

Nyhedsbrev nr. 7 | Marts 2023
Climate Challenge Laboratory | Bygning 313

CO₂-besparelsen ligger i detaljen

Tema: Materialer og byggesystemer

DTU Campus Service
Danmarks Tekniske Universitet

De store CO₂-besparelser ligger i detaljerne

Vil man reducere energiforbruget i nybyggeri, kan det betale sig at gå i marginalerne og minimere mængder og lag. I Climate Challenge Laboratorys designproces har Christensen & Co Arkitekter opbygget en ny viden om og erfaring med materialer. Livscyklusvurderinger har været et centralt redskab.

Bygninger, broer og veje står for 30% af Danmarks CO₂-udledning. Alene 10% stammer fra produktion af byggematerialer samt bygge- og anlægsprocessen. Derfor har DTU fokus på materialer i designet af Climate Challenge Laboratory.

I dette nyhedsbrev fortæller partner Michael Werin Larsen og projektleder Tobias Wittenburg, begge fra Christensen & Co Arkitekter, hvordan de har søgt de mest bæredygtige løsninger, som det er muligt, når man bygger et højteknologisk laboratoriebyggeri. Konsekvensen er en række nye tiltag. Mest synligt er valget af træ til den bærende konstruktion i bygningens kontordel. Derudover har teamet kvalificeret valg af materialer og optimeret på mængder og lag i opbygninger for eksempel facaden. Livscyklusvurderinger har både været et vigtigt værktøj i designprocessen og beslutningsgrundlag for DTU Campus Service.

Sidst i nyhedsbrevet er information om, hvornår der vil være støjende byggepladsaktiviteter, en status på byggeprojektet og kontaktoplysninger.



CO₂ i fokus. I udviklingen af Climate Challenge Laboratory har Michael Werin Larsen, der er partner, bygningskonstruktør og MA Construction Management, og Tobias Wittenburg, der er projektleder og bygningsskonstruktør MAK hos tegnestuen Christensen & Co Arkitekter regnet på materialer og byggesystemers CO₂-udledning løbende. Tegnestuen har derudover CO₂-udledningen pr. kvadratmeter for de ti bygninger, de har tegnet for DTU siden 2009. Foto: Christensen & Co Arkitekter

*“Det er ikke en *walk-in-the-park* at arbejde med bæredygtighed i byggeriet. Slet ikke i et tungt, kompliceret hus, hvor vi skal overholde en række funktionskrav.”*

– Michael Werin Larsen, partner, CCO

En strategi på to ben

Der er mange krav til et forskningsbyggeri på syv etager. Ikke desto mindre har DTU CAS og Christensen og Co Arkitekter tænkt bæredygtighed ind i alle valg. Et vigtigt værktøj har været LCAByg, der beregner bygningers CO₂-udledning, og LCA-beregninger har pejlet rådgiverne i designprocessen og fungeret som beslutningsgrundlag for bygherre.

ML: Det er ikke en *walk-in-the-park* at arbejde med bæredygtighed i byggeriet. Slet ikke i et tungt, kompliceret hus, hvor vi skal overholde en række funktionskrav. Man kan ikke sammenligne det med fx et boligbyggeri i Ørestaden. Vi bygger et højteknologisk laboratoriebyggeri fra øverste skuffe. Det begrænser de muligheder, vi har i forhold til bæredygtighed.

TW: Derfor har vi valgt at fokusere på to ting. Det ene er at kvalificere vores materialevalg, så vi tager det mest bæredygtige valg i forhold til, hvad der er nødvendigt for at efterleve krav. Og det andet er at minimere lag og mængder.

Hvordan har I kvalificeret jeres materialevalg?

TW: Når vi har taget valg, har vi for eksempel kigget på materialepyramiden, LCA-beregninger, rådført os med leverandører og så videre. Der er mange ting, der har betydning for, hvad der indenfor rammerne er det mest bæredygtige valg. Under projekteringen har vi mange gange lavet en lille LCA-analyse, hvor vi har

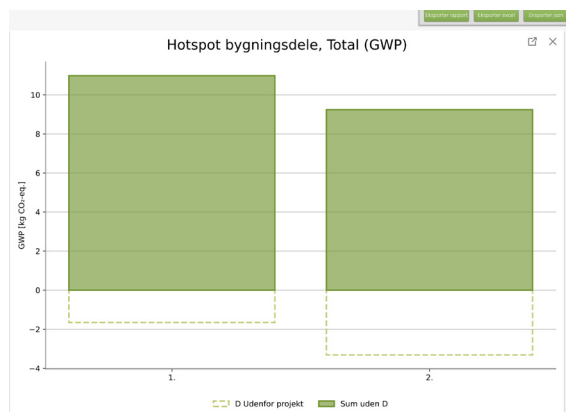
sammenstillet to forskellige materialer for at tage et valg. Her har vi brugt værktøjet aktivt, ligesom vi kan slå op i en tabel eller tjekke en reference.

ML: LCA-beregninger er blevet en del af vores arbejdsmetode. Det tager måske 20 minutter at lave en LCA-beregning på bygningsdelsniveau og så kan vi hurtigt afklare, hvad der er rigtigt at gøre. Vi lærer også af det her. På et tidspunkt ved vi også bare, at det ene materiale er bedre end det andet. Vi opbygger den erfaring.

Er der eksempler på, at LCA-beregningerne har været udslagsgivende for materialevalg?

TW: Nogle steder er materialerne valgt efter DTU's designguide. Andre steder har vi valgt på baggrund af LCA-analyser.

På et tidspunkt skulle vi finde et alternativ til de trælisteloft, vi først havde tegnet ind i arkitekturen. Her pegede LCA-analysen i retning af, at træbeton er mere bæredygtigt end de mineraluldplader, som DTU almindeligvis bruger. Vi lavede samtidig en LCC-beregning, altså en totaløkonomisk vurdering, på de to materialer. Det gav os og DTU to beregninger, der understøttede hinanden og fungerede som et beslutningsgrundlag, så valget faldt på træbeton, som er nyt på DTU.



Beslutningsgrundlag. LCA- og LCC-analyser af hhv. et nedhængt systemloft (1) og træbeton (2) lå til grundlag for DTU's beslutning om at bruge træbeton til lofterne. Træbeton er et robust materiale, der kan komposteres. Fotos: Christensen & Co Arkitekter/Troldtekt

Hvor har I ellers kunnet introducere nye løsninger?

TW: Vi stødte på søuld (forsidebillede), da vi undersøgte akustikløsninger til det store atrium. De gængse materialer til akustikløsninger er baseret på mineraluldbats, der er lavet på glas eller sten og brændt ved høje temperaturer. Der er Søuld bæredygtigt på forskellige parametre.

Det er et produkt fra naturen, der skyller op på stranden. Hvis man ikke høster det og det trækker tilbage i havet, så forurener det havmiljøet som råddent plantemateriale. Så alene det, at man samler det op på stranden, er en god historie. Og fordi det er groet i saltvand, er det naturligt imprægneret mod brand, og derfor kan man lave det her produkt.

Et andet eksempel er aluminiumsfacaden. Aluminium er normalt "fy", men her har vi dykket ned i materialet og kvalificeret, hvordan vi bruger det. Vi fandt ud af, at nogle former for overfladebehandlinger betyder, man bliver nødt til at bruge 100% rent aluminium. Med andre behandlinger kan man bruge mindre rent materiale, altså genbrugsaluminium.

Så i stedet for at bruge anodiserede aluplader, som er en kemisk måde at behandle aluminium på - har vi valgt lakerede aluplader. Det betyder, vi kan bruge genbrugsaluminium i stedet for nyproduceret aluminium. Her er vi kommet ned på 2,5 kg. CO₂ mod 11 kg. CO₂.

Så det har vi gjort på alle de større materialer: Kvalificeret, hvordan vi bruger dem.

LCA & LCC

LCAByg 2023 er et frit tilgængeligt værktøj, der beregner livscyklusvurderinger (Life Cycle Assessment) for bygninger. Med LCAByg kan man beregne en bygningens miljøprofil og ressourceforbrug. Beregningen dækker hele bygningens livscyklus og inkluderer derfor fremskaffelse af råvarer, produktion af byggematerialer, energi- og ressourceforbrug ved drift og vedligehold, samt bortskaffelse og eventuelt genanvendelse af bygningsdele og byggematerialer.

LCCbyg er et værktøj, der beregner totaløkonomi (Life Cycle Costing) og fremstiller en overskuelig oversigt over levetidsomkostninger for et helt byggeri og for enkelte bygningsdele. LCCbyg kan bl.a. hjælpe beslutningstagere med at sammenligne to eller flere alternativer, som har forskellige omkostningsprofiler over tid.

Kilde: [LCAbyg.dk/LCCbyg.dk](https://lcabyg.dk/lccbyg.dk)

Der er besparelser at hente i byggesystemer

Krav, særligt brandkrav, sætter begrænsninger for, hvilke materialer man kan bruge i Climate Challenge Laboratory. Derfor har rådgiverne kigget på, hvordan facaden og gulve er bygget op. Her er ofte tale om store flader, hvor man med få midler kan spare store mængder materiale - og dermed CO₂.

Hvor har I haft mulighed for at minimere mængden af materialer?

TW: Arkitektonisk lægger bygningen sig op ad B310, så derfor skulle facaden være af aluminium. B310 er lavet med en dobbeltfacade hele vejen rundt. Det betyder, der er en lukket klimaskærm inde bag ved og udadtil perforerede plader, som bliver et arkitektonisk element. Det motiv, er vi blevet nødt til at bringe videre, for at de to bygninger taler sammen, men i Climate Challenge Laboratory har vi skruet på lagene. Vi har blandt andet brugt mindre aluminiums facadeplade som arkitektonisk element og så dækker dobbeltfacaden kun 30% i Climate Challenge Laboratory.

ML: Ja, og så er vi gået ned i godstykkelser. Mængden af kg aluminium, der er brugt, er væsentligt reduceret i forhold til B310. Vi har valgt en 2 mm aluminiumsplade frem for 3 mm. Før har man måske man ikke tænkt så meget over forskellen, men vi sparer jo 50% i materialeforbrug. Det er en måde at tænke mængder på. Godstykkelsen.

Et andet godt eksempel er undergulvet. Det er typisk 100 mm beton. Der lærte vi i B310, efter en dialog med entreprenøren om tolerancekrav og bygbarhed, at vi kunne få det ned i 80 mm beton. Det er trods alt 25% på 10.000 m², vi sparer. Det er et lag, man kan gøre mindre.

TW: Et andet eksempel er, at man på DTU ikke har lofter i laboratorierne. Det er også en stor mængde, man kan undlade i byggeriet.

Hvor er I stødt på barrierer?

TW: Isolering er det materiale, vi bruger allermost af - og der er vi bundet på hænder og fødder på grund af brandkrav. Der findes kun et produkt vi må bruge: sten- og glasuld, som er det traditionelle isoleringsmateriale.

Der er så nogle producenter, der arbejder på at lave mere genbrug indenfor det, så det er mere bæredygtigt i dag end for fem år siden. Men vi kan ikke gøre det med muslingskaller eller andet spændende, for det må man bare ikke.

ML: En anden ting er indervægge. Vi har mange skillevægge og skeletkonstruktionen skal være i stål, men indervæggene kunne godt have været i træ, der kan de samme ting. Det er især brandkravene, der dikterer de valg. Havde vi bygget et lille familiehus, kunne vi have flere små bæredygtighedssuccesshistorier, fordi kravene

Beslutningsgrundlag

B313 BESPARELSESPOTENTIALE
Forventeligt facade areal ved laboratorie er 3000 m²
Bærende bagmur: 268 kgCO₂/m² = 804.000 KgCO₂
Søjle/drager system: 239 kgCO₂/m² = 717.000 KgCO₂
Besparelse er 87.000 KgCO₂
Meromkostning til etablering af designoption 2 er 432.000 Kr.

SAMLET OVERSICHT	Økonomisk betragtning	CO ₂ ved varmetab betragtningsperiode 50 år	CO ₂ ved LCA-beregning betragtningsperiode 50 år	Det samlede CO ₂ forbrug ved facadeareal (46 m ²)	Merinvestering for designoption 2
DESIGNOPTION 1 Bærende bagmur m ² for ydervæg ekskl. vinduer	144.394,00 kr. <u>3.139 kr.</u>	7223 kg CO ₂	+ 5081 kg CO ₂ -eq	12304 kg CO ₂ (GWP) 268 kg CO ₂ pr. m ²	Søjle/drager er 144 kr./m ²
DESIGNOPTION 2 Søjle/drager system M ² for ydervæg ekskl. vinduer	151.020,00 kr. <u>3.283 kr.</u>	6275 kg CO ₂	+ 4740 kg CO ₂ -eq	11015 kg CO ₂ (GWP) 239 kg CO ₂ pr. m ²	eller Investering på 5.1 kr./KgCO ₂ besparelse

Pris difference mellem designoptions er: **6.626 kr.**
(Meromkostning for designoption 2) eller **144 kr./m²**

CO₂ besparelse ved valg af designoption 2 (søjle/drager løsning) ved 46 m² facade er **1.289 KgCO₂ (GWP)**

DESIGNOPTION 1

DESIGNOPTION 2

Note: Yderligere betragtninger som ikke er indkalkuleret i løsningsforslaget, er fx arealbesparelser og større spændvidde mellem søjler.

- Bruttoetagearealet kan nedsættes ved valg af en tyndere ydervægskonstruktion som designoption 2.
- Besparelsen på kon.tykkelsen ml. designoption 1 og 2 er ca. 70-95 mm, målt fra indv. side til udv. side vindplade.
- Ved en bygning der måler 1392 m² ved 58x24 m og 6 etage over terræn kan opnås en ca. besparelse på 99 m².
- Forbedret brutto/nettoforhold.
- Konstruktive forudsætninger:
- En analyse kan være at øge spændvidde fra 3200 til 6400 mm, dvs. en reduktion af antal søjle med 45-50%.

Beslutningsgrundlaget for valg af løsning på ydervægskonstruktion er baseret på en økonomisk etableringsomkostning mod CO₂, forbrug på både etablerings-, nedtagning/bortskaffelse og forbrug til opvarmning. Den økonomiske betragtning viser hvad det koster at spare 1 kg CO₂. Betragtningsperioden er sat til 50 år. Den frivillige bæredygtighedsklasse. Endeligt valg af byggekonceptet i løsningsforslaget er baseret på det lavest mulige kgCO₂ (GWP) forbrug. Designoption 1 er projektets baseline, da vi anså det som en standard og prisbillig metode iht laboratoribyggeri. Designoption 2, med søjle pr. 3200 mm har samme muligheder for indvendig afdeling, dvs. en glat gennemgående bagvæg, som sikrer uhindrede færingsveje for installationer mellem etager og rum. Ved at vælge Designoption 2 er anvendelsen af beton reduceret med 7,3 m³ beton i løsningsforslaget, mens det for det samlede projektet vil svare til 476 m³ beton.

Climate Challenge Laboratory efterlever nye krav. I udbuddet efterspurgt DTU CAS nye bæredygtigheds-løsninger. Christensen & Co Arkitekter bød ind på rådgivningsopgaven med forslag om at lave LCA-analyser. Det var i 2020 før der blev stillet krav om brug af redskabet. I tilbuddet indgik en LCA-analyse af det bærende system i henholdsvis søjler eller i en bagmur. Foto: Christensen & Co Arkitekter

til enfamilieshuse simpelthen er mindre end til komplekse forskningsbyggerier. Der er vi jo begrænset til at skrue på mængder og lag - og vælge den rigtige måde at bruge et materiale på, der måske ellers ikke er så godt.

I har siden 2009 tegnet ti bygninger for DTU. I 2022 lavede I LCA-beregninger af facadeløsningerne, hvad har I fundet ud af?

ML: Vi har regnet på projekternes ydervægge, så vi kan sammenligne projekterne på tværs og nu har vi et repræsentativt udsnit af forskellige opbygninger. Studiet viser mængden af CO₂ vi bruger pr. kvadratmeter, når vi bygger en ydervæg inklusiv de bærende konstruktioner. Og der er rigtig meget at hente i facaderne. Vores studie viser, at ydervægsopbygninger kan variere op til 250 % i CO₂ forbrug pr. m².

Så hvor materialepyramiden og EDP'en fokuserer på det enkelte materiale, kigger I på en opbygning, som en form standarddesign?

ML: Ja, når du bare ser på facadepladen i sig selv, så er det ligegyldigt. Det er min påstand. Den kan måske gøre lidt, men der er jo stadig alt det andet, for eksempel det bærende system og ophænget. Det er det, man skal prøve at udfordre. Det er kompliceret, for der er også andre parametre end CO₂, der spiller ind. Økonomi selvfølgelig, men også arbejdsmiljø og holdbarhed.

Nye krav til CO₂-regnskab

1. januar 2023 indførte regeringen krav om LCA-beregning for nybyggeri. For nybyggeri over 1.000 m² indføres et krav om CO₂-grænseværdi svarende til 12 kg CO₂-ækv/m²/år. Kravet gælder for alle nye bygninger, der er omfattet af energirammen. Kravet kan medvirke til at nedbringe klimaaftrykket fra byggeriet og modne branchen og bygherrer til at bygge mere bæredygtigt og fremme klimavenlige løsninger til byggeriet.

Som en frivillig mulighed for branchen indføres i 2023 en lav emissionsklasse med en grænseværdi svarende til 8 kg CO₂-ækv/m²/år, der i årene fremover skærpes med fastsatte grænseværdier i 2025, 2027 og 2029.

Christensen & Co Arkitekter forventer, at Climate Challenge Laboratory udleder 11,7 kg CO₂-ækv/m²/år.

Kilde: Bolig- og Planstyrelsen/CCO

Med nye materialer og metoder følger nye erfaringer

Det gennemgående fokus på materialernes CO₂-udledning har budt på nye erfaringer og erkendelser.

Climate Challenge Laboratorys kontordel bliver opført som en trækonstruktion. Hvad har I lært indtil videre?

ML: Vi lavede en beregning på et træhus og et betonhus for at finde ud af, om der var en besparelse. Den foreløbige besparelse var på cirka 50%. Efterfølgende har vi screenet forskellige leverandører på deres EPD-data, det vil sige deres produkters CO₂-værdier for at finde ud af, hvordan leverandørerne performer. Det viste, der var kæmpe forskel på, hvad leverandørerne kan. EPD'erne har virkelig meget at sige.

Så materialet er ikke i sig selv nok?

ML: Nej, det handler også om, hvordan materialet bliver produceret, hvordan elementer bliver fremstillet og transporteret... Alle de ting har meget at sige. Det er virkelig en ting, som bygherre, rådgivere og entreprenører skal sætte sig ind og finde ud af, hvordan markedet fungerer.

Hvad har I ellers erfaret?

ML: I forhold til træhuset var det en øjenåbner, at det bedre kan betale sig at bygge et højt træhus - det vil sige over 22 m - end et lavt, som er alt under 22 m. Climate Challenge Laboratory bliver 30,7 m. I dag skal man have de samme brandtekniske installationer uanset, om man bygger i beton eller træ. Så begynder businesscasen at være sammenlignelig, når du bygger højt, uanset om du bygger i træ eller beton. Når du bygger et lavt træhus, så skal du have flere brandtekniske installationer end i et betonhus. Og det bliver dyrt i installationer - både økonomisk og i CO₂.

TW: Der er også nogle normer, der ikke er fulgt med. Det at bygge i træ er så nyt, at der ikke er præcedens. Konstruktionsingeniøren kigger i betonnormen for, hvad der skal være gældende. Branchen er ikke med. Man bruger det gamle sprog til at beskrive et nyt materiale.

ML: Vi har også lært, at når det kommer til myndigheder eller konstruktioner, så er det ikke svært at bygge et træhus. Indtil videre har det ikke voldt os nogle problemer. Det er der nogle fordele i det. Processen har givet os et indblik i, hvad man kan. Nu har vi været igennem design, projektering og markedet. Nu er der to etaper tilbage, opførelse og drift. Det skal vi ud og lære nu.

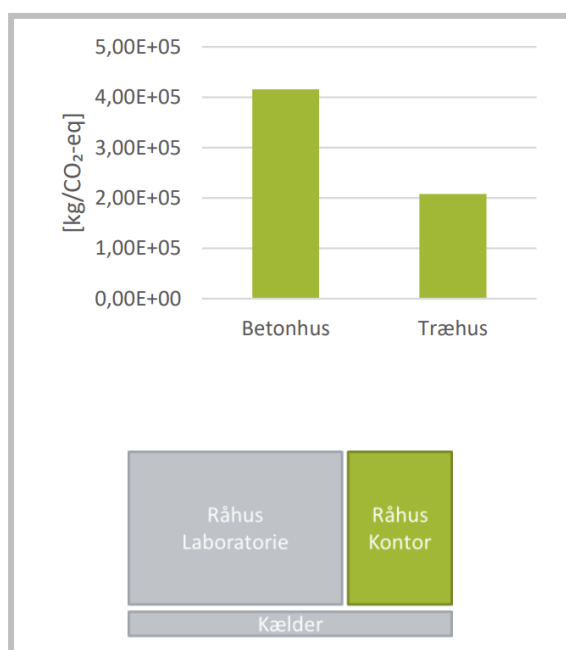
EPD

En EPD (Environmental Product Declaration) dokumenterer en byggevars miljømæssige egenskaber. EPD'en er en standardiseret metode til at levere informationer om en byggevars energi- og ressourceforbrug, affaldsgenerering samt miljøpåvirkningerne fra produktionen, anvendelsen og bortskaffelse af den. Grundlaget for en EPD er LCA-beregning, hvor byggevars miljøegenskaber kortlægges i hele dens livsforløb. Det vil i princippet sige fra vugge til grav.

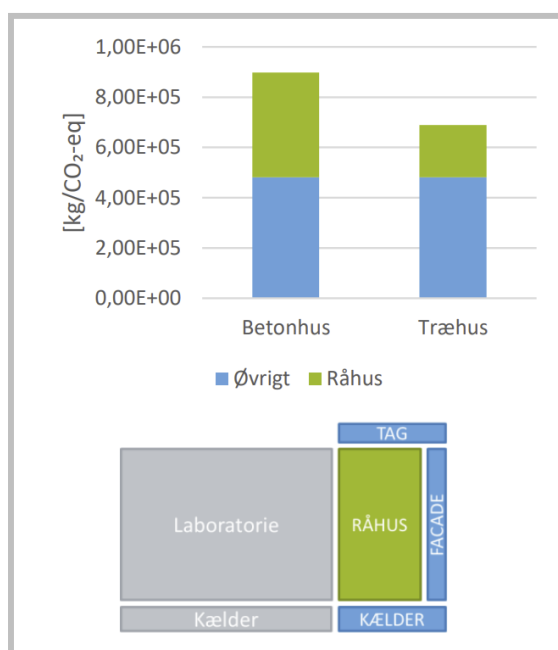
Kilde: Epddanmark

Er der noget I taget med videre?

ML: Der er mange ting, der en øjenåbner for mig, særligt det at skulle lære materialerne at kende på en helt ny måde. Hvad er for eksempel forskellen på MDF, OSB og krydsfiner? Vi ved noget om byggeteknikken i det, hvad kan materialerne, hvad koster de og hvor bruger man de forskellige ting henne, men i forhold til CO₂, har jeg lært noget nyt. Jeg anede det ikke, men her viste beregningen, at der er nogle valg, man kan tage. Der skal vi til at lære noget nyt. På trods af at det er helt almindelige byggematerialer. Og det, tror jeg, kan ændre ens tilgang.



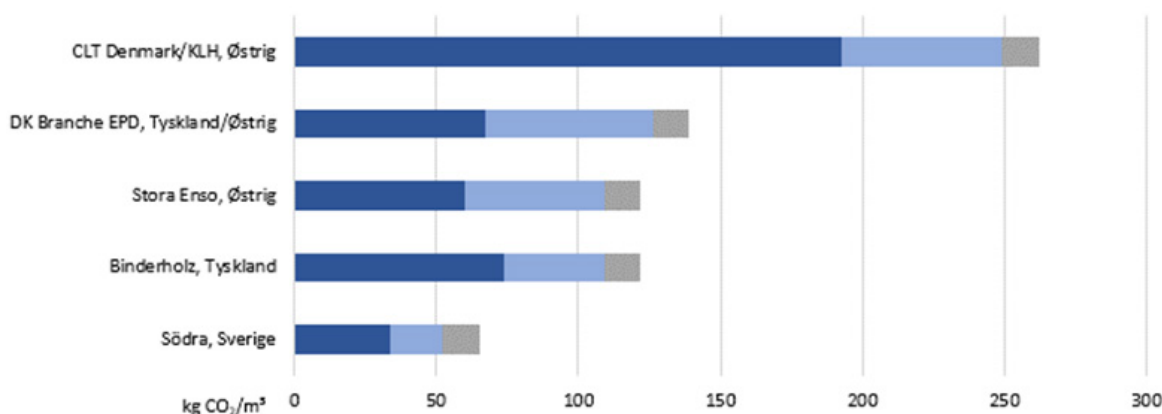
Figur 1. Klimapåvirkning fra råhus i kontordel. Forskel på 208 ton CO₂eq.



Figur 2. Klimapåvirkning fra kontordel. Forskel på 208 ton CO₂eq.

EPD'er er afgørende.

Christensen & Co Arkitekter og MOE-Artillia Group lavede en LCA-beregning på et træhus og et betonhus for at finde ud af, hvor der var en besparelse. Den foreløbige besparelse var på cirka 50%. Efterfølgende screenede de fem leverandørers EPD-data, hvilket viste, at EPD'erne har stor betydning. Diagrammet forneden viser CO₂-belastningen for CLT-elementer målt på produktion (blå), transport til byggeplads (lys blå) og affaldshåndtering (grå) Illustration: Christensen & Co Arkitekter



Basis information

Bygearbejder

De indvendige arbejder i kælderen er fuldt i gang og beton råhuset er allerede godt oppe i højden. Inden længe påbegynder montagen af CLT-trækonstruktionerne.

Kontaktoplysninger på DTU CAS' projektteam

Laila Halkjær
Projektleder, Campus Service
Telefon 93511823
Email laiha@dtu.dk

Status på projektet

Rådgiverne har netop afleveret slutbrugerprojekt. DTU CAS er i gang med at udvikle indretningsprojektet med rådgivere og slutbrugere.

Nicolai B. Bredal-Jørgensen
Projektleder, Campus Service
Telefon 93518977
Email nicb@dtu.dk

Tidsplan



Byggeplads

