

Hvilke krav stiller vi til vores
konstruktioner og materialer?

FUNKTIONSKRAV

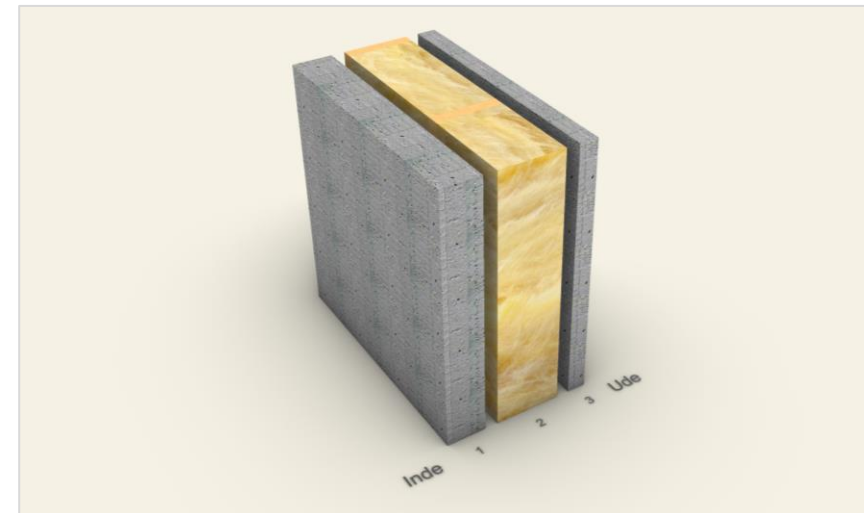
Eksempler for ydervæg:

- Bæreevne og stabilitet
- U-værdi
- LCA
- Brandsikkerhed
- Fugtteknisk robusthed (fugtklasse)
- Tæthed
- Æstetik og udtryk
- Holdbarhed og vedligehold

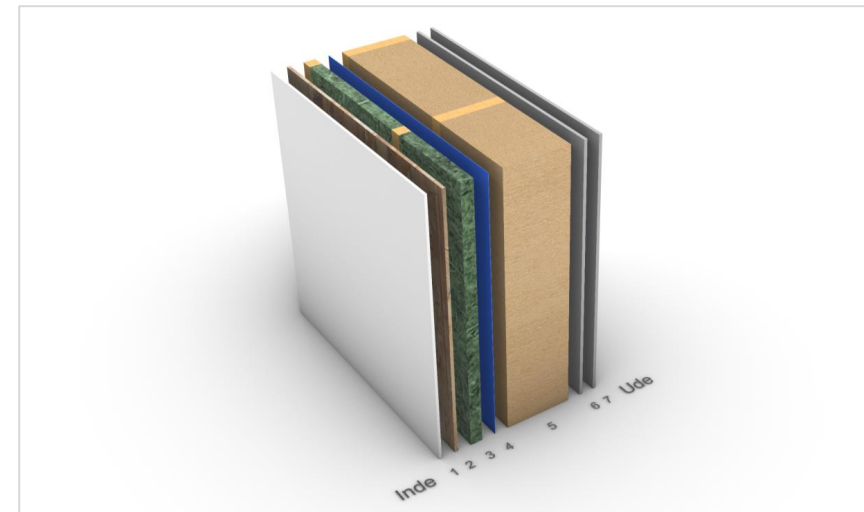
Betonelement: Få konstruktionslag (U-værdi sikres ved isoleringen, mens resterende funktionskrav håndteres ifm. med bagmur og forplade). De enkelte lag er meget lidt afhængige af hinanden.

Træskelet: Mange konstruktionslag, hvor hvert lag sikrer særskilt funktion fx. dampbremse sikrer tæthed og indvendig beklædning sikrer brandinddækning. Krav til de enkelte lag kan afhænge af øvrige materialers egenskaber.

Konventionel ydervæg (betonelement m. mineralsk isolering)



Biobaseret ydervæg (Træskelet m. træ- og hampefiberisolering)



FUNKTIONSKRAV TIL DE ENKELTE LAG

Indvendig beklædning

- Æstetik
- Brandinddækning (afhænger af bygningens anvendelse, dimensioner og isoleringens materialeklassifikation)

Tæthedsplanet

- Z-værdi (afhænger af vindspærrens diffusionstæthed og isoleringens hygroskopiske egenskaber → Fugtkapacitet)

Isolering

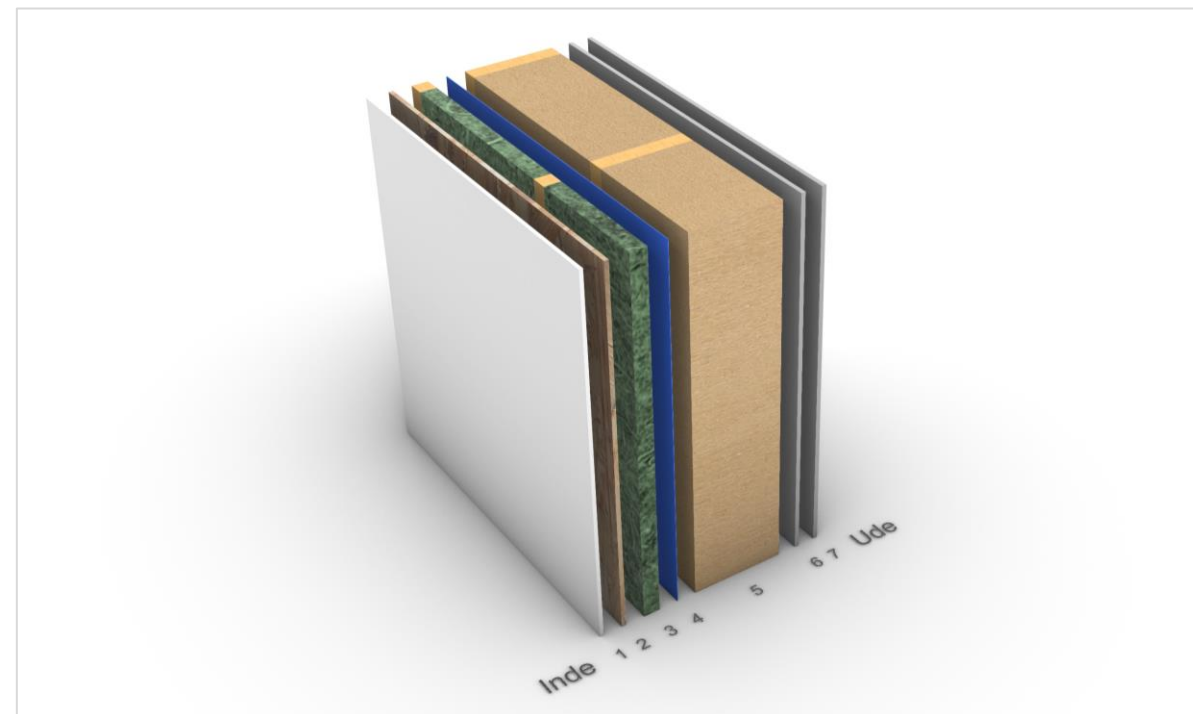
- Varmeledningsevne → Biobaseret varierer typisk mere end mineralisk
- Materialeklassifikation (brand) → Krav til inddækning (fx K₁₀ B-s1,d0)

Vindspærre

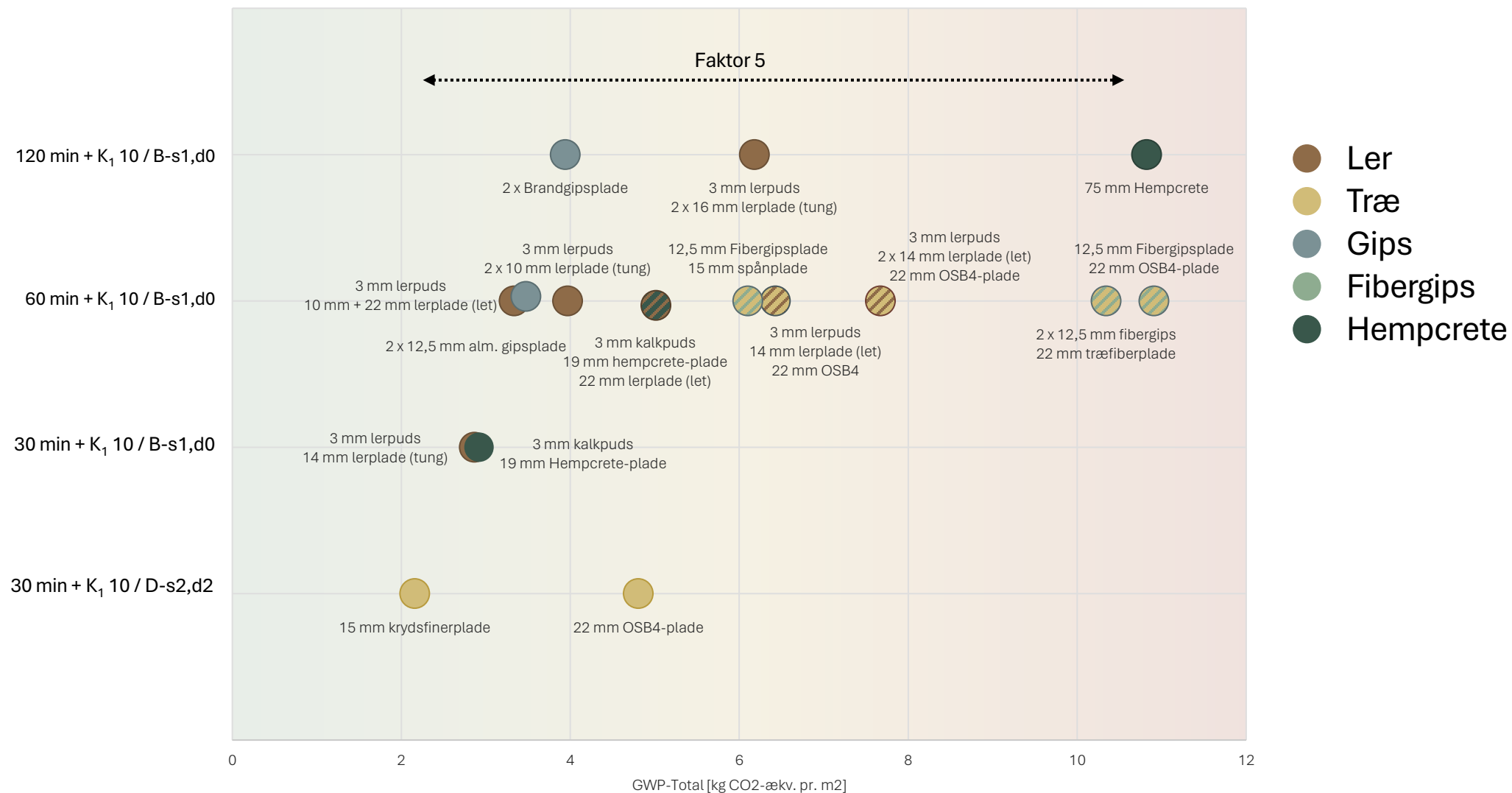
- Brandinddækning (afhænger af bygningens anvendelse, dimensioner og isoleringens materialeklassifikation)
- Afhænger af tæthedsplanets Z-værdi

Regnskærm

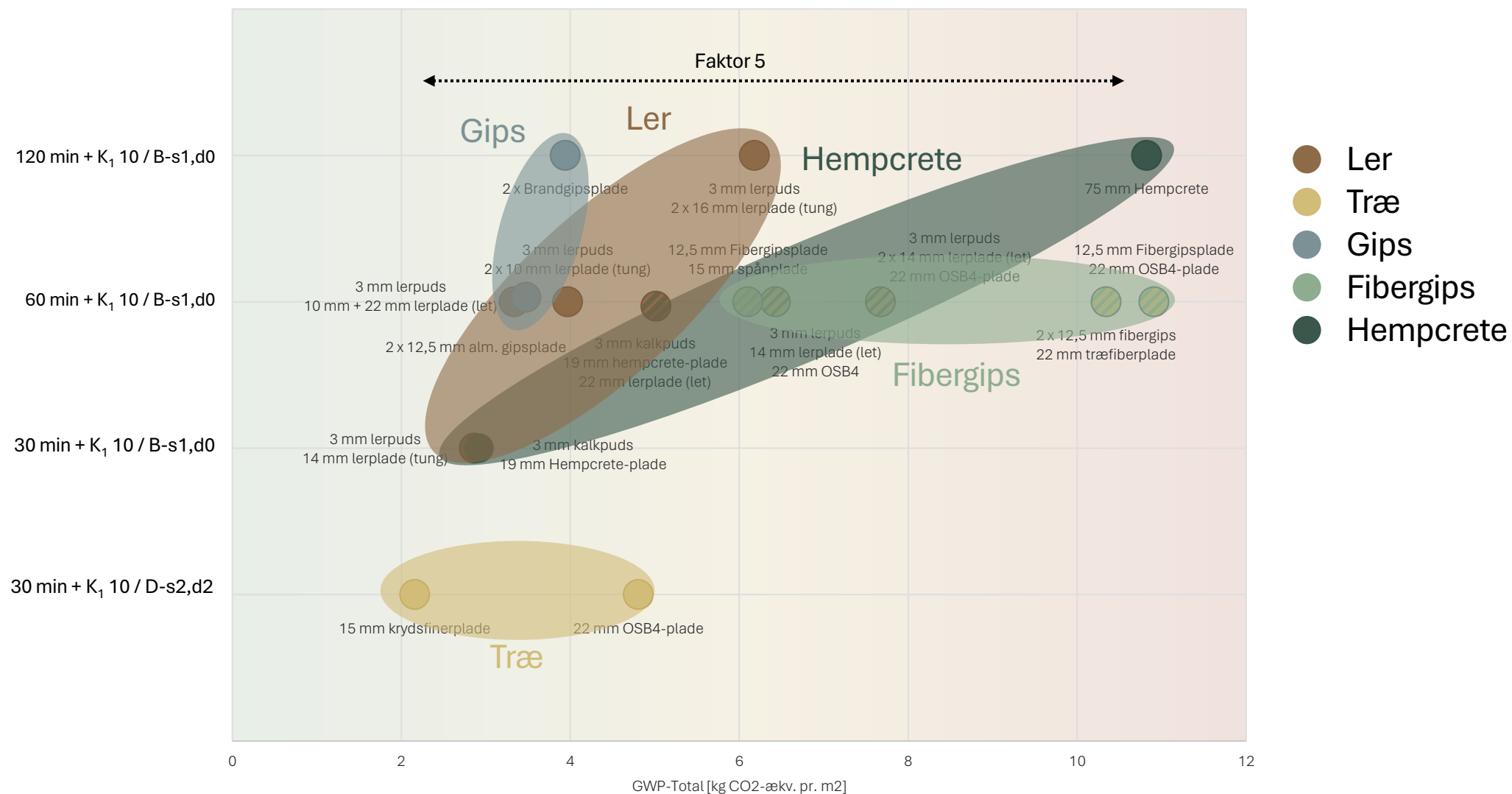
- Krav til ventilering
- Æstetik og vedligehold
- Evt. brandegenskaber



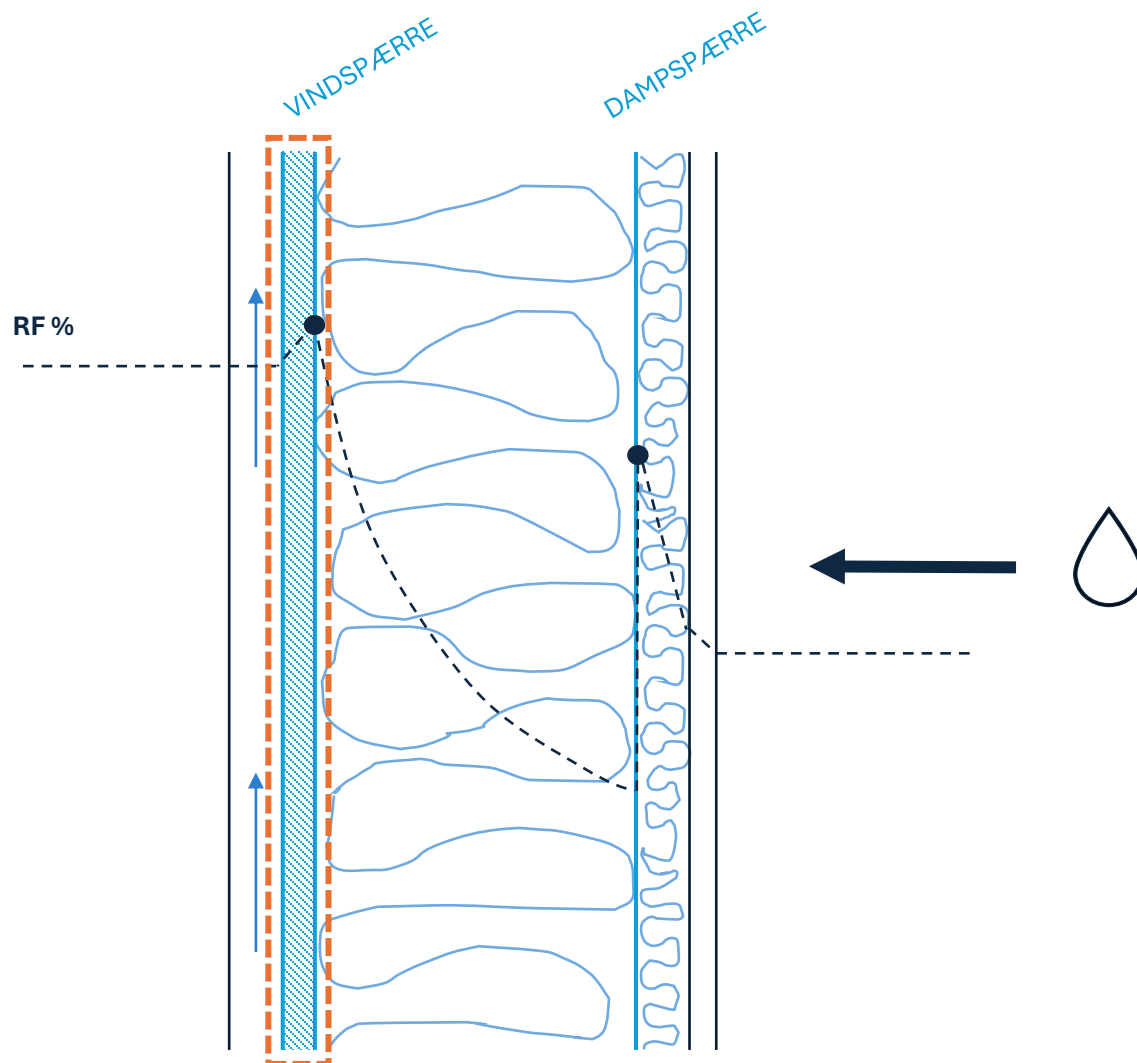
BEKLÆDNING – BRAND OG KLIMAPÅVIRKNING



BEKLÆDNING – BRAND OG KLIMAPÅVIRKNING

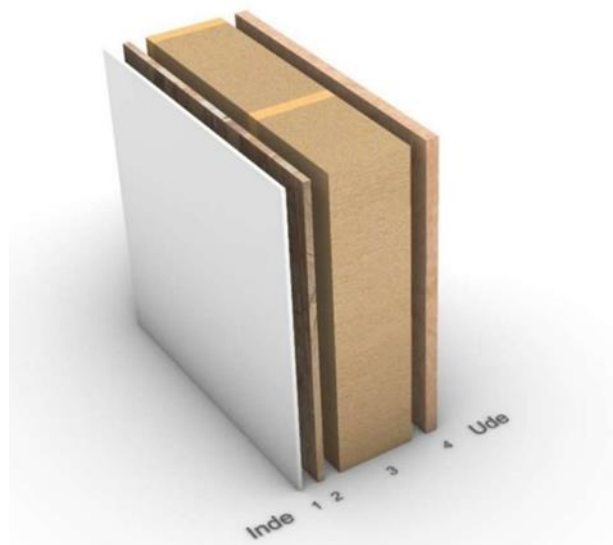


VINDSPÆRRE – BRAND OG FUGT



Krav til **brandbeskyttelse**
besværliggør diffusionsåbne
konstruktioner!

YDERVÆG 2



	U-VÆRDI:	0,16 W/m ² K																		
	TERMISKMASSE:	9 Wh/K pr. m ²																		
	FUGTKLASSE:	3																		
	TRINLYD, L _{n,w} (C _i C ₁₅₀₋₂₁₅₀):	-																		
	LUFTLYD, R _w (C _i C ₅₀₋₃₁₅₀):	47 dB (-2 dB -8 dB -5 dB)																		
	GWP-TOTAL:	18,1 kg CO ₂ -ækv. pr. m ²																		
	GWP-BIOGEN:	-77,6 kg CO ₂ -ækv. pr. m ²																		
	GWP UPFRONT (A1-A3):	-60,1 kg CO ₂ -ækv. pr. m ²																		
	GWP-FOSSIL (A1-A3):	17,5 kg CO ₂ -ækv. pr. m ²																		
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>BÆRENDE</th><th>IKKE-BÆRENDE</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30 min + K₁ 10 / D-s2,d2:</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>30 min + K₁ 10 / B-s1,d0:</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>60 min + K₁ 10 / B-s1,d0:</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>120 min + K₁ 10 / B-s1,d0:</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>K₂ 60 / A2 s1,d0:</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>			BÆRENDE	IKKE-BÆRENDE	30 min + K ₁ 10 / D-s2,d2:			30 min + K ₁ 10 / B-s1,d0:			60 min + K ₁ 10 / B-s1,d0:			120 min + K ₁ 10 / B-s1,d0:			K ₂ 60 / A2 s1,d0:		
	BÆRENDE	IKKE-BÆRENDE																		
30 min + K ₁ 10 / D-s2,d2:																				
30 min + K ₁ 10 / B-s1,d0:																				
60 min + K ₁ 10 / B-s1,d0:																				
120 min + K ₁ 10 / B-s1,d0:																				
K ₂ 60 / A2 s1,d0:																				

- Præaccepteret (brand) til en-familie huse i højst to etager
 - Svær at bruge konstruktionen i øvrige bygningstyper aht. brand
- Diffusionsåben konstruktion
 - OSB4-plade agerer tæthedsplan
 - Størst risiko foran træfiberpladen (vindspærre)
- Limen i OSB4-pladen øger GWP'en for konstruktionen

LAG MATERIALE

1	13 mm gipsplade
2	22 mm OSB4-plade
3	250 mm træfiberisolering, komprimeret i væg
3	45x250 mm reglar C/C 600 mm
4	40 mm træfiberplade

EGENSKABER

A2-s1,d0 664 kg/m ³	*
Z = 25,4 D-s2,d0 610 kg/m ³	
B-s2,d0 0,037 W/mK 43 kg/m ³	
D-s2,d2 500 kg/m ³	
Z = 1 D-s2,d0 0,05 W/mK 167 kg/m ^{***}	

GWP-BIOGEN GWP-TOTAL [kg CO₂ pr. m²] [kg CO₂ pr. m²]

-1		2
-24		6
-14		5
-28		3
-11		3

YDERVÆG 5



	U-VÆRDI:	0,16 W/m ² K																		
	TERMISKMASSE:	8 Wh/K pr. m ²																		
	FUGTKLASSE:	2																		
	TRINLYD, L _{n,w} (C ₁ C _{1,50-2150}):	-																		
	LUFTLYD, R _w (C ₁ C _{1,50-3150}):	54 dB (-4 dB -5 dB -7 dB)																		
	GWP-TOTAL:	21,4 kg CO ₂ -ækv. pr. m ²																		
	GWP-BIOGEN:	-52,2 kg CO ₂ -ækv. pr. m ²																		
	GWP UPFRONT (A1-A3):	-32,6 kg CO ₂ -ækv. pr. m ²																		
	GWP-FOSSIL (A1-A3):	19,6 kg CO ₂ -ækv. pr. m ²																		
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>BÆRENDE</th><th>IKKE-BÆRENDE</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30 min + K₁ 10 / D-s2,d2:</td><td>●</td><td>●</td></tr> <tr> <td>30 min + K₁ 10 / B-s1,d0:</td><td>●</td><td>●</td></tr> <tr> <td>60 min + K₁ 10 / B-s1,d0:</td><td>●</td><td>●</td></tr> <tr> <td>120 min + K₁ 10 / B-s1,d0:</td><td>●</td><td>●</td></tr> <tr> <td>K₂ 60 / A2 s1,d0:</td><td>●</td><td>●</td></tr> </tbody> </table>			BÆRENDE	IKKE-BÆRENDE	30 min + K ₁ 10 / D-s2,d2:	●	●	30 min + K ₁ 10 / B-s1,d0:	●	●	60 min + K ₁ 10 / B-s1,d0:	●	●	120 min + K ₁ 10 / B-s1,d0:	●	●	K ₂ 60 / A2 s1,d0:	●	●
	BÆRENDE	IKKE-BÆRENDE																		
30 min + K ₁ 10 / D-s2,d2:	●	●																		
30 min + K ₁ 10 / B-s1,d0:	●	●																		
60 min + K ₁ 10 / B-s1,d0:	●	●																		
120 min + K ₁ 10 / B-s1,d0:	●	●																		
K ₂ 60 / A2 s1,d0:	●	●																		

LAG MATERIALE

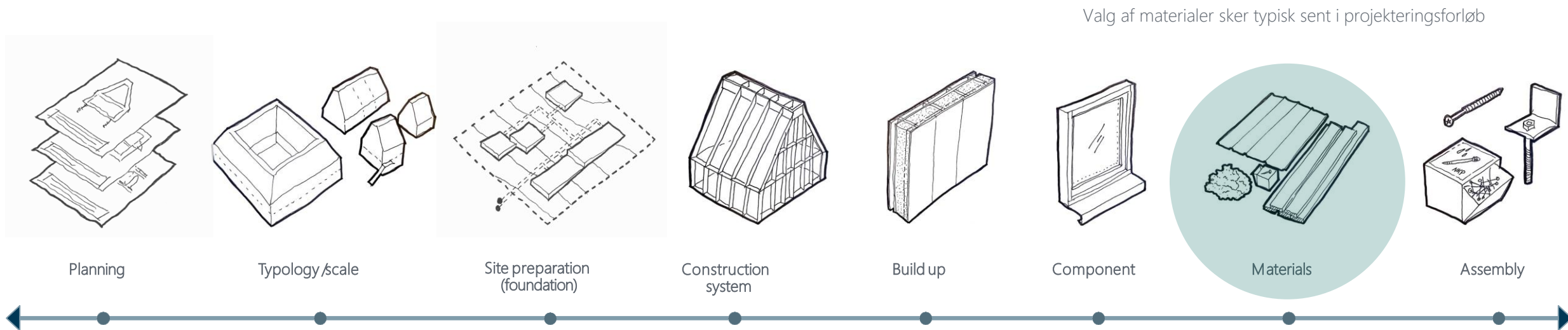
1	15,5 mm brandgips
2	15,5 mm brandgips
3	45 mm installationslag, græsfiber formstykke
3	45 mm installationslag, 45x45 mm reglar C/C 600 mm
4	Dampspærre
5	250 mm træfiberisolering
5	45x250 mm reglar C/C 600
6	15,5 mm brandgips
7	15,5 mm brandgips

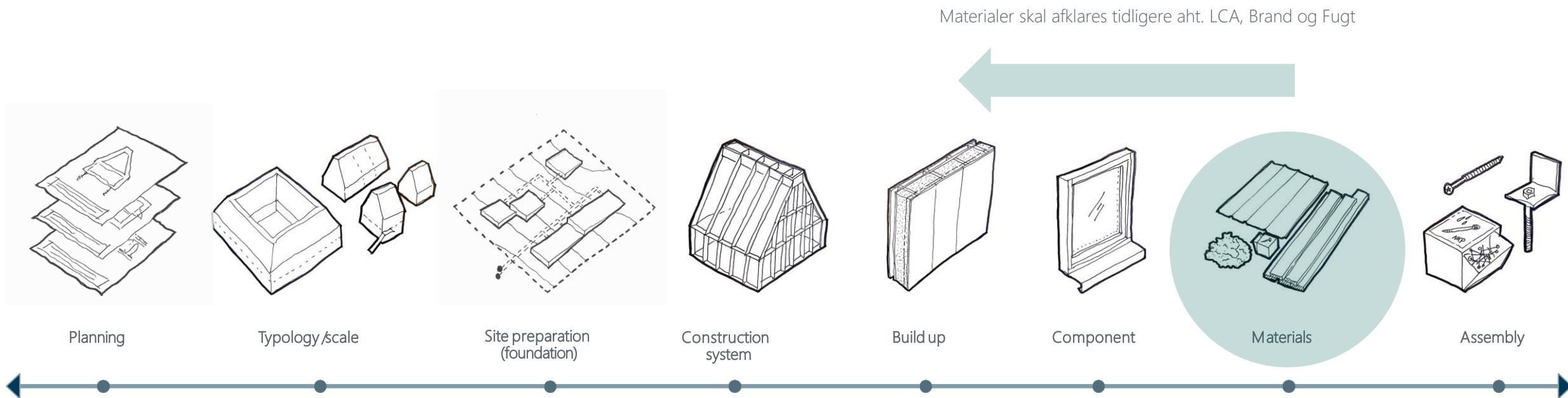
EGENSKABER

A2-s1,d0 835 kg/m3	***	-1		3
A2-s1,d0 835 kg/m3	***	-1		3
E 0,041 W/mK 40 kg/m3		-3		2
D-s2,d2 500 kg/m3		-5		1
Z=500		0		0
B-s2,d0 0,037 W/mK 43 kg/m3		-14		5
D-s2,d2 500 kg/m3		-28		3
Z = 0,8 A2-s1,d0 835 kg/m3	***	-1		3
Z = 0,8 A2-s1,d0 835 kg/m3	***	-1		3

- Typisk opbygningen i større byggerier
 - Ofte nødvendigt med brandgips
 - Kræver brandtests, hvis isoleringen er under materialeklasse D-s2,d0
 - Der må ikke laves gennemføringer i installationslaget
- Klassisk dampspærre som tæthedsplan
 - Overholder 'kun' fugtbelastningsklasse 2
- Lav GWP for gipsplader

Hvordan stiller vi krav til vores materialer og konstruktioner?





Vejen mod en væsentlig klimareduktion fra byggeriet kræver - blandt andet -
et målrettet fokus på valg af materialer



