INSPIRATIONSKATALOG FOR BIOBASEREDE KONSTRUKTIONER

EN DEL AF VEJE TIL BIOBASERET BYGGERI

ARTELIA

Nærværende Inspirationskatalog for Biobaserede Konstruktioner er udarbejdet af Artelia som en del af den Realdanias finansierede indsats Veje Til Biobaseret Byggeri.

Realdania skal have en særlig tak for deres støtte til projektet, som har muliggjort tilblivelsen af katalog og bilag.

Tak til alle involverede parter i Veje Til Biobaseret Byggeri (BUILD, CINARK; Smith Innovation og JAJA Architects) og DBI for sparring til vurdering af de foreslåede konstruktioners brandtekniske performance.

Derudover rettes en tak til deltagere ved midtvejs-workshop for kommentering og input omkring ønsker til katalogets indhold, målgruppe og anvendelse.

Udgivelsesdato:

September 2024
Revision 1

Forfattere:

Lars Broder Lindgren

Kirstine M. Frandsen

Steffen E. Maagaard

Med bidrag fra:

Jacob D. Buhl

Martin L. Pedersen

Helle Bugge

Støttet af:

INDHOLD

1 Introduktion 6
2 Biobaserede materialer i byggeriet 10
3 Biobaserede materialers potentiale i LCA 11
4 Performanceindikatorer 14
5 Potentialeanalyser 28
6 Inspirationskatalog 37
7 Terrændæk 39
8 Ydervægge 51
9 Indervægge 65
10 Etagedæk 79
11 Tage 87
12 Bilag 96

INTRODUKTION

1 INTRODUKTION

1.1 Formål og anvendelse

Nærværende inspirationskatalog for biobaserede konstruktioner er udarbejdet for at belyse mulige anvendelser af biobaserede byggematerialer i byggeriet. Der er i kataloget fokus på at belyse biobaserede konstruktioner og de anvendte materialers egenskaber på tværs af forskellige performancekriterier, der omfatter brand, fugt, varmetransport, termisk masse, lydisolation og miljøpåvirkning. Disse forskellige performanceindikatorer evalueres kvantitativt på egenskaber, der kan holdes op mod krav og vejledninger i f.eks. Bygningsreglement. Kataloget kan derfor anvendes som inspiration til konstruktioner eller løsninger, der afstemt efter det faktiske behov.

Kataloget er baseret på tilgængelige byggevarer på markedet, hvor det har været muligt at tilgå (eller estimere) det nødvendige data for at udføre de tværgående analyser. Dette omfatter materialeegenskaber, der angives af producenter eller eksisterende materialedatabaser. Der kan være stor variation i materialeegenskaber og miljøpåvirkning inden for samme produktkategori. Tallene i nærværende katalog skal derfor ses som værende vejledende. Det anbefales altid at bruge værdier fra det faktiske produkt der ønskes anvendt.

Inspirationskataloget favner både løsninger, der kan anvendes til enfamiliehuse, bolig og kontor i flere etager samt industri i én etage.

Der er fokus på anvendelse af biobaserede materialer der enten allerede er en produktion af i Danmark eller der har potentiale for at en produktion kan blive etableret. Hvor det ikke er muligt at anvende biobaserede materialer (f.eks. af hensyn til brand) anvendes ikke-ressourceknappe materialer med minimum forarbejdning og lav miljøbelastning, såsom ubrændte lersten eller lerplader.

For at gøre kataloget så generisk præsenteres ydervægge og tage uden regnskærm. Dette for at give indblik i, hvordan hovedkonstruktionen (fra indvendig beklædning til vindspærre/undertag) performer. Dette giver fleksibilitet til efterfølgende at kunne kombinere hovedkonstruktionen med forskellige typer regnskærme.

Som supplement til kataloget med de foreslåede biobaserede konstruktioner er der lavet en række potentialeanalyser. Disse tager udgangspunkt i en funktionsbaseret tilgang og beskriver de enkelte konstruktionslags egenskaber ift. deres funktion og miljøpåvirkning.

Potentialeanalyserne belyser, hvorledes de enkelte materialer/lag opfylder kravet til deres funktion og hvilken betydning de i øvrigt har for byggeriet og driften samt miljøudledningen. Dette kan eksempelvis være isoleringsmateriale, hvor den primære funktion er reducere varmetabet, men materialet også har betydning for konstruktions tykkelse, fugttekniske egenskaber (fugtkapacitet) samt miljøudledning.

Kataloget indeholder potentialeanalyser af følgende:

- Indvendig beklædning (i relation til termiskmasse og brandinddækning)
- Vindspærre (i relation til diffusionsåbenhed og brandinddækning)
- Tæthedsplanet (kombination af fugt/dampspærre og vindspærre i relation til forhold i tæthed)
- Isoleringsmateriale (i relation til varmeledningsevne og brandklasse)
- Optimeret træanvendelse med henblik på at kunne reducere anvendelse af massivt træ.
- Regnskærm (i relation til brand)

I potentialeanalyserne belyses løsningernes miljøpåvirkning ift. GWP.

Potentialeanalyserne skal hjælpe til, at de biobaserede konstruktioner projekteres til det rigtige niveau i forhold til deres anvendelse. En væsentlig del af, at bygge med lavt CO_2-fodaftryk er anvende de rigtige materialer, men det handler i høj grad også om at anvende dem i den rette mængde til at opfylde det nødvendige behov.

1.2 Forbehold

Konstruktionerne og potentialeanalyserne i nærværende katalog er udelukkende til inspiration og må ikke anvendes som dokumentation eller projekteringsværktøj. Oplysningerne i det biobaserede konstruktionskatalog er vejledende, og der bør tages højde for de specifikke egenskaber ved det anvendte biobaserede materiale i hvert enkelt tilfælde. Det frarådes derfor at genbruge de anviste eksempler ukritisk, da alle løsninger bør tilpasses det specifikke projekt. Kataloget skal i stedet illustrere, hvordan det er muligt at anvende biobaserede materialer under forskellige niveauer af fx brandsikkerhed og robusthed overfor fugt.

Det anbefales, at der udføres analyser og indhentes faglig rådgivning for hvert projekt for at sikre, at alle gældende standarder og krav overholdes.

1.3 Læsevejledning

I *Afsnit 1* rammesættes katalogets formål anvendelse og forudsætninger.

I *Afsnit 2 og 3* behandles fordelene ved anvendelse af biobaserede byggematerialer både i en bredere kontekst samt mere specifik i LCA på bygningsniveau.

I *Afsnit 4* præsenteres de tværfaglig performanceindikatorer, som de udvalgte konstruktioner evalueres efter. I afsnittet uddybes deres relevans og særlig opmærksomhedspunkter ved projektering.

I *Afsnit 5* præsenteres potentialeanalyser af udvalgte elementer i de biobaserede konstruktioner som er særlig væsentlige. Udbyttet af potentialeanalyserne er at kunne sammenholde de enkelte elementers primære funktion med deres øvrige betydning for byggeriet herunder bl.a. miljøbelastning.

I Afsnit 6-11 præsenteres katalog af udvalgte biobaserede konstruktioner. Afsnittet er struktureret således at der for hver bygningsdel (ydervæg, indervæg mv.) er en dobbelt-side, hvor alle konstruktionerne præsenteres og kan sammenlignes på tværs for de enkelte performanceindikatorer. Som reference er der 1-3 konventionelle konstruktioner. Ved sammenligning mellem de biobaserede og konventionelle konstruktioner er det vigtigt at tillægge bidrag fra regnskærm og dennes montagesystem for biobaserede konstruktioner. Herefter præsenteres hver konstruktion mere dybdegående i et OnePager-format.

ANVENDELSE AF BIOBASEREDE MATERIALER I BYGGERIET

2 BIOBASEREDE MATERIALER I BYGGERIET

Dette afsnit beskriver udvalgte opmærksomhedspunkter ved anvendelsen af biobaserede materialer frem for konventionelle materialer, såsom beton, stål og mineraluld.

Reduktion af CO_2-udledning

Biobaserede byggematerialer har typisk et lavere CO_2-aftryk sammenlignet med konventionelle byggematerialer. Biobaserede afgrøder optager CO_2 under deres vækst, hvilket hjælper med at reducere den samlede CO_2-udledning, samt bidrager til en lagring og forskydning af CO_2-udledningen.

Forarbejdningen og produktionen af biobaserede materialer kræver typisk energi, der resulterer i emissioner, især hvis forarbejdningsanlæggene ikke er energieffektive eller bruger fossile brændstoffer.

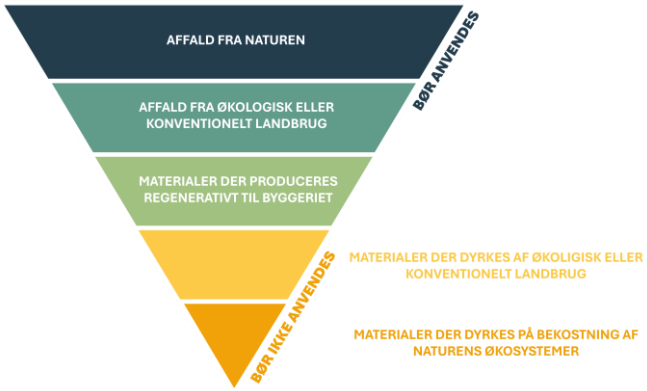
Transporten af biobaserede materialer fra dyrkningssted til byggeplads kan også have en betydelig miljøpåvirkning, der afhænger af afstanden og de anvendte transportmidler. Den samlede miljøpåvirkning af biobaserede byggematerialer afhænger altså af en række faktorer, herunder hvordan materialerne dyrkes, høstes, forarbejdes, transporteres, og bortskaffes. Når biobaserede materialer forvaltes og anvendes bæredygtigt, kan de bidrage med betydelige miljøfordele. Det er vigtigt at overveje hele livscyklussen for disse materialer for at sikre, at de reelt er mere bæredygtige end konventionelle alternativer.

Arealanvendelse og kultivering

Produktion af biobaserede byggematerialer kræver landarealer til dyrkning af afgrøderne. Det er væsentligt, at landarealerne udnyttes bæredygtigt, så det ikke fører til skovrydning, tab af biodiversitet og andre ikke-genoprettelige ændringer i jordens brug. Der er ligeledes vigtigt, at dyrkning af afgrøderne ikke kræver unødigt store mængder pesticider og gødning, som kan forårsage forurening af jord og vandressourcer samt øge udledningen af drivhusgasser. Figur 2.1 viser hierarkiet for, hvilke biobaserede ressourcer der bør anvendes i byggeriet.

Bionedbrydelighed

Mange biobaserede materialer er bionedbrydelige, hvilket reducerer mængden af byggeaffald, der ender på deponi eller nedknuses til vejfyld. Dette hjælper med at minimere miljøforurening og affaldsproblemer og kan i bedste fald udnyttes til jordforbedring.



Figur 2.1 Hierarki for anvendelsen af biobaserede ressourcer i byggeriet.

Fornybarhed

Biobaserede materialer er ofte fornybare, hvilket betyder, at de kan regenereres over en relativt kort tidsperiode. Hamp, pil og elefantgræs kan eksempelvis høstes cyklisk.

Lokal tilgængelighed og nye arbejdspladser

Biobaserede materialer kan ofte findes og produceres lokalt, hvilket reducerer transportomkostninger og støtter lokale økonomier. Skiftet mod biobaserede materialer kan fremme innovation inden for byggeindustrien og skabe nye jobmuligheder inden for landbrug, materialeforskning og produktion.

Levetid og vedligeholdelse

Nogle biobaserede byggematerialer har kortere levetider eller kræver mere vedligeholdelse end konventionelle materialer, hvilket kan påvirke deres langsigtede miljøpåvirkning negativt, hvis hyppig udskiftning er nødvendig. Ved omhyggelig og rigtig bygningsdesign har mange biobaserede materialer en lang levetid og kan være lette at vedligeholde.

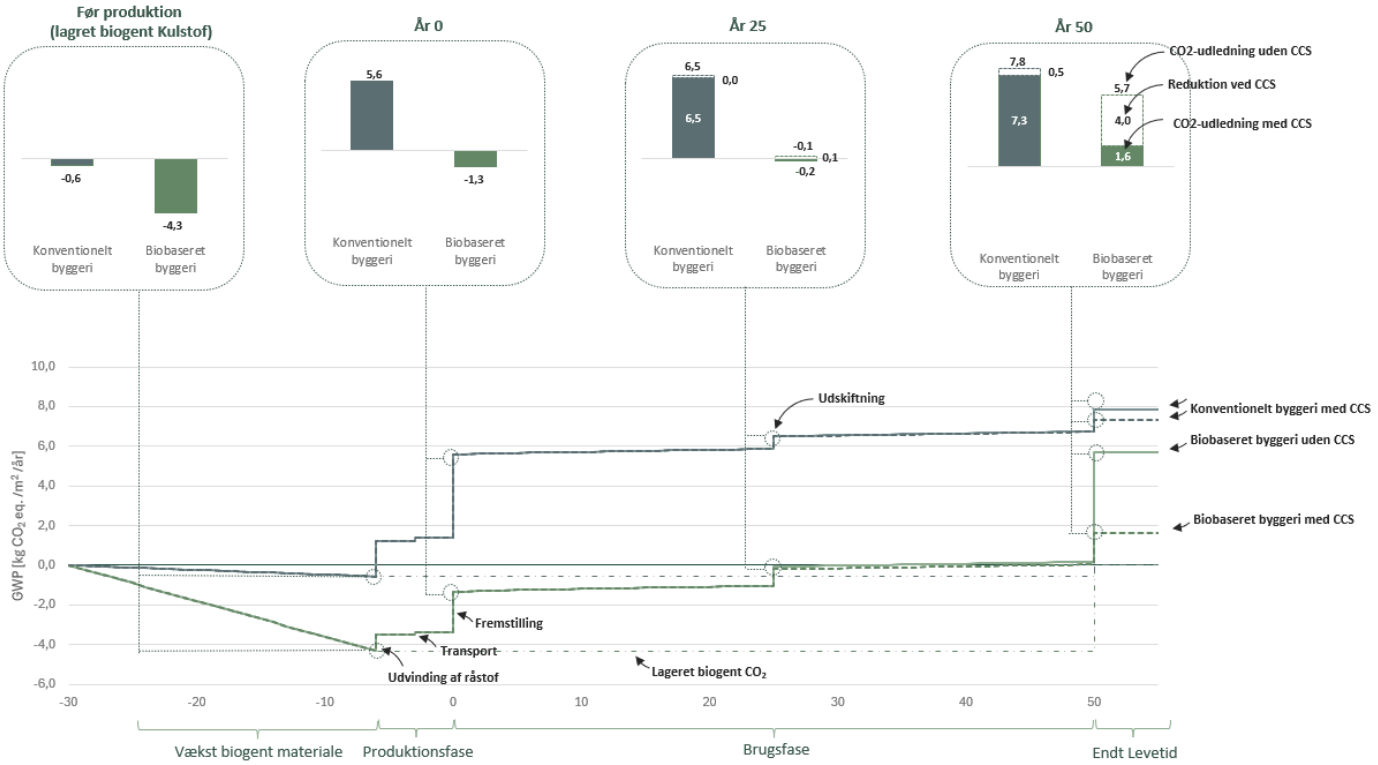
Termisk isolering og færre kuldebroer

Mange biobaserede materialer som træ og hamp besidder gode termiske isoleringsevner, hvilket kan forbedre bygningens energieffektivitet og reducere varmeomkostningerne.

3 BIOBASEREDE MATERIALERS POTENTIALE I LCA

I det **konventionelle byggeri** (fx betonelementer og mineraluldsisolering) vil størstedelen af CO_2-udledningen ske i forbindelse med udvinding og forarbejdning af råstoffer til byggevarerne (Fase A1-A3 i livscyklusvurderinger). For det **biobaserede byggeri** (fx trækassetter og træfiberisolering) ses der at være et netto CO_2-optag i forbindelse med udvinding og forarbejdning af byggevarerne til byggeriet, hvilket skyldes de biobaserede materialers CO_2-optag under vækstperioden. Ved endt levetid (Fase C4+C4) frigives den indlejrede CO_2 i forbindelse med afbrænding.

I dag frigives den fulde mængde indlejret CO_2 til atmosfæren ved afbrænding, men der arbejdes intensivt på at udvikle metoder til at opfange og lagre denne CO_2 (Carbon, Capture and Storage, CCS). Af Figur 3.1 ses den akkumulerede CO_2-udledning over tid for et konventionelt etageboligbyggeri og et biobaseret etageboligbyggeri. Da der ikke for nuværende anvendes CCS på produktionen af de konventionelle byggevarer er dette ikke inddraget i analysen. Der ses, at på grund af den større anvendelse af biomasse i det Biobaserede Byggeri er potentialet ved anvendelse af CCS (BECCS) ved afbrænding her større.



Figur 3.1: Kulstoffets (CO_2'ens) vej gennem byggeriet. Eksemplificeret med et konventionelt byggeri og et biobaseret byggeri.

PERFORMANCEINDIKATORER

4 PERFORMANCEINDIKATORER

4.1 Introduktion

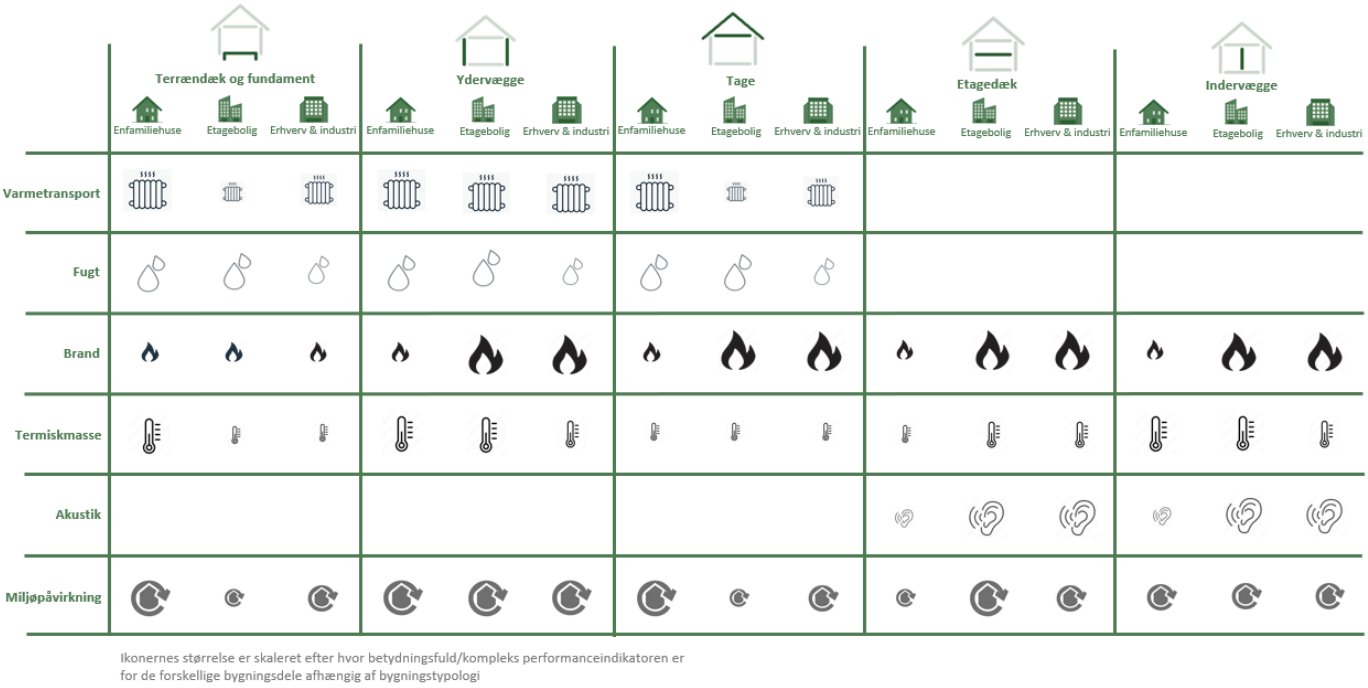
Bygninger skal generelt opføres, så de opfylder krav til brand-, sikkerheds- og sundhedsmæssige forhold. I denne sammenhæng spiller valg af byggematerialer en central rolle for bygningens samlede ydeevne og holdbarhed. For at give et bredt billede at de biobaserede materialers egenskaber samt deres potentiale og anvendelser i forskellige bygningsdele, er der udvalgt seks væsentlige performanceindikatorer til inspirationskataloget. Disse bør alle indtænkes ved projektering af det biobaserede byggeri:

- *Varmetransport*
- *Fugt*
- *Brand*
- *Termisk masse*
- *Lydisolation*
- *Miljøpåvirkning*

Performanceindikatorerne kan anvendes til kvantitativt at sammenligne forskellige konstruktioner og kan holdes oppe mod konkrete krav og ønsker til byggeriet. Dette sikrer, at projekteringen sker på det rette niveau og til den korrekte anvendelse.

De seks performanceindikatorer er dog ikke lige relevante eller vigtige for alle bygningstypologier og bygningsdele. Nedenstående matrice i Figur 4.1 kortlægger, hvor betydningsfulde og komplekse de enkelte indikatorer typisk er for forskellige bygningsdele, afhængig af bygningstypologi. For eksempel er *Brand* relevant for alle bygningsdele, men er mest komplekst at løse for *Etageboliger* og *Erhverv & Industri*, hvorimod fugt kun er relevant for bygningsdele, som indgår i klimaskærmen, som terrændæk, ydervægge, og tage.

De følgende afsnit uddyber hver performanceindikator og forklarer, hvordan de evalueres og anvendes i inspirationskataloget.



Figur 4.1: Kortlægning af performanceindikatorers relevans og kompleksitet.

4.2 Varmetransport

I Danmark, hvor vintrene er præget af lave temperaturer, spiller klimaskærmen en afgørende rolle i opretholdelsen af bygningers energieffektivitet og komfortniveau. Effektiv isolering af klimaskærmen er nødvendig for at minimere varmetabet og sikre, at den tilførte varme forbliver i bygningen. Dette skaber et mere behageligt indeklima for beboerne, men bidrager også til en væsentlig reduktion i energiforbruget, der er vigtig for at opnå både økonomisk og miljømæssig bæredygtighed.

Isolering, kuldebroer og energiforbrug
Isolering af klimaskærmen reducerer bygningens samlede energiforbrug ved at minimere varmetabet gennem vægge, tag, terrændæk og fundamenter. For at sikre effektiviteten, er det desuden vigtigt at tage højde for kuldebroer og samlinger, som kan udgøre svage punkter i isoleringen og dermed føre til betydelige varmetab og lokale kondensproblemer. Håndteringen af disse er væsentlig for at opfylde kravene til energieffektivitet, der omfatter U- og ψ-værdier, energiforbrug og transmissionstab, og i forlængelse nedbringe omkostninger ved opvarmning og køling af bygningen.

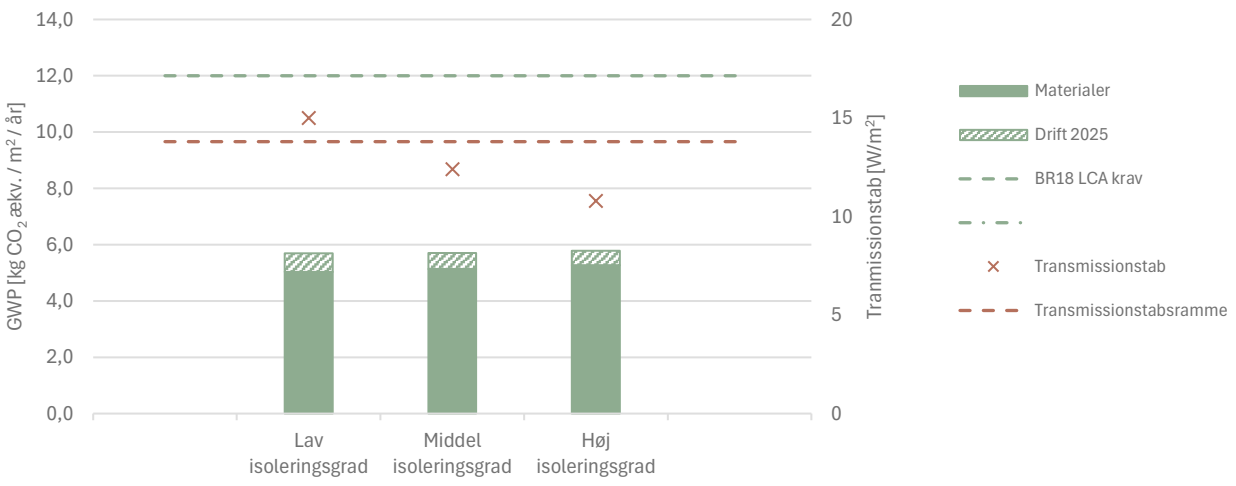
Komfort
En velisoleret klimaskærm skaber et mere behageligt indeklima ved at sikre en mere jævn temperaturfordeling og reducere trækgener fra kolde overflader i rummene. Dette bidrager til at mindske risikoen for overfladekondens og skimmelvækst, som kan forringe luftkvaliteten og udgøre en sundhedsrisiko for beboerne.

Tabel 4.1: Variation af isoleringstykkelse i tre scenarier.

Isoleringsgrad	Terrændæk	Ydervæg	Tag
Lav	120 mm U = 0,20 W/m²K	140 mm U = 0,29 W/m²K	195 mm U = 0,20 W/m²K
Middel	300 mm U = 0,10 W/m²K	220 mm U = 0,19 W/m²K	450 mm U = 0,10 W/m²K
Høj	550 mm U = 0,06 W/m²K	360 mm U = 0,12 W/m²K	700 mm U = 0,06 W/m²K

Miljøpåvirkning
Reducering af energiforbruget til opvarmning og køling af bygninger bidrager til at mindske den miljømæssige påvirkning af bygningens drift. Ved at investere i effektiv isolering kan man bidrage til at reducere udledningen af drivhusgasser og andre miljøskadelige stoffer. Dog er det vigtigt, at isoleringsmaterialernes "miljømæssige pris" også tages i betragtning. Emissionsfaktorerne fra 2025 viser, at CO_2-udledningen forbundet med driften udgør en mindre del af byggeriets samlede belastning over en livscyklus.

Isoleringstykkelsens betydning for LCA og varmetab
For at illustrere indflydelsen af isoleringsgraden, er der udført en analyse af varierende isoleringstykkelser i forhold til livscyklusvurderingen (LCA) og transmissionstabet for et etageboligbyggeri. Figur 4.2 viser tre niveauer af



Figur 4.2 LCA og transmissionstabet for et etageboligbyggeri ud fra varierende isoleringsgrader.

isoleringstykkelser, som angivet i Tabel 4.1, ud fra en LCA-beregning (søjlediagram) og transmissionstabsberegning (kryds). Det ses, at graden af isolering har meget lille indflydelse på det samlede LCA-resultat. Selvom den øgede isolering reducerer driftsenergien og deraf CO_2-udledning, stiger den indlejrede CO_2 i materialerne og i byggeriet tilnærmelsesvis tilsvarende. Variationen med lav isoleringsgrad performer lidt bedre end de to andre på LCA.

Transmissionstabet ses, at reduceres i takt med at isoleringsgraden øges. Ved den lave isoleringsgrad ses, at kravet ang. transmissionstabet iht. BR18 ikke overholdes.

Udover Bygningsreglement kravene til henholdsvis LCA og transmissionstabsramme bør isoleringsmængder afstemmes i relation til det faktiske projekt og ligeledes tage højde for faktorer som økonomiske aspekter ift. driftsenergi og brutto/netto faktor i forhold til arealanvendelse (tykke vægge).

Performanceindikator

Konstruktionernes egenskaber ift. varmetransport evalueres ved konstruktionens samlede U-værdi [W/m²K]

4.3 Fugt

Fugt er en vigtig faktor i byggeriet, der kan have stor indflydelse på bygningers ydeevne og holdbarhed. Især risikoen for råd og skimmelvækst, som kan medføre negative sundhedsmæssige konsekvenser, bør adresseres nøje. Fugtforholdene i klimaskærmens konstruktioner afhænger i høj grad af ydre påvirkninger, såsom fugtbelastninger i indeklimaet og vejrpåvirkningen udefra, samt af konstruktionernes opbygninger og materialernes modstandsdygtighed over for skimmel og råd.

Den fugttekniske vurdering af konstruktions-opbygningerne i konstruktionskataloget udføres på baggrund fugtsimuleringer, opsamlede erfaringer og almen teknisk fælleseje. Den anvendte tilgang er beskrevet under afsnit om forudsætninger (Bilag).

Fugtbelastningsklasser

Fugtbelastningsklasser benyttes af branchen til at dimensionere fugtpåvirkningen i indeklimaet ud fra bygnings-/ rumtype jf. SBi-anvisning 277. Ved fugttekniske vurderinger af en konstruktion, kan overholdelse af fugtbelastningsklasserne bruges som performance indikator for konstruktionens fugtmæssige robusthed. I Danmark dimensioneres boliger, især lejeboliger, ofte efter fugtbelastningsklasse 3. Her vil et funktionelt mekanisk ventilationsanlæg dimensioneret efter Bygningsreglementets anvisninger betydeligt reducere fugtpåvirkningen fra indeklimaet.

Tabel 4.2 Fugtbelastningsklasser ud fra eksempler på rumtyper i den danske kontekst jf. SBi 277.

💧	*1 Ubenyttede bygninger, tørre lagerhaller, idrætshaller uden tilskuere, industribygninger uden fugtproduktion*
💧💧	*2 Kontorer, forretninger, boliger med normal beboelsestæthed og ventilation*
💧💧💧	*3 Boliger med ukendt beboelsestæthed, idrætshaller med mange tilskuere*
💧💧💧💧	*4 Storkøkkener, kantiner, bade- og omklædningsrum*
💧💧💧💧💧	*5 Specielle bygninger, f.eks. vaskerier, bryggerier, svømmehaller*

Risiko for skimmel og råd

Biobaserede byggematerialer kræver særlig opmærksomhed omkring skimmel og råd, da det organiske indhold giver næringsstoffer, der skaber gode vækstbetingelser. Fugtteknisk dimensionering af de konstruktionsopbygninger kan bidrage til at holde temperatur- og fugtforhold under de kritiske grænser ved at reducere de tre andre vækstbetingelser for skimmel og råd: Temperatur, relativ luftfugtighed og tid. Skimmelmodeller kan med fordel anvendes til risikovurdering, da vækstbetingelser for skimmel typisk vil opstå før råd.

Anvendelsen af nye afgrøder til byggematerialer kræver dog større indsatser for at kortlægge deres udfaldskrav og kritiske grænser. Undersøgelser af biobaserede materialer der udsættes for luftfugt (vanddamp) og ved vandskader (vand) er bl.a. undersøgt af BUILD.

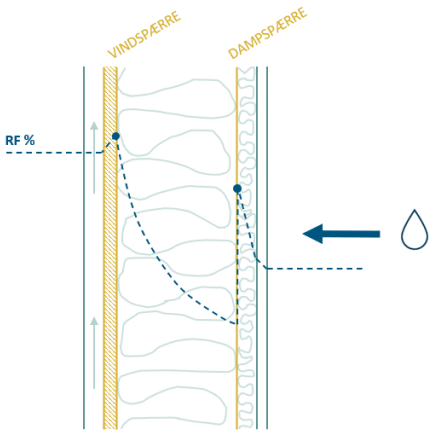
Diffusionstætte lag

Den fugttekniske opbygning af konstruktioner kræver særlige hensyn til diffusionstætte lag. Diffusionstætheden af et materiale vurderes ud fra diffusionsmodstanden, også kaldet Z-værdien. Diffusionstætte lag omfatter typisk membraner eller plader, som dampspærrer (>50 GPa s m^2/kg), dampbremser (10-50 GPa s m^2/kg) og vindspærrer (<15 GPa s m^2/kg). Placeringen af diffusionstætte lag har betydning for, hvor de kritiske placeringer i en konstruktion opstår. Der vil typisk ske en fugtophobning foran disse, da fugtvandringen her bremses, som demonstreret ved vindspærre og dampspærre på Figur 4.3.

Den relativ luftfugtighed vil typisk være højest ved den kolde yderside (foran vindspærren), hvor der i værste fald dannes kondens. En fugtophobning foran diffusionstætte lag kan generelt være problematisk i både kerneisoleringen og installationslaget, hvis den overskrider skimmelgrænsen, der ligger lavere for biobaserede materialer end for de mineralske. Her bør diffusionstætte lag vælges med omhu, så konstruktionerne opføres lufttætte, men ikke medfører skadelig fugtophobning.

Tæthedsplanet og tæthedsforhold

Bygninger skal opføres, så de er lufttætte for at sikre, at varm, fugtig indeluft ikke trænger ud konstruktionerne, og at kold udeluft ikke trænger ind i bygningen. Tæthedsplanet i det biobaserede byggeri skabes ofte ved indvendig side i form af



Figur 4.3 Princip for fugtophobning foran diffusionstætte lag i en ydervægskonstruktion, angivet ved den relative luftfugtighed.

dampspærrer, dampbremser eller plader. Den valgte løsning skal være tilstrækkelig tæt til at overholde tæthedskravet for bygningen jf. BR18 §263. Her kræver samlinger og gennemføringer særlig opmærksomhed med hensyntagen til eventuelle bevægelser i byggeriet, da de skal udføres helt lufttætte for at sikre et sammenhængende tæthedsplan.

Forholdet i diffusionstætheden (Z-værdien) mellem vindspærren og dampspærren skal være mindst 1:10 ved brug af dampspærrer med en Z-værdi på mindst 50 GPa s m^2/kg jf. SBi 278 for at undgå uhensigtsmæssig fugtophobning i konstruktion. Diffusionsåbne konstruktioner, der typisk anvender dampbremser af membraner eller plader (10 - 50 GPa s m^2/kg), giver anledning til en øget fugttransport igennem konstruktionen. Her kan det nødvendige tæthedsforhold ikke fastlægges som en generel anbefaling, da det tilsvarende afhænger af fugtkapaciteten i omkringliggende materialer og temperaturprofilen af konstruktionen. Dette kan medføre enten lavere eller højere nødvendige tæthedsforholdet og kræver derfor en fugtteknisk vurdering af den enkelte konstruktion.

Fugtkapacitet

Fugtkapaciteten af et materiale definerer dets evne til at optage og afgive fugt. Biobaserede materialer har typisk en højere fugtkapacitet sammenlignet med mineralske materialer. Denne egenskab fungerer som en buffer mod udsving i den omgivende relative luftfugtighed, både i indeklimaet og inde i konstruktionen.

Effektiv udnyttelse af fugtkapaciteten kræver imidlertid, at fugten kan transporteres til materialet. Ligesom varmeakkumulering i de inderste lag af en konstruktion påvirker indetemperaturen, er det også her, reguleringen af den relative luftfugtighed i indeklimaet primært foregår.

En forøget fugtkapacitet inde i konstruktionen kan være særlig gavnlig under perioder med øget fugtbelastning, hvor materialet bidrager til at regulere fugtpåvirkningen internt. Materialets densitet og volumen spiller en væsentlig rolle i bestemmelsen af den praktiske fugtkapacitet, der med fordel kan overvejes ved valg af materiale og konstruktionsopbygning.

Isoleringstykkelse

Bygningsreglementets krav til energirammen, transmissionstab og U-værdier i nybyggeri fører til betydelige isoleringstykkelser i klimaskærmens konstruktioner. Disse isoleringstykkelser påvirker temperaturprofilen og deraf den relative luftfugtighed gennem konstruktionen. En høj isoleringstykkelse (lav U-værdi) fører til lavere temperaturer og højere relativ luftfugtighed mod konstruktionens yderside, hvilket kan øge sårbarheden i dette område. Omvendt medfører mindre isolering (høj U-værdi) lavere overfladetemperaturer, hvilket potentielt kan forårsage overfladekondens og skimmelvækst. Ved valg af isoleringsmængder bør der tages hensyn til både energitab, fugtproblematikker og livscyklusvurdering (LCA).

Performanceindikator

Højest mulige fugtbelastningsklasse konstruktionen kan anvendes i.

4.4 Termisk masse

I byggeriet har den termiske masse i bygningsdele stor betydning for temperaturudsvingene i et rum i løbet af dagen. I let byggeri, især i overgangsperioder og om sommeren, opstår der ofte udfordringer med overophedning. Ved at anvende tungere materialer med højere varmekapacitet, kan denne risiko reduceres, hvilket sikrer mere behagelige temperaturforhold.

Alle eksponerede bygningsflader påvirker et rums termiske masse, men særligt de bygningsdele, der udsættes for direkte solstråling, har potentiale for at akkumulere store mængder solvarme. Dette gælder typisk gulve og indervægge, der har en større eksponeringsflade.

Konstruktionernes varmekapacitet estimeres ved at summere varmekapaciteten af de enkelte materialelagene indtil:

- Midten af en rumadskillende flade
- En tykkelse på 100 mm af de pågældende materialer
- Typisk medregnes isoleringslag ikke i varmekapaciteten, men da biobaserede isoleringsmaterialer har en højere densitet, medregnes de i dette tilfælde

Temperaturstabilitet

Materialer med høj termisk masse har evnen til at absorbere og lagre varmeenergi over længere tid. Denne egenskab gør det muligt at optage overskydende varme fra omgivelserne i løbet af dagen og frigive den igen om natten, når temperaturen falder.

Udover den termiske masse bidrager biobaserede materialers fugtkapacitet også til temperaturregulering. Fugtoplagring i konstruktionen øger den samlede termiske masse, da fugt har en betydelig varmekapacitet, hvilket yderligere kan stabilisere indetemperaturen.

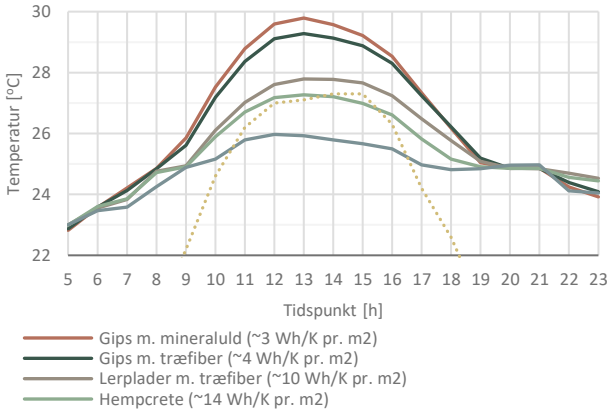
Energiforbrug

Ved at udnytte den termiske masse i bygningsdele, kan man reducere behovet for opvarmning og køling af bygningen. Udjævning af temperaturudsvingene mindsker behovet for konstant temperaturregulering med opvarmnings- og kølesystemer, hvilket fører til lavere energiforbrug og reducerede omkostninger.

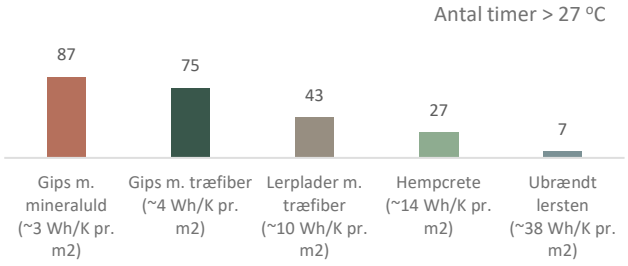
Varmekapacitetens betydning

En analyse af betydningen af varmekapaciteten i indervæggene for et soveværelse er vist i Figur 4.4 og Figur 4.5. Analysen er baseret på et rum orienteret mod syd i et let byggeri. Rummet er indeliggende, og i analysen varierer materialerne i de fem indvendige vægge. Der ses en tydelig effekt på temperaturstigningen over en sommerdag ved anvendelsen af tungere materialer, som hempcrete og ubrændte lersten. Ved anvendelse af de lette indervægge (3-4 Wh/K pr. m^2) ses en forskel på næsten 1°C i den maksimale rumtemperatur imellem løsningerne med mineraluld og træfiberisolering, hvor de maksimale temperaturer når ca. 29-30°C. For de middeltunge indervægge (10-15 Wh/K pr. m^2) reduceres den maksimale temperatur til ca. 28°C, mens tunge indervægge (38 Wh/K pr. m^2) resulterer i en maksimal temperatur på ca. 26°C.

Den samme tendens ses gennem hele året, hvor antallet af timer over 27°C reduceres betydeligt ved brug af tungere materialer i indervæggene.



Figur 4.4: Temperaturudvikling i soveværelse en sommerdag med variation af indervægge.



Figur 4.5: Antal timer over 27 °C i soveværelse med variation af indervægge.

Performanceindikator

Konstruktionernes termiske masse evalueres ved en forenklet beregning af varmekapacitet af den relevante del af konstruktionsopbygning

4.5 Brand

Biobaserede byggematerialer er typisk mere brandbare og termisk påvirkelige end konventionelle byggematerialer som beton, stål og mineraluld. Det er derfor vigtigt, at de biobaserede byggematerialer har den rette brandklassifikation og er beskyttet af materialer, der kan sikre tilstrækkelig brandsikkerhed i forhold til deres anvendelsesområde. Denne tilgang skal sikre, at bygnings- og personsikkerhed ikke kompromitteres ved brug af mere brandbare materialer.

Når en brandrådgiver skal dokumentere brandsikkerheden i en bygning, er det afgørende at kunne redegøre for den brandsikkerhedsmæssige robusthed i den samlede løsning. Det betyder, at der kan være forskellige tilgange fra brandrådgiver til brandrådgiver, hvad angår krav og acceptkriterier, især i forbindelse med byggeri i brandklasse 3 og 4.

Løsningerne i nærværende inspirationskatalog er derfor ikke et projekteringsværktøj. Det frarådes at genbruge de anviste eksempler ukritisk, da alle løsninger bør tilpasses det specifikke projekt. Kataloget skal i stedet illustrere, hvordan det er muligt at anvende biobaserede materialer under de forskellige niveauer, brandsikkerhed er inddelt i.

Biobaseret isolering og anvendelse af træ som bærende konstruktioner

I inspirationskataloget præsenteres løsninger, hvor de bærende konstruktioner som udgangspunkt er af træ (eller andet biobaseret materiale), og hvor isoleringen er biobaseret (og derfor klassificeres som brandbart materiale). Når det ikke er muligt at anvende biobaserede materialer, for eksempel af hensyn til brand, præsenteres der løsninger med ikke-ressourceknappe materialer, der har minimal forarbejdning og lav miljøbelastning, såsom ubrændte lersten eller -plader.

Præ-accepterede løsninger

Præ-accepterede løsninger udgør standardiserede konstruktioner, som opfylder kravene til brandsikkerhed uden behov for yderligere dokumentation, fordi de er baseret på tidligere anerkendte tekniske specifikationer. I de præ-accepterede løsninger er det i dag muligt at anvende bærende trækonstruktioner i bygninger med øverste etage op til 12 meters højde og biobaseret isolering op til 22 meter. Ved kombinationen af disse reduceres grænsen dog til 5,1 meter. Ønsker man et byggeri over to etager med både bærende konstruktioner i træ og biobaseret isolering, ligger dette udenfor de præaccepterede løsninger og skal derfor udføres i henhold til brandklasse (BK) 3 eller 4.

OBS!

Inspirationskataloget er ikke et projekteringsværktøj. Det frarådes derfor at genbruge de anviste eksempler ukritisk, da der i alle henseender bør tages udgangspunkt i det konkrete projekt.

I disse tilfælde kan en certificeret brandrådgiver (BK3/4) dokumentere brandsikkerheden ved brug af metoder, der adskiller sig fra dem, som er beskrevet i *Bygningsreglementets vejledning til kapitel 5 - Brand* (præ-accepterede løsninger). Eksempler på sådanne metoder kan inkludere brandtekniske vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser.

Løsninger udenfor det præ-accepterede område

Erfaringen med brandteknisk dokumentation af brandbare konstruktions- og isoleringsmaterialer i Danmark er begrænset. Det betyder, at en certificeret brandrådgiver ofte vil kræve en brandtest af den aktuelle konstruktion for at kunne stå inde for den brandtekniske sikkerhed.

Hvis der foreligger en klassifikationsrapport for en biobaseret konstruktion, eksempelvis fra DBIs testinstitut, kan en BK2-rågiver anvende den testede konstruktion baseret på brandtestresultatet. Udfordringen ligger dog ofte i andre aspekter, eksempelvis håndtering af samlinger, der ofte vil kræve en brandteknisk vurdering. Derfor vælger man ofte at inddrage en BK3- eller BK4-rådgiver for at sikre en højere grad af fleksibilitet, robusthed og sikkerhed.

BK2-rådgivere har mulighed for at lave op til fem fravigelser, som derefter skal godkendes af BK3- eller BK4-rådgiver. I praksis betyder det, at selv for relativt simpelt og traditionelt byggeri (hvor øverste etage overstiger 5,1 m), kan det være nødvendigt at hæve brandklassen til BK3 eller BK4 for at muliggøre løsninger uden for det præaccepterede område, afhængig af om fravigelserne kan dokumenteres iht. Kap. 8 – Eftervisninger til BR18.

I mere komplekse byggerier, som automatisk indplaceres i brandklasse 3 eller 4, er konsekvenserne mindre betydelige, da disse bygninger allerede kræver en højere grad af brandsikkerhed og der stilles større krav til den teknisk dokumentation.

Evaluering af konstruktioners performance ift. brand

De enkelte konstruktioners brandperformance i inspirationskataloget er vurderet med hensyn til, hvilken brandklassifikation de forventes at opnå for overflade-/ brandinddækning samt samlet brandmodstandsevne, hvis de blev brandtestet. Vurderingen er udført af Artelia med rådgivning fra DBIs testafdeling og baseret på udførte brandtests, herunder erfaringer fra projektet Wood:UpHigh.

Da konstruktionerne i inspirationskataloget er baseret på generiske byggematerialer og ikke specifikke produkter, og deres brandtekniske egenskaber er lavet på en vurdering, kræves der stadig en test, bedømmelse eller udtalelse fra DBIs testafdeling for at skabe den endelige brandtekniske dokumentation.

For at opnå en generisk vurdering har der været fokus på, hvad beklædningen eller inddækningen kan opnå, når de installeres på en standard træskeletkonstruktion med isolering i materialeklasse F. Denne fremgangsmåde forenkler processen, men det er vigtigt at bemærke, at dimensioneringen af den bærende konstruktion samt brandbarheden af isolering og øvrige materialer også har indflydelse på konstruktionens samlede brandmodstandsevne.

I praksis vil det typisk være den indvendige beklædning og den udvendige beklædning (vindspærren), der sikrer tilstrækkelige inddækning af den biobaserede isolering og konstruktionen. Disse elementer spiller også en væsentlig rolle i forhold til konstruktionens samlede brandmodstandsevne. For eksempler på inddækninger og deres forventede brandperformance, henvises der til afsnit 5.1 Indvendig beklædning og 5.2 Vindspærre.

Krav til brandinddækning og brandmodstandsevne

I inspirationskataloget er løsningerne udformet med henblik på at opfylde det samme niveau af brandsikkerhed som for de præ-accepterede løsninger, særligt hvad angår inddækningskrav for isolering og konstruktionernes samlede brandmodstandsevne. Kravene til inddækning og brandmodstandsevne afhænger af bygningstypologien, herunder primær anvendelse og højde, samt isoleringens brandbarhed, og om konstruktionen er bærende eller ikke-bærende. For bærende konstruktioner kan der desuden være krav til anvendelse af brandbeskyttelsessystemer, såsom $K_2$60 / A2-s1,d0, især når man arbejder inden for præ-accepterede løsninger eller når det indgår som en del af en samlet brandteknisk robusthed.

Bygningstypologierne er baseret på kravene til inddækning af isolering og bygningsdelens brandmodstandsevne, som defineret i de præ-accepterede løsninger jf. Bygningsreglementet (BR18). Disse typologier dækker ikke alle typer byggeri, men det vurderes at omfatte en betydelige del af det byggeri, hvor der er stort potentiale for biobaserede konstruktioner. For yderligere information og en præcis definition af de anvendte bygningstypologier, henvises der til Bilag.

Nedenstående skema illustrerer kravene til brandinddækning af isolering og bygningsdelens brandmodstandsevne ved forskellige bygningstypologier samt isoleringsmaterialers reaktion mod brand. For at give et bedre overblik er tabellen forenklet, så brandmodstandsevnen kun er angivet i minutter, hvilket angiver den tid, konstruktionen skal modstå en brand. Afhængigt af konstruktionstypen kan der være krav til bæreevne (R), integritet (E) og/eller isolation (I).

Tabel 3: Krav til Brandmodstandsevne, brandinddækning og overfladers reaktion mod brand afhængig af bygningstypologi og isoleringsmateriale.

Klasse isoleringsmateriale		Bygningstypologi: Enfamiliehus Øverste etage < 5,1 m	Etagebolig Øverste etage 5,1-12 m	Etagebolig øverste etage 12-22 m	Etagebolig Øverste etage > 22 m	Kontor Øverste etage < 12 m	Industri/lager én etage****
Brandmodstandsevne		30 min	60 min	120 min	120 min	60 min	60 min
Mindst A2-s1,d0	Ikke-bærende	K_1 10 / D-s2,d2*	K_1 10 / B-s1,d0	K_1 10 / B-s1,d0	K_1 10 / B-s1,d0	K_1 10 / B-s1,d0	K_1 10 / D-s2,d2*
	Bærende	K_1 10 / D-s2,d2*	K_1 10 / B-s1,d0	K_1 10 / B-s1,d0	K_1 10 / B-s1,d0	K_1 10 / B-s1,d0	K_1 10 / D-s2,d2*
Mindst B-s1,d0	Ikke-bærende	K_1 10 / D-s2,d2*	K_1 10 / B-s1,d0	K_1 10 / B-s1,d0	K_1 10 / B-s1,d0	K_1 10 / B-s1,d0	K_1 10 / D-s2,d2*
	Bærende	K_1 10 / D-s2,d2*	K_1 10 / B-s1,d0	K_1 10 / B-s1,d0	K_1 10 / B-s1,d0	K_1 10 / B-s1,d0	K_1 10 / D-s2,d2*
Mindst D-s2,d2	Ikke-bærende	K_1 10 / D-s2,d2*	K_1 10 / B-s1,d0	K_1 10 / B-s1,d0	K_1 10 / B-s1,d0	K_1 10 / B-s1,d0	K_1 10 / B-s1,d0
	Bærende	K_1 10 / D-s2,d2*	$K_2$60 / A2-s1,d0**	$K_2$60 / A2-s1,d0**	$K_2$60 / A2-s1,d0**	$K_2$60 / A2-s1,d0**	$K_2$30/ A2-s1,d0**
Ringere end D-s2,d2	Ikke-bærende	K_1 10 / B-s1,d0	K_1 10 / B-s1,d0	K_2 30 / A2-s1,d0***	K_2 30 / A2-s1,d0***	K_1 10 / B-s1,d0	K_1 10 / B-s1,d0
	Bærende	K_1 10 / B-s1,d0	$K_2$60 / A2-s1,d0**	$K_2$60 / A2-s1,d0**	$K_2$60 / A2-s1,d0**	$K_2$60 / A2-s1,d0**	$K_2$30/ A2-s1,d0**

- Kan anvendes som præaccepteret løsning (BK2)
- Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser (BK4)
- Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser (BK4) Ekstra robusthed (fx sprinkling) for at sikre tilstrækkelig brandmæssig robusthed.
- Kan ikke anvendes

* Udvendig overflade kan alternativt være materiale klasse D-s2,d2 (ingen krav om K_1 10 beklædning), hvis minimum 2,5 m til naboskel, vej-, og stimidte samt Klasse B_{ROOF} (T2) tagdækning.

** Bærende konstruktioner inddækkes med brandbeskyttelsessystem K_2 60 / A2-s1,d0. Dette opfylder også overfladekravet K1 10 / B-s1,d0

*** K_2 30 / A2-s1,d0 skal varetage kravet om EI30 / A2-s1,d0 brandbeskyttelse

**** Maks. brandcelle 1000 m2 og ILK 1-4

For visse bygningsdele, afhængigt af byggeprincippet, stilles der kun overflade-/inddækningskrav, uden krav om brandmodstandsevne. Dette gælder eksempelvis ofte for indervægge i boligen eller påhængte facader, som er ikke-bærende og ikke-adskillende.

Baseret på skemaet er der defineret fem niveauer for konstruktionernes brandperformance:

- *Niv. 1:* 30 min + $K_1$10 / D-s2,d2
- *Niv. 2:* 30 min + $K_1$10 / B-s1,d0
- *Niv. 3:* 60 min + $K_1$10 / B-s1,d0
- *Niv. 4:* 120 min + $K_1$10 / B-s1,d0
- *Niv. 5:* $K_2$60 / A2 s1,d0

Dobbeltplade-løsning eller brandtest ved biobaseret isolering

For alle klassificerede $K_1$10-inddækninger gælder, at de er testet og klassificeret monteret på en spånplade (D-s2,d2), hvilket betyder, at de skal monteres på tilsvarende eller bedre for at opretholde deres klassificering. Det betyder i praksis, at $K_1$10-inddækningen som udgangspunkt ikke kan anvendes direkte på biobaseret isolering. Det indebærer, at en fibergipsplade, som producenten angiver opfylder $K_1$10-kravene, skal monteres på eksempelvis en træplade eller en ekstra gipsplade for at kunne anvendes sammen med biobaseret isolering. For enfamiliehuse (øverste etage maks. 5,1 m) og isoleringsprodukt klasse D-s2,d2 eller bedre kan en enkeltplade-løsning dog anvendes præ-accepteret såfremt denne er D-s2,d2 eller bedre.

Hvis der ønskes en løsning, hvor pladen alene monteres direkte mod biobaseret isolering, kræves en brandtest for at sikre, at pladen opfylder $K_1$10-kravene i den specifikke opbygning. Da meget få beklædningsproducenter indtil nu har udført tests direkte mod biobaseret isolering, er det ofte nødvendigt at gennemføre tests på de enkelte projekter.

Opmærksomhedspunkter ved bærende trækonstruktioner og biobaseret isolering

- Facadematerialer
- Sprinkling giver ekstra robusthed og kan åbne for lempelige krav til inddækning
- Gennemføringer installationer (inddækkes med ikke-brandbar isolering) eller testes
- Strømudtag (inddækkes med ikke-brandbar isolering) eller testes

Performanceindikator

Konstruktionernes egenskaber ift. brand evalueres på baggrund af overfladernes (brandinddækning) brandklasse og en vurdering af konstruktionens generelle brandmodstandsevne.

Brandperformance for konstruktionerne kategoriseres i fem niveauer:

- **Niv. 1: 30 min + $K_1$10 / D-s2,d2**
- **Niv. 2: 30 min + $K_1$10 / B-s1,d0**
- **Niv. 3: 60 min + $K_1$10 / B-s1,d0**
- **Niv. 4: 120 min + $K_1$10 / B-s1,d0**
- **Niv. 5: $K_2$60 / A2 s1,d0**

4.6 Lydisolation

Lydisolation i bygninger handler grundlæggende om at reducere lydoverførsel mellem rum og etager. Der skelnes mellem luftlyd, som overføres gennem luften fra eksempelvis samtaler eller musik, og trinlyd, som stammer fra direkte stød og bevægelser på overflader, såsom fodtrin. Bygningsdele som indervægge og etagedæk er afgørende for at begrænse både luft- og trinlyd. I konstruktioner med biobaserede materialer, som træ eller andre biobaserede ressourcer, kan det være en udfordring at sikre tilstrækkelig lydisolering, da disse materialer ofte har lavere masse og stivhed sammenlignet med konventionelle byggematerialer som beton. Det er derfor nødvendigt at optimere på sammensætningen af materialer i bygningsdele for at opnå den ønskede akustiske ydeevne.

I inspirationskataloget er lydisoleringen for de enkelte konstruktioner vurderet ud fra deres evne til at dæmpe luft- og trinlyd. Vurderinger er foretaget ved hjælp af akustiske modeller, der beregner lydisoleringen ud fra materialetype, densiteter og tykkelser. Lydisolationen er undersøgt for forskellige etagedæk og indervægge, som omfatter de bygningsdele, hvor Bygningsreglement (BR18) stiller krav og anbefalinger til lydisolation. Fokus har været på at præsentere løsninger, der sikrer et tilfredsstillende lydniveau i forskellige bygningstypologier ift. både luftlydsisolering mellem rum og etager, samt trinlydsdæmpning mellem etager. For yderligere information om lydisolation i etagedæk, der inddrager økonomiske og klimamæssige perspektiver, henvises til Realdania-rapporten *Fremtidens biobaserede etagedæk*.

Lydkrav og -anbefalinger

Bygningsreglementets krav til lydforhold er baseret på DS 490:2018 "Lydklassifikation af boliger" og fokuserer på luftlydisolation og trinlydniveau. Derudover indeholder Bygningsreglementet anbefalinger vedrørende lydisolation ved lave frekvenser, især når der anvendes lette konstruktioner. Lette etagedæk, defineret som dæk med en masse pr. arealenhed under 250 kg/m², kan have utilstrækkelig lydisolation ved lave frekvenser, hvilket understreger vigtigheden af at vælge passende materialer og konstruktionsteknikker for at opnå tilfredsstillende lydforhold i bygninger med biobaserede materialer.

Alle lydkrav i BR18 skal dokumenteres for den færdige bygning, hvor alle lydens transmissionsveje inkluderes i målingen.

Luftlydsisolering

Luftlydsisoleringen afhænger af konstruktionens masse og opbygning. Generelt giver tungere materialer og flerlagskonstruktioner bedre lydisolering. Biobaserede materialer som træfiber- eller plantefiberisolering kan levere en høj grad af luftlydsisolering, når de kombineres med tunge plademateriale eller dobbeltlag af gipsplader. Samtidig spiller korrekt tætnede samlinger og udfyldning en stor rolle for at opnå den ønskede lydreduktion.

Trinlydsniveau

Trinlydsdæmpning kræver en kombination af materialer, der kan absorbere stød og vibrationer, som typisk overføres gennem etagedæk. Typisk kan et etagedæk optimeres ved brug af masselag, flere pladelag, bløde underlag og ophæng, der bidrager til at opnå en lav resonans. Ved brugen af biobaserede materialer kan der med fordel indtænkes tungere materialer som sand og ler for at øge massen.

Generiske vurderinger

Vurderingen af lydisoleringsegenskaberne for de forskellige konstruktioner er baseret på generiske byggematerialer, ligesom vurderingen af brandegenskaber. For at sikre den endelige lydtekniske dokumentation vil det i mange tilfælde være nødvendigt at udføre en praktisk lydmåling i det aktuelle projekt. Dette er især relevant i projekter med specifikke akustiske krav eller når der anvendes nye materialekombinationer, da de faktisk forhold kan variere fra de generiske vurderinger.

Performanceindikator

Konstruktionernes lydisolation evalueres efter beregnede egenskaber ift. Luftlydsisolation (R'_W) og Trinlydniveau ($L'_{n,W}$)

4.7 Miljøpåvirkning

Biobaserede byggematerialer spiller en væsentlig rolle i at fremme byggeri med lav klimabelastning og reduceret miljøpåvirkning, der udgør den centrale drivkraft bag den nødvendige omstilling af byggebranchen. Disse materialer har evnen til at optage CO_2 gennem fotosyntese og binde den i deres biomasse, hvilket bidrager til at reducere CO_2-niveauerne i atmosfæren over flere årtier. Derudover kræver produktionen af biobaserede materialer generelt mindre energi sammenlignet med konventionelle byggematerialer som beton og stål, der i forlængelse fører til lavere CO_2-udledning.

GWP som indikator for miljøpåvirkning

I dette inspirationskatalog er der valgt at fokusere på miljøindikatoren *Global Warming Potential (GWP)* for at evaluere konstruktionernes miljøpåvirkning. GWP'en repræsenterer sammen med *Biodiversitet* de to kategorier inden for de planetære grænser, hvor byggeriet har størst påvirkning. Biodiversitet er derfor også en væsentlig parameter i relation til byggeri, især når der anvendes biobaserede materialer, da disse præger naturen i forbindelse med dyrkning, høst og fældning. I forbindelse med udarbejdelse af kataloget har det desværre ikke været muligt at finde data af tilstrækkelig høj kvalitet til at vurdere konstruktionernes indvirkning på biodiversitet. I en efterfølgende fase af projektet *Veje til Biobaseret Byggeri* vil der blive arbejdet videre med at kvalificere konstruktionernes påvirkning af biodiversitet.

For at give et mere nuanceret billede af konstruktionerne og deres miljømæssige performance evalueres GWP i forskellige former og faser:

- GWP-Total
- GWP-Biogen
- GWP-Upfront (A1-A3)
- GWP-Fossil (A1-A3)

GWP-Total

Den totale GWP refererer til den samlede mængde drivhusgasemissioner, målt i CO2-ækvivalenter (CO2e), der er forbundet med hele livscyklussen af et byggemateriale eller en konstruktion. Dette inkluderer alle faser fra råstofudvinding, produktion, transport, installation, brug, vedligeholdelse samt bortskaffelse eller genbrug.

GWP-Total anvendes til at give et helhedsbillede af et byggemateriales eller en konstruktions samlede klimapåvirkning over dens levetid. Det fungerer som et vigtigt værktøj i livscyklusvurdering (LCA), der muliggør sammenligning af miljøpåvirkningen fra forskellige byggematerialer, konstruktionsopbygninger samt bygningsgeometrier.

GWP-Biogen

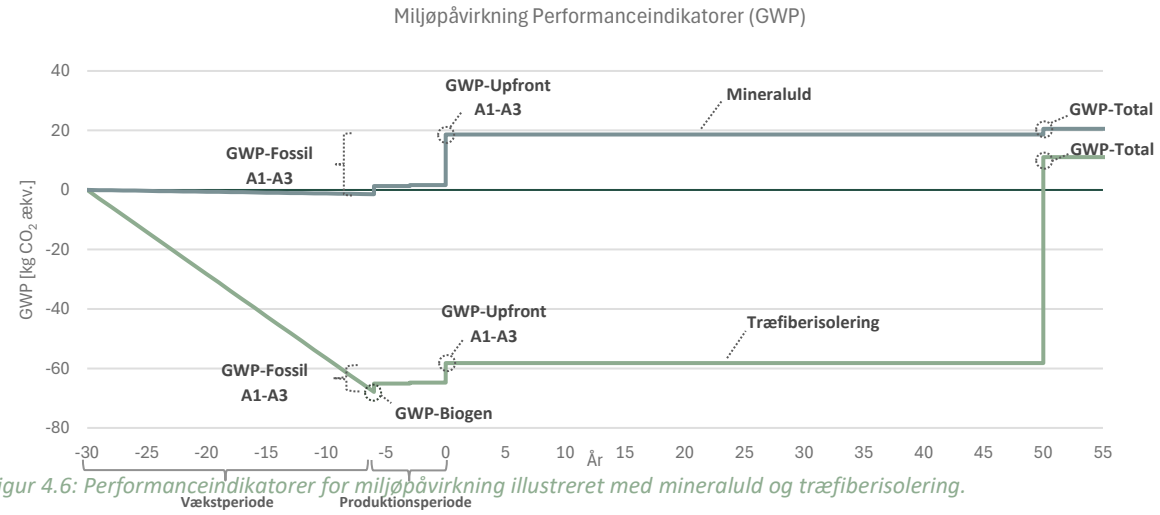
Den biogene GWP refererer til den mængde CO_2, der stammer fra biogene kilder i biobaserede byggematerialer. Biogen CO_2 er den CO_2, der optages og frigives af planten gennem biologiske processer som fotosyntese og respiration.

GWP-Biogen anvendes til at vurdere, hvordan biobaserede materialer påvirker klimabelastningen ved at lagre kulstof i materialet og udskyde CO_2-udledningen til en senere frigivelse ved slutningen af materialernes livscyklus, som typisk forekommer ved nedbrydning eller forbrænding.

GWP-Upfront (A1-A3)

Drivhusgasemissioner, der opstår i de tidlige faser af et byggemateriales livscyklus, betegnes som GWP-Upfront (A1-A3). Disse faser omfatter råstofudvinding, transport og fremstilling (faserne A1 til A3). Emissionerne måles i CO_2-ækvivalenter og repræsenterer den umiddelbare klimapåvirkning forbundet med produktionen af byggematerialet.

GWP-Upfront anvendes til at evaluere den indledende klimapåvirkning af byggematerialer. Dette er afgørende for



Figur 4.6: Performanceindikatorer for miljøpåvirkning illustreret med mineraluld og træfiberisolering.

at forstå og reducere emissionerne tidligt i byggeprocessen, især i projekter, der søger at være CO_2-neutrale eller lav-emission.

GWP-Fossil (A1-A3)

Drivhusgasemissioner fra fossile brændstoffer, som er forbundet med råstofudvinding, transport og fremstilling af byggematerialer (faserne A1 til A3), betegnes som GWP-Fossil (A1-A3). Disse emissioner måles i CO_2-ækvivalenter og dækker både direkte og indirekte emissioner fra brug af olie, kul og naturgas.

GWP-Fossil anvendes til at kvantificere og forstå den fossile klimapåvirkning i de tidlige faser af byggematerialers livscyklus. Det hjælper med at identificere områder, hvor reduktion af fossil brændstofanvendelse kan fremme mere bæredygtige produktionsmetoder. Ved GWP Fossil (A1-A3) kan påvirkningen vurderes uden at inddrage antagelser omkring fremtidige emissioner i forbindelse med Endt Levetid, som ofte er forbundet med stor usikkerhed.

Performanceindikator

Konstruktionernes miljøpåvirkning evalueres efter:

- **GWP-Total [kg CO_2 pr. m^2 konstruktion]**
- **GWP-Biogen [kg CO_2 pr. m^2 konstruktion]**
- **GWP-Upfront (A1-A3) [kg CO_2 pr. m^2 konstruktion]**
- **GWP-Fossil (A1-A3) [kg CO_2 pr. m^2 konstruktion]**

POTENTIALEANALYSER

5 POTENTIALEANALYSER

Et vigtigt aspekt i at projektere bygninger med lavt CO_2-aftryk er at anvende de rette materialer på de rette steder og i de nødvendige mængde for at sikre et balanceret og effektivt byggeri.

I dette afsnit præsenteres en række potentialeanalyser, der belyser, hvordan de enkelte materialer opfylder kravet til deres funktion, samt hvilken betydning de har for bygningens drift og miljøbelastning. Eksempelvis kan isoleringsmaterialer have som primær funktion at reducere varmetab, men de påvirker også konstruktionens tykkelse, fugttekniske egenskaber (fugtkapacitet) samt miljøudledning.

Kataloget indeholder potentialeanalyser af følgende:

- *Indvendig beklædning* (i relation til den termiske masse og brandinddækning)
- *Vindspærre* (i relation til diffusionsåbenhed og brandinddækning)
- *Tæthedsforhold* (i relation til kombinationen af damp- og vindspærreløsninger)
- *Isoleringsmateriale* (i relation til varmeledningsevne og brandklassificering)
- *Optimeret anvendelse af massivt træ* (i relation til at reducere træforbrug ved anvendelse af nye geometrier og afgrøder)
- *Regnskærm* (i relation til brand og miljøpåvirkning)

Alle potentialeanalyserne inddrager miljøpåvirkningen (GWP) af de løsninger, der undersøges. Formålet med potentialeanalyserne er at sikre, at de biobaserede konstruktioner projekteres præcist i forhold til deres tilsigtede anvendelse.

5.1 Indvendig beklædning

Den indvendige beklædning af vægge, lofter og gulve har stor indflydelse på indeklimaet i et rum. Valg af materiale kan både påvirke komforten, funktionaliteten og æstetikken i rummet.

Termisk masse
Materialer med høj termisk masse, såsom ler og hempcrete, har evnen til at frigive og lagre varme langsomt. Dette hjælper med at stabilisere rummets temperatur og minimere temperaturudsving.

Levetid og vedligeholdelse
Holdbare materialer, der kræver minimal vedligeholdelse, kan forlænge rummets levetid og reducere det samlede ressourceforbrug over tid. Dette gør det muligt at bevare både økonomiske og miljømæssige ressourcer.

Brandinddækning
Indvendig beklædning indgår typisk som en del af brandbeskyttelsen af bygningens bagvedliggende konstruktion, når der anvendes brandbare, biobaserede konstruktioner.

Teksturer og materialer
Forskellige materialer og overflader kan tilføje karakter og dybde til et rum. Glatte overflader som glansmaling eller glas kan give et moderne look, mens ru overflader som mursten eller træ kan give en rustik og varm følelse.

Lydabsorption
For at forbedre rummets akustisk kan materialer som tæpper, tekstiler, træ og gipsplader absorbere lyd og reducere støjniveauet i et rum.

Potentialeanalysen

udgør en sammenligning af relevante egenskaber for en række forskellige indvendige beklædninger. Dette omfatter deres varmekapacitet, miljøpåvirkninger, samt deres vurderede brandtekniske egenskaber.

Der vurderes på materialernes reaktion mod brand, hvorvidt inddækningen vurderes at kunne overholde en brandbeskyttelse på $K_1 10$ / $K_2 60$ direkte på biobaseret isolering, samt en vurdering af, hvor længe en konstruktion vil kunne holde med den anvendte inddækning. Der tages udgangspunkt i en træskeletvæg med biobaseret isolering og samme beklædning på modsatte side.

De væsentlige punkter, der uddrages af analysen:

- Plader af ler med høj densitet har gode egenskaber som brandinddækning og et lavt CO_2-aftryk. Det er typisk nødvendigt at anvende tykkere plader for at opnå tilsvarende performance ift. brand som for gipsplader.
- Lerplader og hempcrete har en høj termisk masse og kan derfor bidrage til at temperaturregulere rummet.
- Hempcrete har gode brandtekniske egenskaber, men det er vigtigt, at det anvendes i den rette tykkelse til formålet, da CO_2-aftrykket fra kalkindholdet ellers bliver for stort.
- Gips- og brandgipsplader har et lavt CO_2-aftryk, der er sammenligneligt med biobaserede plader. De kan derfor udgøre et godt alternativ til disse materialer, hvis der er behov for bedre brandperformance.
- Brandindækning ved højere krav kræver typisk flere materialelag, der øger klimaaftrykket fra byggeriet.

Tabel 5.1 Varmekapacitet, brandperformance og miljøpåvirkningen af indvendige beklædningstyper.

Beklædning			Vurderet brandperformance					Miljøpåvirkning				Kommentar
	Dampdiffusionsmodstand	Varmekapacitet	30 min + K1 10 / D-s2,d2	30 min + K1 10 / B-s1,d0	60 min + K1 10 / B-s1,d0	120 min + K1 10 / B-s1,d0	K_2 60 / A2 s1,d0	GWP - Total	GWP - Biogen	GWP - Fossil A1-A3	GWP - Upfront A1-A3	
15 mm krydsfinerplade	16,4	3,2	🟢	🔴	🔴	🔴	🔴	22,2	-11,0	22,0	-5,0	Vurderet
22 mm OSB4-plade	29,4	5,2	🟢	🔴	🔴	🔴	🔴	53,8	-24,4	53,8	-13,7	Vurderet Kan anvendes som dampbremse
3 mm lerpuds 14 mm lerplade (tung)	0,6	7,3	🟡	🟡	🔴	🔴	🔴	22,9	-1,9	22,9	1,0	Wood Up High Indikativ Test 14 mm let lerplade dumper pga. forkulning i Wood Up High Indikativ
3 mm kalkpuds 19 mm Hempcrete-plade	0,5	4,5	🟢	🟢	🔴	🔴	🔴	22,9	-2,7	22,8	0,0	Wood Up High Test 8 K1 10 (28 min)
3 mm lerpuds 2 x 10 mm lerplade (tung)	0,7	10,0	🟢	🟢	🟡	🔴	🔴	44,0	-2,7	44,0	1,3	Wood Up High Test 3 (REI45) Tunge lerplader er bedst egent til anvendelse på lodrette flader
3 mm lerpuds 14 mm lerplade (let) 22 mm OSB4	26,9	10,7	🟡	🟡	🟡	🔴	🔴	74,4	-26,4	74,4	-13,0	14 mm let lerplade dumper pga. forkulning i Wood Up High Indikativ
3 mm lerpuds 2 x 14 mm lerplade (let) 22 mm OSB4-plade	29,9	12,5	🟢	🟢	🟡	🔴	🔴	86,6	-26,3	86,6	-17,7	Lerplader vurderes i sig selv at kunne overholde K1 10. Løsning med lerplader og OSB4-plade vil derfor kunne anvendes uafhægigt af isoleringsmateriale
3 mm lerpuds 10 mm + 22 mm lerplade (let)	3,1	11,1	🟢	🟢	🟢	🔴	🔴	33,3	-2,2	33,3	1,1	Wood Up High Test 6 (REI60) K1 10 (22 mm)
3 mm kalkpuds 19 mm hempcrete-plade 22 mm lerplade (let)	2,5	11,4	🟢	🟢	🟢	🔴	🔴	50,0	-4,3	49,9	0,6	Wood Up High Test 8 (REI60) K1 10 (40 min)
12,5 mm Fibergipsplade 15 mm spånplade	4,5	8,2	🟢	🟢	🟢	🔴	🔴	61,1	-15,1	11,4	-13,7	Wood Up High Test 2 (REI60)
2 x 12,5 mm alm. gipsplade	1,1	4,6	🟢	🟢	🟢	🔴	🔴	35,5	-1,1	36,6	2,5	Vurderet. Hvis god vindspærre vurderes 60 min at kunne overholdes.
2 x 12,5 mm fibergips 22 mm træfiberplade	2,2	12,6	🟢	🟢	🟢	🔴	🔴	103,3	-13,0	104,4	-7,6	Wood Up High Test 4 (REI90)
12,5 mm Fibergipsplade 22 mm OSB4-plade	29,9	13,4	🟢	🟢	🟢	🔴	🔴	113,9	-39,5	71,1	-32,4	Vurderet på baggrund af Wood Up High Test 2
3 mm lerpuds 2 x 16 mm lerplade (tung)	1,0	15,3	🟢	🟢	🟢	🟡	🟡	61,2	0,0	0,0	0,0	Producent oplyser EI120 (med mineralsk isolering)
75 mm Hempcrete	1,9	16,9	🟢	🟢	🟢	🟡	🟢	106,8	-10,8	106,2	-0,6	Wood Up High Indikativ K2 60 (EI45) Kan kun anvendes på lodrette flader
2 x Brandgipsplade	1,6	7,1	🟢	🟢	🟢	🟡	🟢	60,0	-1,2	57,7	4,5	Brandtest udført (REI120 min) Plader falder ned ved 90 min og konstruktion skal kunne klare resten

🟢 Vurderes med rimelig sikkerhed, at overholde brandkrav
🟡 Vurderes til at kunne overholde brandkrav
🔴 Vurderes ikke at kunne overholde brandkrav

5.2 Vindspærre

Vindspærrer anvendes i let byggeri for at beskytte bygningen mod vind- og vejrforhold i samspil med regnskærmen. De er afgørende for at opnå energieffektive og holdbare bygninger.

Vindmodstand
Vindspærren skal kunne modstå vindtryk og beskytte de indre dele af konstruktionen mod vindbelastninger. Dette sikrer mod uønsket luftinfiltration og reduceret isoleringsevne, og dermed varmetab.

Diffusionsåben (åndbar)
Vindspærren skal tillade, at fugt fra indeluften kan passere ud af bygningen, hvilket hjælper med at forhindre fugtskader og skimmelsvamp.

Robusthed og holdbarhed
Vindspærren skal være robust nok til at modstå mekaniske belastninger og holdbar nok til at opretholde sin funktion over bygningens levetid.

Brandmodstand
Nogle vindspærrer har specifikke brandhæmmende egenskaber, hvilket kan være vigtige som brandbeskyttelse, afhængigt af bygningens design og anvendelsesområde.

Eksponering inden montage af regnskærm
Vindspærren kan i forskellig grad tåle af være eksponeret for udeklimaet (regn og UV-stråling), inden regnskærmen monteres. Biobaserede vindspærrer kan typisk tåle eksponering i op til 3 måneder, mens nogle vindspærre-løsninger af gips og fibercement kan tåle op til 12 måneders eksponering.

Nem installation
Vindspærren skal være nem at installere og tilpasse på byggepladsen, hvilket inkluderer fleksibilitet og lette monteringsmuligheder. Dette bidrager ligeledes til hurtig montering og tætning af byggeriet, der er et vigtigt led i udførelsen af det biobaserede byggeri

Potentialeanalysen

viser forskellige vindspærreløsninger og deres diffusionsmodstande (Z-værdi), vurderede brandtekniske egenskaber samt miljøpåvirkninger.
I forhold til de brandtekniske egenskaber er der vurderet på materialenes reaktion mod brand, hvorvidt inddækningen vurderes at kunne overholde en brandbeskyttelse på $K_1 10$ / $K_2 60$ direkte på biobaseret isolering, og en vurdering af, hvor læng e en konstruktion vil kunne holde med den anvendte inddækning. Der tages udgangspunkt i en træskeletvæg med biobaseret isolering og samme beklædning på modsatte side.

De væsentlige punkter, der uddrages af analysen:

- Krydsfiner har et lavt CO_2-aftryk og kan anvendes som vindspærre. Pladens vejrbestandighed bør dog tages i betragtning. Derudover har træpladen en forholds høj Z-værdi og derfor ikke hensigtsmæssig som vindspærre i diffusionsåbne konstruktioner
- Gips- og brandgipsplader har et lavt CO_2-aftryk, der er sammenligneligt med biobaserede plader. De kan derfor udgøre et godt alternativ til disse materialer, hvis der er behov for bedre brandperformance.
- Hempcrete her gode egenskaber ift. brand. Af hensyn til CO2-aftrykket bør tykkelsen af hempcrete, dog overvejes ift. behov for brandinddækning.
- En aludug kan anvendes i kombination med en biobaseret vindspærre for at øge den brandtekniske robusthed, særligt hvis vindspærren kombineres med en brandbar regnskærm. Aluduge kan fås diffusionsåbne for at sikre åndbarhed.
- Fibercementplader er meget vejrbestandige og kan stå eksponeret meget længe. Derudover har de gode brandegenskaber. Pladernes CO_2-aftryk er dog højt til sammenligning med de øvrige vindspærreplader.

Tabel 5.2 Brandegenskaber, miljøpåvirkning og Z-værdi (dampdiffusionsmodstand) på forskellige vindspærretyper.

Beklædning		Vurderet brandperformance					Miljøpåvirkning				Kommentar
	Dampdiffusionsmodstand	30 min + K1 10 / D-s2,d2	30 min + K1 10 / B-s1,d0	60 min + K1 10 / B-s1,d0	120 min + K1 10 / B-s1,d0	K_2 60 / A2 s1,d0	GWP - Total	GWP - Biogen	GWP - Fossil A1-A3	GWP - Upfront A1-A3	
15 mm krydsfinerplade	10,4	🟢	🔴	🔴	🔴	🔴	2,2	-11,0	2,0	-9,0	Brandegenskaber vurderet.
15 mm træfiberplade (300 kg/m3)	0,4	🟢	🔴	🔴	🔴	🔴	2,7	-7,4	2,8	-4,6	Brandegenskaber vurderet.
Aludug 15 mm træfiberplade (300 kg/m3)	0,9	🟢	🔴	🔴	🔴	🔴	7,1	-7,4	7,2	-0,2	Aludug kan bidrage til øget vejrbestandighed.
Isolerende aludug	0,5	🟢	🟢	🟡	🔴	🔴	5,1	0,0	5,1	5,0	
Isolerende aludug 15 mm træfiberplade (300 kg/m3)	0,9	🟡	🟡	🟡	🔴	🔴	7,8	-7,4	7,9	0,4	
9,5 mm vindgipsplade	0,6	🟢	🟢	🟡	🔴	🔴	1,7	-0,5	1,7	1,3	
3 mm kalkpuds 19 mm hempcrete-plade	0,5	🟢	🟢	🟢	🔴	🔴	2,9	-4,7	2,8	0,0	Wood Up High Test 8 K1 10 (28 min)
9 mm fibercementplade	3,8	🟢	🟢	🟡	🔴	🔴	6,3	-0,1	6,2	6,1	
75 mm hempcrete	1,9	🟢	🟢	🟢	🟡	🟡	10,8	-10,8	10,2	-0,6	Wood Up High Indikativ K2 60 (EI45) Kan kun anvendes på lodrette flader
2 x brandgipsplade	1,6	🟢	🟢	🟢	🟡	🟢	6,0	-1,2	5,7	4,5	Brandtest udført (REI120 min) Plader falder ned ved 90 min og konstruktion skal kunne klare resten

🟢 Vurderes med rimelig sikkerhed, at overholde brandkrav
🟡 Vurderes til måske at kunne overholde brandkrav
🔴 Vurderes ikke at kunne overholde brandkrav

5.3 Tæthedsforholdet

For at sikre mod uhensigtsmæssig fugtophobning i konstruktioner, er det væsentligt at indtænke materialevalg og placeringen af disse i opbygningen. Her anvendes tæthedsforholdet typisk som et værktøj til vurdering af de fugttekniske forhold. Tæthedsforholdet, også kendt som dampdiffusionsmodstandsforholdet, udgør en sammenligning i forholdet mellem Z-værdierne på de mere diffusionstætte lag i en konstruktion, som typisk udgøres af dampspærren eller -bremsen og vindspærren i det lette byggeri.

Tæthedsforholdet på 1:10, der beskriver forholdet i Z-værdien vindspærren og dampspærre, gør sig gældende ved dampspærrer med en Z-værdi på mindst 50 GPa m s^2/kg. Der vil dog være scenarier, hvor det nødvendig tæthedsforhold ligger højere eller lavere, afhængig af konstruktionsopbygningen, hvilket vil kræve en fugtteknisk vurdering og/eller beregning af den enkelte konstruktion.

Fugtkapacitet
Materialer, der har en høj fugtkapacitet kan optage og lagre fugt, mens den vandrer igennem konstruktionen. Der vil dog være en øvre grænse for, hvor meget der kan optages og er derfor typisk behjælpeligt ved udsving i den relative luftfugtighed. Denne effekt bidrager til at reducere det nødvendige tæthedsforhold.

Det kritiske punkt
De kritiske områder i en konstruktion opstår oftest foran diffusionstætte lag, samt hvor konstruktionen er kold. Dette er typisk bag vindspærren. Biobaserede materialer, der er sårbare over for skimmelvækst, kan have behov for en større forskel i tæthedsforholdet for at sikre at der ikke sker en fugtophobning, eksempelvis med en mere diffusionsåben vindspærre.

Potentialeanalysen

viser kombinationer af dampspærre- og vindspærreløsninger med deres respektive diffusionsmodstande (Z-værdier) og miljøpåvirkninger. I matricen ses forholdet mellem dampdiffusionsmodstanden for hhv. dampspærren og vindspærre. Forholdet mellem disse to skal være tilstrækkelig stort for at sikre, at der ikke opstår problemer ift. kondens og skimmel. Derudover er angivet til de to lag i kombinations GWP-total.

De væsentlige punkter, der uddrages af analysen:

- Ler- og gipsplader er ikke tilstrækkelig diffusionstætte til at kunne agere dampspærre.
- 15 mm krydsfiner er forholdsvis diffusionstæt, men vurderes at kræve en meget diffusionsåben vindspærre og generelt en konstruktion med meget stor fugtkapacitet, for at den vil kunne agere dampspærre
- 22 mm OSB4 vil med den rette kombination af isolering med stor fugtkapacitet og en forholdsvis diffusionsåben vindspærre være mulig at anvende som dampbremse.
- Dampbremse og -spærre af banevare, ses at give en god robusthed i forhold til tæthedsforholdet.
- Vindspærre af hempcrete blokke, fibercement eller brandgips, ses at være forholdsvis diffusionslukkede og det vurderes derfor vanskeligere at anvende dem i en diffusionsåben konstruktion.
- Generelt ses, at banevarerne både ift. damp- og vindspærre har lave CO2-aftryk – det skal dog bemærkes, at disse banevarer, ikke kan stå alene i en konstruktion og vil oftest skulle kombineres med en eller flere plader.

Tabel 3: Dampdiffusionsmodstand og GWP-total for kombination af gængse damp- og vindspærreløsninger.

			VINDSPÆRRE						
			Membraner*	Asfalt-impræg. træfiber 12 mm*	Vindgips 9 mm	Hempcrete 19 mm	Hempcrete 75 mm	Fiber-cement 9 mm	(2 lag) 15 mm
		Z-VÆRDI GPa s m²/kg	0,5	0,4	0,6	0,5	1,9	3,8	1,6
	Z-VÆRDI GPa s m²/kg	GWP kg CO_2-ækv. pr. m²	0,7	2,7	1,7	2,9	10,8	6,3	5,6
DAMPSPÆRRE									
Lerplade 14 mm**	0,6	2,9	1 / 3,6	2 / 5,6	1 / 4,6	1 / 5,8	0 / 13,7	0 / 9,2	0 / 8,5
Gipsplader 12,5 mm (2 lag)**	1,1	3,5	2 / 4,2	3 / 6,2	2 / 5,2	2 / 6,4	1 / 14,3	0 / 9,8	1 / 9,1
15 mm krydsfiner**	10,4	2,2	21 / 2,9	26 / 4,9	17 / 3,9	21 / 5,1	5 / 13,0	3 / 8,5	7 / 7,8
OSB4 22mm**	25	5,8	51 / 6,5	64 / 8,5	42 / 7,5	51 / 8,7	13 / 16,6	7 / 12,1	16 / 11,4
Dampbremse (plast)	50	0,7	100 / 1,4	125 / 3,4	83 / 2,4	100 / 3,6	26 / 11,5	13 / 7,0	31 / 6,3
Dampbremse (papir)	50	0,7	100 / 1,4	125 / 3,4	83 / 2,4	100 / 3,6	26 / 11,5	13 / 7,0	31 / 6,3
PE-folie	500	0,6	1000 / 1,3	1250 / 3,3	833 / 2,3	1000 / 3,5	263 / 11,4	132 / 6,9	313 / 6,2

- Forhold mellem vindspærre og dampspærre < 1:5
- Forhold mellem vindspærre og dampspærre < 1:10 eller dampspærre Z<50 Gpa s m2/kg
- Forhold mellem vindspærre og dampspærre >1:10

* Kan ikke brandklasifficeres til K1 10 eller densitet lavere end 300 kg/m³ og kan derfor ikke anvendes som inddækning af brandbar isolering.

**Konstruktioner med dampspærrer med Z-værdi lavere end 50 GPa s m²/kg kræver undersøgelse af fugtsagkyndig (SBi 279)

5.4 Isolering

Isolering er ofte fiberbaseret, hvilket gør det relativt enkelt at opføre biobaserede alternativer til konventionelle isoleringsprodukter, de kan anvendes på samme måde. Der findes allerede flere biobaserede produkter på markedet, som er fremstillet af materialer som græs, hør og træfibre. Det er dog vigtigt at være opmærksom på forskellene mellem de konventionelle isoleringsmaterialer og de biobaserede alternativer.

Isoleringsevne
Biobaserede isoleringsmaterialer har ofte en lidt højere λ-værdi (varmeledningsevne) end syntetiske materialer som polystyren eller mineraluld. Det betyder, at man muligvis skal bruge en større tykkelse af biobaseret isolering for at opnå samme isoleringsevne.

Hygroskopiske egenskaber
Mange biobaserede isoleringsmaterialer, såsom træfibre, cellulose og hamp, er hygroskopiske, hvilket betyder, at de kan optage og afgive fugt. Selvom dette kan være en fordel i forhold til at regulere luftfugtighed, er det vigtigt at sikre god ventilation i konstruktionen for at undgå opbygning af fugt, som kan føre til skimmelsvamp og materialenedbrydning.

Brandhæmmende behandling
Biobaserede isoleringsmaterialer har typisk en lavere naturlig brandmodstand end mineralske materialer som glasuld eller stenuld. Derfor skal man være opmærksom på, om isoleringen er brandhæmmende behandlet. Nogle materialer, som celluloseisolering, behandles ofte med brandhæmmende kemikalier for at forbedre brandsikkerheden.

Levetid og holdbarhed
Biobaserede isoleringsmaterialer kan være mindre modstandsdygtige over for nedbrydning over tid sammenlignet med mineralske alternativer. Det er vigtigt at sikre, at de anvendes i konstruktioner, hvor de er beskyttet mod ekstreme miljøforhold, såsom overdreven fugt eller UV-eksponering.

Miljøpåvirkning og bæredygtighed
En af de største fordele ved biobaseret isolering er, at det kommer fra fornybare ressourcer og er biologisk nedbrydeligt. Dog skal man være opmærksom på materialernes forsyningskæde og sikre, at de kommer fra bæredygtigt landbrug og er produceret på en miljøvenlig måde. Fibre til anvendelse som isolering kan produceres af mange materialer og kan eksempelvis være sidestrømme fra kornproduktion (halm) eller restfraktioner fra skovbrug. Fordi der ikke er nogle konstruktive krav til isolering, kan der anvendes materialer lavt i ”materialehierarkiet”.

Potentialeanalysen

viser forskellige isoleringsprodukter samt deres materialeegenskaber i form af varmeledningsevne, densitet og reaktion mod brand. Da der er stor variation isoleringsprodukternes materialeegenskaber er der der vist den anvendte værdi i kataloget samt et spænd for variation af produkter inden for samme katagori.

Derudover er angivet den nødvendigt isoleringstykkelse for at opnå en U-værdi=0,15 W/m2K i en træskeletvæg, samt hvilken materialeanvendelse, fugtkapacitet og varmekapacitet dette resulterer i.

De væsentlige punkter, der uddrages af analysen:

- Der ses generelt at den biobaserede isolering har højere varmeledningsevne end mineralulden, hvilket resulterer i en tykkere væg for at opnå samme U-værdi. Det leder til at større materialeforbrug, hvilket forstærkes af, at de biosbaserede isoleringsprodukter også er tungere end mineralulden.
- De biobaserede isoleringsprodukter har højere fugt- og varmekapacitet end den mineralsk, hvilket kan hjælpe til at stabilisere indeklimaet.
- Generelt er CO2-aftrykket for isolering forholdsvist lavt (pga. lav materialeanvendelse).
- Der ses generelt, at de biobaserede isoleringsprodukter er brandbare (ringere end B-s1,d0), det vil derfor typisk kræve en form for inddækning som brandbeskyttelse af isoleringen. Biobaseret isoleringsprodukter har et CO2-lagringspotentiale, hvilket ikke er tilfældet for de mineralske produkter. Der ses særligt, at den pressede halm har et stort lagringspotentiale pga. den høje densitet.
- Mineraluld har generelt et meget lavt CO2-aftryk, hvilket skyldes en meget optimeret produktion samt anvendelse af biogas og grøn strøm. Det formodes, at der også vil være et besparelsespotentiale for de biobaserede produkter, hvis produkterne kom op i en større skala.

Tabel 4: Isoleringsprodukter samt deres respektive materialeegenskaber.

Isoleringstype	Materialeegenskaber							Miljøpåvirkning				Kommentar
	Varmeledningsevne [W/mK]	Densitet [kg/m³]	Tykkelse for U=0,15 W/m²K [mm]	Materiale anvendelse [kg/m²]	Fugtkapacitet v. 50% RH [kg/m²]	Varmekapacitet [Wh/K pr. m²]	Reaktion mod brand	GWP - Total	GWP - Biogen	GWP - Fossil A1-A3	GWP - Upfront A1-A3	
Træfiberisolering, formstykke	0,036 0,036-0,045	50 50-65	300	15	0,9	2,6	E	3,4	-19,4	2,2	-17,2	
Hampefiberisolering, formstykke	0,041 0,040-0,041	35 35-45	330	12	0,5	2,1	D-s1,d0	6,1	-12,3	6,1	-6,2	
Græsfiberisolering, formstykke	0,041 0,041	40 40	330	13	0,7	1,7	E	11,5	-21,1	7,0	-14,1	
Presset halm	0,050 0,036-0,045	100 85-115	380	38	2,3	4,1	E	4,2	-41,7	4,2	-37,4	
Træfiberisolering, løsfyld	0,037 0,036-0,045	43 43-65	310	13	1,1	1,7	B-s2,d0	6,1	-17,2	6,0	-11,2	NB: Testmetode muligvis årsag til bedre resultat end andre biobaserede isoleringsprodukter. Det skal dokumenteres at fastholdelse af løsfyld under test ikke påvirker resultat.
Mineraluld, formstykke	0,034 0,034	28 28	290	8	0,0	1,0	A1	4,2	0,0	4,1	4,1	

5.5 Optimeret anvendelse af træ

Som et led i at optimere anvendelsen af træ og udnytte materialet mest effektivt, kan anvendelse af I-profiler i træ i stedet for massivt konstruktionstræ have flere fordele. I-profilerne er en tildannet træbjælke/-"regel" bestående af flanger i konstruktionstræ eller LVL og en krop i form af en plade af træ. Dette kan principielt også bestå af f.eks. landbrugsafgrøder. Pladen, som anvendes til kroppen, kan udføres af træ fra de lavere niveauer i "sortiment-hierarkiet" fra skoven, for eksempel energi- eller emballagetræ, som typisk er ringere kvalitet eller mindre dimension end tømmer til konstruktionstræ. Dette muliggør en større anvendelse af træ i byggeriet.

I-profiler har et bedre styrke-til-vægt-forhold, hvilket betyder, at de kan bære samme eller større belastning som massivt træ, men med mindre materiale og vægt. Dette resulterer i en betydelig reduktion i mængden af træ, der anvendes, fordi I-profilens design er optimeret til at bruge mindre materiale uden at gå på kompromis med styrken. I-profiler kan også i mange sammenhænge være mere stabile end massivt træ, da de ofte er lavet af lamineret finértræ eller limtræ, hvilket mindsker risikoen for vridning, krympning og opsvulmning.

Montage af I-profilerne er lettere at håndtere og installere på grund af deres lavere vægt, hvilket kan reducere arbejdstiden og de fysiske krav til de udførende. Massivt konstruktionstræ er tungere og kan være mere udfordrende at arbejde med, især ved større konstruktioner.

En anden fordel ved I-profiler er deres evne til at spænde over større afstande uden behov for mellemliggende støtte, hvilket gør dem ideelle til åbne planløsninger og store rum. Massivt konstruktionstræ kræver typisk mere støtte over større spændvidder, hvilket kan begrænse designfleksibiliteten.

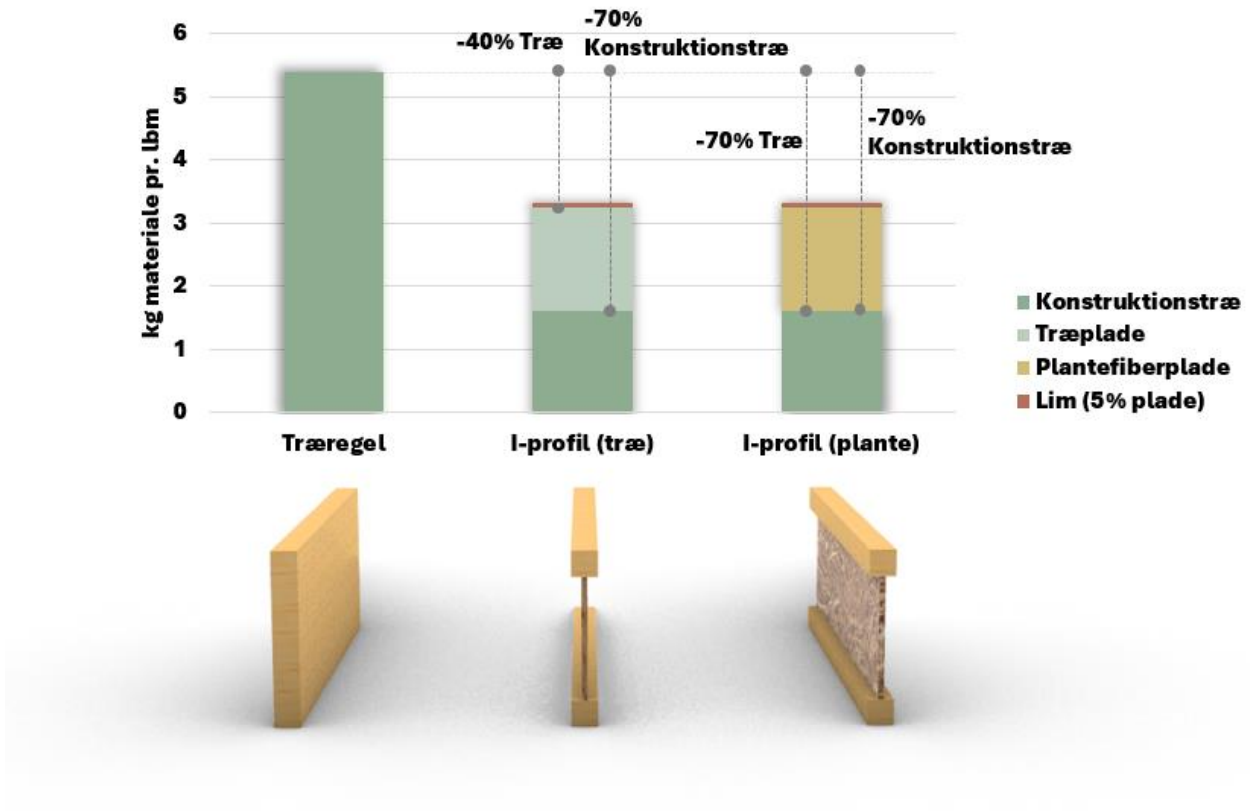
Potentialeanalysen

viser materialeanvendelsen for hhv. en massiv træregel (45x300mm) sammenlignet med et tilsvarende I-profil af træ med samme dimension, og et I-profil med krop af plantefiber (fx halm).

Det er uklart, hvorvidt et I-profil med krop af fx halm kan opnå samme styrke som hvis det var af træ, men profilet vil for eksempel kunne anvendes ikke-bærende facader, hvor vægtykkelsen i højere grad er fastlagt på baggrund af isoleringsbehovet end af styrkeegenskaber.

De væsentlige punkter, der uddrages af analysen:

- Ved at anvende et I-profil kan mængden af massivt konstruktionstræ reduceres med 70%. Noget af dette træ erstattes med en træplade i I-profilets krop (fx OSB eller hård fiberplade). Dette plademateriale kan komme fra tyndingstræ i mindre dimensioner eller restfraktioner ifm. med hugst. Det er derfor muligt at flytte en større andel af udbyttet fra skoven til anvendelse i byggeriet.
- Ved at udføre pladen i I-profilets krop andre afgrøder fx halm, hamp eller elefantgræs er det muligt at reducere den generelle træanvendelse med 70%. Det forventes ikke, at plader af landbrugsafgrøder kan erstatte træ til alle bærende formål, men profilet vil for eksempel kunne anvendes til ikke-bærende facader, hvor vægtykkelsen i højere grad er fastlagt på baggrund af isoleringsbehovet, og ikke af styrkeegenskaber.



Figur 7: Analyse af materialebehov ved anvendelse af I-profiler som alternativ til massivt konstruktionstræ.

5.6 Regnskærm

Regnskærmens formål er at beskytte de bagvedliggende materialer i konstruktionen mod vind og vejr. Samtidig skal den tillade, at fugtig indeluft kan trænge ud, hvilket typisk opnås ved hjælp af et ventileret hulrum. Regnskærme omfatter både facade- og tagbeklædninger.

Konstruktiv beskyttelse og levetid
Biobaserede byggematerialer er naturligt udsatte for nedbrydning. For at sikre lang levetid på materialerne er det vigtigt at indarbejde konstruktive tiltag, der forlænger holdbarheden på materialerne. Dette inkluderer klassiske løsninger som udhæng, hældning på tage og høje sokler, der hjælper med at beskytte mod nedbør og UV-stråling.

Regnskærmen i sig selv kan også være udsat for nedbrydning. Foruden muligheden for at øge materialets modstandsdygtighed ved eksempelvis imprægnering, overflade- eller termiske behandlinger, kan velovervejede strategier som anvendelsen af 'offerlag' indtænkes. Disse lag udskiftes hyppigere, men deres formål er at beskytte de mere permanente, bagvedliggende konstruktioner. Når man vurderer en bygnings miljøpåvirkning (LCA), er det derfor essentielt at inddrage overvejelser omkring levetid, da materialernes holdbarhed spiller en central rolle.

Brand
Ligesom der er krav til brandbeskyttelse af konstruktioner, stilles der også brandkrav til facade- og tagbeklædninger.

Beklædningernes brandmodstand klassificeres som de øvrige materialer i konstruktionen. Kravene til brandmodstanden afhænger blandet af bygningens udformning, placering og afstand til nabobygninger.

Tagbeklædninger har dog deres egen klassifikation: Broof. Klassifikationens inddeling (T1-T4) beskriver ikke graden af brandmodstand men angiver, hvilken test tagkonstruktionen

Potentialeanalysen

Inspirationskataloget præsenterer ydervægge og tage uden regnskærm for at give indblik i, hvordan hovedkonstruktionen (fra indvendig beklædning til vindspærre/undertag) performer. Dette giver fleksibilitet til efterfølgende at kunne kombinere hovedkonstruktionen med forskellige typer regnskærme.

For at opnå en retvisende vurdering af konstruktionens samlede miljøpåvirkning og muliggøre en direkte sammenligning med de konventionelle referenceopbygninger i kataloget, er det vigtigt at inddrage miljøpåvirkningen fra regnskærmen i analysen. Da U-værdierne i konstruktionskataloget allerede tager højde for regnskærmens isolans, skal disse ikke tilføjes yderligere i beregningerne.

Denne analyse giver et overblik over forskellige typer regnskærme, både til ydervægge og tagkonstruktioner. For hver type regnskærm er der angivet oplysninger om miljøpåvirkning, levetid og brandklassificeringen. Miljøpåvirkningen omfatter alle materialer, der indgår i hvert beklædningssystem, dvs. afstandslister, lægter, mm. Derudover præsenteres beregningseksempler for miljøpåvirkningen for to konstruktioner, der hver især er tillagt en regnskærm.

Nedenstående beregningseksempler angiver den samlede miljøbelastning for to konstruktioner ved kombinationen af en hovedkonstruktion med en regnskærm. I begge tilfælde vurderes GWP-Total, men dette kan ligeledes udføres for GWP-Upfront. Såfremt levetiden for regnskærmen er under 50 år, bør der tages højde for udskiftning af denne ved at medregne GWP'en for regnskærmen to eller flere gange.

Efter tilføjelse af regnskærmen er der mulighed for at sammenligne med referencekonstruktionerne, der ikke kræver regnskærm. Eksempelvis har nedenstående ydervæg en klimabelastning på 33 kg CO_2-ækv. pr. m^2, hvorimod ydervæggen af beton og mineraluld (YDERVÆG 8) er oppe på det tredobbelte med 99 kg CO_2-ækv. pr. m^2.

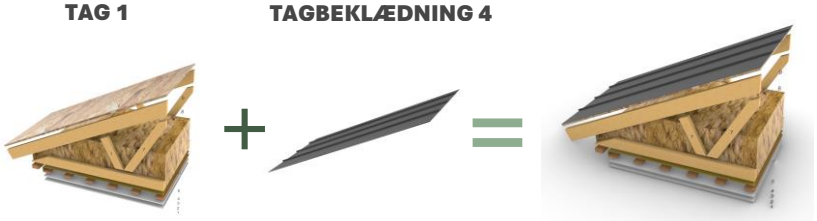
Tabel : Regnskærme til facader og tage med deres miljøpåvirkning, levetid og brandegenskaber.

REGNSKÆRME		**GWP TOTAL A1-A3+C3-C4** [kg CO_2eq. pr. m^2]	**GWP UPFRONT A1-A3** [kg CO_2eq. pr. m^2]	**LEVETID** [år]	**BRAND**
FACADE 1	Træbeklædning, ubehandlet	5,3	-22,0	50	D-s2,d0
FACADE 2	Træbeklædning, malet	5,9	-21,5	50	D-s2,d0*
FACADE 3	Træbeklædning, brandimprægneret	12,8	-7,6	50	B-s1,d0 / B-s2,d0
FACADE 4	Metalplade m. sinusprofil, stål	17,9	10,9	40	A1
FACADE 5	Metalplade m. sinusprofil, lakeret	16,5	9,1	40	A2-s1,d0
FACADE 6	Skiferbeklædning	10,7	3,2	100	A1
FACADE 7	Fibercement, plader	11,1	8,7	40	A2,s1-d0
FACADE 8	Fibercement, plader m. puds	13,0	10,1	40	A2-s1,d0
FACADE 9	Skærmtegl	18,1	13,3	80	A1
FACADE 10	Mursten**	23,2	22,9	80	N/A
TAGBEKLÆDNING 1	Tagsten	23,4	19,0	80	A1
TAGBEKLÆDNING 2	Tagpap, ubehandlet	26,5	4,7	20	E
TAGBEKLÆDNING 3	Metalplade, stål	24,5	24,5	40	A2-s1,d0
TAGBEKLÆDNING 4	Metalplade, zink	22,0	22,0	40	A1
TAGBEKLÆDNING 5	Skifer	21,7	21,5	80	A1
TAGBEKLÆDNING 6	Fibercement, bølgeplader	19,5	19,5	50	A2-s1,d0

*Kan forbedres, hvis malingen er brandhæmmende

** Regnes som 0 i GWP'en, hvis der anvendes genbrugte mursten

TAG 1 **TAGBEKLÆDNING 4**



GWP-Total 11 kg CO_2-ækv. pr. m^2 22 kg CO_2-ækv. pr. m^2 **33 kg CO_2-ækv. pr. m^2**

YDERVÆG 2 **FACADE 3**

GWP-Total 18 kg CO_2-ækv. pr. m^2 13 kg CO_2-ækv. pr. m^2 **31 kg CO_2-ækv. pr. m^2**

6 INSPIRATIONSKATALOG

TAG

YDERVÆG

ETAGEDÆK

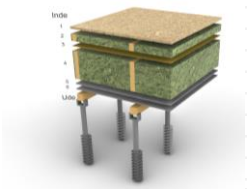
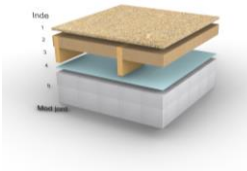
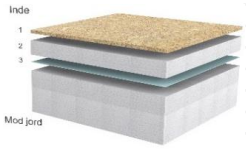
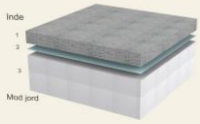
INDERVÆG

TERRÆNDÆK

Tryk på teksten for at springe til den bygningsdel, du vil udforske

7 TERRÆNDÆK

TERRÆNDÆK

	OPBYGNING	Lag	Materiale	Egenskaber	GWP - Total kg CO_2-ækv. pr. m^2	
TERRÆNDÆK 1		1	22 mm spånplade	D-s2,d0 | 650 kg/m3	4,3	27
		2	70x45 mm reglar C/C 400 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	0,5	
		2	70 mm hampefiberisolering, formstykke ml. reglar	D-s1,d0 | 0,041 W/mK | 35 kg/m3	1,4	
		3	Dampspærre	Z=500	0,6	
		4	295x45 mm ribber C/C 600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	2,2	
		4	295 mm hampefiberisolering, formstykke ml. ribber	D-s1,d0 | 0,041 W/mK | 35 kg/m3	5,8	
		5	9 mm fibercementplade	A2-s1,d0 | 1450 kg/m3	6,3	
		6	9 mm fibercementplade	A2-s1,d0 | 1450 kg/m3	6,3	
TERRÆNDÆK 2		1	22 mm spånplade	D-s2,d0 | 650 kg/m3	4,3	44
		2	245x45 mm ribber C/C600	D-s2,d2 | 500 kg/m3	1,8	
		3	100 mm træfiberisolering, formstykke ophængt ml. ribber	E | 0,036 W/mK | 50 kg/m3	1,2	
		4	Radonspærre	Z=500	0,6	
		5	400 mm polystyren	F | 0,038 W/mK | 16 kg/m3 | 80 kPa	36,6	
		6	Mod jord			
TERRÆNDÆK 3		1	22 mm spånplade	D-s2,d0 | 650 kg/m3	4,3	92
		2	100 mm polystyren (trykstyrke = min. 250 kPa)	F | 0,041 W/mK | 30 kg/m3 | 250 kPa	21,7	
		3	Radonspærre	Z=500	0,6	
		4	300 mm polystyren (trykstyrke = min. 250 kPa)	F | 0,041 W/mK | 30 kg/m3 | 250 kPa	65,1	
		5	Mod jord			
TERRÆNDÆK 4		1	100 mm beton	A1 | 2 W/mK | 2300 kg/m3	41,1	78
		2	Radonspærre	Z=500	0,6	
		3	400 mm polystyren	F | 0,038 W/mK | 16 kg/m3 | 80 kPa	36,6	
		4	Mod jord			

- Kan anvendes som præaccepteret løsning
- Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser
- Kan ikke anvendes

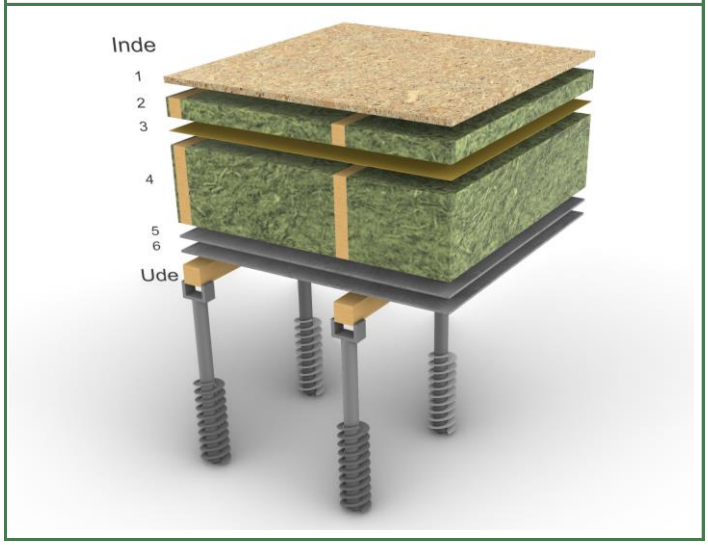
GWP - Biogen kg CO_2-ækv. pr. m^2	GWP - Fossil A1-A3 kg CO_2-ækv. pr. m^2	GWP - Upfront A1-A3 kg CO_2-ækv. pr. m^2	TERMISK-MASSE Wh/K pr. m^2	U-VÆRDI W/m^2K	FUGTKLASSE [-]	BRAND	30 min K1 10 / D-s2,d2	30 min K1 10 / B-s1,d0	60 min K1 10 / B-s1,d0	120 min K1 10 / B-s1,d0	K2 60 / A2-s1,d0
-59	20	-39	6	0,13	1 2 3 4 5	BÆRENDE:	●	●	●	●	●
-42	15	-27	8	0,06	1 2 3 4 5						
-17	43	26	6	0,09	1 2 3 4 5						
0	55	55	61	0,08	1 2 3 4 5						

TERRÆNDÆK 1

Hævet bjælkedæk | Spånplade | Plantefiber | Dampspærre | Plantefiber | Fibercement

BESKRIVELSE

Hævet terrændæk på fx skruefundamenter. Kan udføres som præfabrikerede trækassetter eller bygges på stedet. Det vil være muligt at udskifte den inderste fibercementplade med fx en biobaseret plade (>300kg/m3) eller en enkeltpladeløsning, hvis brandtest. Fundamenter (skruer) indgår ikke i GWP beregning for sammenligning på tværs.



PERFORMANCEINDIKATORER

U-VÆRDI:	0,13 W/m²K
TERMISKMASSE:	6 Wh/K pr. m²
FUGTKLASSE:	2
TRINLYD, L'_W:	-
LUFTLYD, $R'_{n,W}$:	-
GWP-TOTAL:	27,4 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-BIOGEN:	-58,7 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP UPFRONT (A1-A3):	-39,1 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-FOSSIL (A1-A3):	19,7 kg CO_2-ækv. pr. m²

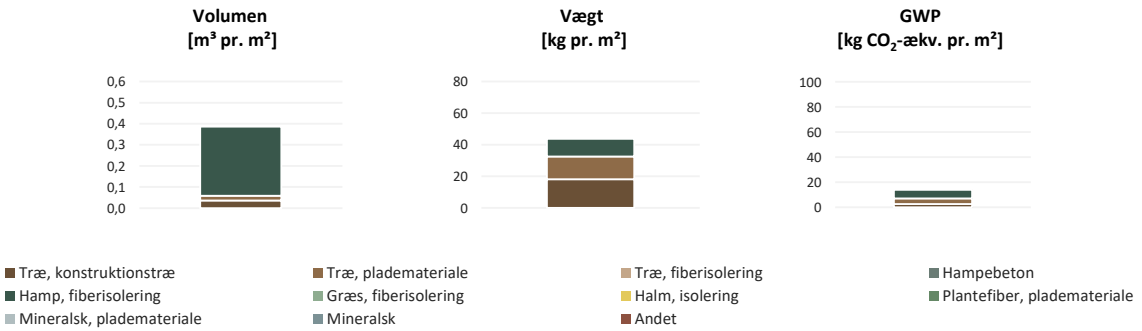
	BÆRENDE
30 min + K_1 10 / D-s2,d2:	Kan anvendes som præaccepteret løsning
30 min + K_1 10 / B-s1,d0:	Kan anvendes som præaccepteret løsning
60 min + K_1 10 / B-s1,d0:	Kan ikke anvendes
120 min + K_1 10 / B-s1,d0:	Kan ikke anvendes
K_2 60 / A2 s1,d0:	Kan ikke anvendes

OPBYGNING

LAG	MATERIALE	EGENSKABER		GWP-BIOGEN [kg CO_2 pr. m²]	GWP-TOTAL [kg CO_2 pr. m²]
1	22 mm spånplade	D-s2,d0 | 650 kg/m3	**	-17	4
2	70x45 mm reglar C/C 400 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-5	1
2	70 mm hampefiberisolering, formstykke ml. reglar	D-s1,d0 | 0,041 W/mK | 35 kg/m3		-3	1
3	Dampspærre	Z=500		0	1
4	295x45 mm ribber C/C 600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-22	2
4	295 mm hampefiberisolering, formstykke ml. ribber	D-s1,d0 | 0,041 W/mK | 35 kg/m3		-12	6
5	9 mm fibercementplade	A2-s1,d0 | 1450 kg/m3		0	6
6	9 mm fibercementplade	A2-s1,d0 | 1450 kg/m3	*	0	6
				0	0

Samlet tykkelse: 405 mm

RESSOURCEFORBRUG



*Klassificeret K_1 10 beklædning på spånplade eller bedre (min. 300 kg/m3 og D-s2,s2)

**De sammenhængde lag i kombination vurderes at kunne overholde K1 10 på aktuelt materiale, men skal brandtestest eller lign. for dokumentation.

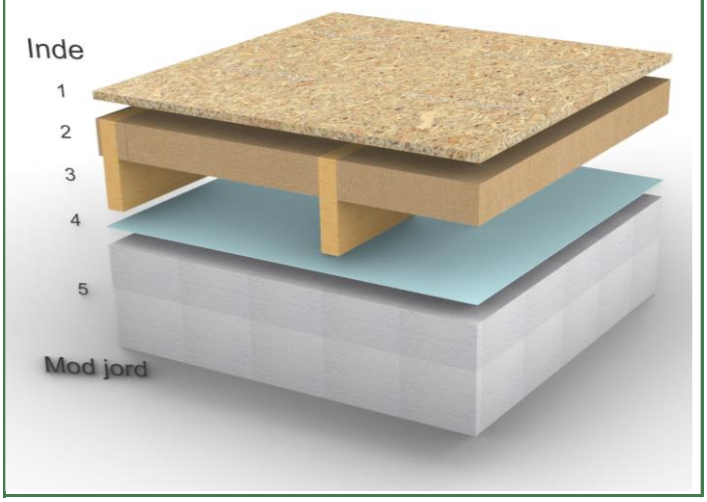
- Kan anvendes som præaccepteret løsning
- Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser
- Kan ikke anvendes

TERRÆNDÆK 2

Trækassette dæk mod polystyren | Spånplade | Træfiber | Radonspærre | Polystyren

BESKRIVELSE

Let trækassette dæk mod polystyren i terræn. Polystyren udlægges i terræn, mens trækassetter kan leveres præfab., for hurtig montage.
OBS ift. vådrum. Der må kun udføres vådrumsgulv på træbjælkelag, hvis der er et underliggende rum herunder tilgængeligt kryberum med fri højde på mindst 600 mm - så der kan foretages inspektion af underside.



PERFORMANCEINDIKATORER

U-VÆRDI:	0,06 W/m²K
TERMISKMASSE:	8 Wh/K pr. m²
FUGTKLASSE:	3
TRINLYD, L'_W:	-
LUFTLYD, $R'_{n,W}$:	-
GWP-TOTAL:	44,5 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-BIOGEN:	-42,0 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP UPFRONT (A1-A3):	-27,0 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-FOSSIL (A1-A3):	15,0 kg CO_2-ækv. pr. m²

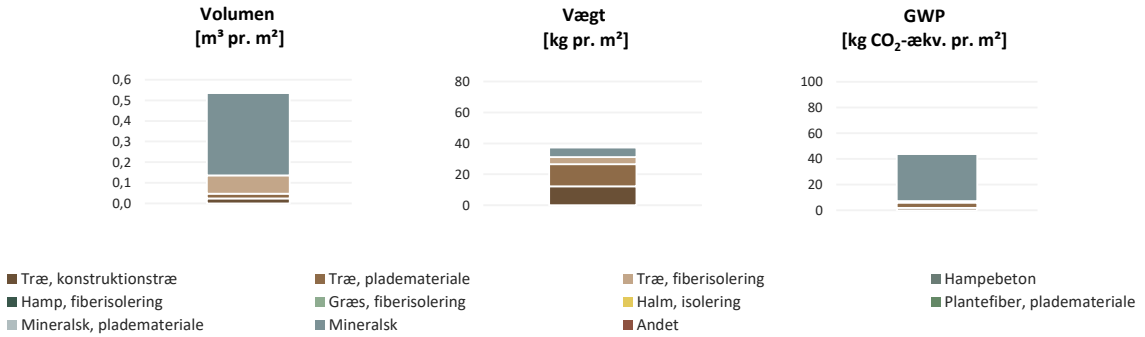
Ikke krav til lukkede terrændæk mod jord

OPBYGNING

LAG	MATERIALE	EGENSKABER	GWP-BIOGEN [kg CO_2 pr. m²]	GWP-TOTAL [kg CO_2 pr. m²]
1	22 mm spånplade	D-s2,d0 | 650 kg/m3	-17	4
2	245x45 mm ribber C/C600	D-s2,d2 | 500 kg/m3	-18	2
3	100 mm træfiberisolering, formstykke ophængt ml. ribber	E | 0,036 W/mK | 50 kg/m3	-7	1
4	Radonspærre	Z=500	0	1
5	400 mm polystyren	F | 0,038 W/mK | 16 kg/m3 | 80 kPa	0	37
6	Mod jord		0	0
			0	0
			0	0
			0	0

Samlet tykkelse: 567 mm

RESSOURCEFORBRUG



*Klassificeret K_1 10 beklædning på spånplade eller bedre (min. 300 kg/m3 og D-s2,s2)

**De sammenhængde lag i kombination vurderes at kunne overholde K1 10 på aktuelt materiale, men skal brandtestest eller lign. for dokumentation.

- Kan anvendes som præaccepteret løsning
- Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser
- Kan ikke anvendes

TERRÆNDÆK 3

Isolerende terrændæk | Spånplade | Radonspærre| Polystyren

BESKRIVELSE

Let terrændæk uden beton med gulvspånplade direkte på polystyren. Polystyren skal minimum have en trykstyrke på 250 kPa for at sikre tilstrækkelig stivhed. Membran for fugt- og radonspærre placeres 100 mm under gulvspånplade i isolering for at beskytte mod lodret bevægelse.

PERFORMANCEINDIKATORER

U-VÆRDI:	0,09 W/m^2K
TERMISKMASSE:	6 Wh/K pr. m^2
FUGTKLASSE:	3
TRINLYD, L'_W:	-
LUFTLYD, $R'_{n,W}$:	-
GWP-TOTAL:	91,7 kg CO_2-ækv. pr. m^2
GWP-BIOGEN:	-16,9 kg CO_2-ækv. pr. m^2
GWP UPFRONT (A1-A3):	25,8 kg CO_2-ækv. pr. m^2
GWP-FOSSIL (A1-A3):	42,7 kg CO_2-ækv. pr. m^2

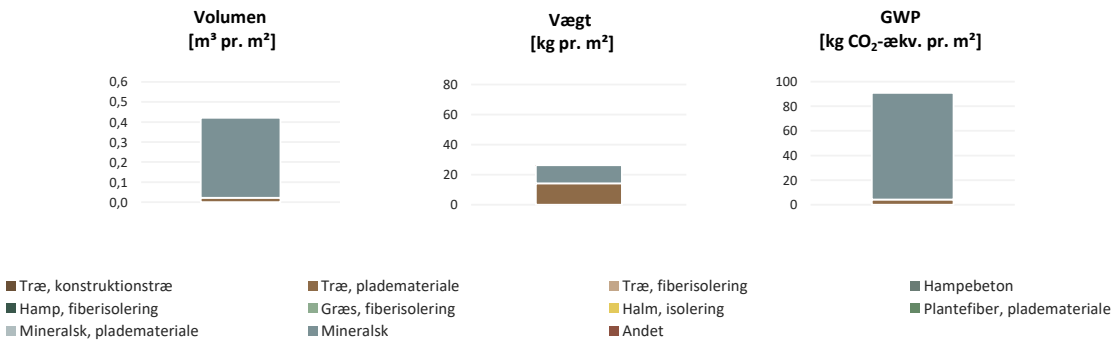
Ikke krav til lukkede terrændæk mod jord

OPBYGNING

LAG	MATERIALE	EGENSKABER	GWP-BIOGEN [kg CO_2 pr. m^2]	GWP-TOTAL [kg CO_2 pr. m^2]
1	22 mm spånplade	D-s2,d0 | 650 kg/m3	-17	4
2	100 mm polystyren (trykstyrke = min. 250 kPa)	F | 0,041 W/mK | 30 kg/m3 | 250 kPa	0	22
3	Radonspærre	Z=500	0	1
4	300 mm polystyren (trykstyrke = min. 250 kPa)	F | 0,041 W/mK | 30 kg/m3 | 250 kPa	0	65
5	Mod jord		0	0
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0

Samlet tykkelse: 335 mm

RESSOURCEFORBRUG



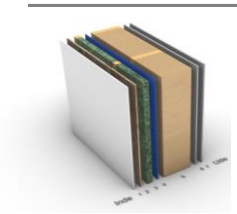
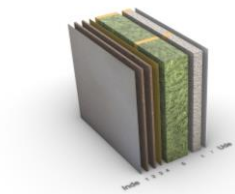
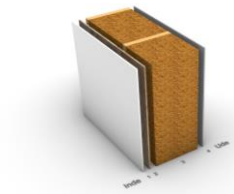
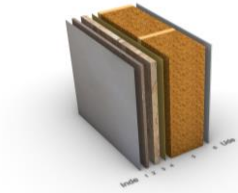
*Klassificeret K_1 10 beklædning på spånplade eller bedre (min. 300 kg/m3 og D-s2,s2)

**De sammenhængde lag i kombination vurderes at kunne overholde K1 10 på aktuelt materiale, men skal brandtestest eller lign. for dokumentation.

- Kan anvendes som præaccepteret løsning
- Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser
- Kan ikke anvendes

8 YDERVÆGGE

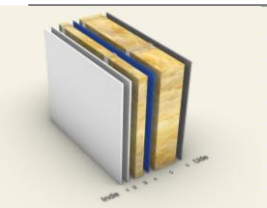
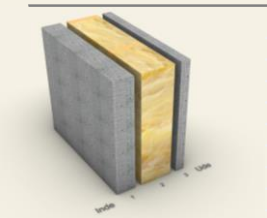
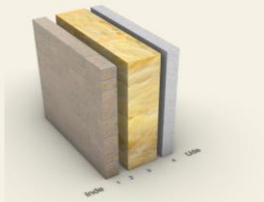
YDERVÆGGE

	OPBYGNING	Lag	Materiale	Egenskaber	GWP - Total kg CO_2-ækv. pr. m^2	
YDERVÆG 1		1	12,5 mm gipsplade	A2-s1,d0 | 664 kg/m3	1,8	19
		2	12 mm OSB4-plade	D-s2,d0 | 610 kg/m3	3,1	
		3	45 mm installationslag, hampefiber formstykke	D-s1,d0 | 0,041 W/mK | 35 kg/m3	0,8	
		3	45 mm installationslag, 45x45 mm reglar C/C 600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	0,5	
		4	Dampspærre	Z=500	0,6	
		5	250 mm træfiberisolering, komprimeret i væg	B-s2,d0 | 0,037 W/mK | 43 kg/m3	4,9	
		5	45x250 mm reglar C/C 600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	2,8	
		6	12,5 mm vindgips	Z = 0,8 | A2-s1,d0 | 736 kg/m3	2,2	
		7	12,5 mm vindgips	Z = 0,8 | A2-s1,d0 | 736 kg/m3	2,2	
YDERVÆG 2		1	13 mm gipsplade	A2-s1,d0 | 664 kg/m3	1,7	18
		2	22 mm OSB4-plade	Z = 25,4 | D-s2,d0 | 610 kg/m3	5,8	
		3	250 mm træfiberisolering, komprimeret i væg	B-s2,d0 | 0,037 W/mK | 43 kg/m3	4,9	
		3	45x250 mm reglar C/C 600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	2,8	
		4	40 mm træfiberplade	Z = 1 | D-s2,d0 | 0,05 W/mK | 167 kg/m3	2,9	
YDERVÆG 3		1	22 mm OSB4-plade	Z = 25,4 | D-s2,d0 | 610 kg/m3	5,8	16
		2	250 mm træfiberisolering, komprimeret i væg	B-s2,d0 | 0,037 W/mK | 43 kg/m3	4,9	
		2	45x250 mm reglar C/C 600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	2,8	
		3	22 mm asfaltimprægneret træfiberplade	Z = 2,3 | F | 0,049 W/mK | 230 kg/m3	3,0	
YDERVÆG 4		1	3 mm lerpuds	B-s1,d0 | 900 kg/m3	0,3	27
		2	16 mm lerplade (tung)	A1 | 1450 kg/m3	2,9	
		3	16 mm lerplade (tung)	A1 | 1450 kg/m3	2,9	
		4	Dampbremse	Z=50	0,6	
		5	195 mm græsfiberisolering, formstykke	E | 0,041 W/mK | 40 kg/m3	6,8	
		6	45x195 mm reglar C/C 600	D-s2,d2 | 500 kg/m3	2,2	
		7	75 mm hempcrete	Z = 1,1 | B- s1,d0 | 0,071 W/mK | 340 kg/m3	7,0	
		8	10 mm kalkpuds	A1 | 1800 kg/m3	3,8	
YDERVÆG 5		1	15,5 mm brandgips	A2-s1,d0 | 835 kg/m3	2,9	21
		2	15,5 mm brandgips	A2-s1,d0 | 835 kg/m3	2,9	
		3	45 mm installationslag, græsfiber formstykke	E | 0,041 W/mK | 40 kg/m3	1,6	
		3	45 mm installationslag, 45x45 mm reglar C/C 600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	0,5	
		4	Dampspærre	Z=500	0,0	
		5	250 mm træfiberisolering	B-s2,d0 | 0,037 W/mK | 43 kg/m3	4,9	
		5	45x250 mm reglar C/C 600	D-s2,d2 | 500 kg/m3	2,8	
		6	15,5 mm brandgips	Z = 0,8 | A2-s1,d0 | 835 kg/m3	2,9	
		7	15,5 mm brandgips	Z = 0,8 | A2-s1,d0 | 835 kg/m3	2,9	
YDERVÆG 6		1	12,5 mm gipsplade	A2-s1,d0 | 664 kg/m3	1,8	16
		2	12 mm OSB4-plade	Z = 15,4 | D-s2,d0 | 610 kg/m3	3,1	
		3	400 mm presset halm	E | 0,05 W/mK | 100 kg/m3	4,4	
		3	45x400 mm reglar C/C 600	D-s2,d2 | 500 kg/m3	4,4	
		4	12,5 mm vindgips	Z = 0,8 | A2-s1,d0 | 736 kg/m3	2,2	
		6				
		7				
		8				
		9				
YDERVÆG 7		1	3 mm lerpuds	B-s1,d0 | 900 kg/m3	0,3	20
		2	22 mm lerplade (let)	B-s1,d0 | 750 kg/m3	2,1	
		3	45 mm træfiberplade	D-s2,d0 | 0,05 W/mK | 300 kg/m3	8,2	
		4	Dampspærre	Z=500	0,6	
		5	300 mm presset halm	E | 0,05 W/mK | 100 kg/m3	3,3	
		5	45x300 mm reglar C/C 600	D-s2,d2 | 500 kg/m3	3,3	
		6	9 mm fibergips	Z = 0,6 | A2-s1,d0 | 1150 kg/m3	2,3	

- Kan anvendes som præaccepteret løsning
- Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser
- Kan ikke anvendes

GWP - Biogen kg CO_2-ækv. pr. m^2	GWP - Fossil A1-A3 kg CO_2-ækv. pr. m^2	GWP - Upfront A1-A3 kg CO_2-ækv. pr. m^2	TERMISK-MASSE Wh/K pr. m^2	U-VÆRDI W/m^2K	FUGTKLASSE [-]	BRAND	30 min K1 10 / D-s2,d2	30 min K1 10 / B-s1,d0	60 min K1 10 / B-s1,d0	120 min K1 10 / B-s1,d0	K2 60 / A2-s1,d0
-64	18	-45	6	0,16	1 2 3 4 5	BÆRENDE: IKKE-BÆRENDE:					
-78	17	-60	9	0,16	1 2 3 4 5	BÆRENDE: IKKE-BÆRENDE:					
-73	13	-60	7	0,17	1 2 3 4 5	BÆRENDE: IKKE-BÆRENDE:					
-49	23	-27	15	0,19	1 2 3 4 5	BÆRENDE: IKKE-BÆRENDE:					
-52	20	-33	8	0,16	1 2 3 4 5	BÆRENDE: IKKE-BÆRENDE:					
-103	15	-88	8	0,14	1 2 3 4 5	BÆRENDE: IKKE-BÆRENDE:					
-94	20	-73	17	0,16	1 2 3 4 5	BÆRENDE: IKKE-BÆRENDE:					

YDERVÆGGE

	OPBYGNING	Lag	Materiale	Egenskaber	GWP - Total kg CO_2-ækv. pr. m^2	
YDERVÆG 7		1	12,5 mm gipsplade	A2-s1,d0 | 664 kg/m3	1,7	36
		2	12,5 mm gipsplade	A2-s1,d0 | 664 kg/m3	1,7	
		3	70 mm mineraluldsisolering, batts	A1 | 0,034 W/mK | 28 kg/m3	1,2	
		3	70 mm stålskelet	A1 | 7850 kg/m3	4,4	
		4	Dampspærre	Z=500	0,0	
		5	195 mm mineraluldsisolering, batts	A1 | 0,034 W/mK | 28 kg/m3	3,4	
		5	195 mm stålskelet C/C 600 mm	A1 | 7850 kg/m3	17,5	
		6	9 mm fibercementplade	Z = 3,8 | A2-s1,d0 | 1450 kg/m3	6,3	
YDERVÆG 8		1	150 mm beton	A1 | 2 W/mK | 2300 kg/m3	61,6	99
		2	250 mm mineraluldsisolering, trykfast	A1 | 0,034 W/mK | 60 kg/m3	8,7	
		3	70 mm beton	A1 | 2 W/mK | 2300 kg/m3	28,8	
YDERVÆG 9		1	100 mm letklinkerbeton	A1 | 0,17 W/mK | 600 kg/m3	29,5	57
		2	250 mm mineraluldsisolering, murbatts	A1 | 0,034 W/mK | 37 kg/m3	3,9	
		3	30 mm hulrum			
		4	108 mm teglsten	A1 | 0,76 W/mK | 1800 kg/m3	23,2	

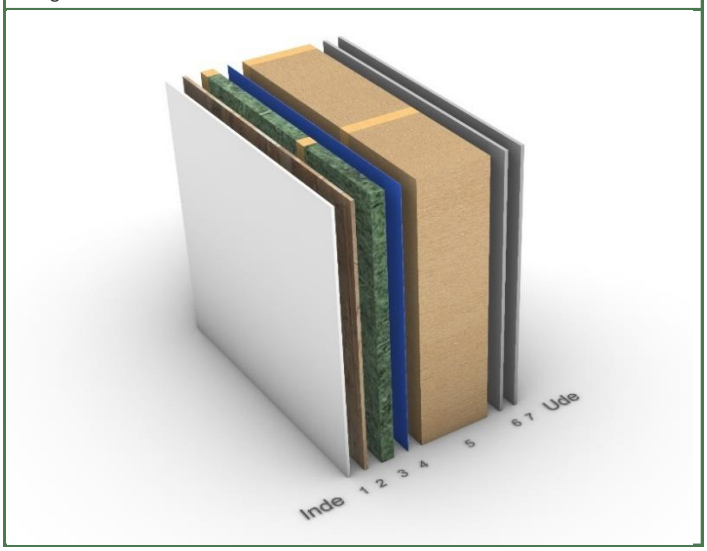
GWP - Biogen kg CO_2-ækv. pr. m^2	GWP - Fossil A1-A3 kg CO_2-ækv. pr. m^2	GWP - Upfront A1-A3 kg CO_2-ækv. pr. m^2	TERMISK-MASSE Wh/K pr. m^2	U-VÆRDI W/m^2K	FUGTKLASSE [-]	BRAND	30 min K1 10 / D-s2,d2	30 min K1 10 / B-s1,d0	60 min K1 10 / B-s1,d0	120 min K1 10 / B-s1,d0	K2 60 / A2-s1,d0
-1	36	35	5	0,15	1 2 3 4 5	BÆRENDE: IKKE-BÆRENDE:	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●
0	96	96	61	0,13	1 2 3 4 5	BÆRENDE: IKKE-BÆRENDE:	● ●	● ●	● ●	● ●	- -
0	56	56	15	0,12	1 2 3 4 5	BÆRENDE: IKKE-BÆRENDE:	● ●	● ●	● ●	● ●	- -

YDERVÆG 1

Træskelet | Gips | Hamp | Dampspærre | Træfiber | Vindgips

BESKRIVELSE

Ydervæg er opbygget som traditionel træskelet/-kassette med installationslag og dampspærre. Dobbeltplade-løsning på både indvendig og udvendig side, sikrer at den kan anvendes som en præaccepteret løsning ift. brand. Alternativt kan den inderste vindgips erstattes af en biobaseret plade (>300 kg/m3). Det skal dog sikres dette er OK ift. fugt.



PERFORMANCEINDIKATORER

U-VÆRDI:	0,16 W/m²K
TERMISKMASSE:	6 Wh/K pr. m²
FUGTKLASSE:	3
TRINLYD, L'_W:	-
LUFTLYD, $R'_{n,W}$:	-
GWP-TOTAL:	19,0 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-BIOGEN:	-63,7 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP UPFRONT (A1-A3):	-45,3 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-FOSSIL (A1-A3):	18,3 kg CO_2-ækv. pr. m²

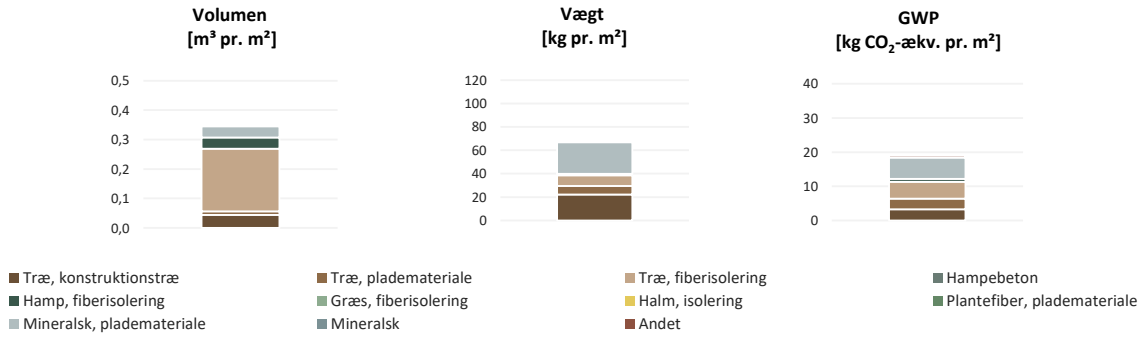
	BÆRENDE	IKKE-BÆRENDE
30 min + K_1 10 / D-s2,d2:	●	●
30 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●	●
60 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●	●
120 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●	●
K_2 60 / A2 s1,d0:	●	●

OPBYGNING

LAG	MATERIALE	EGENSKABER		GWP-BIOGEN [kg CO_2 pr. m²]	GWP-TOTAL [kg CO_2 pr. m²]
1	12,5 mm gipsplade	A2-s1,d0 | 664 kg/m3	*	-1	2
2	12 mm OSB4-plade	D-s2,d0 | 610 kg/m3		-13	3
3	45 mm installationslag, hampefiber formstykke	D-s1,d0 | 0,041 W/mK | 35 kg/m3		-2	1
3	45 mm installationslag, 45x45 mm reglar C/C 600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-5	1
4	Dampspærre	Z=500		0	1
5	250 mm træfiberisolering, komprimeret i væg	B-s2,d0 | 0,037 W/mK | 43 kg/m3		-14	5
5	45x250 mm reglar C/C 600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-28	3
6	12,5 mm vindgips	Z = 0,8 | A2-s1,d0 | 736 kg/m3		-1	2
7	12,5 mm vindgips	Z = 0,8 | A2-s1,d0 | 736 kg/m3	*	-1	2

Samlet tykkelse: 345 mm

RESSOURCEFORBRUG



*Klassificeret K_1 10 beklædning på spånplade eller bedre (min. 300 kg/m3 og D-s2,s2)

**De sammenhængde lag i kombination vurderes at kunne overholde K1 10 på aktuelt materiale, men skal brandtestest eller lign. for dokumentation.

● Kan anvendes som præaccepteret løsning

● Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser

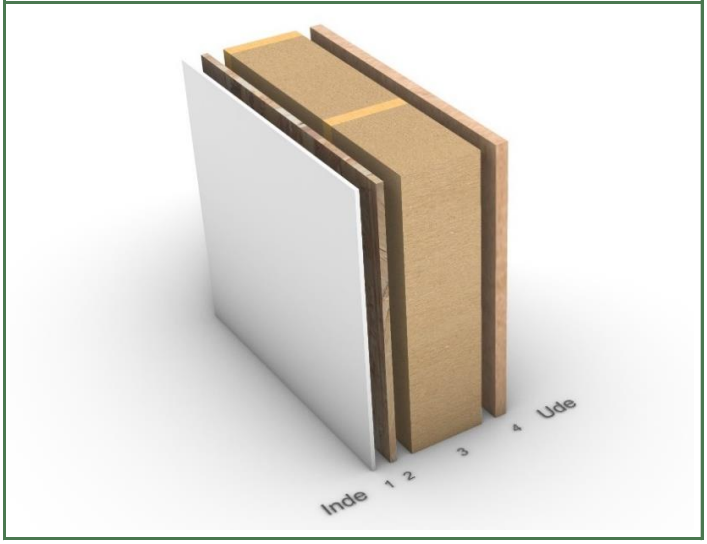
● Kan ikke anvendes

YDERVÆG 2

Træskelet | Gips | OSB | Træfiber

BESKRIVELSE

Træskelet (-kassette) med træfiberisolering som løsfyld. OSB4 plade agerer dampbremse og indvendigt beklædes væg med et lag gips. Ved at anvende isoleringsmateriale af mindst klasse D-s2,d2 er det muligt at anvende en træfiberplade som f´vindspærre ved enfamiliehuse***.



PERFORMANCEINDIKATORER

U-VÆRDI:	0,16 W/m²K
TERMISKMASSE:	9 Wh/K pr. m²
FUGTKLASSE:	3
TRINLYD, L´w:	-
LUFTLYD, R´n,w:	-
GWP-TOTAL:	18,1 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-BIOGEN:	-77,6 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP UPFRONT (A1-A3):	-60,1 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-FOSSIL (A1-A3):	17,5 kg CO_2-ækv. pr. m²

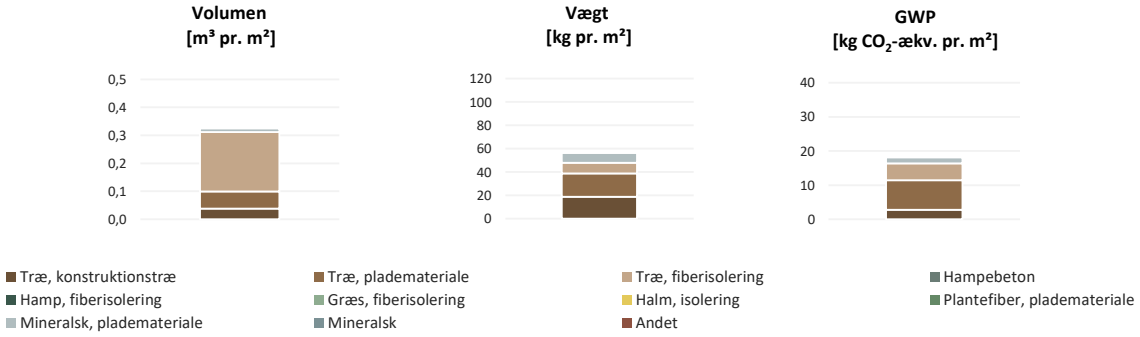
	BÆRENDE	IKKE-BÆRENDE
30 min + K_1 10 / D-s2,d2:	●	●
30 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●	●
60 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●	●
120 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●	●
K_2 60 / A2 s1,d0:	●	●

OPBYGNING

LAG	MATERIALE	EGENSKABER		GWP-BIOGEN [kg CO_2 pr. m²]	GWP-TOTAL [kg CO_2 pr. m²]
1	13 mm gipsplade	A2-s1,d0 | 664 kg/m3	*	-1	2
2	22 mm OSB4-plade	Z = 25,4 | D-s2,d0 | 610 kg/m3		-24	6
3	250 mm træfiberisolering, komprimeret i væg	B-s2,d0 | 0,037 W/mK | 43 kg/m3		-14	5
3	45x250 mm reglar C/C 600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-28	3
4	40 mm træfiberplade	Z = 1 | D-s2,d0 | 0,05 W/mK | 167 kg/m²	***	-11	3
				0	0
				0	0
				0	0
				0	0

Samlet tykkelse: 325 mm

RESSOURCEFORBRUG



*Klassificeret K_1 10 beklædning på spånplade eller bedre (min. 300 kg/m3 og D-s2,s2)

**De sammenhængde lag i kombination vurderes at kunne overholde K1 10 på aktuelt materiale, men skal brandtestest eller lign. for dokumentation.

***For enfamiliehus kan udvendig overflade alternativt være materiale klasse D-s2,d2, hvis minimum 2,5 m til naboskel, vej-, og stimidte samt Klasse BROOF (T2) tagdækning.

● Kan anvendes som præaccepteret løsning

● Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser

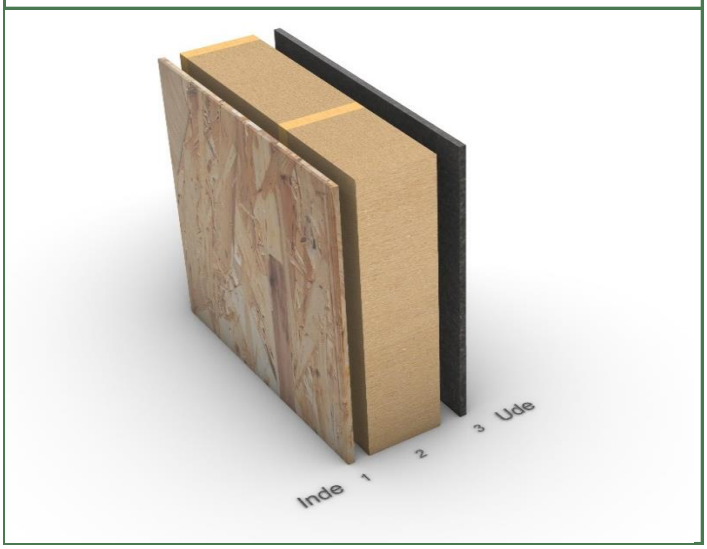
● Kan ikke anvendes

YDERVÆG 3

Træskelet | OSB | Træfiber | Vindtæt træfiber

BESKRIVELSE

Materialeeffektiv ydervæg med meget lav CO2-belastning. Den indvendige OSB4-plade agerer både indvendig beklædning og og dampbremse.
Den asfaltimprægerede vindspærre (Klasse F) er ringere end klasse D s2,d2 og lettere end 300 kg/m^3 kan derfor ikke anvendes sammen med den brandbare isolering.



PERFORMANCEINDIKATORER

U-VÆRDI:	0,17 W/m^{2}K
TERMISKMASSE:	7 Wh/K pr. m^2
FUGTKLASSE:	2
TRINLYD, L´$_w$:	-
LUFTLYD, R´$_{n,w}$:	-
GWP-TOTAL:	16,4 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-BIOGEN:	-72,9 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP UPFRONT (A1-A3):	-60,0 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-FOSSIL (A1-A3):	12,8 kg CO_2-ækv. pr. m²

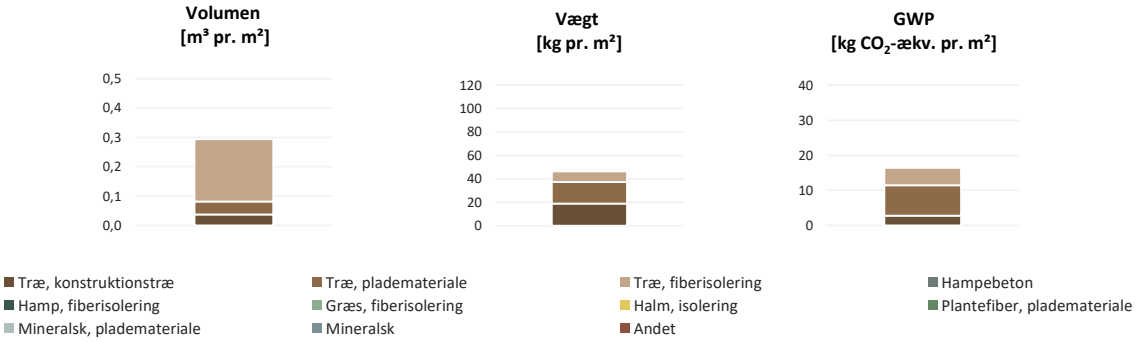
	BÆRENDE	IKKE-BÆRENDE
30 min + K_1 10 / D-s2,d2:	●	●
30 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●	●
60 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●	●
120 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●	●
K_2 60 / A2 s1,d0:	●	●

OPBYGNING

LAG	MATERIALE	EGENSKABER	GWP-BIOGEN [kg CO_2 pr. m²]	GWP-TOTAL [kg CO_2 pr. m²]
1	22 mm OSB4-plade	Z = 25,4 | D-s2,d0 | 610 kg/m3	-24	6
2	250 mm træfiberisolering, komprimeret i væg	B-s2,d0 | 0,037 W/mK | 43 kg/m3	-14	5
2	45x250 mm reglar C/C 600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	-28	3
3	22 mm asfaltimprægneret træfiberplade	Z = 2,3 | F | 0,049 W/mK | 230 kg/m3	-7	3
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0

Samlet tykkelse: 294 mm

RESSOURCEFORBRUG



*Klassificeret K_1 10 beklædning på spånplade eller bedre (min. 300 kg/m3 og D-s2,s2)

**De sammenhængde lag i kombination vurderes at kunne overholde K1 10 på aktuelt materiale, men skal brandtestest eller lign. for dokumentation.

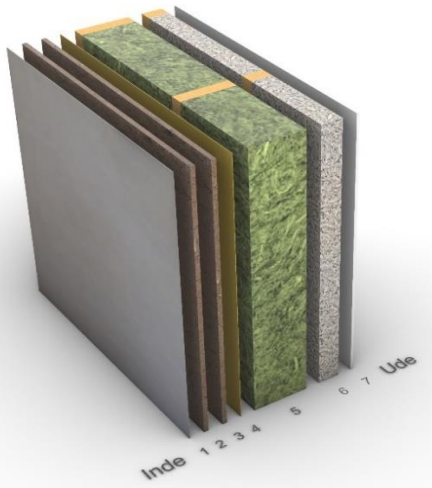
- Kan anvendes som præaccepteret løsning
- Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser
- Kan ikke anvendes

YDERVÆG 4

Træskelet | Lerplader | Græsfiber | Hempcrete | Kalkpuds

BESKRIVELSE

Ydervæg bestående af træskelet med græsfiberisolering. Træskelet kan bygges på stedet eller leveres som præfab. kassette. Tunge lerplader med lerpuds give brandbeskyttelse indfra, mens hempcrete agerer vindspærre og brandbeskyttelse udefra.



PERFORMANCEINDIKATORER

U-VÆRDI:	0,19 W/m²K
TERMISKMASSE:	15 Wh/K pr. m²
FUGTKLASSE:	3
TRINLYD, L'_W:	-
LUFTLYD, $R'_{n,W}$:	-
GWP-TOTAL:	26,6 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-BIOGEN:	-49,3 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP UPFRONT (A1-A3):	-26,6 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-FOSSIL (A1-A3):	22,7 kg CO_2-ækv. pr. m²

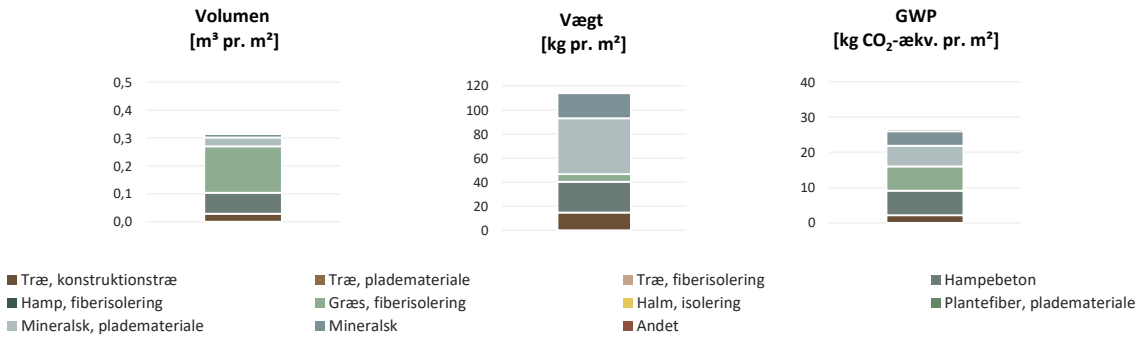
	BÆRENDE	IKKE-BÆRENDE
30 min + K_1 10 / D-s2,d2:		
30 min + K_1 10 / B-s1,d0:		
60 min + K_1 10 / B-s1,d0:		
120 min + K_1 10 / B-s1,d0:		
K_2 60 / A2 s1,d0:		

OPBYGNING

LAG	MATERIALE	EGENSKABER		GWP-BIOGEN [kg CO_2 pr. m²]	GWP-TOTAL [kg CO_2 pr. m²]
1	3 mm lerpuds	B-s1,d0 | 900 kg/m3	**	0	0
2	16 mm lerplade (tung)	A1 | 1450 kg/m3	**	-2	3
3	16 mm lerplade (tung)	A1 | 1450 kg/m3	**	-2	3
4	Dampbremse	Z=50		0	1
5	195 mm græsfiberisolering, formstykke	E | 0,041 W/mK | 40 kg/m3		-12	7
6	45x195 mm reglar C/C 600	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-22	2
7	75 mm hempcrete	Z = 1,1 | B- s1,d0 | 0,071 W/mK | 340 kg	***	-11	7
8	10 mm kalkpuds	A1 | 1800 kg/m3	***	0	4
				0	0

Samlet tykkelse: 315 mm

RESSOURCEFORBRUG



*Klassificeret K_1 10 beklædning på spånplade eller bedre (min. 300 kg/m3 og D-s2,s2)

**De sammenhængde lag i kombination vurderes at kunne overholde K1 10 på aktuelt materiale, men skal brandtestest eller lign. for dokumentation.

***De sammenhængde lag i kombination vurderes at kunne overholde K2 60 på aktuelt materiale, men skal brandtestest eller lign. for dokumentation.

- Kan anvendes som præaccepteret løsning
- Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser
- Kan ikke anvendes

YDERVÆG 5

Træskelet | Brandgips | Græsfiber | Træfiber | Brandgips

BESKRIVELSE

Ydervæg bestående af trækassette med træfiber løsfyld. Ydervæggen beklædes med 2 lag brandgips på begge sider. Pga. de forholdvis diffusionstætte lag brandgips yderst i konstruktionen udføres den med dampspærre.

PERFORMANCEINDIKATORER

U-VÆRDI:	0,16 W/m²K
TERMISKMASSE:	8 Wh/K pr. m²
FUGTKLASSE:	2
TRINLYD, L'_W:	-
LUFTLYD, $R'_{n,W}$:	-
GWP-TOTAL:	21,4 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-BIOGEN:	-52,2 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP UPFRONT (A1-A3):	-32,6 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-FOSSIL (A1-A3):	19,6 kg CO_2-ækv. pr. m²

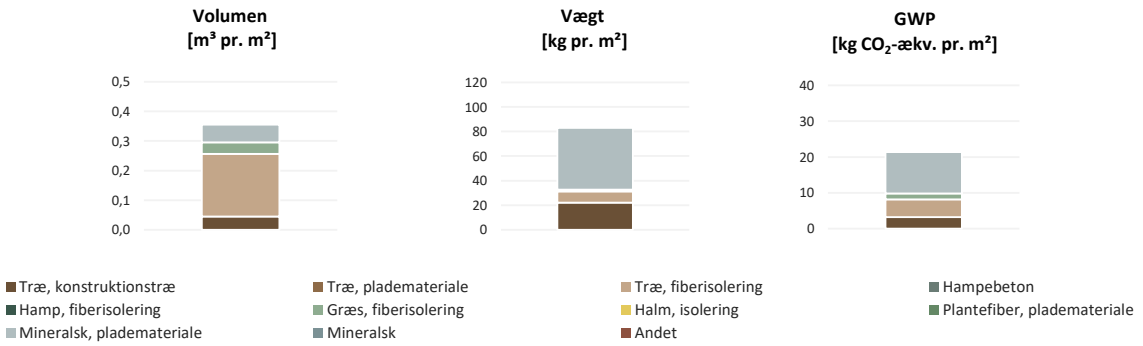
	BÆRENDE	IKKE-BÆRENDE
30 min + K_1 10 / D-s2,d2:	●	●
30 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●	●
60 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●	●
120 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●	●
K_2 60 / A2 s1,d0:	●	●

OPBYGNING

LAG	MATERIALE	EGENSKABER		GWP-BIOGEN [kg CO_2 pr. m²]	GWP-TOTAL [kg CO_2 pr. m²]
1	15,5 mm brandgips	A2-s1,d0 | 835 kg/m3	***	-1	3
2	15,5 mm brandgips	A2-s1,d0 | 835 kg/m3	***	-1	3
3	45 mm installationslag, græsfiber formstykke	E | 0,041 W/mK | 40 kg/m3		-3	2
3	45 mm installationslag, 45x45 mm reglar C/C 600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-5	1
4	Dampspærre	Z=500		0	0
5	250 mm træfiberisolering	B-s2,d0 | 0,037 W/mK | 43 kg/m3		-14	5
5	45x250 mm reglar C/C 600	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-28	3
6	15,5 mm brandgips	Z = 0,8 | A2-s1,d0 | 835 kg/m3	***	-1	3
7	15,5 mm brandgips	Z = 0,8 | A2-s1,d0 | 835 kg/m3	***	-1	3

Samlet tykkelse: 355 mm

RESSOURCEFORBRUG



*Klassificeret K_1 10 beklædning på spånplade eller bedre (min. 300 kg/m3 og D-s2,s2)

**De sammenhængde lag i kombination vurderes at kunne overholde K1 10 på aktuelt materiale, men skal brandtestest eller lign. for dokumentation.

*** Er klassificeret K2 60 beklædning

● Kan anvendes som præaccepteret løsning

● Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser

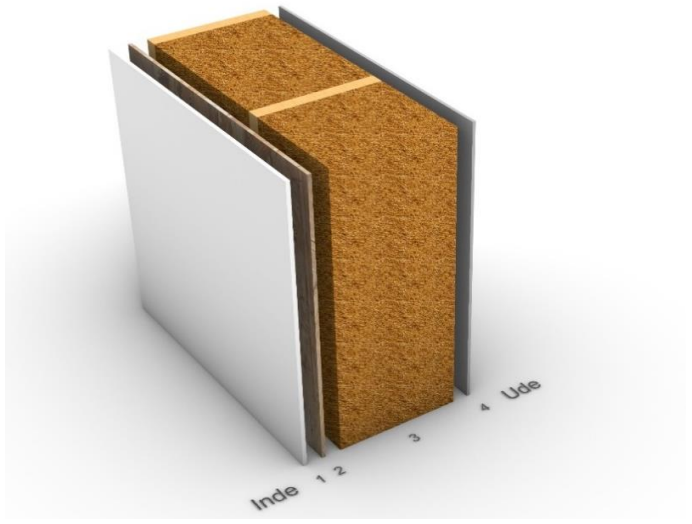
● Kan ikke anvendes

YDERVÆG 6

Halmelement | Gips | OSB| Halm | Vindgips

BESKRIVELSE

Ydervæg af af træskelet og komprimeret halm som isoleringsmateriale. Pga. halmisoleringens store fugtkapacitet er det muligt at overholde fugtklasse 3 med 12 mm OSB4-plade som dampbremse i kombination med et lag vindgips.
EcoCocon-element testet til REI45 med et lag gips (12,5 mm)



PERFORMANCEINDIKATORER

U-VÆRDI:	0,14 W/m²K
TERMISKMASSE:	8 Wh/K pr. m²
FUGTKLASSE:	3
TRINLYD, L'_W:	-
LUFTLYD, $R'_{n,W}$:	-
GWP-TOTAL:	16,0 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-BIOGEN:	-103,1 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP UPFRONT (A1-A3):	-87,8 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-FOSSIL (A1-A3):	15,3 kg CO_2-ækv. pr. m²

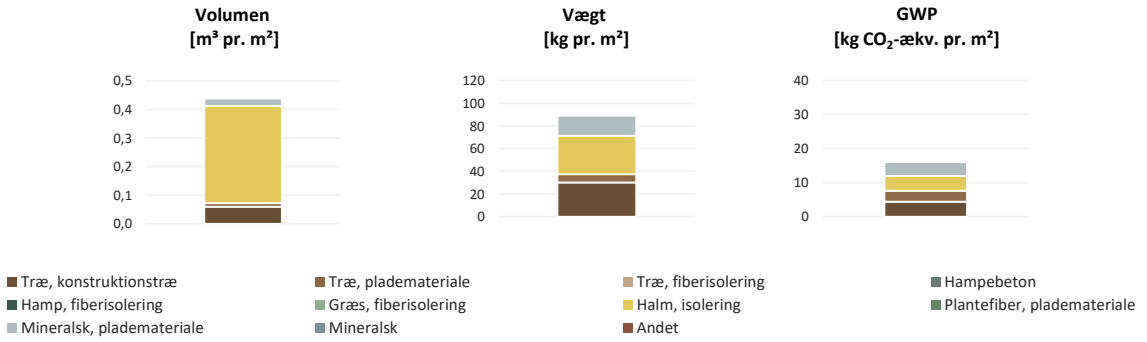
	BÆRENDE	IKKE-BÆRENDE
30 min + K_1 10 / D-s2,d2:	●	●
30 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●	●
60 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●	●
120 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●	●
K_2 60 / A2 s1,d0:	●	●

OPBYGNING

LAG	MATERIALE	EGENSKABER		GWP-BIOGEN [kg CO_2 pr. m²]	GWP-TOTAL [kg CO_2 pr. m²]
1	12,5 mm gipsplade	A2-s1,d0 | 664 kg/m3	*	-1	2
2	12 mm OSB4-plade	Z = 15,4 | D-s2,d0 | 610 kg/m3		-13	3
3	400 mm presset halm	E | 0,05 W/mK | 100 kg/m3		-44	4
3	45x400 mm reglar C/C 600	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-45	4
4	12,5 mm vindgips	Z = 0,8 | A2-s1,d0 | 736 kg/m3	***	-1	2
6				0	0
7				0	0
8				0	0
9				0	0

Samlet tykkelse: 435 mm

RESSOURCEFORBRUG



*Klassificeret K_1 10 beklædning på spånplade eller bedre (min. 300 kg/m3 og D-s2,s2)

**De sammenhængde lag i kombination vurderes at kunne overholde K1 10 på aktuelt materiale, men skal brandtestest eller lign. for dokumentation.
*** Er testet af producent af halm-element til at overholde K1 10 på halmisolering

● Kan anvendes som præaccepteret løsning

● Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser

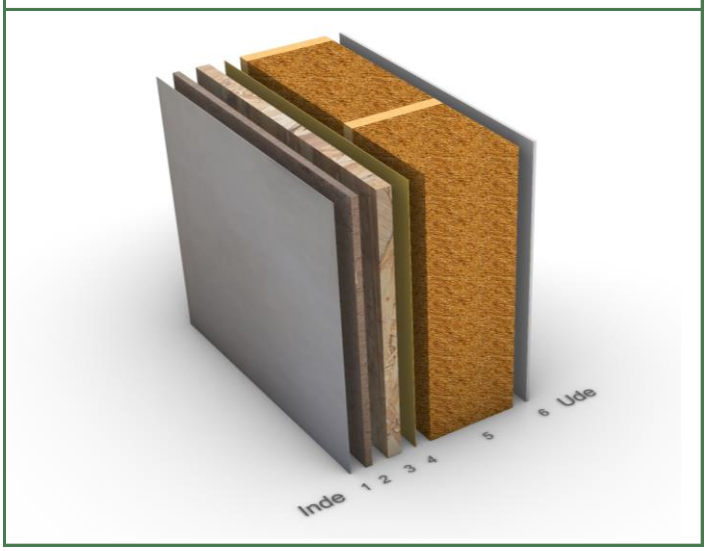
● Kan ikke anvendes

YDERVÆG 7

Halmelement | Lerplade | OSB |Træfiber | Dampbremse | Halm | Fibergips

BESKRIVELSE

Ydervæg af af træskelet og komprimeret halm. Pga. halmisoleringens store fugtkapacitet er det muligt at overholde fugtklasse2 på trods af der anvendes fibergips som vindspærre. EcoCocon-element er brandtestet til REI45 med et lag fibergips på 12,5 mm. Indvendig beklædning kræver test.



PERFORMANCEINDIKATORER

U-VÆRDI:	0,16 W/m²K
TERMISKMASSE:	17 Wh/K pr. m²
FUGTKLASSE:	2
TRINLYD, L'_W:	-
LUFTLYD, $R'_{n,W}$:	-
GWP-TOTAL:	20,9 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-BIOGEN:	-93,7 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP UPFRONT (A1-A3):	-73,3 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-FOSSIL (A1-A3):	20,4 kg CO_2-ækv. pr. m²

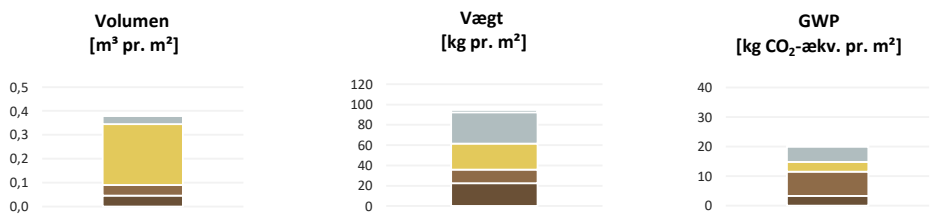
	BÆRENDE	IKKE-BÆRENDE
30 min + K_1 10 / D-s2,d2:	●	●
30 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●	●
60 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●	●
120 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●	●
K_2 60 / A2 s1,d0:	●	●

OPBYGNING

LAG	MATERIALE	EGENSKABER		GWP-BIOGEN [kg CO_2 pr. m²]	GWP-TOTAL [kg CO_2 pr. m²]
1	3 mm lerpuds	B-s1,d0 | 900 kg/m3	**	0	0
2	22 mm lerplade (let)	B-s1,d0 | 750 kg/m3	**	-2	2
3	45 mm træfiberplade	D-s2,d0 | 0,05 W/mK | 300 kg/m3		-22	8
4	Dampspærre	Z=500		0	1
5	300 mm presset halm	E | 0,05 W/mK | 100 kg/m3		-33	3
5	45x300 mm reglar C/C 600	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-34	3
6	12,5 mm fibergips	Z = 0,8 | A2-s1,d0 | 1150 kg/m3	**	-4	3
				0	0
				0	0

Samlet tykkelse: 379 mm

RESSOURCEFORBRUG



- Træ, konstruktionstræ
- Træ, plademateriale
- Træ, fiberisolering
- Hampebeton
- Hamp, fiberisolering
- Græs, fiberisolering
- Halm, isolering
- Plantefiber, plademateriale
- Mineralsk, plademateriale
- Mineralsk
- Andet

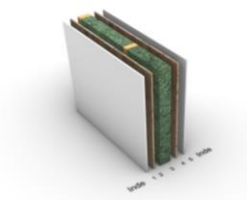
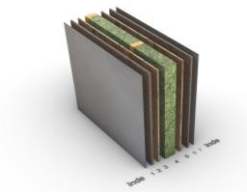
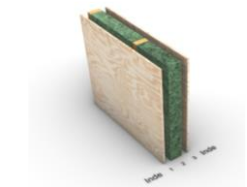
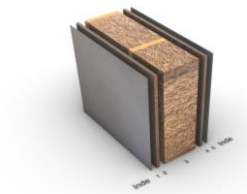
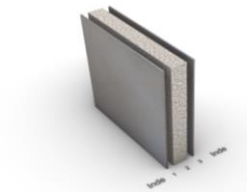
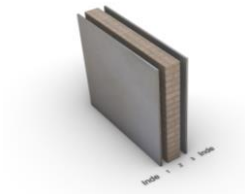
*Klassificeret K_1 10 beklædning på spånplade eller bedre (min. 300 kg/m3 og D-s2,s2)

**De sammenhængde lag i kombination vurderes at kunne overholde K1 10 på aktuelt materiale, men skal brandtestest eller lign. for dokumentation.

- Kan anvendes som præaccepteret løsning
- Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser
- Kan ikke anvendes

9 INDERVÆGGE

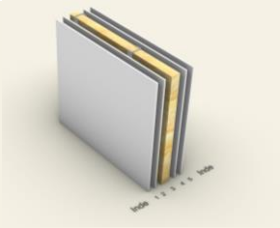
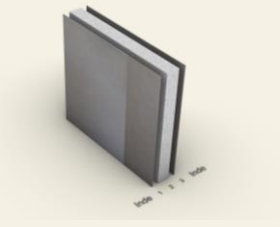
INDERVÆGGE

	OPBYGNING	Lag	Materiale	Egenskaber	GWP - Total kg CO_2-ækv. pr. m^2	
INDERVÆG 1		1	12,5 mm gipsplade	A2-s1,d0 | 664 kg/m3	1,8	12
		2	12 mm OSB4-plade	D-s2,d0 | 610 kg/m3	3,1	
		3	95 mm hampefiberisolering, formstykke	D-s1,d0 | 0,041 W/mK | 35 kg/m3	1,9	
		3	45x95 mm reglar C/C600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	0,7	
		4	12 mm OSB4-plade	D-s2,d0 | 610 kg/m3	3,1	
		5	12,5 mm gipsplade	A2-s1,d0 | 664 kg/m3	1,7	
INDERVÆG 2		1	3 mm lerpuds	B-s1,d0 | 900 kg/m3	0,3	16
		2	14 mm lerplade (tung)	A1 | 1450 kg/m3	2,6	
		3	12 mm OSB4-plade	D-s2,d0 | 610 kg/m3	3,1	
		4	95 mm græsfiberisolering, formstykke	E | 0,041 W/mK | 40 kg/m3	3,5	
		4	45x95 mm reglar C/C600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	0,7	
		5	12 mm OSB4-plade	D-s2,d0 | 610 kg/m3	3,1	
		6	14 mm lerplade (tung)	A1 | 1450 kg/m3	2,6	
		7	3 mm lerpuds	B-s1,d0 | 900 kg/m3	0,3	
INDERVÆG 3		1	15 mm krydsfiner	D-s2,d0 | 480 kg/m3	2,2	7
		2	45x70 mm reglar forskudt i 100 mm hulrum C/C600	D-s2,d2 | 500 kg/m3	0,8	
		3	100 mm hampefiberisolering, formstykke	D-s1,d0 | 0,041 W/mK | 35 kg/m3	1,9	
		3	15 mm krydsfiner	D-s2,d0 | 480 kg/m3	2,2	
INDERVÆG 4		1	3 mm lerpuds	B-s1,d0 | 900 kg/m3	0,3	15
		2	25 mm lerplade (tung)	A1 | 1450 kg/m3	4,6	
		3	300 mm presset halm	E | 0,05 W/mK | 100 kg/m3	3,5	
		3	45x300 mm reglar C/C600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	2,2	
		4	25 mm lerplade (tung)	A1 | 1450 kg/m3	4,6	
		5	3 mm lerpuds	B-s1,d0 | 900 kg/m3	0,3	
INDERVÆG 5		1	12 mm lerpuds	B-s1,d0 | 900 kg/m3	1,2	13
		2	120 mm hempcrete	B- s1,d0 | 0,071 W/mK | 340 kg/m3	11,2	
		3	12 mm lerpuds	B-s1,d0 | 900 kg/m3	1,2	
INDERVÆG 6		1	15,5 mm brandgips	A2-s1,d0 | 835 kg/m3	2,9	16
		2	15,5 mm brandgips	A2-s1,d0 | 835 kg/m3	2,9	
		3	95 mm græsfiberisolering, fromstykke	E | 0,041 W/mK | 40 kg/m3	3,5	
		3	45x95 mm reglar C/C 600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	0,7	
		4	15,5 mm brandgips	A2-s1,d0 | 835 kg/m3	2,9	
		5	15,5 mm brandgips	A2-s1,d0 | 835 kg/m3	2,9	
INDERVÆG 7		1	15mm lerpuds	B-s1,d0 | 900 kg/m3	1,4	5
		2	115 mm ubrændt lersten	A1 | 2000 kg/m3	1,9	
		3	15 mm lerpuds	B-s1,d0 | 900 kg/m3	1,4	

- Kan anvendes som præaccepteret løsning
- Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser
- Kan ikke anvendes

GWP - Biogen kg CO_2-ækv. pr. m^2	GWP - Fossil A1-A3 kg CO_2-ækv. pr. m^2	GWP - Upfront A1-A3 kg CO_2-ækv. pr. m^2	TERMISK-MASSE Wh/K pr. m^2	LUFTLYD, R'_w dB	BRAND	30 min K1 10 / D-s2,d2	30 min K1 10 / B-s1,d0	60 min K1 10 / B-s1,d0	120 min K1 10 / B-s1,d0	K2 60 / A2-s1,d0
-39	12	-26	6	46	BÆRENDE: IKKE-BÆRENDE:	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●
-44	15	-29	11	52	BÆRENDE: IKKE-BÆRENDE:	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●
-34	7	-27	7	43	BÆRENDE: IKKE-BÆRENDE:	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●
-64	15	-49	19	49	BÆRENDE: IKKE-BÆRENDE:	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●
-17	13	-4	14	38	IKKE-BÆRENDE:	●	●	●	●	-
-16	14	-2	8	49	BÆRENDE: IKKE-BÆRENDE:	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●
0	4	4	38	49	IKKE-BÆRENDE:	●	●	●	●	

INDERVÆGGE

OPBYGNING		Lag	Materiale	Egenskaber	GWP - Total kg CO_2-ækv. pr. m^2	
INDERVÆG 8		1	12,5 mm gipsplade	A2-s1,d0 | 664 kg/m3	1,7	13
		2	12,5 mm gipsplade	A2-s1,d0 | 664 kg/m3	1,7	
		3	70 mm mineraluld kl. 34	A1 | 0,034 W/mK | 28 kg/m3	1,2	
		3	70 mm stålskelet	A1 | 7850 kg/m3	4,4	
		4	12,5 mm gipsplade	A2-s1,d0 | 664 kg/m3	1,7	
		5	12,5 mm gipsplade	A2-s1,d0 | 664 kg/m3	1,7	
INDERVÆG 9		1	5 mm puds	A1 | 1100 kg/m3	1,1	21
		2	100 mm porebeton	A1 | 0,14 W/mK | 535 kg/m3	19,3	
		3	5 mm puds	A1 | 1100 kg/m3	1,1	

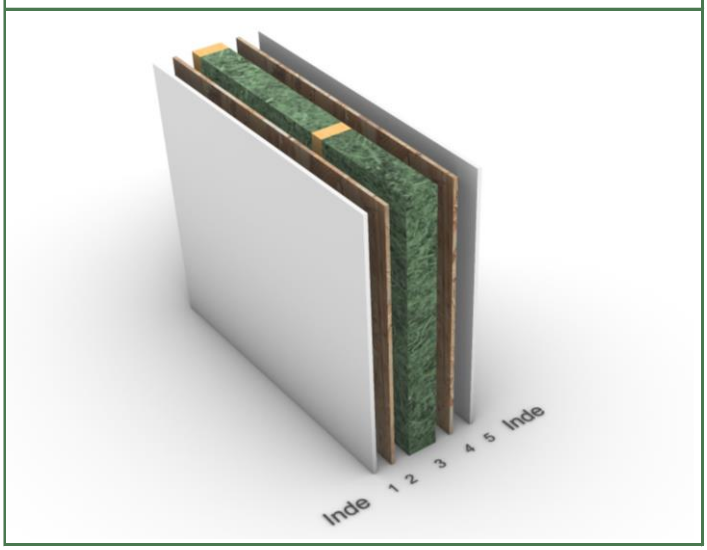
GWP - Biogen kg CO_2-ækv. pr. m^2	GWP - Fossil A1-A3 kg CO_2-ækv. pr. m^2	GWP - Upfront A1-A3 kg CO_2-ækv. pr. m^2	TERMISK-MASSE Wh/K pr. m^2	LUFTLYD, R'_w dB	BRAND	30 min K1 10 / D-s2,d2	30 min K1 10 / B-s1,d0	60 min K1 10 / B-s1,d0	120 min K1 10 / B-s1,d0	K2 60 / A2-s1,d0
-2	13	10	5	50	BÆRENDE: IKKE-BÆRENDE:	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●
0	21	21	15	37	IKKE-BÆRENDE:	●	●	●	●	●

INDERVÆG 1

Træskelet | Gips | OSB | Hampfiber

BESKRIVELSE

Indervæg af træskelet med hampefiberisolering. Beklædning af gips i kombination med OSB-plade. Dobbelt-plade løsning betyder, at konstruktionen kan anvendes præaccepteret ift. brand.



PERFORMANCEINDIKATORER

U-VÆRDI:	-
TERMISKMASSE:	6 Wh/K pr. m²
FUGTKLASSE:	-
TRINLYD, L'_W:	-
LUFTLYD, $R'_{n,W}$:	46,0 dB
GWP-TOTAL:	12,4 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-BIOGEN:	-38,6 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP UPFRONT (A1-A3):	-26,3 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-FOSSIL (A1-A3):	12,4 kg CO_2-ækv. pr. m²

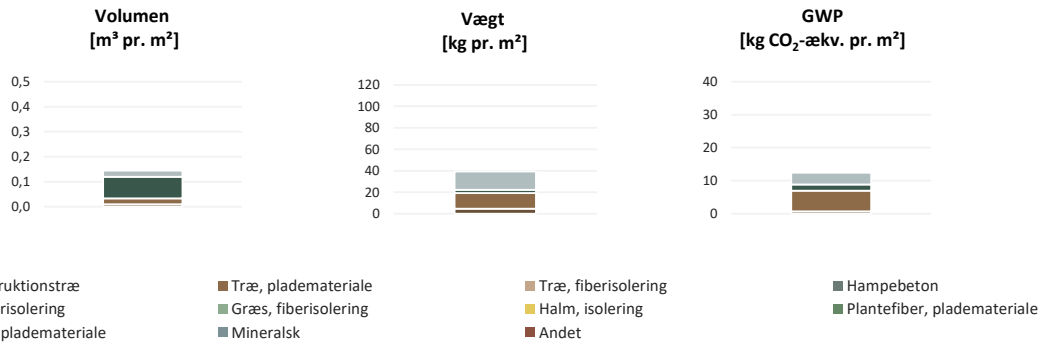
	BÆRENDE	IKKE-BÆRENDE
30 min + K_1 10 / D-s2,d2:	●	●
30 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●	●
60 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●	●
120 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●	●
K_2 60 / A2 s1,d0:	●	●

OPBYGNING

LAG	MATERIALE	EGENSKABER		GWP-BIOGEN [kg CO_2 pr. m²]	GWP-TOTAL [kg CO_2 pr. m²]
1	12,5 mm gipsplade	A2-s1,d0 | 664 kg/m3	*	-1	2
2	12 mm OSB4-plade	D-s2,d0 | 610 kg/m3		-13	3
3	95 mm hampefiberisolering, formstykke	D-s1,d0 | 0,041 W/mK | 35 kg/m3		-4	2
3	45x95 mm reglar C/C600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-7	1
4	12 mm OSB4-plade	D-s2,d0 | 610 kg/m3		-13	3
5	12,5 mm gipsplade	A2-s1,d0 | 664 kg/m3	*	-1	2
				0	0
				0	0
				0	0

Samlet tykkelse: 145 mm

RESSOURCEFORBRUG



*Klassificeret K_1 10 beklædning på spånplade eller bedre (min. 300 kg/m3 og D-s2,s2)

**De sammenhængde lag i kombination vurderes at kunne overholde K1 10 på aktuelt materiale, men skal brandtestest eller lign. for dokumentation.

● Kan anvendes som præaccepteret løsning

● Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser

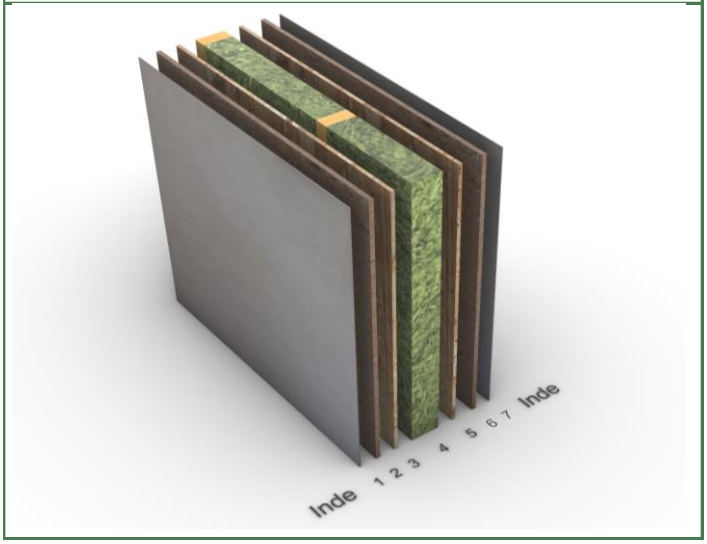
● Kan ikke anvendes

INDERVÆG 2

Træskelet | Lerplade | OSB | Græsfiber | Lerplade

BESKRIVELSE

Indervæg af træskelet med græsfiberisolering. Beklædning af lerplade med lerpuds i kombination med OSB-plade. Det skal dokumenteres, at lerplader kan klassificeres som K_1 10 inddækning, hvis det er gældende vurderes det at konstruktion kan anvendes præ-accpteret, der ikke haves krav til brandmodstandsevne.



PERFORMANCEINDIKATORER

U-VÆRDI:	-
TERMISKMASSE:	11 Wh/K pr. m²
FUGTKLASSE:	-
TRINLYD, L'_w:	-
LUFTLYD, $R'_{n,w}$:	52,0 dB
GWP-TOTAL:	16,2 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-BIOGEN:	-43,9 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP UPFRONT (A1-A3):	-29,2 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-FOSSIL (A1-A3):	14,7 kg CO_2-ækv. pr. m²

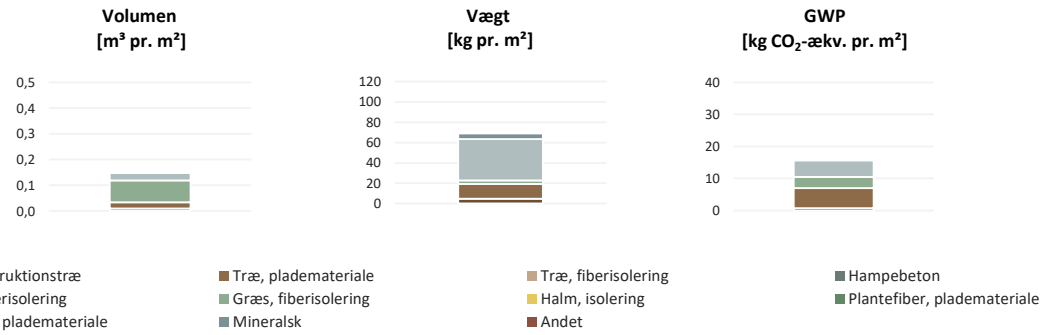
	BÆRENDE	IKKE-BÆRENDE
30 min + K_1 10 / D-s2,d2:	●	●
30 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●	●
60 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●	●
120 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●	●
K_2 60 / A2 s1,d0:	●	●

OPBYGNING

LAG	MATERIALE	EGENSKABER		GWP-BIOGEN [kg CO_2 pr. m²]	GWP-TOTAL [kg CO_2 pr. m²]
1	3 mm lerpuds	B-s1,d0 | 900 kg/m3	**	0	0
2	14 mm lerplade (tung)	A1 | 1450 kg/m3	**	-2	3
3	12 mm OSB4-plade	D-s2,d0 | 610 kg/m3		-13	3
4	95 mm græsfiberisolering, formstykke	E | 0,041 W/mK | 40 kg/m3		-6	4
4	45x95 mm reglar C/C600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-7	1
5	12 mm OSB4-plade	D-s2,d0 | 610 kg/m3		-13	3
6	14 mm lerplade (tung)	A1 | 1450 kg/m3	**	-2	3
7	3 mm lerpuds	B-s1,d0 | 900 kg/m3	**	0	0
				0	0

Samlet tykkelse: 153 mm

RESSOURCEFORBRUG



*Klassificeret K_1 10 beklædning på spånplade eller bedre (min. 300 kg/m3 og D-s2,s2)

**De sammenhængde lag i kombination vurderes at kunne overholde K1 10 på aktuelt materiale, men skal brandtestest eller lign. for dokumentation.

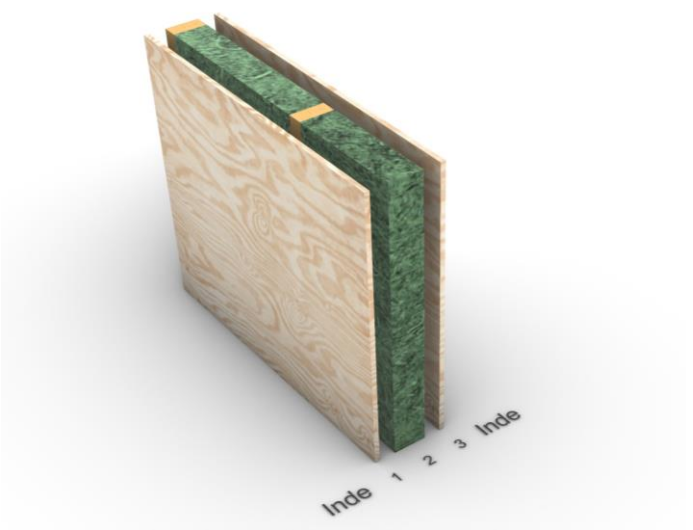
- Kan anvendes som præaccepteret løsning
- Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser
- Kan ikke anvendes

INDERVÆG 3

Træskelet | Krydsfinér | Hampfiber | Krydsfinér

BESKRIVELSE

Materialeeffektiv indervæg med lav CO2-belastning. Da isolering er bedre end D-s1,d2 kan vurderes konstruktion at kunne anvendes præ-accepteret i enfamiliehuse (øverste etage < 5,1 m)ift. brand.



PERFORMANCEINDIKATORER

U-VÆRDI:	-
TERMISKMASSE:	7 Wh/K pr. m²
FUGTKLASSE:	-
TRINLYD, L'_W:	-
LUFTLYD, $R'_{n,W}$:	43,0 dB
GWP-TOTAL:	7,1 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-BIOGEN:	-34,0 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP UPFRONT (A1-A3):	-27,5 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-FOSSIL (A1-A3):	6,5 kg CO_2-ækv. pr. m²

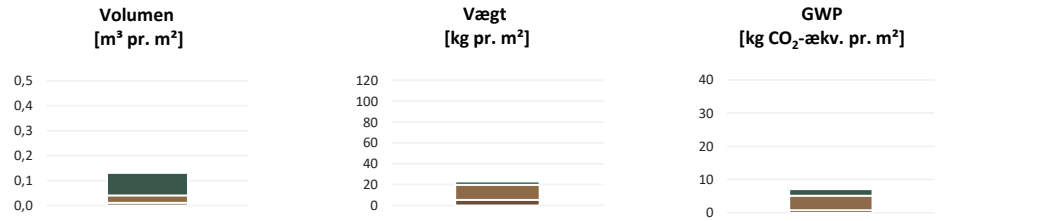
	BÆRENDE	IKKE-BÆRENDE
30 min + K_1 10 / D-s2,d2:	●	●
30 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●	●
60 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●	●
120 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●	●
K_2 60 / A2 s1,d0:	●	●

OPBYGNING

LAG	MATERIALE	EGENSKABER	GWP-BIOGEN [kg CO_2 pr. m²]	GWP-TOTAL [kg CO_2 pr. m²]
1	15 mm krydsfiner	D-s2,d0 | 480 kg/m3	-11	2
2	45x70 mm reglar forskudt i 100 mm hulrum C/C600	D-s2,d2 | 500 kg/m3	-8	1
3	100 mm hampefiberisolering, formstykke	D-s1,d0 | 0,041 W/mK | 35 kg/m3	-4	2
3	15 mm krydsfiner	D-s2,d0 | 480 kg/m3	-11	2
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0

Samlet tykkelse: 130 mm

RESSOURCEFORBRUG



- Træ, konstruktionstræ
- Træ, plademateriale
- Træ, fiberisolering
- Hampebeton
- Hamp, fiberisolering
- Græs, fiberisolering
- Halm, isolering
- Plantefiber, plademateriale
- Mineralsk, plademateriale
- Mineralsk
- Andet

*Klassificeret K_1 10 beklædning på spånplade eller bedre (min. 300 kg/m3 og D-s2,s2)

**De sammenhængde lag i kombination vurderes at kunne overholde K1 10 på aktuelt materiale, men skal brandtestest eller lign. for dokumentation.

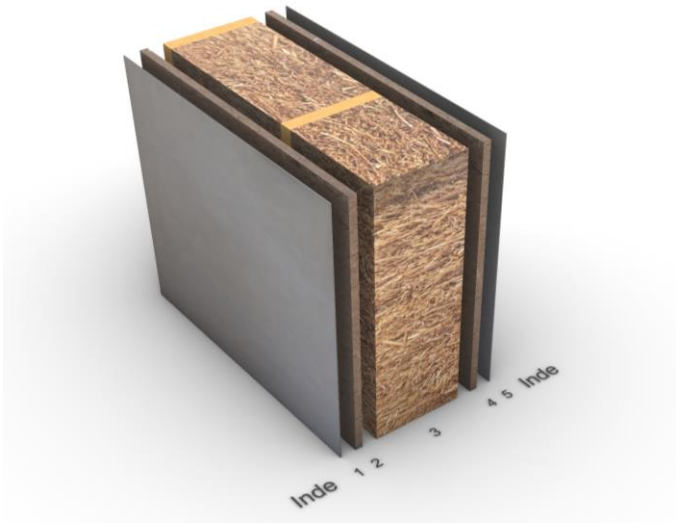
- ● Kan anvendes som præaccepteret løsning
- ● Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser
- ● Kan ikke anvendes

INDERVÆG 4

Træskelet | Lerpuds | Lerplade | Presset halm | Lerplade

BESKRIVELSE

Halmelement bestående af træskelet med presset halm. Beklædt med lerplader med lerpuds. Halmelement vægge klarer sig generelt godt i brandtests og en tilsvarende konstruktion er indikativt testet til at opfylde EI60 ifbm. Wood Up High. Det skal dokumenteres at lerplade kan klassificeres som K_1 10 inddækning.



PERFORMANCEINDIKATORER

U-VÆRDI:	-
TERMISKMASSE:	19 Wh/K pr. m²
FUGTKLASSE:	-
TRINLYD, L'_W:	-
LUFTLYD, $R'_{n,W}$:	49,0 dB
GWP-TOTAL:	15,5 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-BIOGEN:	-63,8 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP UPFRONT (A1-A3):	-48,7 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-FOSSIL (A1-A3):	15,1 kg CO_2-ækv. pr. m²

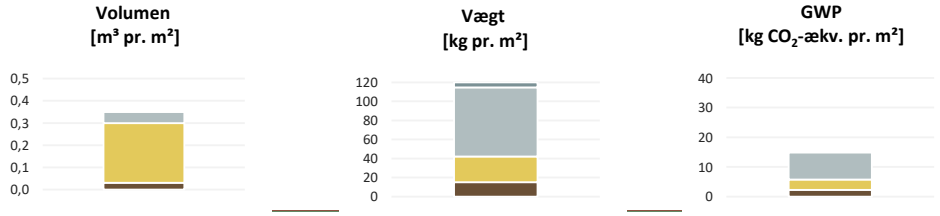
	BÆRENDE	IKKE-BÆRENDE
30 min + K_1 10 / D-s2,d2:		
30 min + K_1 10 / B-s1,d0:		
60 min + K_1 10 / B-s1,d0:		
120 min + K_1 10 / B-s1,d0:		
K_2 60 / A2 s1,d0:		

OPBYGNING

LAG	MATERIALE	EGENSKABER		GWP-BIOGEN [kg CO_2 pr. m²]	GWP-TOTAL [kg CO_2 pr. m²]
1	3 mm lerpuds	B-s1,d0 | 900 kg/m3	**	0	0
2	25 mm lerplade (tung)	A1 | 1450 kg/m3	**	-3	5
3	300 mm presset halm	E | 0,05 W/mK | 100 kg/m3		-35	3
3	45x300 mm reglar C/C600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-22	2
4	25 mm lerplade (tung)	A1 | 1450 kg/m3	**	-3	5
5	3 mm lerpuds	B-s1,d0 | 900 kg/m3	**	0	0
				0	0
				0	0
				0	0

Samlet tykkelse: 356 mm

RESSOURCEFORBRUG



- Træ, konstruktionstræ
- Træ, plademateriale
- Træ, fiberisolering
- Hampebeton
- Hamp, fiberisolering
- Græs, fiberisolering
- Halm, isolering
- Plantefiber, plademateriale
- Mineralsk, plademateriale
- Mineralsk
- Andet

*Klassificeret K_1 10 beklædning på spånplade eller bedre (min. 300 kg/m3 og D-s2,s2)

**De sammenhængde lag i kombination vurderes at kunne overholde K1 10 på aktuelt materiale, men skal brandtestest eller lign. for dokumentation.

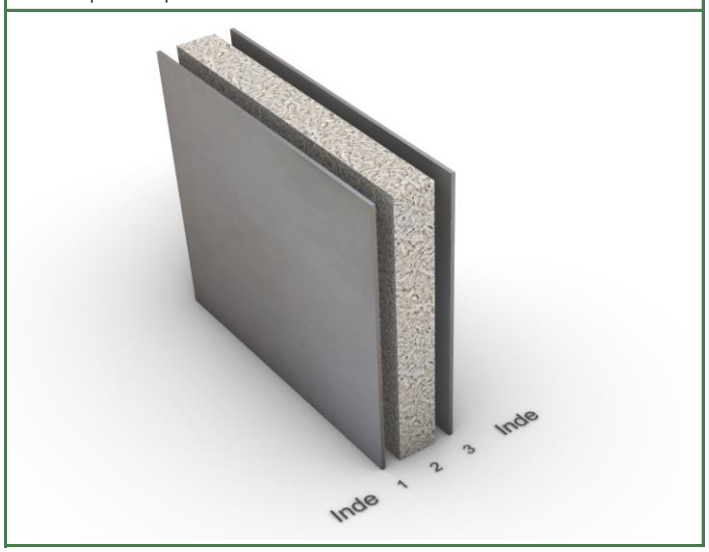
- Kan anvendes som præaccepteret løsning
- Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser
- Kan ikke anvendes

INDERVÆG 5

Hempcrete (ikke-bærende) | Lerpuds | Hempcrete | Lerpuds

BESKRIVELSE

Ikke-bærende indervæg bestående er hempcrete-blokke med lerpuds. Hempcrete har gode enskaber ift. brand og en tilsvarende konstruktion er indikativt testet til at opfylde EI60 ifbm. Wood Up High.
Hvis væggen anvendes uden krav til brandmodstandsevne vurderes den at kunne anvendes præ-accepteret.



PERFORMANCEINDIKATORER

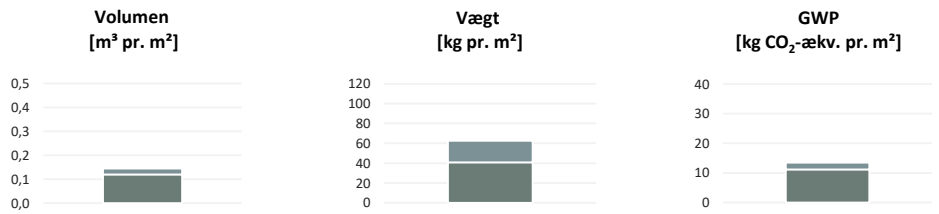
U-VÆRDI:	-
TERMISKMASSE:	14 Wh/K pr. m²
FUGTKLASSE:	-
TRINLYD, L'_W:	-
LUFTLYD, $R'_{n,W}$:	38,0 dB
GWP-TOTAL:	13,5 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-BIOGEN:	-17,3 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP UPFRONT (A1-A3):	-4,4 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-FOSSIL (A1-A3):	12,9 kg CO_2-ækv. pr. m²
	IKKE-BÆRENDE
30 min + K_1 10 / D-s2,d2:	
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:	-

OPBYGNING

LAG	MATERIALE	EGENSKABER	GWP-BIOGEN [kg CO_2 pr. m²]	GWP-TOTAL [kg CO_2 pr. m²]
1	12 mm lerpuds	B-s1,d0 | 900 kg/m3	0	1
2	120 mm hempcrete	B- s1,d0 | 0,071 W/mK | 340 kg/m3	-17	11
3	12 mm lerpuds	B-s1,d0 | 900 kg/m3	0	1
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0

Samlet tykkelse: 144 mm

RESSOURCEFORBRUG



- Træ, konstruktionstræ
- Træ, plademateriale
- Træ, fiberisolering
- Hampebeton
- Hamp, fiberisolering
- Græs, fiberisolering
- Halm, isolering
- Plantefiber, plademateriale
- Mineralsk, plademateriale
- Mineralsk
- Andet

*Klassificeret K_1 10 beklædning på spånplade eller bedre (min. 300 kg/m3 og D-s2,s2)

**De sammenhængde lag i kombination vurderes at kunne overholde K1 10 på aktuelt materiale, men skal brandtestest eller lign. for dokumentation.

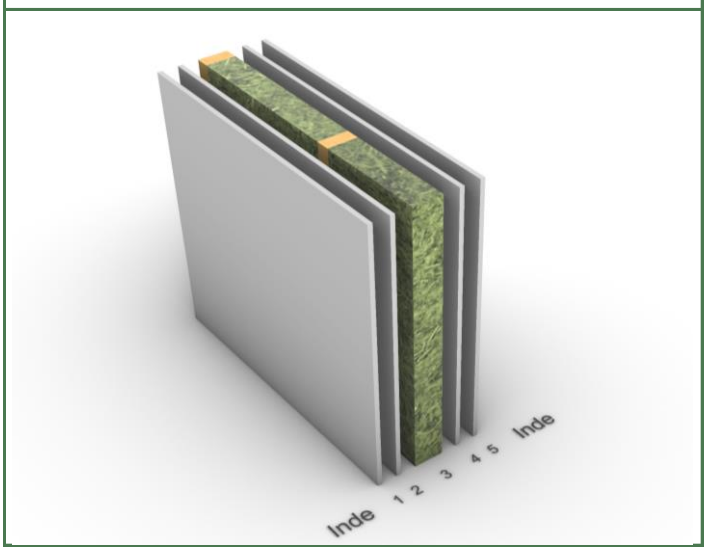
- Kan anvendes som præaccepteret løsning
- Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser
- Kan ikke anvendes

INDERVÆG 6

Træskelet | Brandgips | Græsfiber | Brandgips

BESKRIVELSE

Invendig væg bestående af træskelet med græsfiberisolering. Beklædt med 2 lag brandgips på begge sider.
Et lag brandgips giver ca. 30 min brandmodstandsevne.



PERFORMANCEINDIKATORER

U-VÆRDI:	-
TERMISKMASSE:	8 Wh/K pr. m^2
FUGTKLASSE:	-
TRINLYD, L'_W:	-
LUFTLYD, $R'_{n,W}$:	49,0 dB
GWP-TOTAL:	15,9 kg CO_2-ækv. pr. m^2
GWP-BIOGEN:	-15,9 kg CO_2-ækv. pr. m^2
GWP UPFRONT (A1-A3):	-2,1 kg CO_2-ækv. pr. m^2
GWP-FOSSIL (A1-A3):	13,8 kg CO_2-ækv. pr. m^2

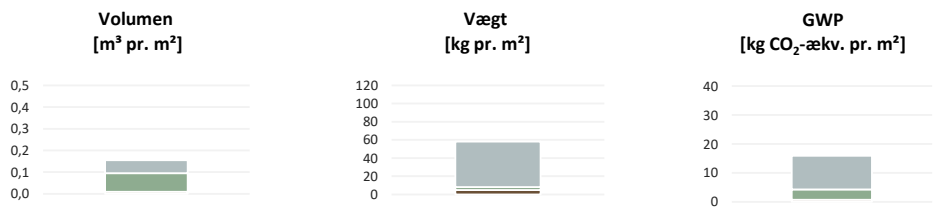
	BÆRENDE	IKKE-BÆRENDE
30 min + K_1 10 / D-s2,d2:	●	●
30 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●	●
60 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●	●
120 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●	●
K_2 60 / A2 s1,d0:	●	●

OPBYGNING

LAG	MATERIALE	EGENSKABER		GWP-BIOGEN [kg CO_2 pr. m^2]	GWP-TOTAL [kg CO_2 pr. m^2]
1	15,5 mm brandgips	A2-s1,d0 | 835 kg/m3	***	-1	3
2	15,5 mm brandgips	A2-s1,d0 | 835 kg/m3	***	-1	3
3	95 mm græsfiberisolering, fromstykke	E | 0,041 W/mK | 40 kg/m3		-6	4
3	45x95 mm reglar C/C 600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-7	1
4	15,5 mm brandgips	A2-s1,d0 | 835 kg/m3	***	-1	3
5	15,5 mm brandgips	A2-s1,d0 | 835 kg/m3	***	-1	3
				0	0
				0	0
				0	0

Samlet tykkelse: 155 mm

RESSOURCEFORBRUG



- Træ, konstruktionstræ
- Træ, plademateriale
- Træ, fiberisolering
- Hampebeton
- Hamp, fiberisolering
- Græs, fiberisolering
- Halm, isolering
- Plantefiber, plademateriale
- Mineralsk, plademateriale
- Mineralsk
- Andet

*Klassificeret K_1 10 beklædning på spånplade eller bedre (min. 300 kg/m3 og D-s2,s2)

**De sammenhængde lag i kombination vurderes at kunne overholde K1 10 på aktuelt materiale, men skal brandtestest eller lign. for dokumentation.
***Er testet til at opfylde til K2 60 brandbeskyttelsessystem

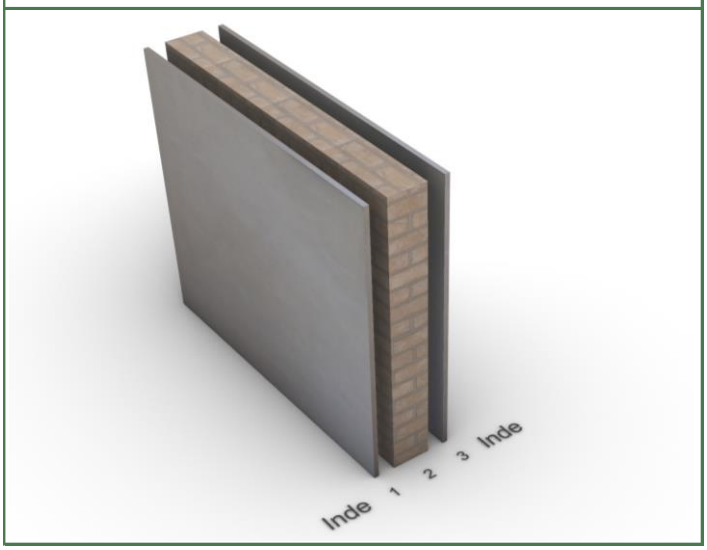
- Kan anvendes som præaccepteret løsning
- Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser
- Kan ikke anvendes

INDERVÆG 7

Ubrændt lersten (ikke-bærende)| Lerpuds | Lersten | Lerpuds

BESKRIVELSE

Ikke-bærende indervæg bestående er ubrændt lersten med lerpuds. Da væggen ikke indeholder isolering der der kun krav til overflader og brandmodstandsevne. Hvis væggen anvendes uden krav til brand-modstandsevne vurderes den at kunne anvendes præ-accepteret. NB. Miljødata er baseret på generisk data og er forbundet med usikkerhed.



PERFORMANCEINDIKATORER

U-VÆRDI:	-
TERMISKMASSE:	38 Wh/K pr. m²
FUGTKLASSE:	-
TRINLYD, L'_W:	-
LUFTLYD, $R'_{n,W}$:	49,0 dB
GWP-TOTAL:	4,7 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-BIOGEN:	0,0 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP UPFRONT (A1-A3):	3,9 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-FOSSIL (A1-A3):	3,9 kg CO_2-ækv. pr. m²

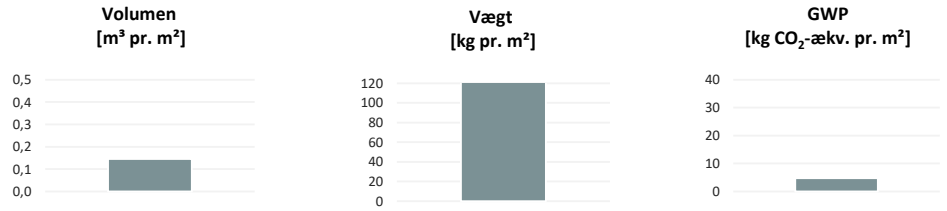
	IKKE-BÆRENDE
30 min + K_1 10 / D-s2,d2:	
30 min + K_1 10 / B-s1,d0:	
60 min + K_1 10 / B-s1,d0:	
120 min + K_1 10 / B-s1,d0:	
K_2 60 / A2 s1,d0:	-

OPBYGNING

LAG	MATERIALE	EGENSKABER	GWP-BIOGEN [kg CO_2 pr. m²]	GWP-TOTAL [kg CO_2 pr. m²]
1	15mm lerpuds	B-s1,d0 | 900 kg/m3	0	1
2	115 mm ubrændt lersten	A1 | 2000 kg/m3	0	2
3	15 mm lerpuds	B-s1,d0 | 900 kg/m3	0	1
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0

Samlet tykkelse: 145 mm

RESSOURCEFORBRUG



Træ, konstruktionstræ | Træ, plademateriale | Træ, fiberisolering | Hampebeton
Hamp, fiberisolering | Græs, fiberisolering | Halm, isolering | Plantefiber, plademateriale
Mineralsk, plademateriale | Mineralsk | Andet

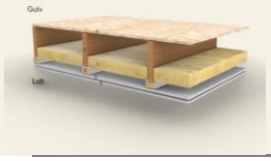
*Klassificeret K_1 10 beklædning på spånplade eller bedre (min. 300 kg/m3 og D-s2,s2)

**De sammenhængde lag i kombination vurderes at kunne overholde K1 10 på aktuelt materiale, men skal brandtestest eller lign. for dokumentation.

- Kan anvendes som præaccepteret løsning
- Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser
- Kan ikke anvendes

10 ETAGEDÆK

ETAGEDÆK

	OPBYGNING	Lag	Materiale	Egenskaber	GWP - Total kg CO_2-ækv. pr. m^2	
ETAGEDÆK 1		1	60 mm CLT	D-s2,d2 | 470 kg/m3	4,8	14
		2	160 mm træfiberisolering, komprimeret i konstruktion	B-s2,d0 | 0,037 W/mK | 43 kg/m3	3,3	
		2	160 mm bjælker	D-s2,d2 | 500 kg/m3	1,4	
		3	15 mm gipsplade	A2-s1,d0 | 664 kg/m3	1,8	
		3	15 mm konstruktionstræ	D-s2,d2 | 500 kg/m3	0,1	
		4	18 mm gipsplade	A2-s1,d0 | 664 kg/m3	2,2	
		4	18 mm konstruktionstræ	D-s2,d2 | 500 kg/m3	0,2	
		5	Synlig træbjælke (dimensioneres for indbrænding)	D-s2,d2 | 500 kg/m3	0,4	
ETAGEDÆK 2		1	15 mm gulvspånplade	D-s2,d0 | 650 kg/m3	2,9	12
		2	45x295 mm ribber C/C 600 (andel uden isolering)	D-s2,d2 | 500 kg/m3	1,1	
		3	45x295 mm ribber C/C 600 (andel med isolering)	D-s2,d2 | 500 kg/m3	0,5	
		3	95 mm træfiberisolering, formstykke ml. ribber	E | 0,036 W/mK | 50 kg/m3	1,2	
		4	15 mm spånplade	D-s2,d0 | 650 kg/m3	2,9	
		5	10 mm lerplade (tung)	A1 | 1450 kg/m3	1,8	
		6	10 mm lerplade (tung)	A1 | 1450 kg/m3	1,8	
ETAGEDÆK 3		1	21 mm krydsfiner	D-s2,d0 | 480 kg/m3	3,0	14
		2	45x295 mm ribber C/C 600 (andel uden isolering)	D-s2,d2 | 500 kg/m3	1,1	
		3	45x295 mm ribber C/C 600 (andel med isolering)	D-s2,d2 | 500 kg/m3	0,6	
		3	95 mm græsfiberisolering, formstykke ml. ribber	E | 0,041 W/mK | 40 kg/m3	3,8	
		4	Lydbøjler		0,7	
		5	70x45 mm reglar monteret i lydbøjler	D-s2,d2 | 500 kg/m3	0,4	
		6	95x20 afstandslister C/C400 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	0,4	
		7	22 mm lerplade (let)	B-s1,d0 | 750 kg/m3	2,1	
		8	19 mm hempcrete-plade	B- s1,d0 | 0,071 W/mK | 340 kg/m3	1,8	
ETAGEDÆK 4		1	22 mm spånplade	K1 10 / D-s2,d0 | 650 kg/m3	4,3	29
		2	40x63 mm strøer C/C 600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	0,4	
		3	Lydkiler			
		4	45 mm træfiberisolering, løs	B-s2,d0 | 0,037 W/mK | 26 kg/m3	0,6	
		5	240 mm CLT	D-s2,d2 | 470 kg/m3	19,2	
		6	Lydbøjler C/C600 mm		0,7	
		6	45x70 mm reglar C/C 600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	0,4	
		7	45 mm træfiberisolering, formstykke	E | 0,036 W/mK | 50 kg/m3	0,5	
		8	22 mm lerplade (let)	K1 10 / B-s1,d0 | 750 kg/m3	2,1	
ETAGEDÆK 5		1	22 mm spånplade	D-s2,d0 | 650 kg/m3	4,3	57
		2	40x63 mm strøer C/C 600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	0,4	
		3	Lydkiler			
		3	45 mm mineraluldsisolering, batts	A1 | 0,034 W/mK | 28 kg/m3	0,8	
		4	220 mm huldæk	A1 | 1,52 W/mK | 1534 kg/m3	52,0	
ETAGEDÆK 6		1	18 mm krydsfinerplade	D-s2,d0 | 480 kg/m3	2,6	12
		2	45 x 295 mm ribber C/C 600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	1,7	
		3	95 mm mineraluldsisolering, batts	A1 | 0,034 W/mK | 28 kg/m3	1,5	
		4	25 mm lydbøjler		0,7	
		5	18 mm fibergips	A2-s1,d0 | 1150 kg/m3	1,5	
		6	15 mm fibergips	A2-s1,d0 | 1150 kg/m3	3,8	

- Kan anvendes som præaccepteret løsning
- Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser
- Kan ikke anvendes

GWP - Biogen kg CO_2-ækv. pr. m^2	GWP - Fossil A1-A3 kg CO_2-ækv. pr. m^2	GWP - Upfront A1-A3 kg CO_2-ækv. pr. m^2	TERMISK-MASSE Wh/K pr. m^2	TRINLYD, $L'_{n,w}$ dB	LUFTLYD, R'_w dB	BRAND	30 min K1 10 / D-s2,d2	30 min K1 10 / B-s1,d0	60 min K1 10 / B-s1,d0	120 min K1 10 / B-s1,d0	K2 60 / A2-s1,d0
-76	13	-63	12	84	45	BÆRENDE:					
-49	2	-47	14	74	47	BÆRENDE:					
-50	12	-39	11	62	57	BÆRENDE:					
-207	19	-188	12	50	64	BÆRENDE:					
-21	50	30	40	51	61	BÆRENDE:					-
-37	11	-26	6	61	60	BÆRENDE:					

ETAGEDÆK 1

Bjælkedæk | Gips | Bjælker | Træfiber | CLT

BESKRIVELSE

Etagedæk med synligt bjælkelag og CLT-dæk. Bjælker dimensioneres for indbrænding. Konstruktionens loft beklædes med 2 lag. Meget sammenlignelig konstruktionen (dog anden isolering) er brandtestet ifm. Wood Up High til at holde 110 minutter.

PERFORMANCEINDIKATORER

U-VÆRDI:	-
TERMISKMASSE:	12 Wh/K pr. m²
FUGTKLASSE:	-
TRINLYD, L'_W:	84 dB
LUFTLYD, $R'_{n,W}$:	45 dB
GWP-TOTAL:	14,2 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-BIOGEN:	-75,8 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP UPFRONT (A1-A3):	-62,7 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-FOSSIL (A1-A3):	13,1 kg CO_2-ækv. pr. m²

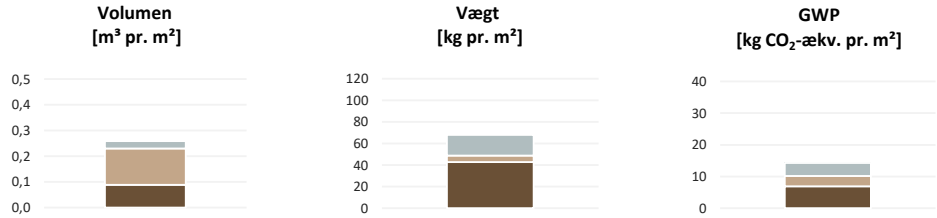
BÆRENDE	
30 min + K_1 10 / D-s2,d2:	●
30 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●
60 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●
120 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●
K_2 60 / A2 s1,d0:	●

OPBYGNING

LAG	MATERIALE	EGENSKABER	GWP-BIOGEN [kg CO_2 pr. m²]	GWP-TOTAL [kg CO_2 pr. m²]
1	60 mm CLT	D-s2,d2 | 470 kg/m3	-44	5
2	160 mm træfiberisolering, komprimeret i konstruktion	B-s2,d0 | 0,037 W/mK | 43 kg/m3	-9	3
2	160 mm bjælker	D-s2,d2 | 500 kg/m3	-14	1
3	15 mm gipsplade	A2-s1,d0 | 664 kg/m3	-1	2
3	15 mm konstruktionstræ	D-s2,d2 | 500 kg/m3	-1	0
4	18 mm gipsplade	A2-s1,d0 | 664 kg/m3	-1	2
4	18 mm konstruktionstræ	D-s2,d2 | 500 kg/m3	-2	0
5	Synlig træbjælke (dimensioneres for indbrænding)	D-s2,d2 | 500 kg/m3	-4	0
			0	0

Samlet tykkelse: 300 mm

RESSOURCEFORBRUG



Træ, konstruktionstræ | Træ, plademateriale | Træ, fiberisolering | Hampebeton
Hamp, fiberisolering | Græs, fiberisolering | Halm, isolering | Plantefiber, plademateriale
Mineralsk, plademateriale | Mineralsk | Andet

*Klassificeret K_1 10 beklædning på spånplade eller bedre (min. 300 kg/m3 og D-s2,s2)

**De sammenhængde lag i kombination vurderes at kunne overholde K1 10 på aktuelt materiale, men skal brandtestest eller lign. for dokumentation.
***Er testet til at opfylde til K2 30 brandbeskyttelsessystem

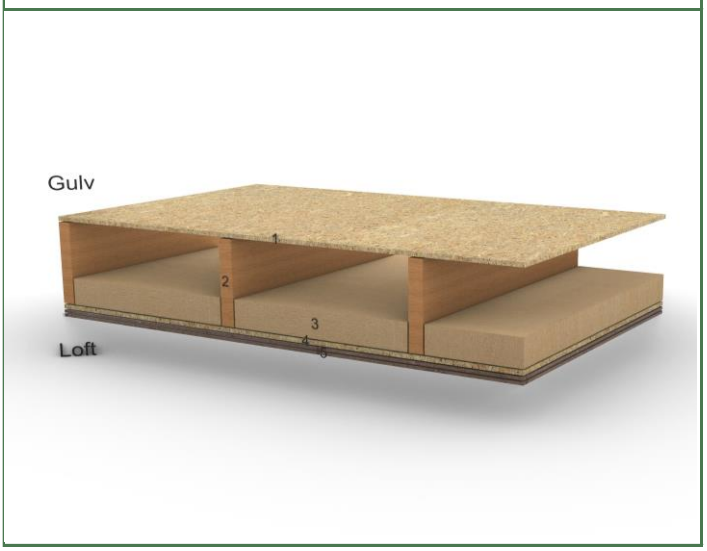
● Kan anvendes som præaccepteret løsning
● Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser
● Kan ikke anvendes

ETAGEDÆK 2

Ribber | Lerplader | Ribber | Træfiber | Spånplade

BESKRIVELSE

Ribbedæk med loft beklædt af lerplader med lerpuds. I hulrum haves træfiberisolering, formstykke iht. lydisolation.
Meget sammenlignelig konstruktion er brandtestet ifm. Wood Up High til at holde 47 minutter.



PERFORMANCEINDIKATORER

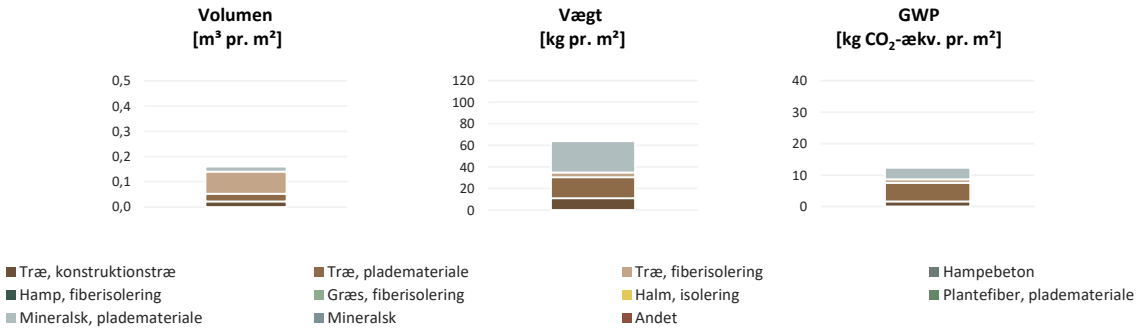
U-VÆRDI:	-
TERMISKMASSE:	14 Wh/K pr. m²
FUGTKLASSE:	-
TRINLYD, L'_W:	74 dB
LUFTLYD, $R'_{n,W}$:	47 dB
GWP-TOTAL:	12,3 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-BIOGEN:	-48,8 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP UPFRONT (A1-A3):	-46,6 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-FOSSIL (A1-A3):	2,2 kg CO_2-ækv. pr. m²
	BÆRENDE
30 min + K_1 10 / D-s2,d2:	
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:	

OPBYGNING

LAG	MATERIALE	EGENSKABER		GWP-BIOGEN [kg CO_2 pr. m²]	GWP-TOTAL [kg CO_2 pr. m²]
1	15 mm gulvspånplade	D-s2,d0 | 650 kg/m3	**	-11	3
2	45x295 mm ribber C/C 600 (andel uden isolering)	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-11	1
3	45x295 mm ribber C/C 600 (andel med isolering)	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-5	1
3	95 mm træfiberisolering, formstykke ml. ribber	E | 0,036 W/mK | 50 kg/m3		-7	1
4	15 mm spånplade	D-s2,d0 | 650 kg/m3		-11	3
5	10 mm lerplade (tung)	A1 | 1450 kg/m3	**	-1	2
6	10 mm lerplade (tung)	A1 | 1450 kg/m3	**	-1	2
				0	0
				0	0

Samlet tykkelse: 345 mm

RESSOURCEFORBRUG



*Klassificeret K_1 10 beklædning på spånplade eller bedre (min. 300 kg/m3 og D-s2,s2)

**De sammenhængde lag i kombination vurderes at kunne overholde K1 10 på aktuelt materiale, men skal brandtestest eller lign. for dokumentation.

- Kan anvendes som præaccepteret løsning
- Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser
- Kan ikke anvendes

ETAGEDÆK 3

Ribber | Lerplade | Hempcrete | Lydbøjler | Ribber | Græsfiber | Krydsfinér

BESKRIVELSE

Ribbedæk etageadskillelse med lydbøjler og græsfiberisolering. Loftet udøres med en hempcrete-plade på en lerplade.
Sammenlignelig konstruktion er testet ifm. Wood Up High til at holde 60 minutter.
Klassifikation af K_1 10 skal dokumenteres.

PERFORMANCEINDIKATORER

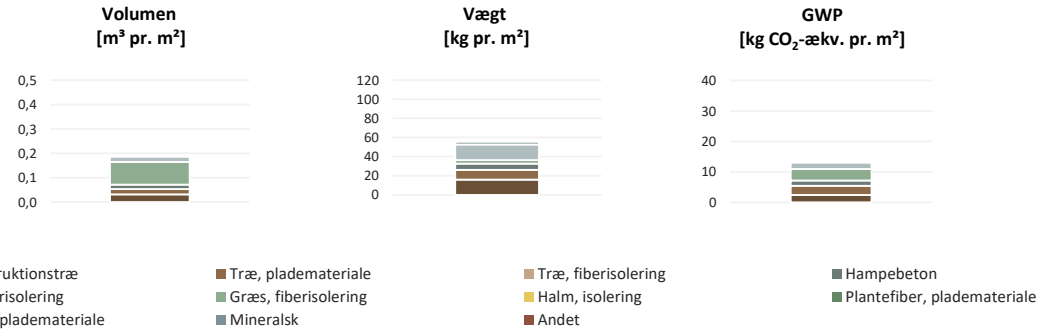
U-VÆRDI:	-
TERMISKMASSE:	11 Wh/K pr. m²
FUGTKLASSE:	-
TRINLYD, L'_W:	62 dB
LUFTLYD, $R'_{n,W}$:	57 dB
GWP-TOTAL:	14,0 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-BIOGEN:	-50,4 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP UPFRONT (A1-A3):	-38,7 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-FOSSIL (A1-A3):	11,7 kg CO_2-ækv. pr. m²
	BÆRENDE
30 min + K_1 10 / D-s2,d2:	
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:	

OPBYGNING

LAG	MATERIALE	EGENSKABER		GWP-BIOGEN [kg CO_2 pr. m²]	GWP-TOTAL [kg CO_2 pr. m²]
1	21 mm krydsfiner	D-s2,d0 | 480 kg/m3	**	-15	3
2	45x295 mm ribber C/C 600 (andel uden isolering)	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-11	1
3	45x295 mm ribber C/C 600 (andel med isolering)	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-6	1
3	95 mm græsfiberisolering, formstykke ml. ribber	E | 0,041 W/mK | 40 kg/m3		-7	4
4	Lydbøjler			0	1
5	70x45 mm reglar monteret i lydbøjler	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-4	0
6	95x20 afstandslister C/C400 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-4	0
7	22 mm lerplade (let)	B-s1,d0 | 750 kg/m3	**	-2	2
8	19 mm hempcrete-plade	B- s1,d0 | 0,071 W/mK | 340 kg/m3	**	-3	2

Samlet tykkelse: 433 mm

RESSOURCEFORBRUG



*Klassificeret K_1 10 beklædning på spånplade eller bedre (min. 300 kg/m3 og D-s2,s2)

**De sammenhængde lag i kombination vurderes at kunne overholde K1 10 på aktuelt materiale, men skal brandtestest eller lign. for dokumentation.

- Kan anvendes som præaccepteret løsning
- Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser
- Kan ikke anvendes

ETAGEDÆK 4

CLT | Lerplader | Træfiber | Lydbøjler | CLT | Træfiber | Kiler | Spånplade

BESKRIVELSE

CLT-etagedæk med lydkiler i gulvkonstruktion og loftet monteret på lydbøjler.
Loftet beklædes med lerplader og lerpuds.
Tilsvarende konstruktion (dog med to lag brandgips i stedet for lerplader) er testet ifm. et Artelia projekt til REI120.

PERFORMANCEINDIKATORER

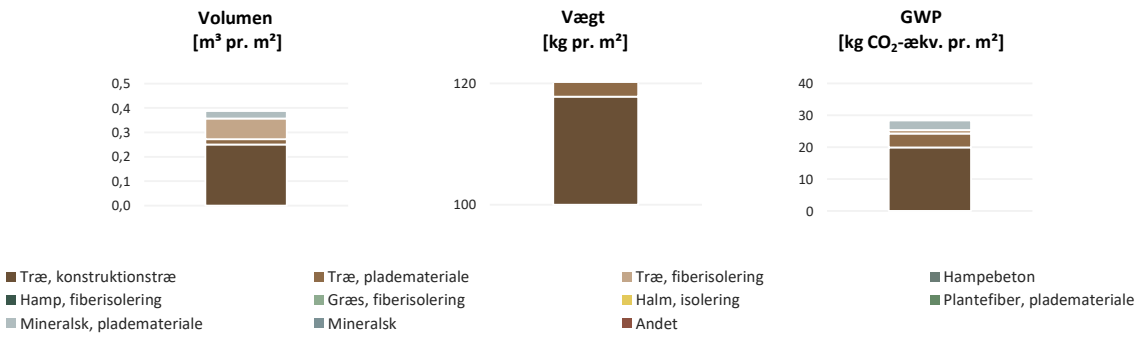
U-VÆRDI:	-
TERMISKMASSE:	12 Wh/K pr. m²
FUGTKLASSE:	-
TRINLYD, L'_W:	50 dB
LUFTLYD, $R'_{n,W}$:	64 dB
GWP-TOTAL:	29,4 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-BIOGEN:	-206,7 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP UPFRONT (A1-A3):	-187,7 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-FOSSIL (A1-A3):	19,1 kg CO_2-ækv. pr. m²
	BÆRENDE
30 min + K_1 10 / D-s2,d2:	
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:	

OPBYGNING

LAG	MATERIALE	EGENSKABER		GWP-BIOGEN [kg CO_2 pr. m²]	GWP-TOTAL [kg CO_2 pr. m²]
1	22 mm spånplade	K1 10 / D-s2,d0 | 650 kg/m3	**	-17	4
2	40x63 mm strøer C/C 600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-4	0
3	Lydkiler			0	0
4	45 mm træfiberisolering, løs	B-s2,d0 | 0,037 W/mK | 26 kg/m3		-2	1
5	240 mm CLT	D-s2,d2 | 470 kg/m3			19
6	Lydbøjler C/C600 mm			0	1
6	45x70 mm reglar C/C 600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-4	0
7	45 mm træfiberisolering, formstykke	E | 0,036 W/mK | 50 kg/m3		-3	1
8	22 mm lerplade (let)	K1 10 / B-s1,d0 | 750 kg/m3	**	-2	2
9	10 mm lerplade (let)	K1 10 / B-s1,d0 | 750 kg/m3	**	-1	1
10	3 mm lerpuds	K1 10 / B-s1,d0 | 900 kg/m3	**	0	0

Samlet tykkelse: 442 mm

RESSOURCEFORBRUG



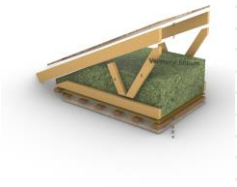
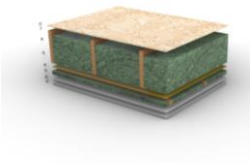
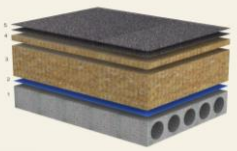
*Klassificeret K_1 10 beklædning på spånplade eller bedre (min. 300 kg/m3 og D-s2,s2)

**De sammenhængde lag i kombination vurderes at kunne overholde K1 10 på aktuelt materiale, men skal brandtestest eller lign. for dokumentation.

- Kan anvendes som præaccepteret løsning
- Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser
- Kan ikke anvendes

11 TAGE

TAGE

	OPBYGNING	Lag	Materiale	Egenskaber	GWP - Total kg CO_2-ækv. pr. m^2	
TAG 1		1	12,5 mm gipsplade	A2-s1,d0 | 664 kg/m3	1,7	11
		2	12,5 mm gipsplade	A2-s1,d0 | 664 kg/m3	1,7	
		3	22x100 mm forskalling C/C300 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	0,5	
		4	Dampbremse	Z=50	0,0	
		5	45x120 mm spærfod C/C 1000 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	0,4	
		5	120 mm træfiberisolering, løst udlagt +15%	B-s2,d0 | 0,037 W/mK | 26 kg/m3	1,6	
		6	330 mm træfiberisolering, løst udlagt +15%	B-s2,d0 | 0,037 W/mK | 26 kg/m3	4,6	
		7	45x95 mm spærstænger C/C 1000 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	0,3	
		8	45x145 mm spærhoved C/C 1000 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	0,5	
		9	Ventileret loftsrum			
TAG 2		1	15 mm krydsfiner (beklædning)	D-s2,d0 | 480 kg/m3	2,2	14
		2	22x100 mm forskalling C/C300 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	0,5	
		3	Dampbremse	Z=50	0,6	
		4	45x120 mm spærfod C/C 1000 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	0,4	
		4	120 mm hampefiber, formstykke (ml. spærfødder)	D-s1,d0 | 0,041 W/mK | 35 kg/m3	2,5	
		5	330 mm hampefiber, formstykke (over spærfod)	D-s1,d0 | 0,041 W/mK | 35 kg/m3	7,2	
		6	45x95 mm spærstænger C/C 1000 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	0,3	
		7	45x145 mm spærhoved C/C 1000 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	0,5	
		8	Ventileret loftsrum			
TAG 3		1	3 mm lerpuds	B-s1,d0 | 900 kg/m3	0,0	20
		2	25 mm lerplade (let)	B-s1,d0 | 750 kg/m3	1,2	
		3	22 mm OSB4-plade (dampbremse)	Z = 25 | D-s2,d0 | 610 kg/m3	5,8	
		4	400 mm træfiberisolering, komprimeret i konstruktion	B-s2,d0 | 0,037 W/mK | 36 kg/m3	7,0	
		4	400x45 mm spær C/C 1000	D-s2,d2 | 500 kg/m3	3,0	
		5	40 mm træfiberplade	Z = 1 | D-s2,d0 | 0,05 W/mK | 167 kg/m3	2,9	
TAG 4		1	15,5 mm brandgips	A2-s1,d0 | 835 kg/m3	2,9	19
		2	15,5 mm brandgips	A2-s1,d0 | 835 kg/m3	2,9	
		3	45 mm installationslag, hampefiber formstykke	D-s1,d0 | 0,041 W/mK | 35 kg/m3	0,9	
		3	45 mm installationslag, 45x45 mm reglar C/C 600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	0,3	
		4	dampbremse	Z=50	0,6	
		5	200 mm hampefiber, formstykke	D-s1,d0 | 0,041 W/mK | 35 kg/m3	3,9	
		5	45x200 mm ribber C/C 600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	1,5	
		6	150 mm hampefiber, formstykke	D-s1,d0 | 0,041 W/mK | 35 kg/m3	2,9	
		6	45x200 mm ribber C/C 600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	1,5	
		7	50 mm ventilationsspalte			
		8	12 mm krydsfiner	D-s2,d0 | 460 kg/m3	1,5	
TAG 5		1	12,5 mm gipsplade	A2-s1,d0 | 664 kg/m3	1,7	15
		2	12,5 mm gipsplade	A2-s1,d0 | 664 kg/m3	1,7	
		3	22x100 mm forskalling C/C300 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	0,5	
		3	Dampspærre	Z=500	0,6	
		4	45x120 mm spærfod C/C 1000 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	0,4	
		5	120 mm mineraluldsisolering, løst udlagt +15%	A1 | 0,034 W/mK | 25 kg/m3	2,8	
		5	250 mm mineraluldsisolering, løst udlagt +15%	A1 | 0,034 W/mK | 25 kg/m3	6,0	
		6	45x95 mm spærstænger C/C 1000 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	0,3	
		6	45x145 mm spærhoved C/C 1000 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3	0,5	
		7	Ventileret loftsrum			
TAG 6		1	220 mm huldæk	A1 | 1,52 W/mK | 1534 kg/m3	52,0	91
		2	Dampspærre	Z=500	0,6	
		3	300 mm mineraluldsisolering, trykfast	A1 | 0,034 W/mK | 60 kg/m3	10,4	
		4	50 mm mineraluldsisolering, trykfast	A1 | 0,034 W/mK | 60 kg/m3	1,7	
		5	To lag tagpap	Broof (t2)	26,5	

- Kan anvendes som præaccepteret løsning
- Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser
- Kan ikke anvendes

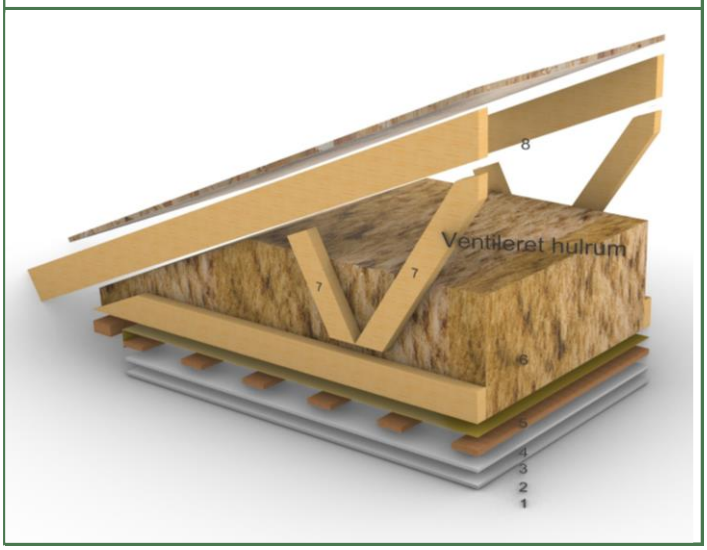
GWP - Biogen kg CO_2-ækv. pr. m^2	GWP - Fossil A1-A3 kg CO_2-ækv. pr. m^2	GWP - Upfront A1-A3 kg CO_2-ækv. pr. m^2	TERMISK-MASSE Wh/K pr. m^2	U-VÆRDI W/m^2K	FUGTKLASSE [-]	BRAND	30 min K1 10 / D-s2,d2	30 min K1 10 / B-s1,d0	60 min K1 10 / B-s1,d0	120 min K1 10 / B-s1,d0	K2 60 / A2-s1,d0
-36	11	-25	5	0,07	1 2 3 4 5	BÆRENDE:					
-48	14	-35	4	0,08	1 2 3 4 5	BÆRENDE:					
-86	19	-67	10	0,10	1 2 3 4 5	BÆRENDE:					
-61	18	-42	8	0,12	1 2 3 4 5	BÆRENDE:					
-19	14	-5	6	0,08	1 2 3 4 5	BÆRENDE:					
0	68	68	40	0,09	1 2 3 4 5	BÆRENDE:					-

TAG 1

Gitterspær | Gips | Dampbremse | Gitterspær | Træfiber | OSB

BESKRIVELSE

Traditionel gitterspær tagløsning med ventileret loftsrum. Konstruktionen er med indblæsningstræfiberisolering og dampbremse. OBS ift. at der ikke må være hulrum mellem brandinddækning og isolering hvis løsning skal anvendes præ-accepteret.



PERFORMANCEINDIKATORER

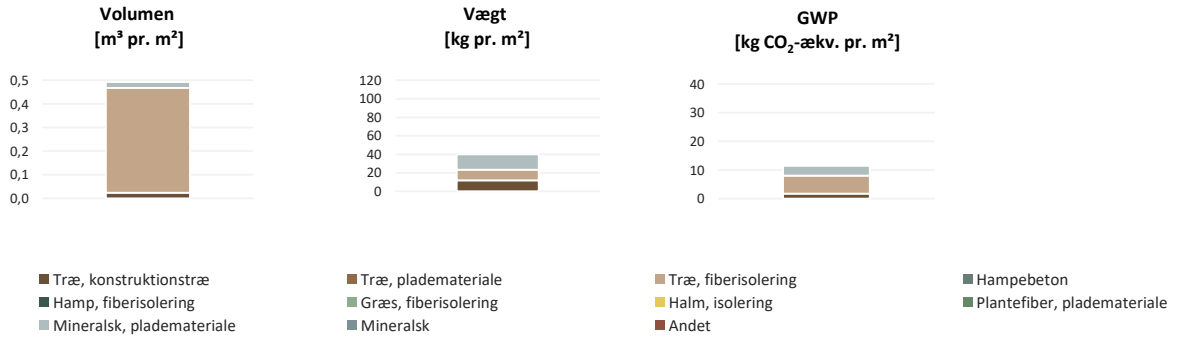
U-VÆRDI:	0,07 W/m²K
TERMISKMASSE:	5 Wh/K pr. m²
FUGTKLASSE:	3
TRINLYD, L'_w:	-
LUFTLYD, $R'_{n,w}$:	-
GWP-TOTAL:	11,5 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-BIOGEN:	-36,5 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP UPFRONT (A1-A3):	-25,3 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-FOSSIL (A1-A3):	11,1 kg CO_2-ækv. pr. m²
BÆRENDE	
30 min + K_1 10 / D-s2,d2:	
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:	

OPBYGNING

LAG	MATERIALE	EGENSKABER		GWP-BIOGEN [kg CO_2 pr. m²]	GWP-TOTAL [kg CO_2 pr. m²]
1	12,5 mm gipsplade	A2-s1,d0 | 664 kg/m3	***	-1	2
2	12,5 mm gipsplade	A2-s1,d0 | 664 kg/m3	***	-1	2
3	22x100 mm forskalling C/C300 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-5	1
4	Dampbremse	Z=50		0	0
5	45x120 mm spærfod C/C 1000 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-4	0
5	120 mm træfiberisolering, løst udlagt +15%	B-s2,d0 | 0,037 W/mK | 26 kg/m3		-5	2
6	330 mm træfiberisolering, løst udlagt +15%	B-s2,d0 | 0,037 W/mK | 26 kg/m3		-13	5
7	45x95 mm spærstænger C/C 1000 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-3	0
8	45x145 mm spærhoved C/C 1000 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-5	1

Samlet tykkelse: 497 mm

RESSOURCEFORBRUG



*Klassificeret K_1 10 beklædning på spånplade eller bedre (min. 300 kg/m3 og D-s2,s2)

**De sammenhængde lag i kombination vurderes at kunne overholde K1 10 på aktuelt materiale, men skal brandtestest eller lign. for dokumentation.

***Er testet til at opfylde til K2 30 brandbeskyttelsessystem

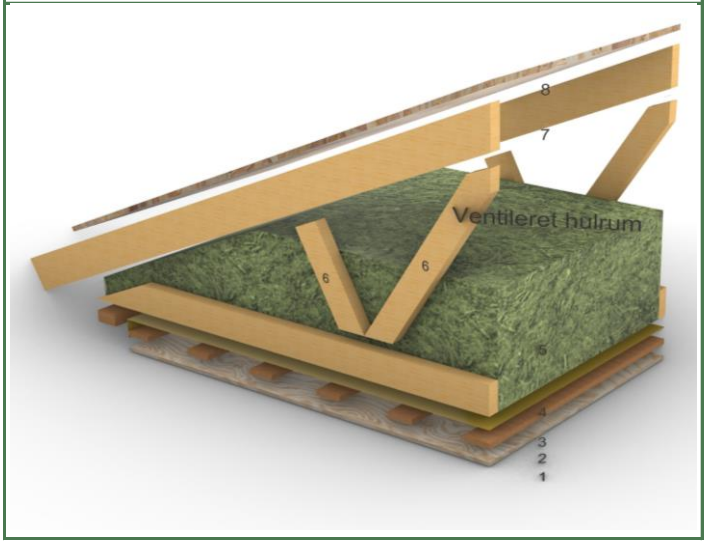
- Kan anvendes som præaccepteret løsning
- Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser
- Kan ikke anvendes

TAG 2

Gitterspær | Krydsfinér | Dampbremse | Gitterspær | Græsfiber | OSB

BESKRIVELSE

Gitterspær med ventileret loftsrum. Konstruktionen er hampefiberisolering i formstykker og dampbremse. Da isolering er bedre end D-s1,d2 vurderes konstruktion at kunne anvendes præ-accepteret i enfamiliehuse (øverste etage < 5,1 m)ift. brand.
OBS ift. hulrum ml. brandinddækning og isolering ved præ-accepteret.



PERFORMANCEINDIKATORER

U-VÆRDI:	0,08 W/m²K
TERMISKMASSE:	4 Wh/K pr. m²
FUGTKLASSE:	3
TRINLYD, L'_W:	-
LUFTLYD, $R'_{n,W}$:	-
GWP-TOTAL:	14,2 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-BIOGEN:	-48,3 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP UPFRONT (A1-A3):	-34,8 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-FOSSIL (A1-A3):	13,5 kg CO_2-ækv. pr. m²

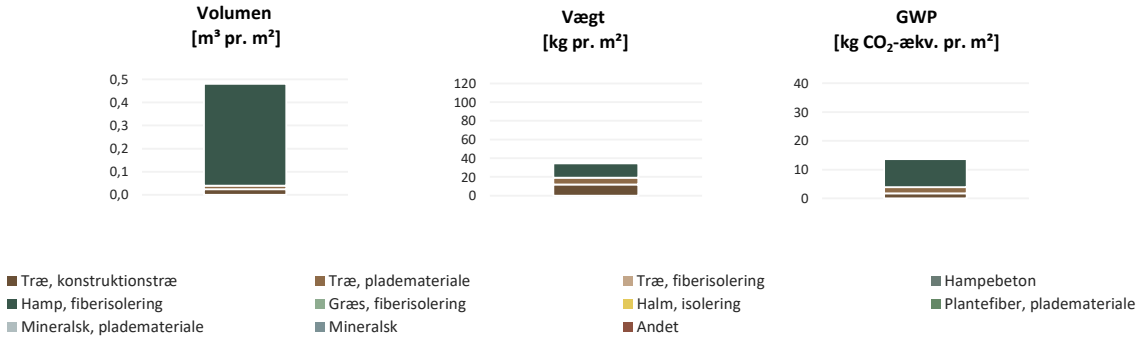
	BÆRENDE
30 min + K_1 10 / D-s2,d2:	●
30 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●
60 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●
120 min + K_1 10 / B-s1,d0:	●
K_2 60 / A2 s1,d0:	●

OPBYGNING

LAG	MATERIALE	EGENSKABER		GWP-BIOGEN [kg CO_2 pr. m²]	GWP-TOTAL [kg CO_2 pr. m²]
1	15 mm krydsfiner (beklædning)	D-s2,d0 | 480 kg/m3	**	-11	2
2	22x100 mm forskalling C/C300 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-5	1
3	Dampbremse	Z=50		0	1
4	45x120 mm spærfod C/C 1000 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-4	0
4	120 mm hampefiber, formstykke (ml. spærfødder)	D-s1,d0 | 0,041 W/mK | 35 kg/m3		-5	2
5	330 mm hampefiber, formstykke (over spærfod)	D-s1,d0 | 0,041 W/mK | 35 kg/m3		-15	7
6	45x95 mm spærstænger C/C 1000 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-3	0
7	45x145 mm spærhoved C/C 1000 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-5	1
8	Ventileret loftsrum			0	0

Samlet tykkelse: 487 mm

RESSOURCEFORBRUG



*Klassificeret K_1 10 beklædning på spånplade eller bedre (min. 300 kg/m3 og D-s2,s2)

**De sammenhængde lag i kombination vurderes at kunne overholde K1 10 på aktuelt materiale, men skal brandtestest eller lign. for dokumentation.

● Kan anvendes som præaccepteret løsning

● Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser

● Kan ikke anvendes

TAG 3

Bjælkespær | Lerplade | OSB | Bjælker | Træfiber

BESKRIVELSE

Diffusionsåben trækassette/-bjælkespær med træfiberisolering og OSB4-plade som dampbremse. Indvending beklædt med en lerplade og lerpuds.
Lerplade skal dokumenteret klassificeret som K1 10 beklædning. Hvis den kan det kan løsning anvendes præ-accepteret.

PERFORMANCEINDIKATORER

U-VÆRDI:	0,10 W/m²K
TERMISKMASSE:	10 Wh/K pr. m²
FUGTKLASSE:	3
TRINLYD, L´$_W$:	-
LUFTLYD, R´$_{n,W}$:	-
GWP-TOTAL:	19,8 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-BIOGEN:	-85,6 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP UPFRONT (A1-A3):	-66,5 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-FOSSIL (A1-A3):	19,1 kg CO_2-ækv. pr. m²

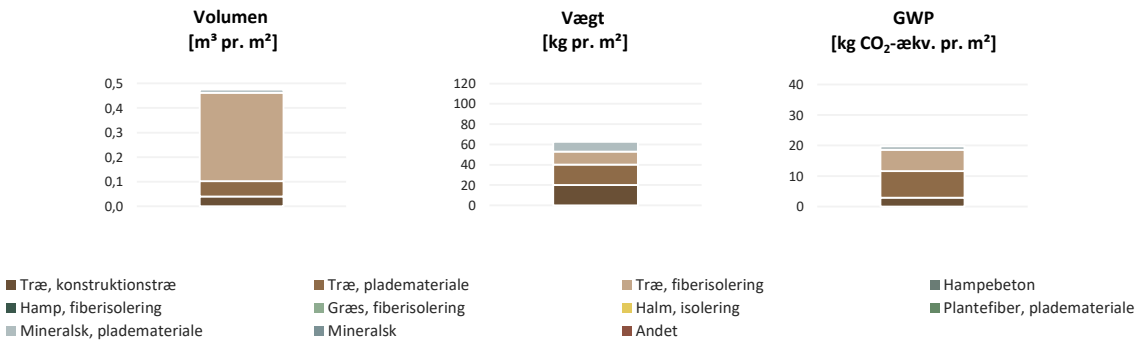
	BÆRENDE
30 min + K_1 10 / D-s2,d2:	
30 min + K_1 10 / B-s1,d0:	
60 min + K_1 10 / B-s1,d0:	
120 min + K_1 10 / B-s1,d0:	
K_2 60 / A2 s1,d0:	

OPBYGNING

LAG	MATERIALE	EGENSKABER		GWP-BIOGEN [kg CO_2 pr. m²]	GWP-TOTAL [kg CO_2 pr. m²]
1	3 mm lerpuds	B-s1,d0 | 900 kg/m3	**	0	0
2	25 mm lerplade (let)	B-s1,d0 | 750 kg/m3	**	-1	1
3	22 mm OSB4-plade (dampbremse)	Z = 25 | D-s2,d0 | 610 kg/m3		-24	6
4	400 mm træfiberisolering, komprimeret i konstruktion	B-s2,d0 | 0,037 W/mK | 36 kg/m3		-20	7
4	400x45 mm spær C/C 1000	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-30	3
5	40 mm træfiberplade	Z = 1 | D-s2,d0 | 0,05 W/mK | 167 kg/m		-11	3
				0	0
				0	0
				0	0

Samlet tykkelse: 490 mm

RESSOURCEFORBRUG



*Klassificeret K_1 10 beklædning på spånplade eller bedre (min. 300 kg/m3 og D-s2,s2)

**De sammenhængde lag i kombination vurderes at kunne overholde K1 10 på aktuelt materiale, men skal brandtestest eller lign. for dokumentation.

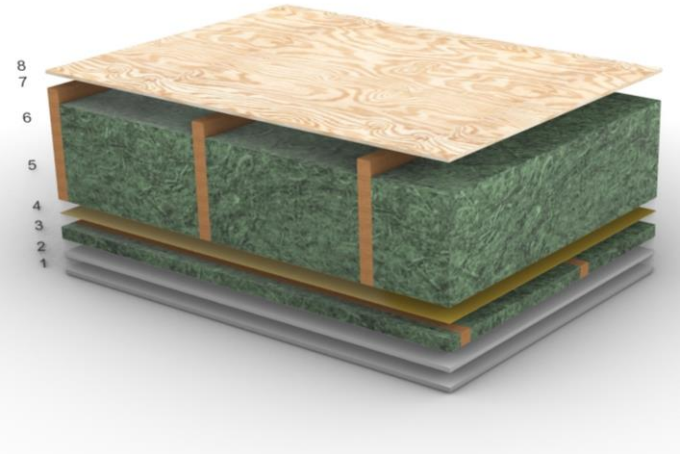
- Kan anvendes som præaccepteret løsning
- Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser
- Kan ikke anvendes

TAG 4

Ventileret kassette | Brandgips | Hampfiber | Dampbremse | Hampfiber | Ribber | Krydsfinér

BESKRIVELSE

Ventileret tagkassette med hampefiberisolering. Da isolering er bedre end D s2,d2 kan og der anvendes dobbeltplade løsning som indvendig beklædning kan konstruktionen anvendes præaccepteret løsning i enfamiliehus.



PERFORMANCEINDIKATORER

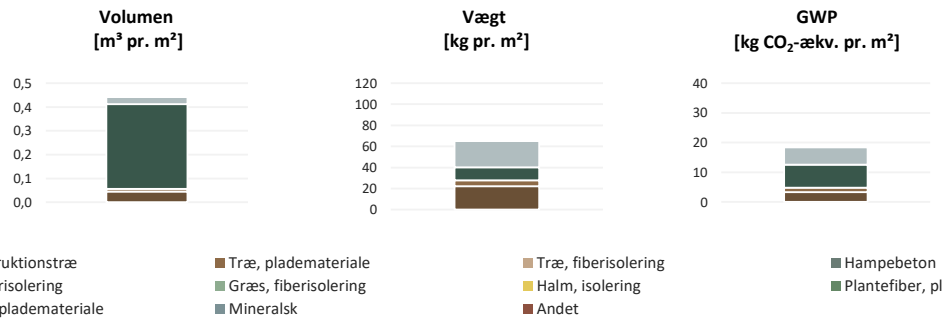
U-VÆRDI:	0,12 W/m²K
TERMISKMASSE:	8 Wh/K pr. m²
FUGTKLASSE:	3
TRINLYD, L´$_W$:	-
LUFTLYD, R´$_{n,W}$:	-
GWP-TOTAL:	19,0 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-BIOGEN:	-60,5 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP UPFRONT (A1-A3):	-42,4 kg CO_2-ækv. pr. m²
GWP-FOSSIL (A1-A3):	18,1 kg CO_2-ækv. pr. m²
	BÆRENDE
30 min + K_1 10 / D-s2,d2:	
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:	

OPBYGNING

LAG	MATERIALE	EGENSKABER		GWP-BIOGEN [kg CO_2 pr. m²]	GWP-TOTAL [kg CO_2 pr. m²]
1	15,5 mm brandgips	A2-s1,d0 | 835 kg/m3	***	-1	3
2	15,5 mm brandgips	A2-s1,d0 | 835 kg/m3		-1	3
3	45 mm installationslag, hampefiber formstykke	D-s1,d0 | 0,041 W/mK | 35 kg/m3		-2	1
3	45 mm installationslag, 45x45 mm reglar C/C 600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-3	0
4	Dampbremse	Z=50		0	1
5	200 mm hampefiber, formstykke	D-s1,d0 | 0,041 W/mK | 35 kg/m3		-8	4
5	45x200 mm ribber C/C 600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-15	1
6	150 mm hampefiber, formstykke	D-s1,d0 | 0,041 W/mK | 35 kg/m3		-6	3
6	45x200 mm ribber C/C 600 mm	D-s2,d2 | 500 kg/m3		-15	1
7	50 mm ventilationsspalte			0	0
8	12 mm krydsfiner	D-s2,d0 | 460 kg/m3		-11	2

Samlet tykkelse: 475 mm

RESSOURCEFORBRUG



*Klassificeret K_1 10 beklædning på spånplade eller bedre (min. 300 kg/m3 og D-s2,s2)

**De sammenhængde lag i kombination vurderes at kunne overholde K1 10 på aktuelt materiale, men skal brandtestest eller lign. for dokumentation.

***Er testet til at opfylde til K2 60 brandbeskyttelsessystem

Kan anvendes som præaccepteret løsning

Kræver brandteknisk begrundende vurderinger, komparative analyser, brandtest eller risikoanalyser

Kan ikke anvendes

BILAG

12 BILAG

12.1 Bilag – Brand

Bygningstypologier iht. brand

Typologi		Definition	Henvisning
	Enfamiliehus øverste etage <5,1 m	Bolig mindre end 150 m2 Maks. 3 etager over terræn Maks. 1 etage under terræn	Bilag 1a - Præ-accepterede løsninger for fritliggende og sammenbyggede enfamiliehuse
	Etagebolig øverste etage 5,1-12 m	Bolig øverste etage maks. 12 m over terræn	Bilag 2 - Præ-accepterede løsninger - Etageboligbyggeri
	Etagebolig øverste etage 12-22 m	Bolig øverste etage maks. 22 m over terræn	Bilag 2 - Præ-accepterede løsninger - Etageboligbyggeri
	Kontor Øverste etage < 12 m	Kontor og lign. øverste etage maks. 12 m over terræn	Bilag 3 - Præ-accepterede løsninger for kontorer mv.
	Industri/lager én etage	Industri/lager (anvendelseskat. 1) Maks. 1 etager over terræn Maks. 1 etage under terræn Brandsektioner maks. 1000 m2 ILK 1-4	Bilag 10 - Præ-accepterede løsninger for brandsikring af industri- og lagerbygninger i én etage

12.2 Bilag – Fugt

Forudsætninger for fugtanalyser af konstruktioner

Den fugttekniske opbygning af bygningsdelene i konstruktionskataloget bliver vurderet ud fra et samspil mellem dynamiske fugtsimuleringer i WUFI og erfaringsbaseret viden. Fugtsimuleringer tager udgangspunkt i den anbefalede tilgang til fugttekniske beregninger og dokumentation deraf jf. SBi-anvisning 277.

Fugtsimuleringer tager udgangspunkt i en **kombineret varme- og fugttransport**, hvor fysiske effekter som fugtlagring, transport i gas- og væskeform (dampdiffusion og kapillarsugning) og latent varme inddrages. Her anvendes programmet WUFI Pro, der simulerer konstruktion i 1D for at opnå de grundlæggende opbygninger. WUFI Pro er udviklet til at yde rådgivning inden for fugttekniske opgaver og skadevurderinger. Modellering af fugt er komplicerede og absolutte løsninger kan variere fra virkeligheden. Værktøjets styrke ligger derfor især i at sammenligne og prioritere løsninger relativt til hinanden. Konstruktioner, der er præsenteret i VtBB konstruktionskataloget, er løbende optimeret efter dette princip.

Hygrotermiske egenskaber af de materialer, der indgår i konstruktionerne. bestemmes ud fra en materialedatabase udviklet ifm. VtBB, der er opstillet ud fra oplysninger i producenters datablade, forskningsartikler og WUFIs eksisterende materialedatabase. Hvor grundlaget for materialeegenskaberne er sparsomt, er der suppleret med antagelser ud fra lignende materialer. Relevante egenskaber omfatter: Densitet ρ, porøsitet Φ, varmeledningsevne λ, varmekapacitet c_p, dampdiffusionsmodstandsfaktor μ, sorptionskurve, og koefficienten for væsketransport Dww/Dws.

Den danske vejrdatafil for Sjælsmark, udviklet af BUILD, benyttes som **udeklima**, da denne forekommer mere kritisk end den hyppigt anvendte Lund vejrdatafil og derfor stiller højere krav til robustheden af konstruktionerne.

Indeklimaet fastsættes ud fra alle fem fugtbelastningsklasser, da disse indgår som performanceindikator for konstruktionsdelene. Tagkonstruktionerne bedømmes dog alene for fugtbelastningsklasse 1 – 3, da de består af ventilerede, kolde tage der jf. almen teknisk fælleseje kun egner sig til disse.

Konstruktionsdele **orienteres** mod nord, hvor der er mindre muligheder for udtørring, da de udsættes for mindre solstråling end de resterende facader.

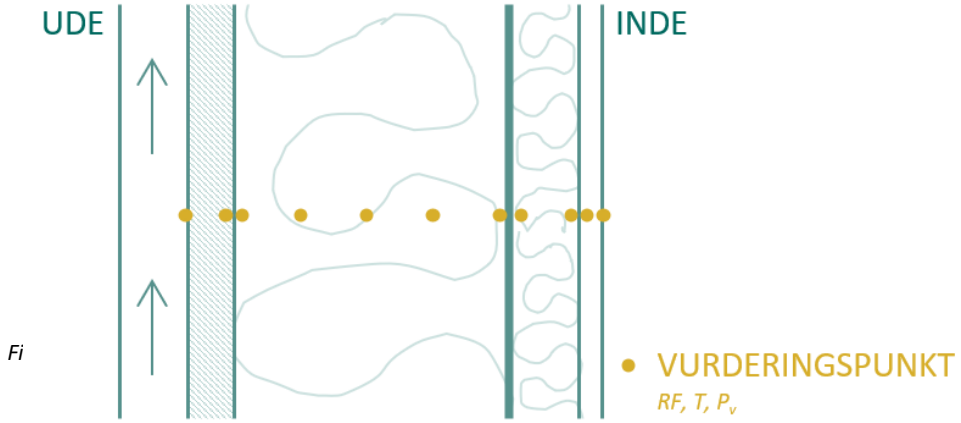
Simuleringerne udføres for en **periode** på 5, 10 eller 15 år, indtil en periodestationær løsning opnås. Konstruktionsdelen vurderes udelukkende på det seneste års data, hvor startbetingelserne ikke længere har indvirkning på temperatur- og fugtprofiler. I praksis kan indbygget fugt have afgørende betydning for konstruktioners holdbarhed. Det forudsættes, at dette emne behandles i fugtstrategien ifm. projektering og udførelse.

Vurderingsgrundlag

Den fugttekniske vurdering af konstruktionsopbygningerne baseres på risikoen for skimmelvækst, da dette vil opstå før råd. Risikoen bestemmes i **samtlige vurderingspunkter** igennem konstruktionerne, som demonstreret på Figur 12.1. I hvert materialelag udvælges 2 til 5 punkter, afhængig af lagets tykkelse, untaget tynde membraner som dampspærre/dampbremse banevarer, der ikke vurderes som et sårbart materialelag.

Hvert punkt indeholder **timeværdier** på temperatur, relativ luftfugtighed og damptryk over et år. Disse bruges til at vurdere om tre af fire forhold for skimmelvækst er opfyldt: Temperatur, fugt og tid.

Det fjerde og sidste forhold omhandler næringstoffer, altså i hvilken grad materialet egner sig til at skimle. Dette vurderes typisk



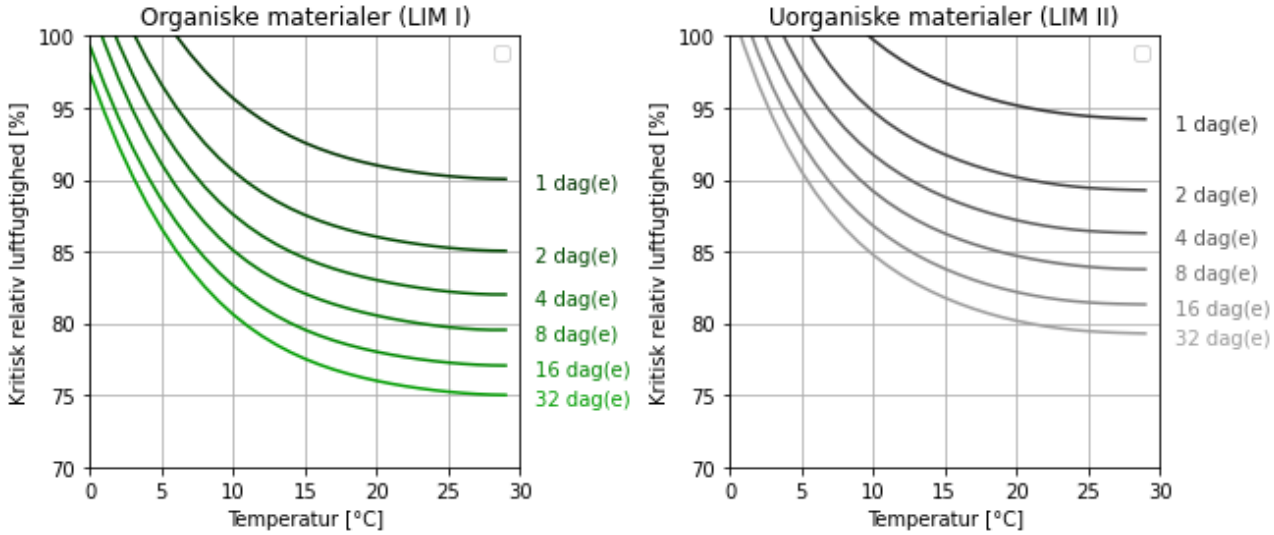
Fi

igennem skimmelmodeller. I VtBB anvendes **skimmelmodellen** Lowest Isopleth for Mould (LIM), udviklet af Sedlbauer. Modellen opstiller tre mulige substratgrupper (LIM 0, I og II), der kan bruges til at inddele materialer ud fra, hvor modtagelige de er for skimmel. Til VtBB benyttes den vejledende anbefaling fra SBi-anvisning 277 på, at organiske materialer vurderes ud fra LIM I kurven, og uorganiske materialer vurderes ud fra LIM II kurven, da der ikke findes en udspecificeret klassificering af byggematerialer i disse substratgrupper. LIM 0 benyttes ikke, da den betegner optimale vækstmedier, der typisk er laboratoriedyrket. LIM I og LIM II kurverne præsenteret i Figur 12.2.

LIM kurverne for hver substratgruppe definerer grænserne for den relative luftfugtighed afhængig af temperatur. Overskrides den kritiske relative luftfugtighed (LIM kurven) i et punkt ved en given temperatur, opfyldes de første to kriterier for skimmelvækst (temperatur og relativ luftfugtighed). Skimmel kan opstå i spændet imellem 0°C og 50°C, men har optimale vækstbetingelser ved 30°C.

Figur 12.2 Skimmelmodellen LIM I og LIM II til vurdering af organiske og uorganiske materialer.

LIM kurverne er ligeledes defineret ud fra tid, hvilket ligeledes fremgår af figuren ud fra hver kurve. Skimmelvækst kan både opstå ved kort-tidspåvirkning under meget høje relative luftfugtigheder (> 90-95%, 1-døgns kurver) og ved længere eksponering over for mere moderate, men stadig høje, relative luftfugtigheder (> 75-80%, 32-døgns kurver). Såfremt den kritiske relative



luftfugtighed overskrides i en længere sammenhængende periode end der angives ud for den respektive LIM kurve, er der risiko

for skimmel i vurderingspunktet. Det tidsmæssige aspekt bedømmes ved brug af døgnmiddelværdier af temperatur og relativ luftfugtighed i hvert punkt frem for timeværdier for et mere retvisende billede af perioder med gunstige/ikke-gunstige forhold.

Til vurdering af konstruktioners fugttekniske opbygninger benyttes 8- eller 32-døgns LIM kurver typisk. For mange byggematerialer af biobaserede afgrøder, der omfatter andet end træ, er sårbarheden over for skimmel dog endnu ikke kortlagt, og det er usikkert, hvilken kurve der er retvisende. Derfor evalueres hvert punkt i konstruktionen ud fra alle seks kurver (1 til 32-døgns kurver) for den valgte substratgruppe for at sikre robustheden af løsningen.

Den endelige vurdering af, hvorvidt en konstruktionsopbygning overholder en given fugtbelastningsklasse kan opsummeres til følgende:

- Alle vurderingspunkterne i konstruktionen skal overholde grænserne fra LIM kurverne
- Hvert vurderingspunkt tildeles en LIM kurve (I/II) ud fra dets materiale
- I hvert vurderingspunkt regnes seks kritiske relative luftfugtighed ud fra de seks LIM kurver (1 til 32 døgnskurver)
- Hvis den relative luftfugtighed overstiger den kritiske relative luftfugtighed i længere tid end den tilladelige periode ud fra LIM kurven, overskrides skimmelgrænsen
- Temperaturer og relative luftfugtigheder omregnes fra timeværdier til døgnmiddelværdier for at bedømme den overskredet/overholdte tidsperiode.
- Dette gentages for hver undersøgt fugtbelastningsklasse for at bedømme den højst tilladelige fugtbelastningsklasse for den givne konstruktion

Ovenstående er gældende, medmindre der laves en erfaringsbaseret vurdering.

Risikovurderingen af konstruktionerne ud fra WUFI simuleringer og LIM modellen suppleres med en granskning af, hvorvidt resultaterne deraf stemmer overens med erfaringer fra både det konventionelle og biobaserede byggeri.

Eksempelvis vurderes gipsplader som indvendig beklædning til at være anvendelige i fugtbelastningsklasse 3 for en given vægkonstruktion, selvom simuleringer indikerer, at den kun overholder fugtbelastningsklasse 2. Dette blev vurderet, da den resterende vægkonstruktion er sammenlignelig med en konventionel træskeletvæg med mineraluldsisolering, og anvendelsen af de biogene byggematerialer bag den indvendige beklædning ikke vurderes at ændre på forholdene ved den indvendige beklædning.

Ligeledes tillades en mindre overskridelse af skimmelgrænsen på oversiden af en diffusionsåben undertagsplade ved det ventilerede hulrum i en tagkonstruktion, da produktet vurderes egnet til formålet, og der tillades en større fugtpåvirkning af vindspærrer/undertag.

12.3 Bilag – Akustik

12.3.1 Vægopbygninger

Der er generelt udført udskiftninger af lerprodukter med gips. Der er anvendt plader med samme ca. densitet, tykkelse er en generel varibel som kan justeres i programmet.

Insul bruger primært flademasse som udgangspunkt for vurderingen af enkeltvægge mens egentlige dobbeltkonstruktioner også vurderes sammen med elasticiteten af hulrummet.

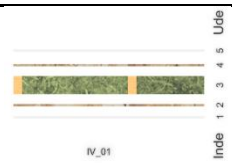
Lerpuds som 3mm gips, 900

lerplade som fibercement 1500

Porebeton 400 i stedet for hempcrete 300

Beregningerne er udført ud fra en konservativ betragtning, der er udført variation af materialer i mindre omfang for at sikre at der ikke er anvendt erstatning som har atypisk karakteristik.

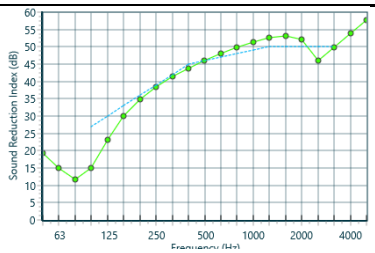
IV_01



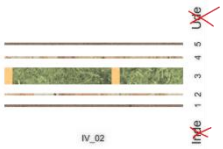
IV_01		
1	12,5 mm gips	672 kg/m3 | A2 - s1d0
2	12 mm OSB	610 kg/m3 | D
3	95 mm Hampefiberisolering, formstykke	35 kg/m3 | 0,041 W/mK | D-s1d0
3	45x95 mm regler C/C600 mm	500 kg/m3 | D-s2,d2
4	12 mm OSB	610 kg/m3 | D
5	12,5 mm gips	672 kg/m3 | A2 - s1d0

R'W

46dB



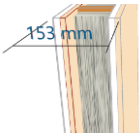
IV_02

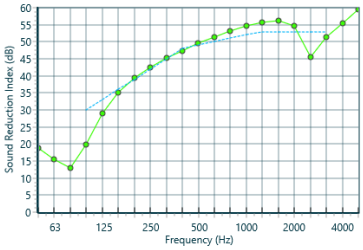


IV_02		
1	3 mm lerpuds	900 kg/m3 | B-s1d0
2	14 mm lerplade (tung)	1450 kg/m3 | A1
3	12 mm OSB-plade	610 kg/m3 | D
4	95 mm Hampefiberisolering, formstykke	40 kg/m3 | 0,041 W/mK | E
4	45x95 mm regler C/C600 mm	500 kg/m3 | D-s2,d2
5	12 mm OSB-plade	610 kg/m3 | D
6	14 mm lerplade (tung)	1450 kg/m3 | A1
7	3 mm lerpuds	900 kg/m3 | B-s1d0

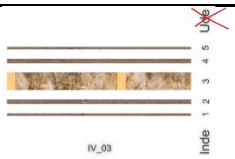
R'W

52dB





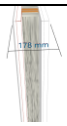
IV_03

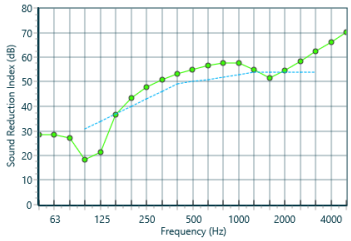


IV_03		
1	3 mm lerpuds	900 kg/m3 | B-s1d0
2	14 mm lerplade (tung)	1450 kg/m3 | A1
3	25 mm lerplade (tung)	1450 kg/m3 | A1
4	95 mm hampefiberisolering, formstykke	35 kg/m3 | 0,041 W/mK | D-s1d0
4	45x95 mm regler C/C600 mm	500 kg/m3 | D-s2,d2
5	25 mm lerplade (tung)	1450 kg/m3 | A1
6	14 mm lerplade (tung)	1450 kg/m3 | A1
7	3 mm lerpuds	900 kg/m3 | B-s1d0

R'W

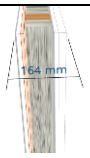
50dB





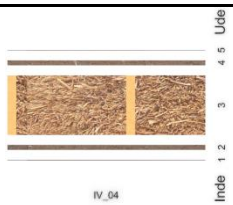
R'W

55dB



NB. Den ene lerplade er udskiftet til osb i stedet. Asymetrisk opbygning kan være gunstig.

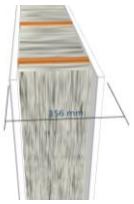
IV_04

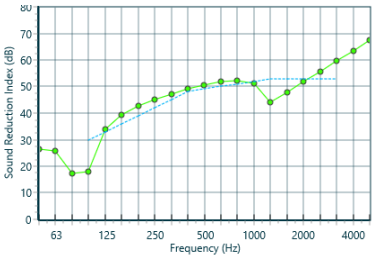


IV_04		
1	3 mm lerpuds	900 kg/m3 | B-s1d0
2	25 mm lerplade (tung)	1450 kg/m3 | A1
3	300 mm presset halm	100 kg/m3 | 0,044 W/mK | E
3	45x300 mm regler C/C600 mm	500 kg/m3 | D-s2,d2
4	25 mm lerplade (tung)	1450 kg/m3 | A1
5	3 mm lerpuds	900 kg/m3 | B-s1d0

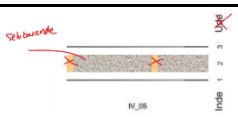
R'W

49dB





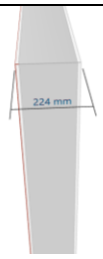
IV_05

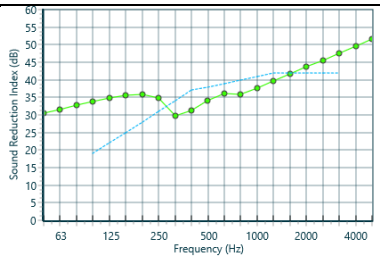


IV_05		
1	12 mm Lerpuds	900 kg/m3 | B-s1d0
2	120 mm Hempcrete	340 kg/m3 | 0,071 W/mK | B-s1,d0
3	12 mm Lerpuds	900 kg/m3 | B-s1d0

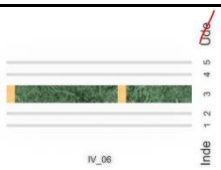
R'W

38dB





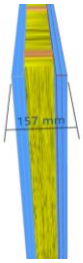
IV_06

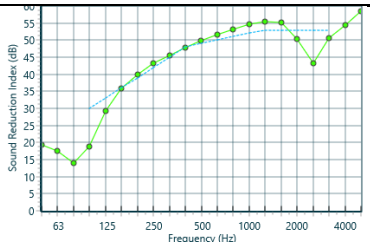


IV_06		
1	15,5 mm Brandgips	817,5 kg/m3 | A2 - s1d0
2	15,5 mm Brandgips	817,5 kg/m3 | A2 - s1d0
3	95 mm græsfiberisolering, fromstykke	40 kg/m3 | 0,041 W/mK | E
3	45x95 mm regler C/C 600 mm	500 kg/m3 | D-s2,d2
4	15,5 mm Brandgips	817,5 kg/m3 | A2 - s1d0
5	15,5 mm Brandgips	817,5 kg/m3 | A2 - s1d0

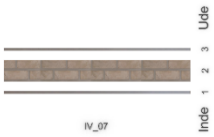
R'W

49dB





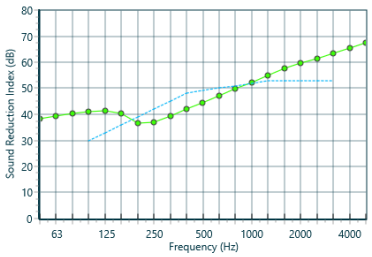
IV_07



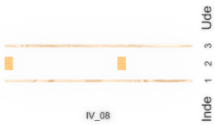
IV_07		
1	15mm Lerpuds	900 kg/m3 | B-s1d0
2	115 mm Ubrændt lersten	2000 kg/m3 | A1
3	15 mm Lerpuds	900 kg/m3 | B-s1d0

R'W

49dB

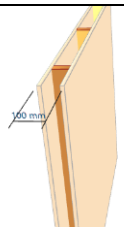
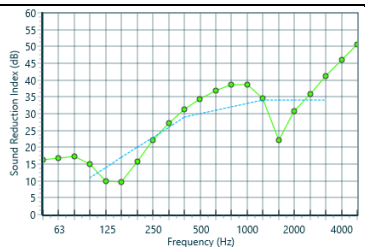


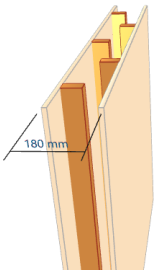
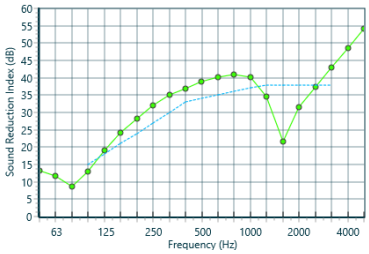
IV_08

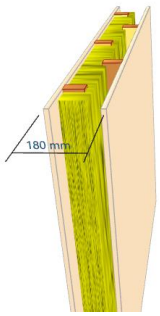
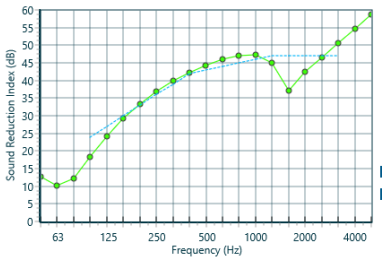
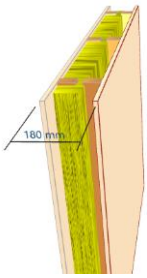
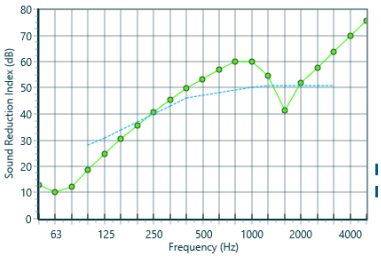


IV_08		
1	15 mm Krydsfiner	480 kg/m3 | D - s2,d0
2	45x70 mm regler C/C600	500 kg/m3 | D-s2,d2
3	15 mm Krydsfiner	480 kg/m3 | D - s2,d0

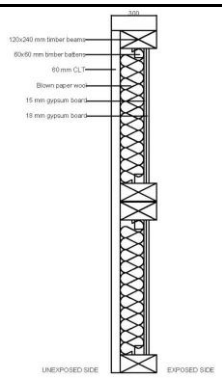
R'W

30dB		

IV_09		IV_09 1 15 mm Krydsfiner 480 kg/m3 | D - s2,d0 2 45x70 mm regler forskudt i 100 mm hulrum C/C600 500 kg/m3 | D-s2,d2 3 15 mm Krydsfiner 480 kg/m3 | D - s2,d0
R'W **34dB**		

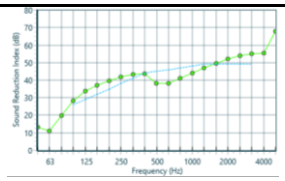
IV_10		IV_10 1 15 mm Krydsfiner 480 kg/m3 | D - s2,d0 2 45x70 mm regler forskudt i 100 mm hulrum C/C600 500 kg/m3 | D-s2,d2 3 100 mm Hampefiberisolering, formstykke 35 kg/m3 | 0,041 W/mK | D-s1d0 3 15 mm Krydsfiner 480 kg/m3 | D - s2,d0
R'W **43dB**		
R'W **47dB**		 NB. Dobbelt i stedet for forskudt

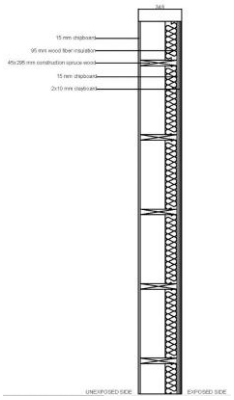
12.3.2 Dæk opbygninger

<table>
<tr>
<td>Etagedæk 1 (synlige bjælker)</td>
<td> 
</td>
<td>Etagedæk
<table>
<tr><td colspan="3">ED_01</td></tr>
<tr><td>1</td><td>60 mm CLT</td><td>470 kg/m3 | D-s2,d2</td></tr>
<tr><td>2</td><td>160 mm Træfiberisolering, komprimeret i konstruktion</td><td>43 kg/m3 | 0,038 W/mK | B-s2-d0</td></tr>
<tr><td>2</td><td>160 mm Bjælker</td><td>500 kg/m3 | D-s2,d2</td></tr>
<tr><td>3</td><td>15 mm Gips</td><td>672 kg/m3 | A2 - s1d0</td></tr>
<tr><td>3</td><td>15 mm Konstruktionstræ</td><td>500 kg/m3 | D-s2,d2</td></tr>
<tr><td>4</td><td>18 mm Gips</td><td>672 kg/m3 | A2 - s1d0</td></tr>
<tr><td>4</td><td>18 mm Konstruktionstræ</td><td>500 kg/m3 | D-s2,d2</td></tr>
<tr><td>5</td><td>Synligtig træbjælke (skal dimensioneres for indbrænding)</td><td>500 kg/m3 | D-s2,d2</td></tr>
</table></td>
</tr>
<tr>
<td>R’W

45dB

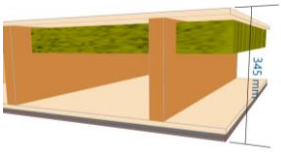
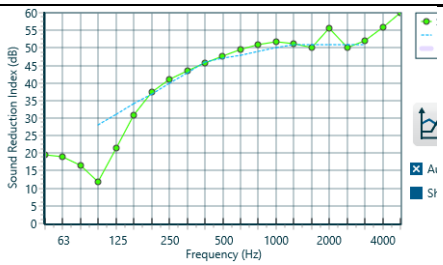
L’nW

84dB</td>
<td>
</td>
<td> 
</td>
</tr>
</table>

<table>
<tr>
<td>Etagedæk 2 (Ribber)</td>
<td> 
</td>
<td><table>
<tr><td colspan="3">ED_02</td></tr>
<tr><td>1</td><td>15 mm Gulvspånplade</td><td>650 kg/m3 | D-s2,d0</td></tr>
<tr><td>2</td><td>45x295 mm Fibber C/C 600 (andel uden isolering)</td><td>500 kg/m3 | D-s2,d2</td></tr>
<tr><td>3</td><td>45x295 mm Fibber C/C 600 (andel med isolering)</td><td>500 kg/m3 | D-s2,d2</td></tr>
<tr><td>3</td><td>95 mm Træfiberisolering, formstykke ml. ribber</td><td>50 kg/m3 | 0,0365 W/mK | E</td></tr>
<tr><td>4</td><td>15 mm Spånplade</td><td>650 kg/m3 | D-s2,d0</td></tr>
<tr><td>5</td><td>10 mm Lerplade (tung)</td><td>1450 kg/m3 | A1</td></tr>
<tr><td>6</td><td>10 mm Lerplade (tung)</td><td>1450 kg/m3 | A1</td></tr>
</table></td>
</tr>
<tr>
<td>R’W

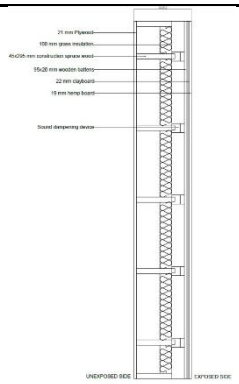
47 dB

L’nW

74dB</td>
<td> 
</td>
<td> 
</td>
</tr>
</table>

Bedste lydbøjler: L’nW=54dB, R’W=63dB

Etagedæk 3 (Ribber + lydbøjler)



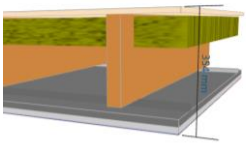
ED_03		
1	21 mm Krydsfiner	480 kg/m3 | D - s2,d0
2	45x295 mm Ribber C/C 600 (andel uden isolering)	500 kg/m3 | D-s2,d2
3	45x295 mm Ribber C/C 600 (andel med isolering)	500 kg/m3 | D-s2,d2
3	95 mm Græsfiberisolering, formstykke ml. ribber	40 kg/m3 | 0,041 W/mK | E
4	Lydbøjler	N/A
5	70x45 mm Regler monteret i lydbøjler	500 kg/m3 | D-s2,d2
6	95x20 afstandslister C/C400 mm	500 kg/m3 | D-s2,d2
7	22 mm Lerplade (tung)	1450 kg/m3 | A1
8	19 mm Hempcrete-plade	340 kg/m3 | 0,071 W/mK | B- s1,d0
9	3 mm lerpuds	900 kg/m3 | B-s1d0

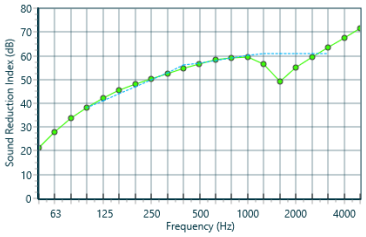
R'W

57dB

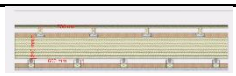
L'nW

62dB





Etagedæk 4 (CLT+ lydbøjler)



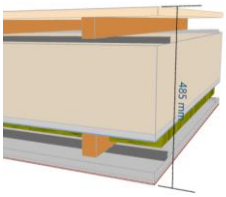
ED_04		
1	22 mm Spånplade	650 kg/m3 | D-s2,d0
2	40x63 mm Strøer C/C 600 mm	500 kg/m3 | D-s2,d2
3	Lydkiler	
3	45 mm træfiber isolering, løs	26 kg/m3 | 0,037 W/mK | B-s2-d0
4	240 mm CLT	470 kg/m3 | D-s2,d2
5	Lydbøjler C/C600 mm	
6	45x70 mm træreglar C/C 600 mm	500 kg/m3 | D-s2,d2
6	45 mm træfiberisolering, formstykke	50 kg/m3 | 0,0365 W/mK | E
7	22 mm lerplade (let)	750 kg/m3 | B-s1d0
8	10 mm lerplade (let)	750 kg/m3 | B-s1d0
9	3 mm lerpuds	900 kg/m3 | B-s1d0

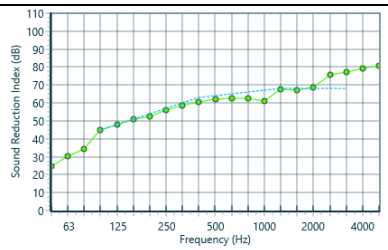
R'W

64dB

L'nW

50dB

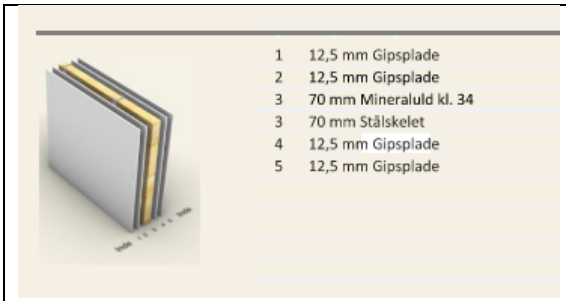


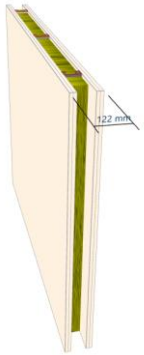


(gulvopbygning til trinlyd 15mm krydsfiner på opklodsning med mineraluld imellem opklodsninger.)

12.3.3 Referencer

Indervæg 8

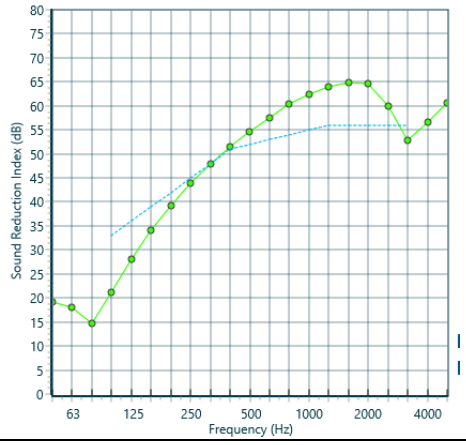




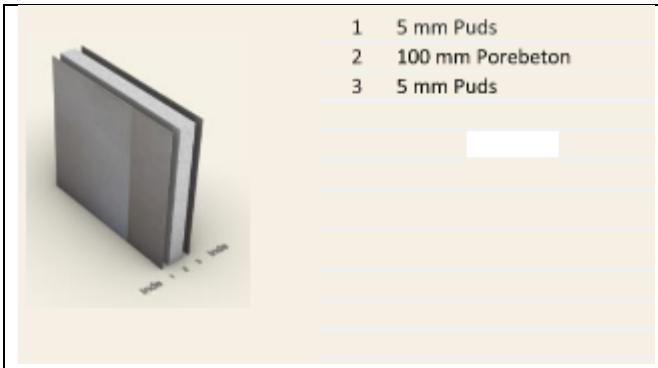
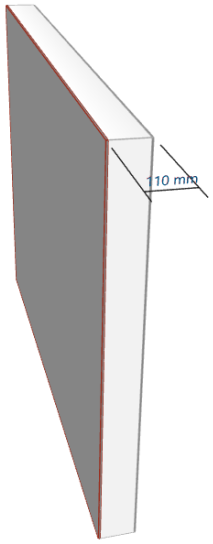
R'W=48-52dB

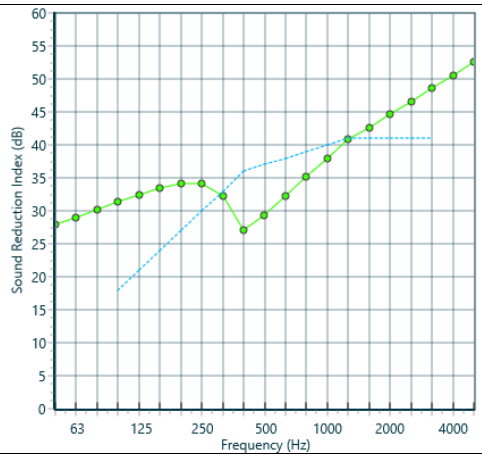
Tyndt stål er bedre end tykt stål.
Det anbefales normalt at man ikke fylder hulrummet helt med mineraluld, da eftergivenheden i mineralulden kan koste nogle dB, hvis hulrummet bliver for stift

Med ekstreme gips og minerlauldsvalg, er det muligt at komme op på ca. 59dB

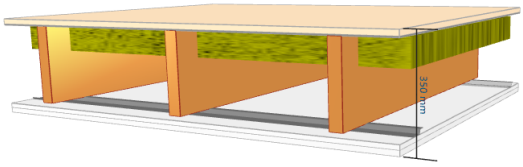


Indervæg 9

<table>
<tr>
<td> 
</td>
<td> 
</td>
</tr>
<tr>
<td>R’W=36-37dB

Beton / sand puds på ytong G4</td>
<td> 
</td>
</tr>
</table>

Etagedæk 6

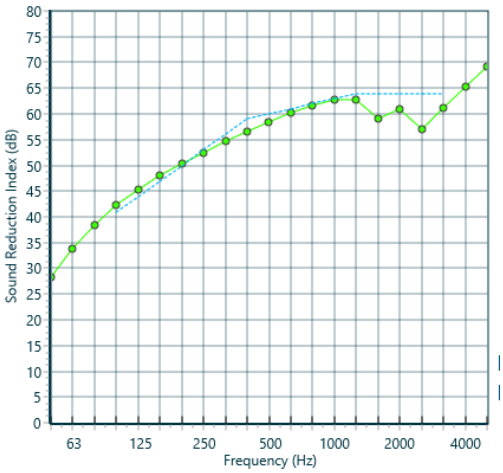


R'W=60dB (graf1)

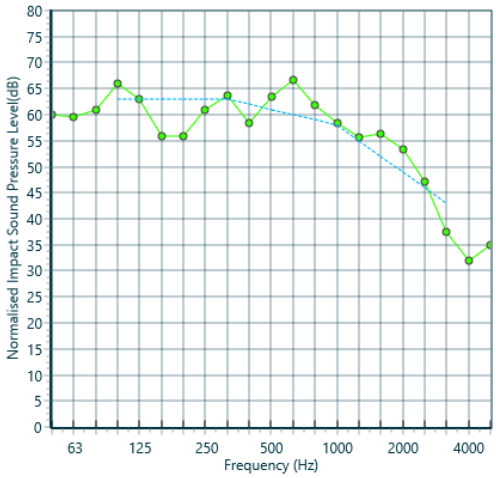
L'nW=61dB(graf2)

Der er egentligt behov for et strøgulv på lydbrikker oven på dette for at det overholder boligkrav.

Vibrationskrav er en udfordring – cc 300 gør dækket mere stift.



1



2

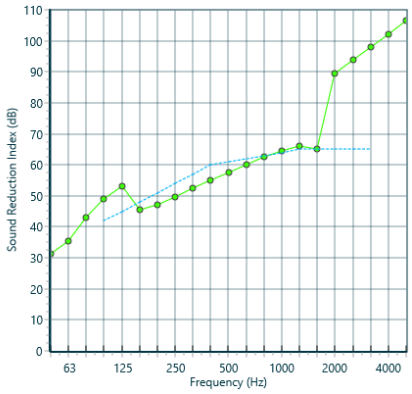
Etagedæk 5

<table>
<tr>
<td>

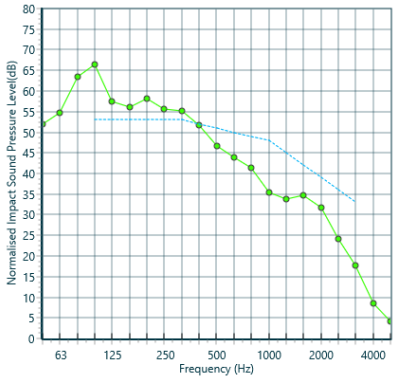
1	22 mm Spånplade
2	40x63 mm Strøer C/C 600 mm
3	Lydkiler
3	45 mm Mineraluldsisolering, batts
4	220 mm Huldæk
</td>
<td>

</td>
</tr>
<tr>
<td>
R’W=61dB (graf1)

L’nW=51dG (graf2)

Tæt på almindelige strøgulve med 180mm opbygning typisk 1-2 dB bedre end vist her.
</td>
<td>


1



2
</td>
</tr>
</table>