

Byggefaglige indsigter

Arkitektur & byrum, klima & ressourcer,
byggeteknik & brandtests



Forord

Bæredygtighed som holistisk teknologi

Arkitektur er en funktionel og æstetisk sammenvævning af alle samfundets funktionssystemer. Travbyens ambition er at vise, at vævemønstret kan fornyes for at forberede et fremtidigt boligliv i økologisk ligevægt. Travbyens bidrag til den grønne omstilling skal derfor måles på dens langsigtede effekt gennem inspiration og læring. Byplanen og byggefelternes bebyggelser er udformet med henblik på at understøtte tæt samarbejdende naboskaber, som for eksempel at organisere have- dyrkning, børnepasning og deleøkonomiske ordninger. Alle disse elementer vil kunne mærkes i dagligdagen for Travbyens beboere. Herigennem understøttes en fælles identitet – en landsbystemning, der forstærkes af den uhøjtidelige arkitektur, hvor detaljering og motiver i mindre skala giver plads til æstetiske kategorier, der overses i nutidig arkitekturpraksis. Kategorier, som for eksempel det sjove, nuffede og mærkelige, afspejler forsømte sider af menneskets natur, og bygger bro mellem barn og voksen.

Fra nødvendighed til merværdi

Den klimamæssige nødvendighed medfører et behov for innovation af byggesystemer og boligkoncepter. I Travbyen bliver det nye og anderledes til nye boligkvaliteter. Herved smelter bæredygtighedskategorierne sammen, fordi det miljøteknologiske repertoire anvendes kreativt. De CO₂-reducerende tiltag indarbejdes til fordel for en rationaliseret byggeproces, men også til at frembringe sociale kvaliteter. Således anvendes det fælles materialebesparende, træbaserede byggesystem, samtidig med at træets potentiale som synlig

identitetsmarkør og dekorativt element skaber karakter og stemning, til understøttelse af legetemaet. Igennem et tæt tværfagligt samarbejde bliver de teknisk baserede tiltag for minimering af CO₂-udledninger ved opførelse og drift således værdiskabende på både den miljømæssige og sociale bundlinje.

Travbyen vil således fra byplan til detalje stille en klimavenlig ramme til rådighed for et fremtidigt boligliv med et lavt energiforbrug og med de bedste forudsætninger for et aktivt, lokalt forankret, planetært medborgerskab.

Legens arkitektur

Et centralt begreb i legeteori er 'playful tension', som udtryk for spændingen mellem regelbundethed og individuel kreativ frihed. Dette begreb resonerer med arkitektonisk designpraksis i flere dimensioner – fra den æstetiske spænding mellem det velkendte og det overraskende til den tidsmæssige spænding mellem traditionelle bygningstypologier og usædvanlige facademotiver og -materialer, hvilket eksemplificeres og udfoldes i publikationen.

Søren Nielsen
Professor, Cand.arch
Arkitektskolen Aarhus

KIRKBI udvikler Travbyen som en ny bydel i børnenes hovedstad, Billund. Der er generelt stor tilflytning til byen og vi vil gerne være med til at understøtte dette med udvikling af en ny bydel.

Nærværende publikation omhandler den første etape af Travbyen, byggefelt 01-04. Projektet indeholder både etageboliger, rækkehuse og urbane villæer med ambitiøse klimakrav og fokus på brug af biobaserede og genbrugsmaterialer.

Selvom der er en bred diversitet i form og udtryk i vores byggerier, fraråder vi at benytte materialet ukritisk. Nærværende publikation skal således ikke ses som et projekteringsværktøj, da enhver løsning er projektspecifik. I stedet opfordrer vi til at ringe eller skrive til os for dialog og vejledning.

Helhedsplan
Gehl Architects

Arkitekter
CEBRA
ReVærk
LOOP
Tegnestuen LOKAL
AART
Tegnestuen Vandkunsten

Ingeniør
Artelia

Totalentreprenør
Nordstern

Bygherrerådgivere
Transform, NIRAS,
Henning Larsen Architects og
Designskolen Kolding

Bygherre
KIRKBI Invest A/S

Mere information om projektet kan findes på: www.travbyen.dk

Publikationen er udarbejdet af Artelia og Vandkunsten i et tæt samarbejde med KIRKBI. Forsidevisualisering er udført af VISMO. Byggepladsbilleder fotograferet af Helene Høyer Mikkelsen.

www.travbyen.dk

Indhold

Forord s.3

En bydel i balance s.7

Holistisk byudvikling s.9

Læsevejledning s.10

Ordliste s.11

Vores erfaringer s.12

Del 1

Arkitektur & byrum s.18

Klima & ressourcer s.28

Byggeteknik & brandtests s.38

Del 2

Konstruktionskatalog s.60

Grundlæggende BR-krav s.95





En bydel i balance

Travbyen udvikles med indsatser inden for både sociale, miljømæssige og økonomiske perspektiver, hvor vi med legen som designværktøj går eksplorativt til værks for at inspirere og udvikle mere bæredygtige byområder. Dette er vores grundprincip for projektudviklingen.

I denne publikation deler vi viden og erfaringer fra den første udviklingsfase af Travbyen; 171 blandede boliger og fællesfaciliteter. Vi er stolte af at kunne præstere et klimaaftryk for et dansk storskala byggeri, som ligger markant under lovens grænseværdier og "Reduction Roadmap 2.0". Det er opnået uden at gå på kompromis med hverken arkitektoniske eller funktionelle ambitioner - og samtidig på et niveau, der er modent til at blive realiseret på økonomiske markedsvilkår.

Vidensdeling som katalysator for innovation

Når vi deler vores indsigter i denne publikation, er det, fordi vi mener, at vores erfaringer og resultaterne af vores arbejde kan komme andre byudviklere og boligbyggere til gode. Alt for ofte i vores branche havner solide erfaringer i lige så solide siloer. Det vil vi gerne bidrage til at gøre op med.

For skal vi som branche nedbringe vores klimaaftryk, skal der ske en omstilling, som fordrer, at vi ikke alene afprøver nye metoder, men også deler viden med hinanden. Vi har i processen gjort forsøg, lavet fejl og gennemført tests, som ikke behøver gentages af de næste. Kan vi med vores arbejde og denne publikation inspirere andre til at kopiere eller forbedre vores løsninger, er vi som bygherre nået langt.

Balance mellem klimapåvirkning og oplevet kvalitet

Byggeriet er en af de sektorer med det største planetære ressourcetræk globalt og samtidig dér hvor den største velstand og kapital er bundet. Derfor er branchens bundne opgave at samarbejde for at få nedbragt dens klimaaftryk, hvis vi som samfund skal holde os inden for Parisaftalens mål.

I den første etape af Travbyen viser vi, at man kan sænke klimaaftrykket uden at kompromittere den oplevede kvalitet i byrum og arkitektur – tværtimod. I de følgende etaper af byudviklingen er ambitionen at stramme vores klima- og ressourcekrav yderligere.

Og så kommer vi fortsat til at insistere på, at det vi finder ud af, kommer resten af branchen til gode. Derfor håber vi, at du vil følge Travbyen, stille os spørgsmål, være kritisk, måske endda flytte ind – og læse med, når vi udgiver den næste publikation.

God læselyst!



Christian Nørgaard
Travbyen Project Director
KIRKBI

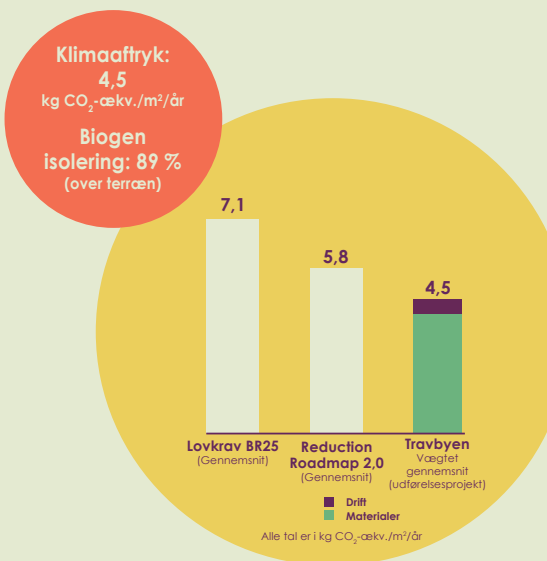
Den første fase i byggeriet af Travbyen bærer vigtige indsigter med sig. Dem lægger vi åbent frem i denne publikation.

Vi viser, at det er muligt at nedbringe klimaaftrykket i nybyggeri til markant under lovens og branchens strengeste krav. Dette uden at gå på kompromis med levende byrum og legende arkitektur. Og vel at mærke i en hidtil uset stor skala.

Med denne publikation viser vi ikke blot, at det kan lade sig gøre – men også, hvordan det kan realiseres.

Det er i kombinationen af klima og ressourcer, byggeteknik og arkitektur, at helheden bliver større end enkeltdelene – til gavn for både klima, livskvalitet og samfund. Og det er sådan vi som branche bør insistere at bygge: For mennesker, med naturen.

Holistisk byudvikling



Klima & ressourcer

Travbyen forener høj arkitektonisk kvalitet med et markant lavt klimaaftryk for nybyggeri på tværs af boligtypologier. Løsningerne rummer en høj andel af biobaserede materialer over terræn, samt genbrugsmaterialer.



Arkitektur & byrum

Travbyen danner rammen om et byrum med mangfoldig og legende arkitektur der sætter mennesker og fællesskaber i centrum.



Byggeteknik & brandtests

I Travbyen er der skabt et byggesystem, der som et ensartet skelet går på tværs af boligtypologierne. Og med denne publikation frigiver vi den oparbejdede viden til branchen i form af både konstruktionsdetaljer og viden fra brandtests.

Læsevejledning

Denne publikation deler viden og erfaringer fra udviklingen af første boligfase af Travbyen: Byggefelt 01-04, hvor klimamæssige tiltag er en integreret del af de arkitektoniske greb og byggetekniske løsninger. Udgangspunktet har været at opnå et markant lavt CO₂-aftryk og samtidig skabe en varieret og legende arkitektur – et opgør med den gængse opfattelse af, at et lavt CO₂-aftryk nødvendigvis kræver kompakt, enkelt og standardiseret byggeri.

Lokalt skal Travbyen skabe værdi som en levende og legende ramme for beboernes livsudfoldelse og Billunds fortsatte udvikling, i sin udformning understøtte en mere bæredygtig livsstil. Samlet set skal Travbyen dermed både være til glæde for mennesker, og samtidig medvirke til at udvikle og anvise løsninger på nogle af de største globale udfordringer. I global sammenhæng er Travbyen en lille brik, og bydelens påvirkning på klima, natur og mennesker spiller en marginal rolle.

Omvendt giver en åben deling af vores viden og erfaringer med byggebranchen et potentiale for at andre kan kopiere vores løsninger, således det ikke alene er Travbyens boliger, men også andre boligprojekter i resten af landet, der kan bygge med et lavere klimaaftryk og ressourceforbrug.

Publikationen opsamler først og fremmest erfaringer fra processen og det tværfaglige samarbejde, hvor en legende arkitektur, klimahensyn og ressourceoptimering har været centrale elementer gennem hele projektet - fra de første idéer til de løsninger, som nu opføres i Travbyen. Dernæst er publikationen opdelt i hhv. del 1 og del 2, hvor der dykkes videre ned i den konkrete tilgang til både arkitektur, byggeteknik, klima og ressourcer i Travbyen – læs nærmere i cirklen ovenfor.

Hvad indeholder Del 1?

Grundprincipper for udformning af bydelen og bygningerne, arkitektoniske overvejelser og hovedstrategier.

Tankerne bag de definerede klimakrav, og hvordan der er arbejdet med krav og byggetekniske dogmer.

Overvejelser om valg af byggeprincip, og hvordan det i kombination med en varieret arkitektur udtrykker sig i et relativt ensartet klimaaftryk på tværs af alle bygninger. LCAByg-filer deles for tre udvalgte bygninger.

Det brandtekniske forløb, som omfatter afvigelser fra de præ-accepterede løsninger til en proces med brandtests og brandtekniske bedømmelser.

Hvad indeholder Del 2?

En samling af Travbyens anvendte løsninger i et konstruktionskatalog, som også peger på yderligere potentialer for at minimere klima- og ressourceaftrykket.



ORDLISTE

Biobaserede/biogene produkter

Produkter, som består af organiske naturlige råstoffer f.eks. fra skoven, markerne eller havet. Det er materialer som træ, hamp, græs eller tang, som er fornybare og som kan reproducere. Der kan skelnes mellem hurtigtvoksende til langsomtvoksende og biobaserede produkter.

Emissionsfaktorer

Emissionsfaktorer er et tal, som beskriver mængden af luftforurening eller drivhusgasser, der frigives ved en bestemt aktivitet, f.eks. energiproduktion. De bruges til at vurdere og beregne klimapåvirkningen og miljøkonsekvenserne af forskellige processer og aktiviteter, f.eks. klimaaftrykket fra bygningsdrift.

BR18

Betegnelsen "BR18" anvendes i denne publikation om revision af Bygningsreglementet BR18 fra 2023.

EPD

En EPD, eller miljøvaredeklaration, er en standardiseret dokumentation, som indeholder verificerede oplysninger om et produkts miljøpåvirkning gennem hele dets livscyklus – herunder produktion, anvendelse og bortskaffelse.

BR25

I denne publikation anvendes betegnelsen "BR25" om revision af Bygningsreglementet BR18 gældende fra medio 2025. Her træder nye klimakrav i kraft, som også omfatter opdatering af metode til dokumentation heraf. Dette gælder eksempelvis nye emissionsfaktorer til beregning af klimaaftrykket fra bygningsdrift, og nyt generisk miljødatagrundlag til klimaaftrykket fra materialer. Betegnelsen anvendes velvidende, at det fremadrettet også vil hedde BR18. Betegnelsen anvendes dog for tydeligt at differentiere ift. LCA-beregningsmetoden mellem de to versioner af BR.

LCA livscyklusvurdering

En livscyklusvurdering (LCA) er en standardiseret metode til at evaluere de miljømæssige påvirkninger, der er forbundet med et produkts livscyklus fra råstofudvinding og fremstilling af materialer, transport, opførelse, drift, vedligehold samt affaldsbehandling og bortskaffelse af materialerne ved endt levetid. Påvirkningerne evalueres over en betragtningsperiode på 50 år. LCA-metoden kan benyttes til at sammenligne miljøpåvirkninger fra hele bygninger, men også fra mindre dele såsom bygningskomponenter eller specifikke byggevarer.

Doughnut-modellen

Doughnutmodellen (eller "Doughnut Economics") er en økonomisk model udviklet af Kate Raworth, som anviser en alternativ vej til en fremtid, hvor både menneskets og planetens behov kan tilfredsstilles på en bæredygtig måde.

Grønne certifikater

I dag er det muligt for materialeproducenter at købe grønne certifikater, hvilket minimerer det beregnede klimaaftryk i EPD'erne. Gennem grønne certifikater købes retten til en andel af den vedvarende energi på markedet, hvilket tages til fuld indtægt i EPD'en – også selvom det reelt set ikke er det, som kommer ud af "stikkontakten" hos den pågældende producent.

Vores overordnede erfaringer fra første fase af byggeriet

I Travbyen-projektet har vi hentet inspiration fra en bred vifte af planlagte, igangværende og gennemførte byudviklingsprojekter. Det gælder både masterplanlægning, fællesskabsdannelse, materialevalg og specifikke detaljløsninger. Erfaringer fra branchen har således været en forudsætning for at skabe løsningerne til Travbyen. Af samme grund deler vi nu vores erfaringer fra den første boligetape af byudviklingen i Travbyen, som kan være til gavn for andre, der arbejder med samme, mindre eller større ambitioner.

At arbejde med dogmer

Det har været brugbart for os som bygherre ikke alene at skelne til DGNB-krav eller fokusere blindt på CO₂-aftryk, men at gå holistisk til værks og fastlægge en række dogmer i programgrundlaget for vores projektpartnere. Vores erfaring fra andre projekter er, at et blindt fokus på certificering eller CO₂-udledninger, kan skævvride fokus og dermed værdiskabelsen i forhold til bæredygtighedsdagsordenen. I projektets bæredygtighedsprogram har vi forsøgt at fastlægge nogle dogmer, der var meningsgivende i projektets lokalkontekst, relaterer sig til den klimasituation vi står i globalt og det bygningsmæssige kommercielle marked vi står i. Vores dogmer skærpes løbende, men vi mener, vi er ved at nærme os en brugbar rettesnor for den fortsatte projektudvikling.

Et godt eksempel herpå er de principper vi underlægger kuratering af materialer som vist i den grønne boble.

Dogmer for kuratering af materialer

- Materialer høstes i kort afstand fra produktions-/ byggestedet.
- Prioritering af materialer, der ikke kræver høj varme og/ eller højt tryk under forarbejdning/forædling (energi).
- Minimering af materialer, hvor energiforbruget er kompenseret med grønne certifikater.
- Anvende materialer, der arbejder med naturen i byggeriets levetid, hvor luft, temperatur, fugt mv. håndteres naturligt af og i materialet.
- At materialerne kan ledes tilbage til naturen uden væsentlig bearbejdning.

Når vi ser på materialer og bygningsdele gennem dette filter, ender vi ofte ud med biogene og geogene materialer med lav forarbejdning. Ironisk nok er det materialer vi har bygget med for ca. 3 generationer siden, men som vi med tiden har glemt hvorledes vi skal håndtere i byggeriet.



Variantstudier og materialevalg som traditionelt ligger i projektforslag og udbudsprojekt skal træffes langt tidligere i projektet end vi i branchen er vant til. F.eks. skal selektering af genbrugsmaterialer ske inden igangsætning af designfaserne.

Genbrug

Det er nemt at forestille sig indarbejdelse af genbrugsmaterialer i projekter, men i praksis er det en stor udfordring. Bæreevne, brand, materialernes kemiprofil og håndteringslogistik er væsentlige barrierer, der har stået i vejen for, at vi har kunne opskalere genbrug i Travbyen.

En læring er, at genbrugsmaterialer skal sources tidligt – helst inden huset tegnes. På facaderne er vi lykkedes bedst ved at nedskalere materialer til mindre enheder på størrelse med vingetegl, som vi i øvrigt er meget begejstrede for at bruge. Vi har også erfaret, at vi ikke selv bør fungere som lager for nedtagne materialer, men i stedet overlade dette til en professionel tredjepart, da adgang til materialer i de rette mængder og på rette tidspunkt ikke er vores kompetence.

Mockups har været afgørende for at kvalitetssikre det færdige resultat, især når vi arbejder med genbrugsmaterialer i facader. Processen har krævet en mere fleksibel designpraksis, hvor facaderne tegnes, så de kan tilpasses materialer i forskellige størrelser. Samtidig er det vigtigt ikke at binde sig for tidligt til et bestemt æstetisk udtryk.

Processen

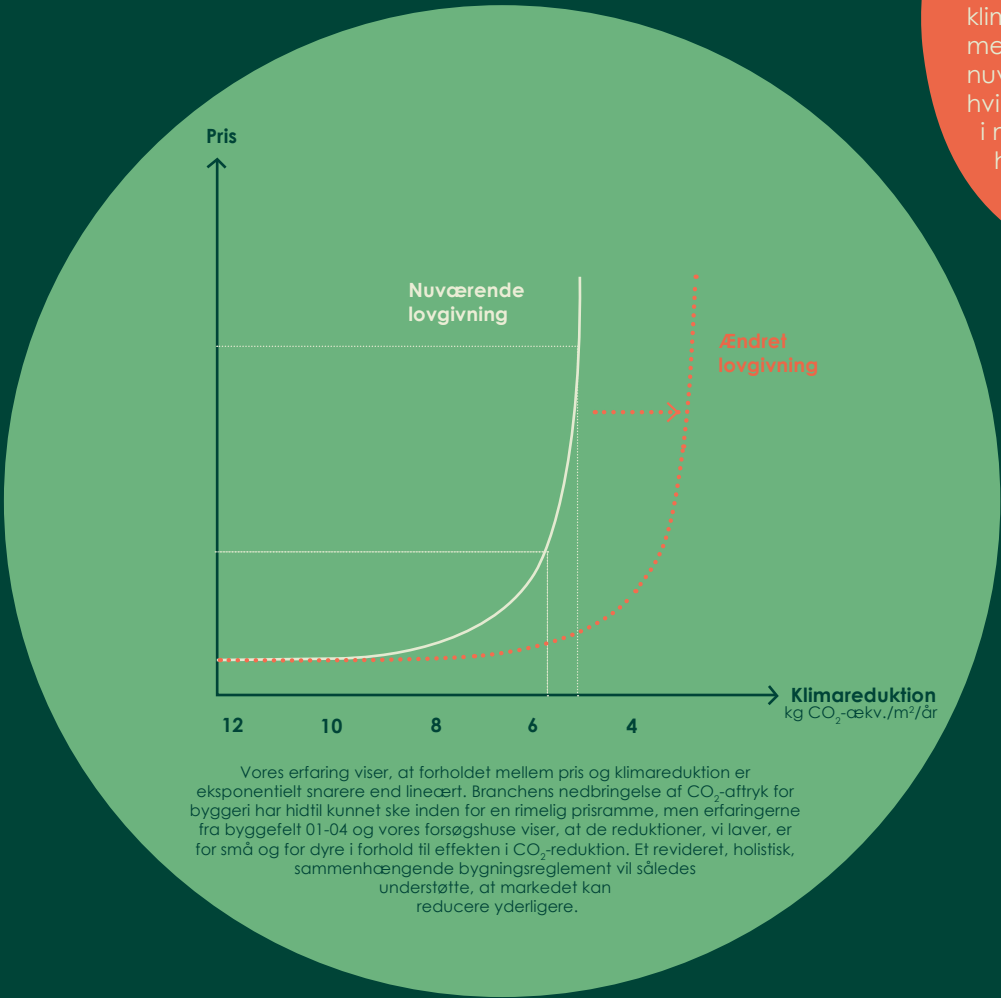
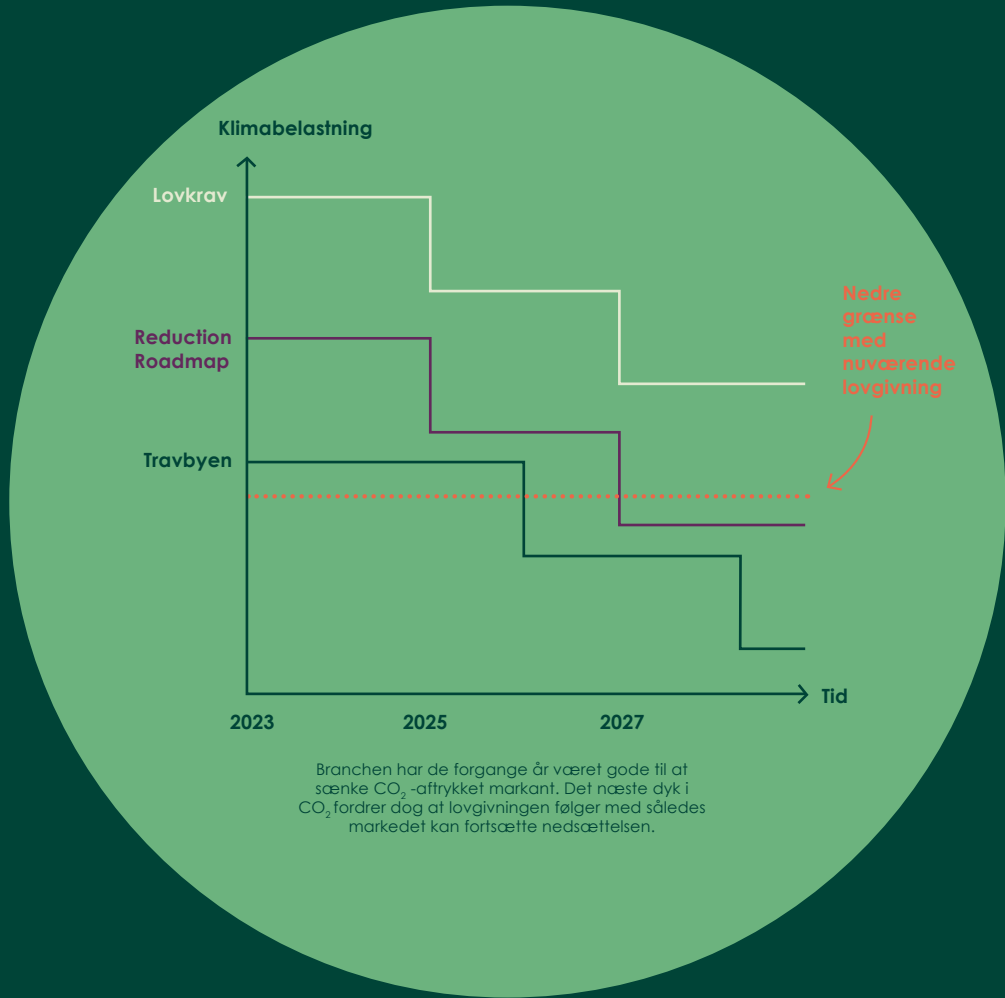
Projektet har vist os, at traditionelle arbejdsgange i byggeriet ikke er tilstrækkelige, når vi arbejder med ambitiøse krav og utraditionelle løsninger. Branchen er kendt for sin konservatisme, og det kræver derfor en bevidst indsats at udvikle nye samarbejdsformer, finde de rette partnere og opbygge fælles viden tidligt i processen.

Vi har erfaret, at materiale- og byggesystemvalg går forud for designfasen. At arbejde med tidlige LCA-beregninger, brandtests, materialeselektion og udvikling af nye konstruktionsdetaljer har været nødvendigt langt tidligere end normalt. Denne forskydning af viden og beslutninger til de indledende faser har været afgørende for at undgå forsinkelser og gentagne iterationer.

De ambitiøse klimakrav på projektet har samtidig betydet færre valgmuligheder for produkter og konstruktionsmetoder, hvilket har krævet tæt dialog med LCA-rådgiveren. Projektet har opereret med en klimabuffer på 5–10 %, hvilket har givet fleksibilitet til ændringer uden at løsne styringen for meget.

Denne erfaring peger på en ny arbejdsmetode, hvor tidlig vidensdeling og tæt samarbejde er forudsætninger for at realisere projekter, der bygger på biobaserede, genbrugte eller andre utraditionelle materialer.

Vi kan ikke sænke klimaaftrykket meget mere indenfor den nuværende lovgivning, hvilket også afspejles i m²-prisen på byggeriet, hvor tilførsel af økonomiske midler ikke står mål med CO₂- reduktionen.



Samarbejdsformer

At komme i mål med ambitiøse klimakrav kræver en fælles indsats fra både bygherre, rådgivere, entreprenører, leverandører og materialeproducenter. Traditionelle løsninger, beslutningsprocesser og samarbejdsformer er ikke nødvendigvis længere tilstrækkelige, og må suppleres med tættere tværfaglig koordinering.

I Travbyen har fokus været på biobaserede og genbrugte materialer, hvilket har krævet øget materialerådgivning og løbende inddragelse af specialister. Til denne proces har der været udpeget

en koordinator for at sikre sammenhæng mellem fagligheder som brand, fugt, klimaaftryk, akustik, statik osv. Denne tilgang har øget behovet for projektstyring og ressourcer, men har været afgørende for at finde de rette løsninger til projektet. Et konkret eksempel på denne tværfaglige materialerådgivning er forskallingsløsningen til montering af gipspladerne i ydervægge og lejlighedsskel. Her er input fra konstruktion (skivevirkning), brand (brandtest), entreprenør (bygbarhed) og bæredygtighed (klimaaftryk og kemikrav) samlet for at opnå den optimale balance til projektet.

Ligeledes har større involvering af leverandører spillet en væsentlig rolle i søgen efter klimabesparelser, herunder fremskafning af relevant dokumentation for eksempel levetider på produkter, robusthed under opførelse og brandprøvningsrapporter.

Erfarne og nye kræfter

Af andre samarbejdskonstellationer vil vi fremhæve kravet om, at hvert byggefelt skulle have et team bestående af både en erfaren og en nyere tegnestue, hvilket har tilført projektet nye perspektiver og ført til en spændende udveksling af idéer og viden. For at minimere klimaaftrykket har det krævet nøje overvejelser om bygningens geometri, boligernes organisering, gentagelsesgrad og overflademængde.

Balancen mellem CO₂-reduktion og økonomisk bæredygtighed

I projektet har vi arbejdet med et bevidst kompromis mellem innovation og skalerbarhed, da løsningerne ikke kun skulle anvendes i et mindre forsøgsbyggeri – men på alle byggerierne i de fire byggefeltet. Over terræn er der anvendt et biogent byggeprincip, mens der under terræn er valgt mere traditionelle løsninger – og samtidigt har projektet opnået et markant lavt CO₂-aftryk. Sammenligninger på tværs af bygningerne viser, at fundament, terrændæk, brandgips, EPS-isolering og vinduespartier står for den største del af materialeaftrykket. Det er derfor hér, de største potentialer for fremtidige forbedringer ligger.

I forhold til økonomi er det vores erfaring at prisen for at bygge med lavere CO₂-aftryk ikke stiger lineært, men eksponentielt med ambitionerne om at sænke CO₂-aftrykket som anvist i figuren ovenfor. Det er vores oplevelse, at vores ambitioner ligger "på kanten", hvor det ikke kan svare sig at tilføre mere kapital for en yderligere sænkning af CO₂-aftrykket. KIRKBI har bekostet den innovation og de nødvendige tests mv. der har været nødvendige for verificering af, at løsningerne ligger indenfor lovens rammer og kan udføres. Med denne rapport stiller vi erfaringerne til rådighed, så andre kan bygge videre på dem – uden at bære de samme omkostninger. På den måde ønsker vi at gøre det mere økonomisk attraktivt for andre at opnå lavere CO₂-aftryk i byggeriet.

Potentialer fremadrettet

I de forgange år er der sket en nedbringelse af CO₂-aftrykkene i nybyggeri, drevet af markeds kræfterne alene. I arbejdet med at afsøge og forædle bygningsdelsløsninger kan vi se, at love, regler og vejledninger er det næste der står i vejen for en yderligere nedbringelse af klimaaftrykket. Dette er problematisk, idet vi i klimaambitiøse projekter generelt i Danmark forædler og forfiner løsninger, som skal passe ind i rammebetingelser, der er rundet af industrialiseringens materialepalette og velfærdssamfundets kontinuerligt øgede krav til bygninger. Med andre ord forædler man i markedet løsninger for at leve op til et rammevilkår der i dag ikke imødekommer en grøn omstilling af byggeriet i tilstrækkelig grad. Med en legende reference kan man sige, at vi forsøger at skære en rund klods til for at passe i et firkantet hul. Måske vi også skal se på hullets udformning og en afrunding af hjørnerne. Arbejdet med et holistisk og forsimplet bygningsreglement er fornuftigt og nødvendigt og vi deler gerne vores perspektiver på, hvorledes det kan ske.





Arkitektur & byrum,
klima & ressourcer,
byggeteknik &
brandtests

Del 1

Et centralt begreb i Travbyens legeteori er 'playful tension', som udtryk for spændingen mellem regelbundethed og individuel kreativ frihed. Dette begreb resonerer med arkitektonisk designpraksis i adskillige dimensioner.



Arkitektur & byrum



Denne publikation omhandler den første etape af byggeprojektet i Travbyen, omfattet af byggefelterne 01-04, med 171 boliger.

Bydelen

Når Travbyen er fuldt udbygget, vil området rumme ca. 550 boliger. Det er anlagt omkring en tidligere travbane, som i dag er omdannet til et stor, sammenhængende naturområde – **Det Grønne Hjerte**. Centralt i Travbyen løber **PLAY Line** – et hovedstrøg med plads til leg, der forbinder bebyggelsen med den eksisterende by, danner overgang til Det Grønne Hjerte og er bebyggelsens rygrad.

Leg i centrum

Travbyen er bygget op omkring tanken om leg som en central del af livet. Denne tilgang præger hele bebyggelsen og giver Travbyen en markant identitet. Arkitekturen balancerer mellem det sammenhængende og det individuelle, hvor særlige detaljer, bygninger og overraskende elementer vækker nysgerrigheden og stimulerer sanserne i hverdagen.

Inspiration

Travbyen er inspireret af middelalderbyens uhøjtidelige formsprog, hvor arkitektur i mindre skala og legende, ofte humoristiske detaljer, får lov at fylde. De skæve byggefelter står som isflager, der fletter sig ind i hinanden og danner små veldefinerede kvarterer med grønne gårdum og stærke nabofællesskaber. Naboskaberne kan danne ramme om mere eller mindre forpligtende fællesskaber – som organiseret haveyrkning, børnepasning og deleøkonomiske ordninger – men giver samtidig plads til privatliv.

Forskydninger og varierende orientering af bygningerne skaber et rigt byrum og gode mikroklimaer. Mellem bygningerne opstår mindre mødesteder og intime, forskelligartede gaderum, hvor fodgængere og legende børn har førsteprioritet. Trafikken er begrænset, forstået således at bilen må komme på besøg i gaderne, men parkeres med de andre biler i bydelens fælles parkeringshuse.

Det legende arkitektoniske udtryk opstår i spændingsfeltet mellem balance og ballade, genkendelighed og overraskelse.



Rækkehus



Urban villa



Urban villa



Etagehus



Rækkehus



Rækkehus



Rækkhus



Etagehus



Etagehus



Etagehus

Udpluk af de forskellige typologier og arkitektur for Travbyens første fase.

Arkitektur

Hvert byggefelt består af tre forskellige bygningstyper: etagehuse, rækkehuse og urbane villaer – tegnet af forskellige rådgiverteams, hvilket tilføjer karakter og variation. Bebyggelsen varierer i højden fra to til fire etager og rummer en blanding af ejerformer samt boligstørrelser, der spænder fra familieboliger til kompakte studieboliger. Ud over boligerne etableres der fælleshuse, en daginstitution og muligheden for små mikroerhverv, som skaber liv og funktionel mangfoldighed.

For at minimere ressourceforbrug er alle bygninger opført i et rationelt byggesystem i træ som tillader variation i facadematerialer, tagformer, detaljer og fortolkninger.

Den æstetiske strategi balancerer det velkendte med det nytænkende: klassiske elementer som tagformer, tårne og gesimser genfortolkes og kombineres med moderne tiltag som genbrugsmaterialer og markante pejlemærker.

Etagehuse

Etagehusene bygges i op til fire etager og indeholder hovedsageligt mindre boliger med altaner og fælles adgangsarealer/opgange. Enkelte etagehuse udføres med mulighed for erhverv i stueetagen.

Rækkehuse

Rækkehusene er familieboliger i to til tre etager, med direkte adgang fra gaderummene, og en lille privat have mod i gården.

Urbane villaer

Urbane villaer, der er fritliggende dobbelthuse i to til tre etager, indeholder to boliger med egen indgang og en lille have.

Kantzoner med hoveddøre og postkasser giver karakter til gaderummene.

TRAVBYENS ARKITEKTONISKE DOGMER

Øjenhøjde

Den menneskelige skala spiller en stor rolle i Travbyen, og her er oplevelserne i øjenhøjde vigtige. Dette betyder, at der har været særligt fokus på udformningen, skalaen og variationen i bygningernes stueetage.



Human skala

Byggeriet følger den skala, man kender fra resten af Billund. Bebyggelsen varierer i højden fra to til fire etager og er højest nær PLAY-Line.



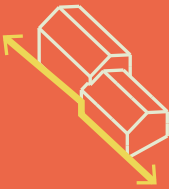
Opbrudte bygningskroppe

Hvert byggefelt indeholder variation i skala og boligtypoliger, der spænder bredt med en blanding af etagehuse, rækkehuse og urbane villaer. Bygningskroppene er opdelt med passager og mellemrum.



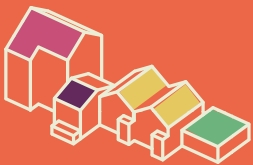
Spring i facadelinie

Der arbejdes med variationer i facaderne gennem frem- og tilbagetrækninger, hvilket skaber liv og dynamik i kantzonerne. En blanding af funktioner gør det muligt for stueetagerne at rumme både boliger, fælleshuse eller mindre erhverv som gallerier, frisører eller kiosker.



Tagformer

Ved længere facadeforløb er der variation i både højde og i udformning af tagene, som f.eks. saddeltage, shedtage og tagterrasser.



Materialeskift

Materialeskift inden for byggefeltene giver variation og er med til at nedbryde skala. Der arbejdes med en sammenhængende og en overraskende materialepalette i jordfarver, samt facader med genbrugsmaterialer.



Pejlemærker

Området karakteriseres ved pejlemærker, legende elementer, der stikker ud og viser vej, skaber og overrasker.



Byggefelt 01

Arkitekter: CEBRA & ReVærk
Ingeniør: Artelia

Hovedidé

Et særligt fokus for byggefelt 01 har været det legende bygningsudtryk. Leg er ikke kun en aktivitet – det er også et udtryk og et resultat af en legende tilgang til arkitekturen. En bygning kan have et legende formsprog og rumme overraskende detaljer, hvor man mindst venter det. Samtidig er arkitekturen altid underlagt regulering og naturlove, hvilket placerer den et sted mellem det "ordentlige" og det "uregerlige".

I dette projekt har man ladet sig inspirere af eventyr og fantasiverdener, hvor hovedkaraktererne ofte introduceres for en række legende elementer i form af: skalaforskydninger, "out of place"-placeringer, stemning, sanselighed, overraskelser, humor, formglæde og irrationaliteter.

Leg

- Karnapper, der forskydes og roteres.
- Karnapper, der skalaforskydes og placeres legende.
- Leg med farver.

Facadematerialer

- Stålpandeplader i forskellige farver, pudsede facader og træfacader.

Pejlemærker

- Det legende udtryk får bebyggelsen til at fremstå som et samlet pejlemærke i området.
- Karnapper vækker nysgerrighed.
- Karnapper udpeger retninger og skaber rum, samt nedbryder bygningens skala udtryksmæssigt.
- Åbninger mellem husene giver indblik og inviterer ind til gårdhaven.

Ressourcebesparende tiltag

- Facade af stålpandeplader sikrer et lavt materialeforbrug i klimaskærmen samtidig med, at materialet har lang levetid og kræver minimal vedligeholdelse.
- Biogene materialer i konstruktion og isolering.
- Optimerede dagslysforhold reducerer behovet for kunstig belysning.



Facade med stålpalader i forskellige farver

Byggefelt 02

Arkitekter: LOOP & Tegnestuen LOKAL
Ingeniør: Artelia

Hovedidé

Rækkehusene er placeret som slanke og smalle skiver, der med deres højde og karnapper/gadespejle tilbyder boliger i flere etager. De er karakterfulde i deres arkitektur og udtryk, hvor tagene er det tydelige motiv der går igen i alle typerne.

Her er søgt minimeret boligareal, og samtidig maksimeret boligoplevelse med rumlige overraskelser, selv ned i de mindste værelser og fordelingsarealer. Dobbeltthøje rum og visuelle sammenhænge mellem etager inviterer til leg og bevægelse. Boligerne balancerer mellem at efterleve behov for praktiske løsninger i indretningerne, og samtidig at skabe oplevelser og komfort.

Leg

- Leg og iscenesættelse af vand fra de store tagflader.
- Forskydninger i facaden skaber finurlige uderum og identitet for den enkelte bolig.
- Ko-øjer og kig-om-hjørne-vinduer.
- Fokus på visuelle og auditive sammenhænge på tværs af dobbelt- og trippelhøje rum.

Facadematerialer

- Genbrugte aluminiumsplader klippes og bukkes til nyt facadesystem på gavle.
- Træfacader i forskellige opsætningsmønstre.
- Store saddeltage udført i aluminium.



Pejlemærker

- "Ko-øjnene" – Runde vinduer.
- En særpræget materialepalette.
- Markante tage med store buede udhæng, der beskytter facaderne.

Ressourcebesparende tiltag

- Kompakte boligtyper.
- Genbrugsmaterialer i facaden.
- Regnvandsopsamling.



Træfacade med forskydninger

Øvre billede: regnvandsopsamling

Byggefelt 03

Arkitekter: AART & ReVærk
Ingeniør: Artelia

Hovedidé

Boligkarreen er udformet med ambitionen om at skabe de bedste rammer for et legende hverdagsliv. Derfor tilbyder de store tagudhæng rig mulighed for ophold i zonen mellem den private bolig og den offentlige gade/gård. Tagfladernes varierede vinkler skaber en klar forskel mellem den nedskalerede gadeside, hvor facadehøjden reduceres til 1-2 etager, samt gårdsiden, hvor det fortættede rum forstærkes af 2-4 etagers facader.

Leg

- Tagenes markante formsprog med store udhæng, niveauspring og skiftende vinkler fremstår som et livligt element, og de vejrligsbeskyttede områder under indbyder til ophold, aktivitet og leg.
- Figurative gavle, som på rækkehusene er udført som abstraktioner af en 'langnæset mand', en 'elefant' og en 'øgle'. Motiverne tillader spejlinger, vandleg og ophold.

Facadematerialer

- Træbeklædning er det gennemgående materiale og fremstår både som ubehandlet bræddebeklædning, malede flader og som shingles. Nogle af bygningerne har pudsede facader.
- Aluminiumsplader anvendes i gavlmotiver, hvor der også er særlige brandkrav.

Pejlemærker

- Byrumskonteret fremstår som en markant anden bygning med sin blå farve og de iøjnefaldende solafskærmninger.
- Motiverne på gavlene henvender sig mod gadelivet som finurlige elementer.

Ressourcebesparende tiltag

- Vingetegl på rækkehusene er genbrug fra bygherres materialebank.
- Gulve i fællesrum er udført at genanvendte vinduesrammer.
- Tagflade på Naborum udføres med genbrugte stålplader.



Elefantsnabel motiv



Træfacade med skyggevirkning

Byggefelt 04

Arkitekter: Tegnestuen Vandkunsten & Tegnestuen LOKAL
Ingeniør: Artelia

Hovedidé

Grundtypologien for både rækkehuse og etagehuse er et almindeligt saddeltagshus, der varieres gennem skiftende højder og skalatrin, rytme, forskydninger og knæk. Facaderne er vandret opdelt med base i stueetagen, og almindelige boligetager med ens vinduer under taget.

Leg

- Leg som visuelt designparameter der vækker nysgerrighed.
- Etagehusets signatur er harlekinmønsteret.
- I rækkehusene arbejdes med farver og simple geometriske former som et kvadrat, en trekant og en cirkel.

Facadematerialer

- Genbrugte materialer anvendes som bl.a. facadebeklædning.
- Tyndpladestål og skærmtegl fra tage upcycles på komponentniveau til facadeshingels med en stærk dekorativ virkning.
- Træ som facadebeklædning er nemt at forarbejde og er velegnet til en leg med formgivning og geometri.

Pejlemærker

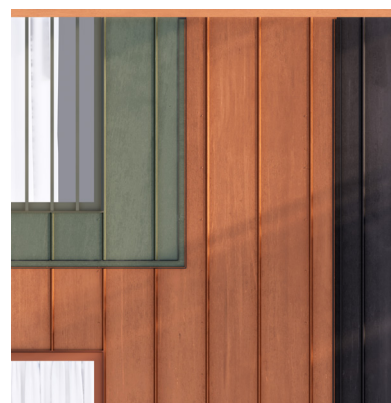
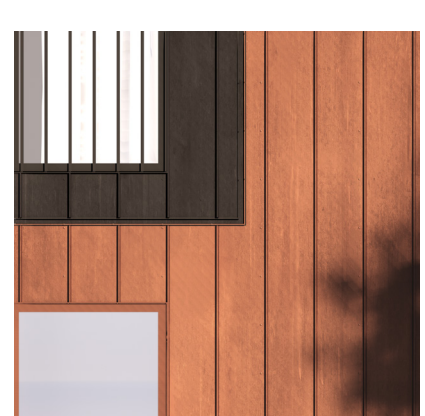
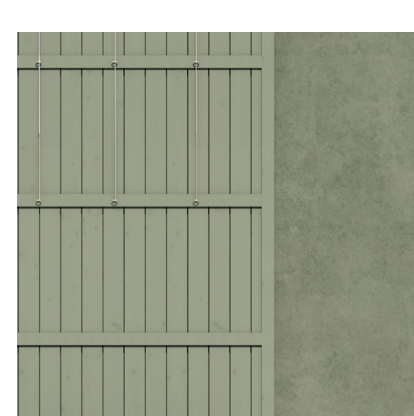
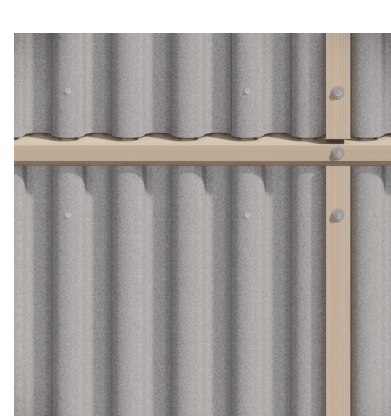
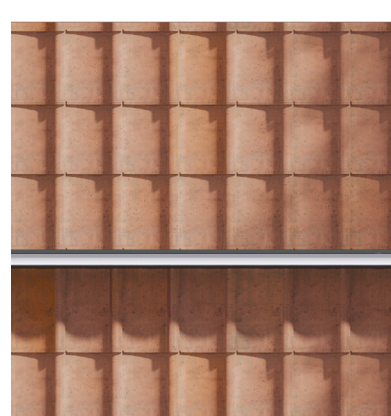
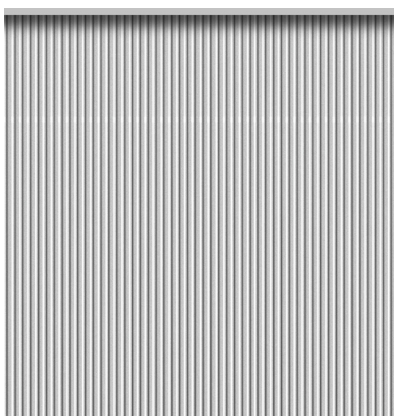
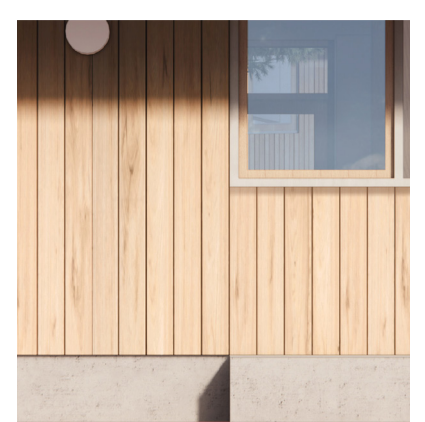
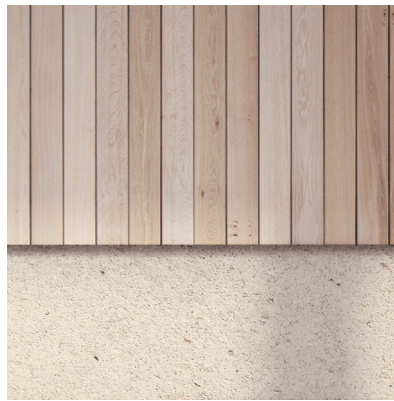
- Et særligt udformet udsigtstårn fungerer som pejlemærke for hele bydelen og er synligt fra Det Grønne Hjerte.
- En buet port, skiller sig ud i den rektangulære bebyggelse. Her kan beboerne sætte deres eget præg på bygningen.

Ressourcebesparende tiltag

- Et elevatorminimerende adgangssystem.
- En høj gentagelsesfaktor - én husdybde, én tagform, én skaktype, én badeværelsestype, én spændretning, ét sæt systemdetaljer, meget få vinduestyper osv.



Udkigstårn og buet port



Den generelle materialeholdning er kendetegnet ved materialer i samspil med den omkringliggende natur. Travbyen karakteriseres ved at være et sted, hvor sanserne udfordres gennem arkitektoniske overraskelser og taktile oplevelser. I Travbyens byggefelt 01-04 er der brugt alt fra genbrugsmaterialer til ler, træ og stål som facadematerialer. Her ses eksempler på facaderenderinger fra de forskellige projekter.

Hvordan kan man helt konkret og meget lokalt lave byudvikling, som i højere grad understøtter en bedre balance mellem menneskets behov og planetens levedygtighed?

Klima & ressourcer

En planetær dagsorden

En planetær dagsorden – lokalt og globalt

Travbyens tilgang til det miljømæssige perspektiv er bl.a. inspireret af økonomen Kate Raworths doughnut-model, der beskriver hvordan sociale, miljømæssige og økonomiske perspektiver bør adresseres sammen for at sikre en holdbar udvikling af vores samfund.

Det miljømæssige fokus har affødt en række klimakrav og dogmer, toneangivende for udviklingen af nye løsninger i en lokal og national kontekst. Men kravene spiller også ind i en global planetær dagsorden. Travbyen løser i sig selv ikke de planetære udfordringer, men skal ses som et positivt bidrag til at bringe byggeriet i en mere bæredygtig retning. Med denne publikation ønsker vi at inspirere andre i byggebranchen.

Et reduceret klimaaftryk

Global opvarmning er en af de helt centrale parametre, når vi betragter de planetære grænser. Lige nu er vi på vej mod usete temperaturstigninger, som ligger markant over Parisaftalens grænse på 1,5°C. Denne grænse giver os et CO₂-budget, som vi kan "handle" indenfor. Her peger brancheinitiativet Reduction Roadmap 2.0 (herefter omtalt RR 2.0) eksempelvis på, at byggeriets CO₂-udledning skal reduceres med 97 % ift. udledningen i dag. Det fortæller, at vi ikke kan fortsætte med at gøre, som vi plejer i byggebranchen, som står for ca. 40 % af den globale CO₂-udledning*¹. Travbyen har arbejdet med en øvre grænse for, hvor meget byggeaktiviteterne må udlede af CO₂-ækv. Der er både stillet krav til byggeriernes samlede CO₂-ækv.-udledninger over en livscyklus, men også et delkrav til upfront-udledninger for at motivere til klimareduktioner allerede i dag.

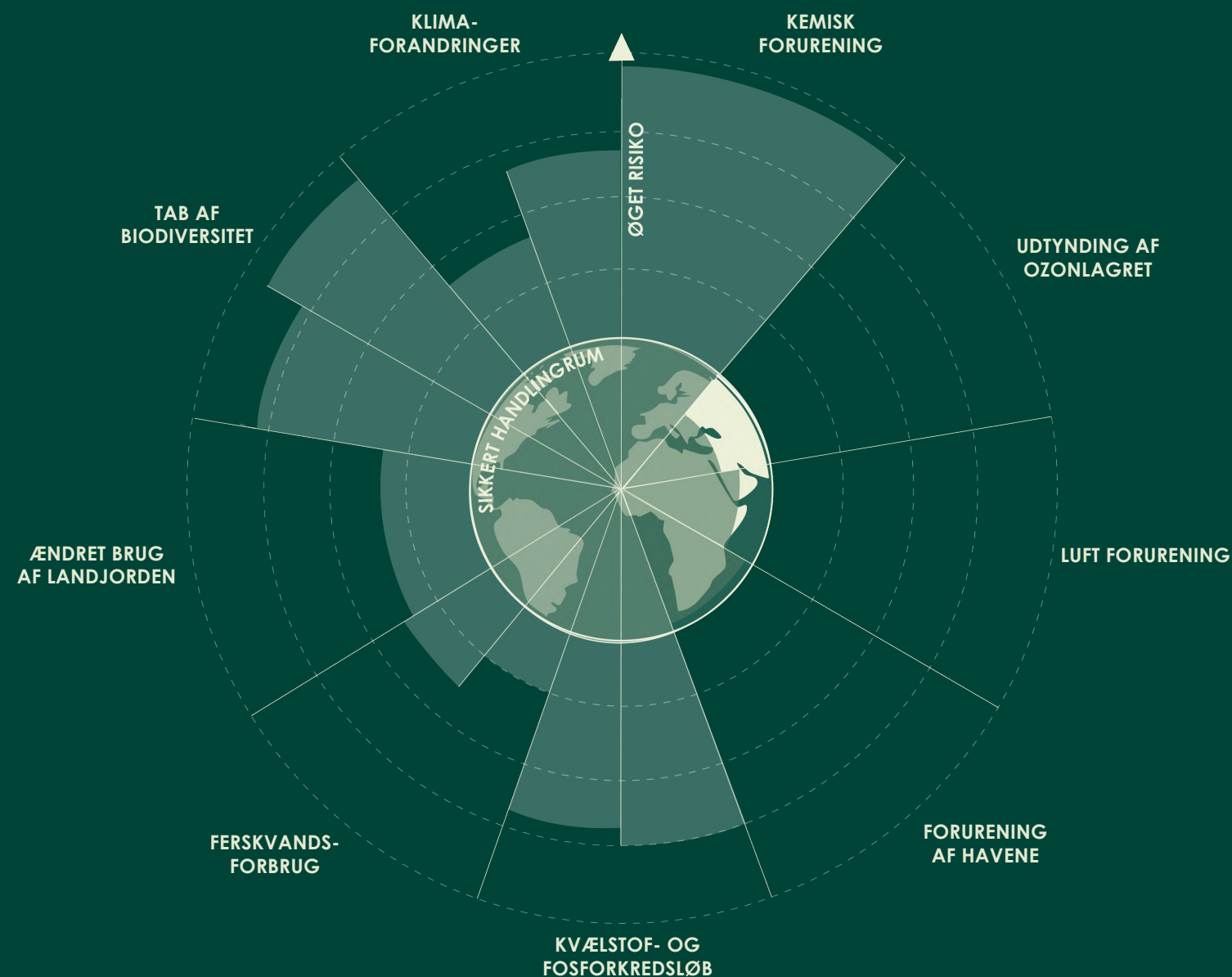
Et reduceret ressourceforbrug

Ud over CO₂-aftrykket er byggeriets ressourceforbrug (råstoffer) også en vigtig parameter. Ifølge Klimapartnerskabet for Byggeri og Anlæg bruger byggeriet 1/3 af alle ressourcer i verden, hvor en større andel er knappe ressourcer*².

I Travbyen er vi nysgerrige på både biobaserede og genbrugte byggematerialer. Biobaserede ressourcer er interessante, fordi de typisk har en begrænset forarbejdning, de optager CO₂ i vækstperioden, og så kan de regenereres. En indbygning af biobaserede ressourcer i projektet kan derfor bidrage til en midlertidig lagring af CO₂ i den pågældende bygning. Genbrugsmaterialer er også interessante, idet man her ikke skal høste nye ressourcer fra kloden.

1. World Green Building Council, 2019
<https://worldgbc.org/climate-action/embodied-carbon/>

2. Klimapartnerskab for Bygge- og Anlægssektoren, 2020. Klimapartnerskab for bygge- og anlægssektoren - Hovedrapport. Hentet i 2025, fra <https://www.kefm.dk/media/6649/klimapartnerskab-bygge-og-anlaegssektoren-hovedrapport.pdf>



Status på den globale miljøtilstand

Stockholm Resilience Centre har beskrevet Jordens sundhedsstatus ud fra 9 systemer, kendt som de planetære grænser. I 2023 var 6 ud af disse 9 systemer overskredet, og tendensen går generelt i den forkerte retning. Byggeriet bærer en stor byrde i at vende disse tendenser, således de planetære grænser ikke overskrides yderligere, men i stedet heles. (Stockholm Resilience Centre, 2023).

PLANETÆR RAMMESÆTNING

Jordens centrale systemer

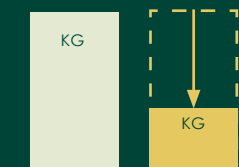
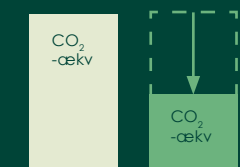
Klimastabilitet og sunde økosystemer spiller en helt central rolle i forhold til de planetære grænser. Klimastabilitet måles i CO₂-ækvivalenter, mens opretholdelsen af sunde økosystemer kan måles som globalt tab af biodiversitet.

Systemerne er indbyrdes forbundne. Tiltag, der gavner økosystemerne – som f.eks. at plante træer – kan samtidig bidrage til klimastabilitet, da træer optager CO₂ under vækst. Samtidig har vores ressourceforbrug betydning for begge systemer og fungerer derfor som et tredje centralt målepunkt.



Globale dagsordener omsat til lokale målepunkter i Travbyen

Denne publikation sætter særligt fokus på Travbyens klimaaftryk og ressourceforbrug samt de tiltag, der er gjort for at reducere disse. Klimahensyn og ressourceoptimering er begge forhold, som har haft indflydelse på tilgangen til både design, udvikling og implementering af løsninger i Travbyen.



Konkrete indsatser i Travbyen

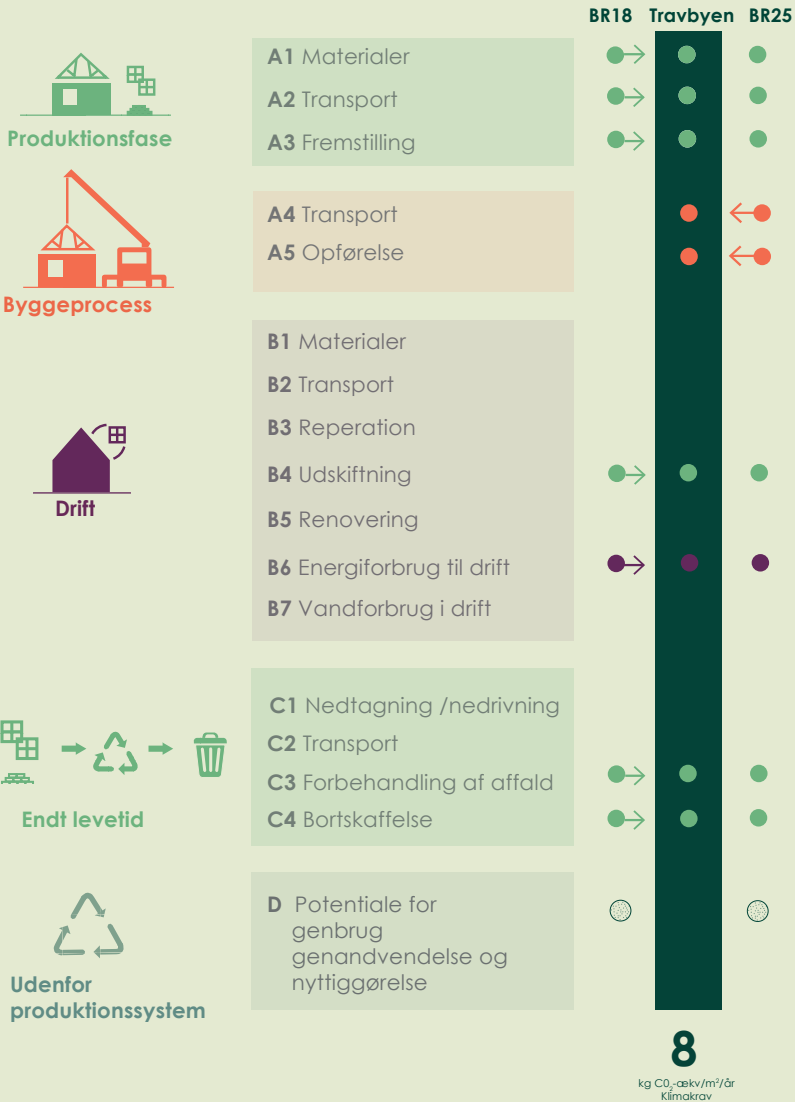
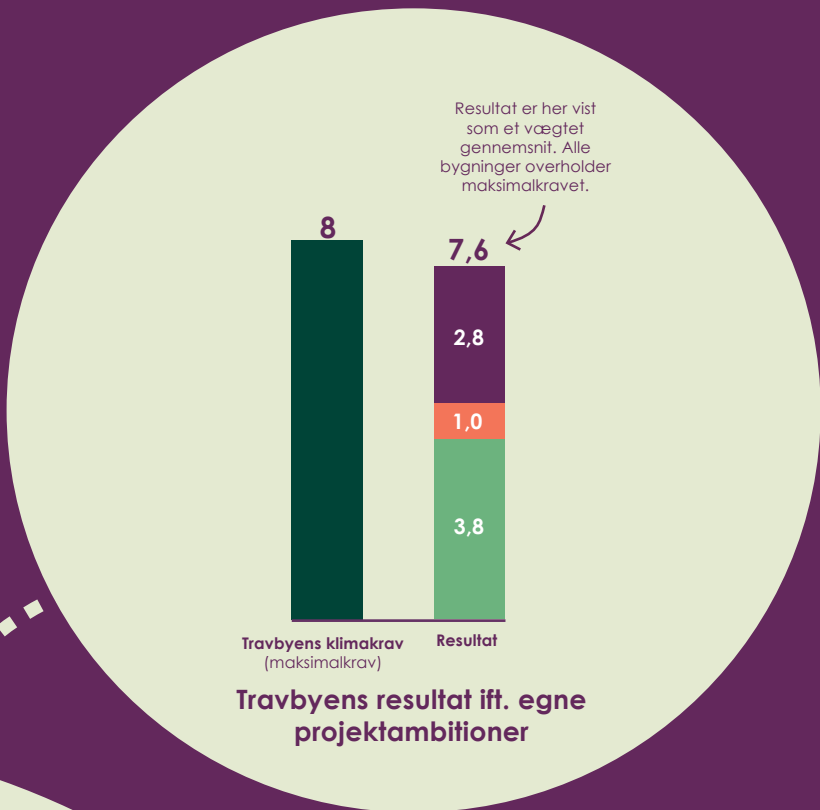
Klimakravene i Travbyen har skærpet opmærksomheden på at reducere projektets klimaaftryk, hvilket har medført udvikling af nye løsninger og ændrede materialevalg. I samspil med projektets overordnede dogmer har kravene også skabt et øget fokus på ressourceforbrug og resulteret i anvendelsen af genbrugsmaterialer samt biobaserede alternativer til traditionelle materialer.



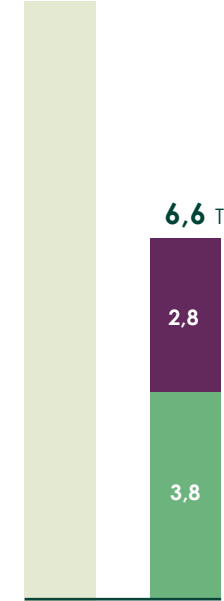
FOKUS PÅ GENBRUG OG BIOBASEREDE MATERIALER

Travbyens klimakrav - hvad omfatter det?

Travbyens klimaambitioner blev fastlagt i 2021, med BR18 som gældende lovgivning. I projektet er der arbejdet med et maksimalt klimakrav på 8 kg CO₂-ækv./m²/år, som omfatter livscyklusmodulerne A1-A3 (produktfase), A4-A5 (byggeproces), B4(udskiftninger), B6 (drift) og C3-C4 (endt levetid). I tillæg er der fastlagt et delkrav til upfront udledningen (modul A1-A3) på 3,5 kg CO₂-ækv./m²/år for at tilsi- kre et fokus på CO₂-udledningen "her og nu". Det viste sig i projekttilblivelsen at det første krav på 8 kg CO₂-ækv./m²/år blev dimensionsgivende.

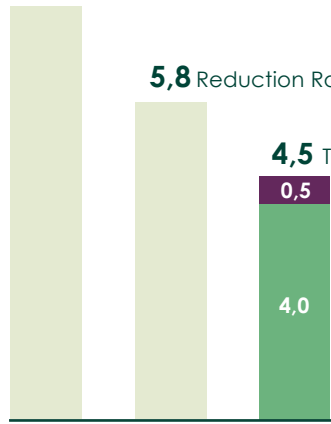


12,0 Lovkrav (Alt byggeri > 1000 m²)



BR18 vs. Travbyen

7,1 Lovkrav (gennemsnit)



BR25 vs. Travbyen

Travbyens klimaaftryk iht. BR25:

4,5

kg CO₂-ækv./m²/år Vægtet gennemsnit

Vi er i fuld gang med at indsamle data på vores klimaaftryk fra byggeprocessen, som vi deler med branchen når data er konsolideret.

1,5 Lovkrav



BR25 byggeprocess vs. Travbyen

Sammenligning af klimaaftrykket for Travbyen BF01-04 jf. BR18 metoden og BR25 metoden ift. lovkrav og Reduction Roadmap 2.0 oplæg til grænseværdier. Klimaaftrykket fra byggepladsen (A4-A5) bygger på en afsat værdi, mens materialerne (A1-A3, B4 og C3-C4) og driften (B6) er svarende til udførelsesprojektet. Alle tal er opgivet i kg CO₂-ækv./m²/år.

- Byggeproces (A4-A5),krav
- Drift (B6),jf.udførelsesprojekt
- Materialer (A1-A3,B4,C3-C4),jf.udførelsesprojekt
- Lovkrav

Travbyen i relation til BR18, BR25 og Reduction Roadmap

Travbyen opererer med et projektspecifikt klimakrav, hvor nuværende performance (udførelsesprojektet) kan holdes op imod både BR18 og BR25. Til de to bygningsreglementer knytter sig bl.a. forskelligt miljødatagrundlag og grænseværdier sig hertil – hvilket er vigtigt at have for øje i en sammenligning.

I forhold til klimakravet i BR18 på 12 kg CO₂-ækv./m²/år, har Travbyen byggefelt 01-04 defineret et klimakrav som er ca. 40 % lavere. I tillæg er byggeprocessen (A4-A5) også medregnet, hvilket er udover BR18-kravet.

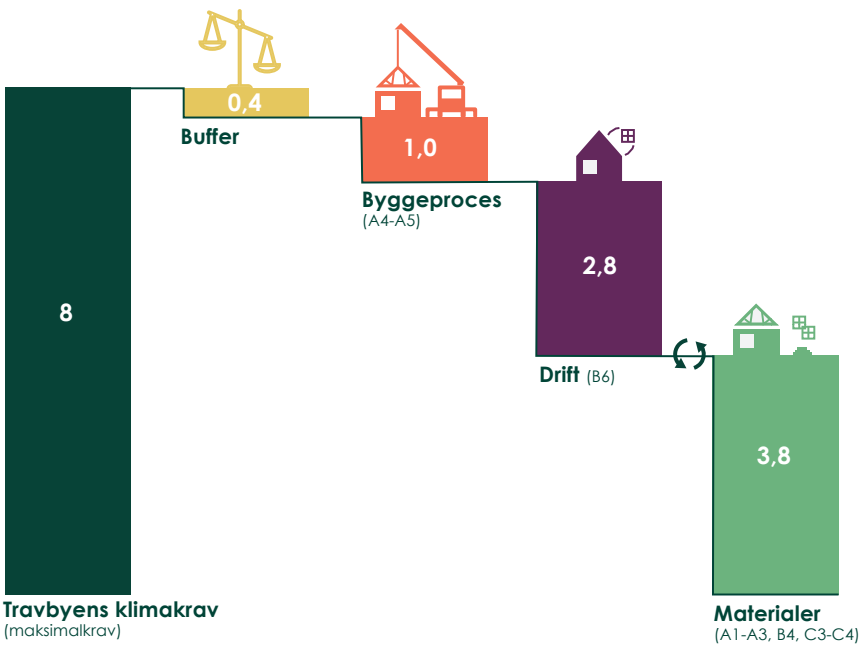
For at sætte klimakravet i relation til det nye Bygningsreglement er der lavet en omregning iht. BR25-metoden. I den forbindelse er der anvendt nye emissionsfaktorer og det nye generiske miljødatagrundlag for byggevarer (for produkter som ikke har en EPD). I figuren overfor er forskellen mellem de to metoder vist. Det observeres, at driftsaftrykket falder signifikant pga. de nye reducerede emissionsfaktorer, hvor projektets valg af fjernvarme som varmekilde er afgørende. Omvendt stiger materialeaftrykket, dog kun begrænset, da projektet anvender mange produktspecifikke EPD'er.

Ved sammenligning med både BR18 og BR25 lovkrav samt Reduction Roadmap's 2.0 oplæg til grænseværdierne, ligger Travbyen væsentligt under disse niveauer. Dette understreger ambitionsniveauet med projektet.





Vi indsamler også data på CO₂-aftrykket fra anlægsprojektet (byggemodning og landskab), som deles når vi har konsolideret disse tal.



Opbrydning af det overordnede klimakrav i Trøstby BF01-04 for hhv. materialer, byggeproces og drift. Driften (B6) er baseret på fjernvarme med emissionsfaktorer fra BR18 (2023). Alle tal er opgivet i kg CO₂-ækv./m²/år.

Hvordan er der arbejdet med Trøstbys klimakrav?

For at skabe en forståelse for ambitionsniveauet skal Trøstbys klimakrav sættes i relation til projektets dogmer (se tabel næste side). Kombinationen af både klimakrav og dogmer skaber indirekte et stort fokus på materialernes klimaaftryk (A1-A3, B4, C3-C4), hvis der samtidigt skal være et fornuftigt råderum til byggeprocessen (A4-A5), driften (B6) og en acceptabel buffer. Denne tilgang og opdeling er visualiseret i figur ovenfor.

Der er f.eks. truffet et bevidst valg om at anvende fjernvarme i stedet for en varmepumpeløsning, bl.a. fordi det har været muligt at påvirke Billund Fjernvarme til at udvide og transformere deres forsyning, således at de udfaser gas og senere flis til gavn for alle fjernvarmemodtagere i byen. Dette skal sikre et mere "grønt" energimix fremadrettet. De nye emissionsfaktorer

(gældende fra 1. juli 2025) betyder generelt, at forskellen mellem varmepumpe og fjernvarme næsten udlignes ift. klimaaftrykket, når man kigger på både materialer og drift. Klimakravet i projektet dokumenteres dog ved brug af gennemsnitsværdier for den nationale fjernvarme og BR18 (2023) emissionsfaktorer.

For at realisere et materialeaftryk på 3,8 kg CO₂-ækv./m²/år er der på tværs af hele projektteamet tænkt i innovative løsninger for at komme i mål. F.eks. er der tidligt i projektet defineret byggevarekrav til CO₂-udledningen, hvilket har medført, at mange materiale- og produktvalg hurtigt er blevet låst. Materialeaftrykket er derfor primært baseret på EPD-data (EPD'er udgør 66 % af miljødata). Hvis der kun var anvendt generisk data, så ville materialeaftrykket jf. BR18 stige med ca. 30 %, hvilket tydeligt understreger vigtigheden af at definere materialekrav.

TRØSTBYS BYGGETEKNISKE DOGMER

Indflydelse på klimaaftrykket fra hhv. materialer og drift

Fokus på brug af biobaserede materialer.
I projektet har der været fokus på at anvende biobaserede produkter for at reducere den samlede CO₂-udledning. Målet er dels at mindske klimaaftrykket, dels at gøre bygningerne til midlertidige CO₂-lagre, som kan forskyde udledningen til atmosfæren. Dette er gjort ved at prioritere biobaserede materialer, der naturligt optager og lagrer CO₂ under deres vækst.



Biogent byggeri i fire etager
Projektet omfatter bygninger i 2-4 etager, hvor biobaseret isolering (under kravklassifikationen B-s1,d0) er kombineret med bærende trækonstruktioner. Da dette afviger fra de præ-accepterede løsninger, er projektet placeret i brandklasse 4. Brandsikkerheden er dokumenteret gennem brandtests og brandtekniske bedømmelser.



Genbrugsmaterialer og cirkularitet
Flere af bygningernes overflader er udført med genbrugsmaterialer som vingetegl og stålplader for at reducere klimaaftryk og ressourceforbrug. Derudover er der tænkt over design for adskillelse i byggeprincipperne for at fremme cirkularitet og genbrug af materialer i fremtiden.



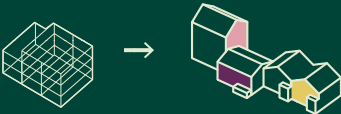
Fokus på kemi i byggematerialerne
Materialerne i projektet er udvalgt med fokus på at opfylde høje miljø- og sundhedsmæssige krav. Formålet er at sikre, at materialevalget sker på et oplyst og ansvarligt grundlag. Derfor er materialer screenet for deres kemiske indhold som en del af udvælgelsesprocessen.



Fokus på de grønne certifikater
I projektet har der været fokus på at træffe materialevalg på et oplyst grundlag med hensyn til producenternes brug af grønne certifikater i EPD'er. Formålet har været at undgå produkter, hvor miljøpåstande baserer sig på købte certifikater frem for reel performance. På udvalgte områder, især isolering, har vi valgt produkter der ikke kompenserer energiforbrug med grønne certifikater.



Et system-stor variation
Byggesystemet er gennemgående for alle fire byggefeltet. Det har givet mulighed for at imødekomme ønsket om et område med legende og varieret karakter bl.a. ved forskelle i facader, materialeskift, taghøjder, tagformer og spring i facaderne. Denne arkitektoniske tilgang medfører et relativt stort klimaskærmsareal pr. etageareal, hvilket har betydning for både drifts- og materialeaftrykket.

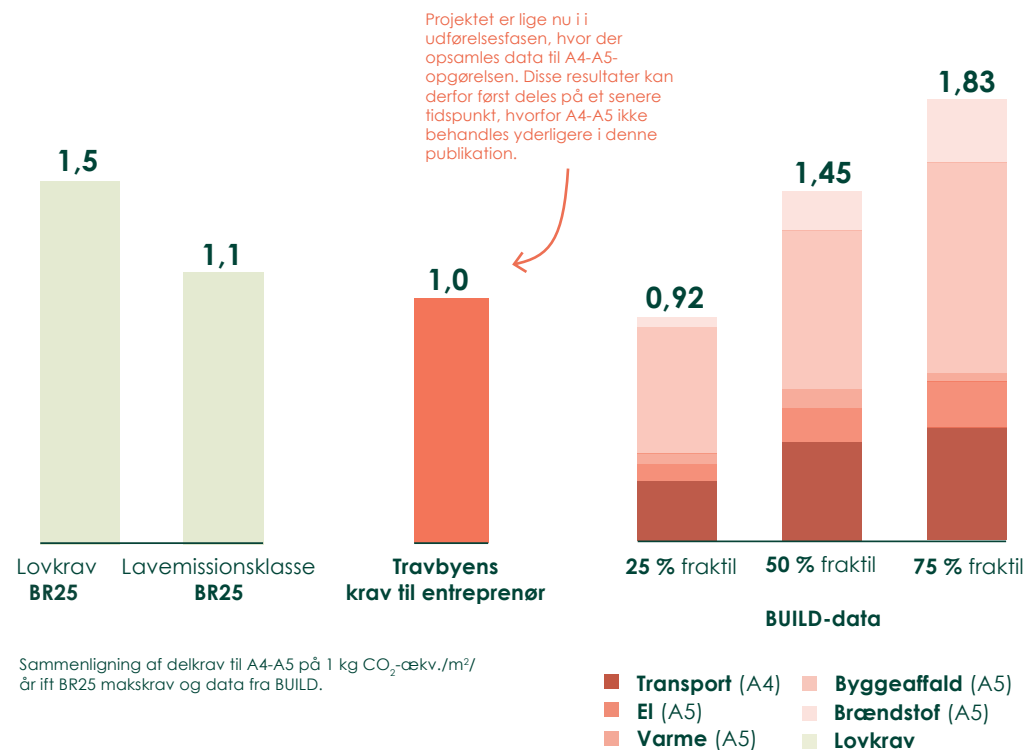


Små enheder
Størrelserne på boligerne varierer fra 41-151m², med et gennemsnit på 95 m², hvilket er relativt lavt sammenholdt med andet nybyggeri. For at kompensere den mindre plads per bolig, er der i bydelen indført fælleshuse, dele-gæsteværelser, dele-værksteder m.m. til beboernes benyttelse.



Fjernvarme
I projektet er der truffet et bevidst valg om at anvende Fjernvarme, vel bevidste om at det belastede CO₂-aftrykket i forhold til BR18-kravet. Valget har bl.a. gjort at Billund Fjernvarme udvider og transformerer deres forsyning til lavere forbrug af forsure brændsler, hvilket ikke alene kommer Trøstby, men også resten af Billund til gode.





Delkrav til byggeprocessen (A4-A5)

Opgørelse af klimabelastningen fra byggeprocessen (modul A4-A5) dækker over transporten af byggematerialer og maskiner til og fra byggepladsen, energi- og brændselsforbruget på byggepladsen og byggeaffald. I projektet er der defineret et delkrav på maks. 1,0 kg CO₂-ækv./m²/år, hvor en stor del af dokumentationen påhviler entreprenøren. Dette er et ambitiøst delkrav, som svarer til ca. 25% fraktilen i BUILDs rapport 2023:14 om byggeprocessen. Delkravet ligger både under lovkravet og lavemissionsklassen i BR25, som vist ovenfor.

Baseret på tidligere erfaringer fra andre projekter og BUILD's data er der lavet en række anbefalinger til, hvordan klimaaftrykket fra A4-A5 kan reduceres. Anbefalingerne omhandler transport, affald og brændstofforbrug, som typisk udgør de største klimabelastninger i byggeprocessen (A4-A5).

Travbyen byggefelt 01-04's klimakrav om indregning af A4-A5 blev defineret før udgivelse af BUILDs rapport 2023:14 og tog oprindeligt afsæt i metoden fra den frivillige bæredygtighedsklasse (FBK). I takt med at metoden for opgørelse af A4-A5 er blevet tilpasset og mere veldefineret, har der også været en tilpasning af den metode til nærværende projekt. Den valgte metode er dog blevet låst før høringssvaret til opgørelse af A4-A5 blev offentliggjort, hvilket har betydet at projektet selv har måttet definere nogle afgrænsninger, som for eksempel ikke fremgår af BUILDs rapport 2023:14. En 1:1 sammenligning er derfor ikke mulig. I stor udstrækning følger den valgte metode dog det nuværende høringssvar (25-10-2024), hvorfor tallene godt kan sammenlignes på overordnet niveau.



Byggepladsbillede

Væsentligste parametre i forhold til at nedbringe klimaaftrykket i byggeprocessen



Brændstofforbrug

Minimering af brændstofforbrug på pladsen og fokus på eldrevne maskiner og kraner.



Byggeaffald og materialespild

Minimering af affald/spild på pladsen, flere affaldsfraktioner og et skærpet fokus på korrekt sortering af affald, herunder minimering af småt brandbart og deponi.



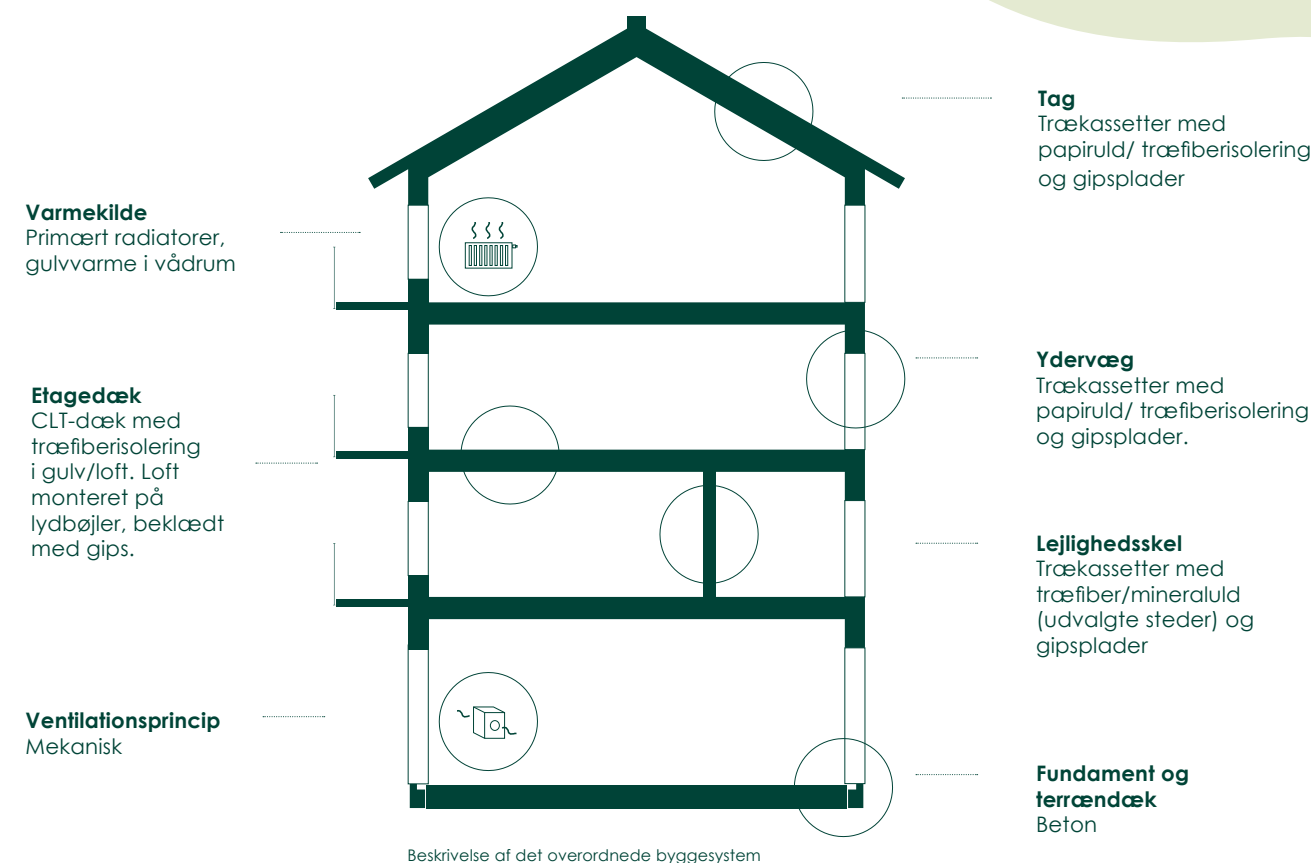
Transport af byggevarer

Evt. udvidet omfang af dokumenterede transportafstande og fokus på lokalt producerede materialer og byggevarer.



Byggeteknik & brandtests

Er du nysgerrig på at vide mere om konstruktionerne?
Find beskrivelser, klimaaftryk, detaljetegninger og meget mere i kataloget bagerest i publikationen.



Byggeprincipper

På baggrund af kravene og dogmerne til Travbyens byggefelt 01-04 er der blevet udarbejdet et byggeprincip til projektet. De primære bygningskomponenter i dette byggeprincip er skitseret i figuren ovenfor, hvor der generelt er arbejdet med biobaserede materialer over terræn og mere traditionelle mineralske produkter under terrænniveau. Dette har været et kompromis for at få de mange ender til at mødes og afspejler, hvordan der i projektet både er taget nogle mere traditionelle valg (f.eks. mekanisk ventilation og beton i terrændæk og fundamenter) og nogle mere nyskabende valg f.eks. anvendelse af biogen isolering (ringere end B-s1-d0) i bærende trækassetter i op til 4 etager der bl.a. udfordres af brandkravene.

Generelt er der arbejdet med produkter, som har et lavt klimaaftryk for at imødekomme klimakravet i projektet. De nye og mere uprøvede løsninger har krævet at vidensniveauet er rykket frem i projektet gennem indikative og meget tidlige analyser og beregninger af f.eks. LCA, LCC, brand, akustik, konstruktioner mv. for at sikre retningen på tværs af mange forskellige discipliner.

Projektet har f.eks. udført en række indikative brandtest, for at skabe en bedre vidensniveau før de endelige fuld-skala brandtest og brandtekniske bedømmelser, som har været nødvendigt for udvalgte konstruktioner.

Arbejdet med disse materialer og bygningsdele har gjort det nødvendigt at skabe mere viden i de indledende faser og blive produktspecifik noget tidligere end på andre projekter, især i forhold til brandtestene og fastholdelse af CO₂-kravet. Dette har blandt andet betydet, at der allerede i dispositionsforlaget er lavet et detaljeret oplæg til byggesystemet med udgangspunkt produktspecifikke materialer, som har været en rettesnor gennem projektet.

Som en sidenote skal det nævnes at projektet ikke har søgt dispensationer i forhold til Bygningsreglementet. I del 2 gennemgås nogle af de primære krav til konstruktionsdelene.



Tendenser på tværs

Bygningsgeometriens betydning

Bygningsgeometrien varierer betydeligt på tværs af bygningerne og byggefeltene, hvilket medfører at materialeafttrykket varierer fra 3,3 til 4,2 kg CO₂-ækv./m²/år - på trods af anvendelse af samme byggeprincip. De toneangivende CO₂-belastende bygningsdele indeholder vinduer, fundamenter, dæk, terrændæk og ydervægge, men den interne rangering varierer meget fra bygning til bygning grundet opgørelsesmetoden er pr. kvadratmeter. I absolutte tal er både fundamentene og etagedæk særligt vigtige på tværs af byggerierne.

Varieret arkitektur – næsten samme klimaaftryk

Selvom klimaaftrykket fra materialer varierer, observeres et relativt ensartet samlet klimaaftryk på tværs af bygningerne. Det skyldes bl.a. aktiv brug af genbrugsmaterialer og tilpasning af solcellearealet, på de bygninger som har været presset i forhold til at overholde klimakravet. I tillæg er der også arbejdet

med genbrugsmaterialer på bygninger, hvor det ikke nødvendigvis var indtænkt fra start. Samlet set viser Travbyen, at det er muligt at opnå lavt klimaaftryk, reduceret og mere biogent ressourceforbrug og stadig have et legene arkitektonisk udtryk.

Aktive materialevalg gennem EPD'er

Miljødata på tværs af de tre bygninger viser, hvordan der er arbejdet aktivt med brugen af EPD'er for at dokumentere et lavere klimaaftryk. Materialeafttrykket er generelt baseret på 55-66% EPD-data. Hvis der i stedet kun var arbejdet med generisk data iht. BR18, så ville materialeafttrykket stige med 30-38%. Det generiske datasæt repræsenterer generelt et konservativt oplæg til de forskellige byggevarers klimaaftryk, men er også en fiktiv størrelse, fordi det ikke er relateret til et specifikt produkt. I Travbyen byggefelt 01-04 har det været essentielt at tage aktivt stilling til mange af produkterne for at dokumentere et lavt klimaaftryk. I forhold til projektets dogme om grønne certifikater har det medført

at nogle materialer bevidst er minimeret eller helt fravalgt, fordi de anvendte grønne certifikater i deres EPD kompenserer det energiforbrug produktet er udviklet med, hvilket afføder et kunstigt lavt klimaaftryk på det reelle produkt. Mange af de lidt ældre EPD'er er dog ikke særlig transparente i forhold til brugen af grønne certifikater, så det har ikke været muligt at undgå alle grønne certifikater i projektet.

Midlertidigt CO₂-lager

Klimaaftrykket fra A1-A3 ligger generelt langt under delkravet på maks. 3,5 kg CO₂-ækv./m²/år, hvilket skyldes bygningernes store brug af biobaserede materialer. Dette betyder at bygningerne fungerer som et midlertidigt CO₂-lager og begrænser udledningen "her og nu".

Et reduceret ressourceforbrug

Det typiske ressourceforbrug fra branchen i dag ligger på 760-1060 kg/m², hvoraf biobaserede byggevarer udgør

5-6% af ressourcerne. Her adskiller Travbyen byggefelt 01-04 sig signifikant med et ressourceforbrug på 570-750 kg/m², hvor de biobaserede byggevarer udgør 24-31%.

Biogen isolering

Et centralt dogme i Travbyen har været at arbejde med biogen isolering, hvor hele 89 % af isoleringen er biogen i konstruktionerne over terræn (målt på volumen og vægtet på tværs af alle bygninger). Rækkehusene og Urban Villa'erne har en højere andel af biogen isolering – helt op til 95 %, mens etagehusene ligger på ca. 85 %.

I de følgende afsnit er det muligt at dykke ned i resultaterne for de tre udvalgte bygninger. De tre bygninger står således som repræsentanter for alle bygningerne i byggefelt 01-04, men eksemplificerer samtidig at byggesystemet er robust ift. at kunne tilpasses andre geometrier, volumener mv.

Sammenligning af klimaaftrykket (A1-A3, B4, B6, C3-C4) for alle bygningerne på Travbyen byggefelt 01-04. LCA'23 refererer til klimaaftrykket iht. BR18 2023. For de tre udvalgte bygninger refererer LCA'25 til klimaaftryk iht. BR18 2025. **Både LCA'23 og LCA'25 er eksklusiv 1 kg CO₂-ækv./m²/år som er delkravet til byggeprocessen.** Travbyen byggefelt 01-04 er lige nu under opførsel og forventes afsluttet i slutningen af 2026. Resultaterne afspejler derfor udførelsesprojektet. Alle tal er opgivet i kg CO₂-ækv./m²/år

Etagehus 31

Beskrivelse

Etagehus 31 befinder sig på byggefelt 03, hvor der etableres fælleslokaler og erhverv i noget af stueplan, mens det resterende bliver boliger.

Referenceareal	2731m ²
Antal etager	3-4
Vinduesareal ift. opvarmet etageareal	23%
Solcelleareal	99m ²
Fjernvarmeforbrug	43,6 kWh/m ² /år
EL-forbrug	-5,1 kWh/m ² /år

Bygningsdele i Etagehus 31

Etagedæk: Trægulv på strøer, CLT-dæk og lydbøjleloft med brandgips

Indervægge: Trækassetter med både træfiber og mineraluld (udvalgte steder), som er beskyttet af brandgips

Tagkonstruktion: Tagkassette med papiruld og træfiber, som er beskyttet af brandgips

Terrændæk: EPS-isolering og beton

Vinduer: Alm. vinduer: trærammer og 3 lags-ruder, curtain wall: alurammer og 3 lags-ruder

Døre: En kombination af træ, stål og glas

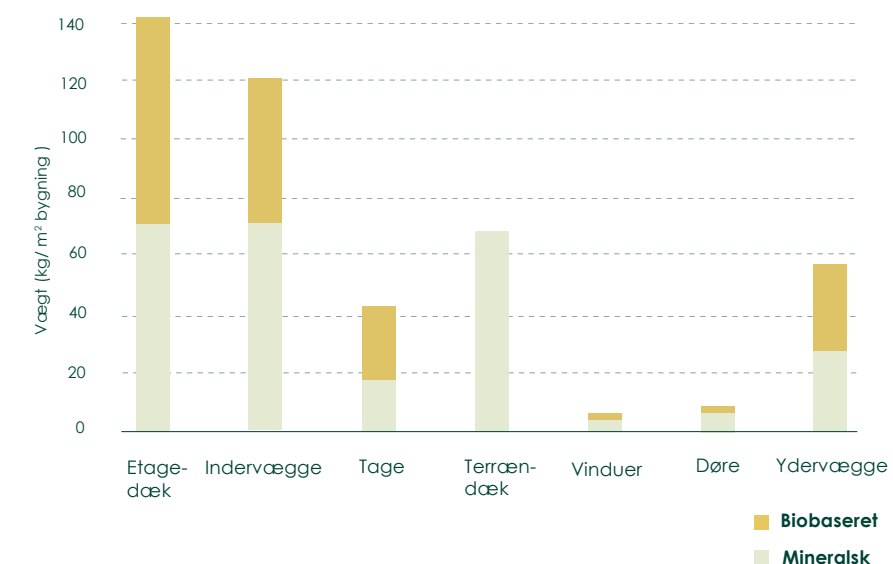
Ydervæg: Trækassetter med papiruld og træfiber, som er beskyttet af brandgips



Ressourceforbrug

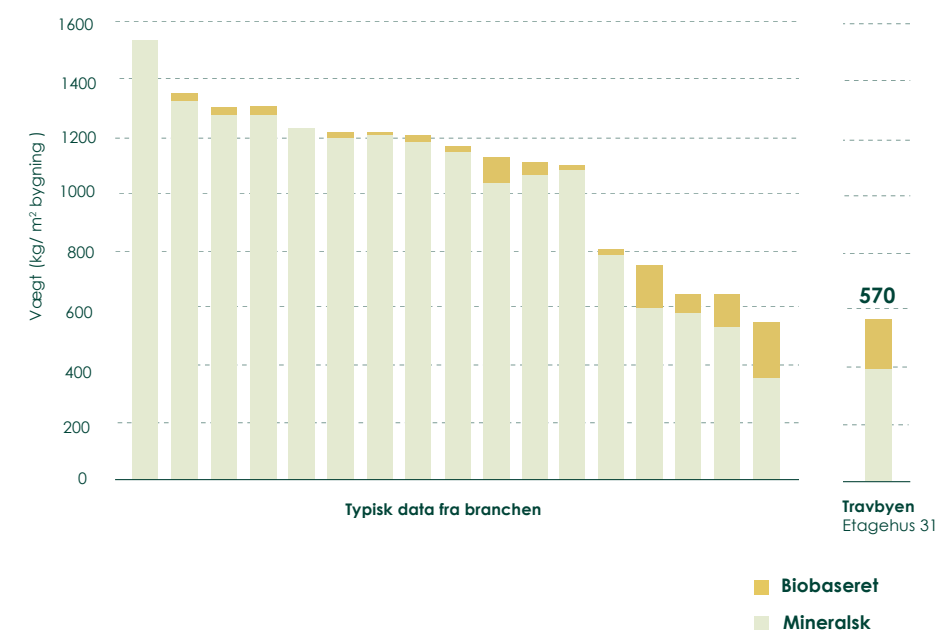


Etagehus 31 er en forholdsvis "let" bygning på 570 kg/m² med en stor andel af biobaserede materialer, som udgør 31 % af bygningens samlede vægt/ressourceforbrug. Dykker man ned i de enkelte konstruktioner observeres det blandt andet at terrændækket er opbygget af typiske mineralske produkter som beton og EPS-isolering, mens bygningsdele over terrænniveau arbejder med en høj grad af biobaserede materialer for eksempel biogen isolering og bærende trækonstruktioner.



Sammenligning med branchedata

Betragtes en række typiske projekter fra branchen, ligger det gennemsnitlige ressourceforbrug for etagehus på ca. 1060 kg/m². Af dette ressourceforbrug udgør de biogene materialer kun 5 % af ressourcerne. Etagehus 31 skiller sig markant ud fra branchen med et ressourceforbrug på 570 kg/m² og med 31 % biogene materialer.



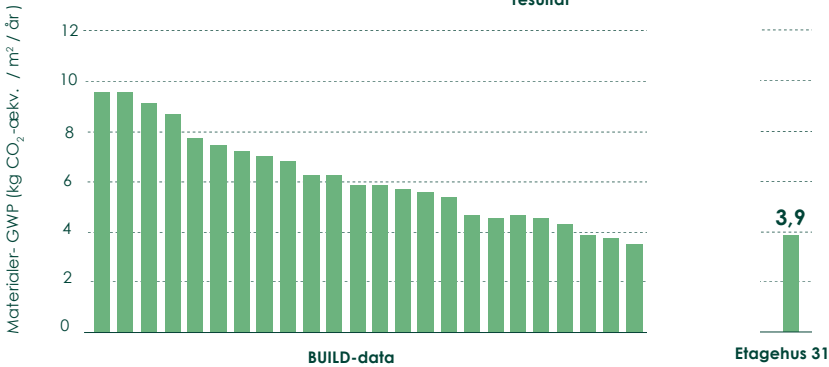
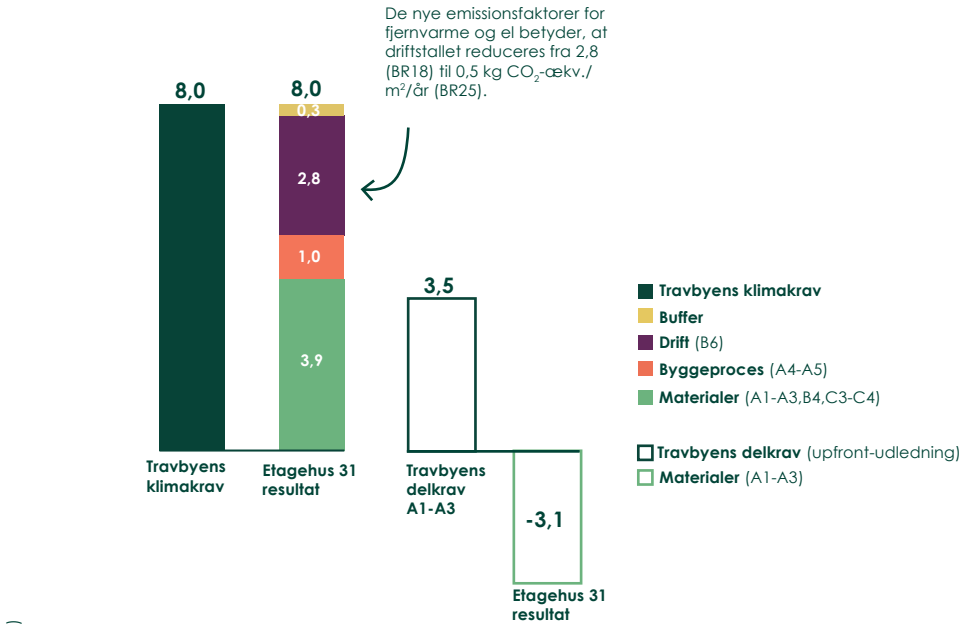


I udførelsesprojektet har Etagehus 31 en buffer på 0,3 kg CO₂-ækv./m²/år til Travbyens klimakrav (maksimalkrav). Klimaaftrykket fra materialer og drift er regnet iht. BR18-metoden. Data fra byggeprocessen (A4-A5) er i gang med at blive indsamlet, og skal overholde et krav på 1 kg CO₂-ækv./m²/år.

I tillæg til maksimalkravet er der i Travbyen et delkrav til upfront-udledningen (modul A1-A3) på 3,5 kg CO₂-ækv./m²/år for at tilsi- kre et fokus på CO₂-udledningen "her og nu". Den store andel af biobaserede materialer i Etagebolig 31 betyder dog, at der er stor margin til dette krav.

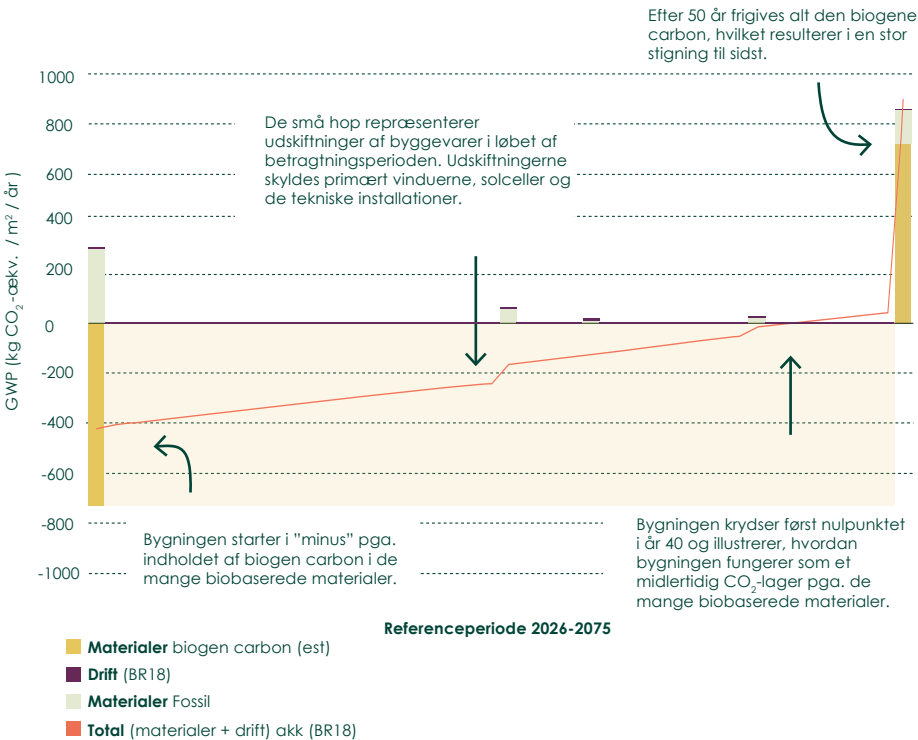
Sammenligning med BUILD-data

En sammenligning med BUILD-data (BUILD Rapport 2021:13, BUILD Rapport 2021:27 og BUILD Rapport 2023:12) for etagehuse viser at etagehus 31 har et af de laveste klimaaftryk for materialer.



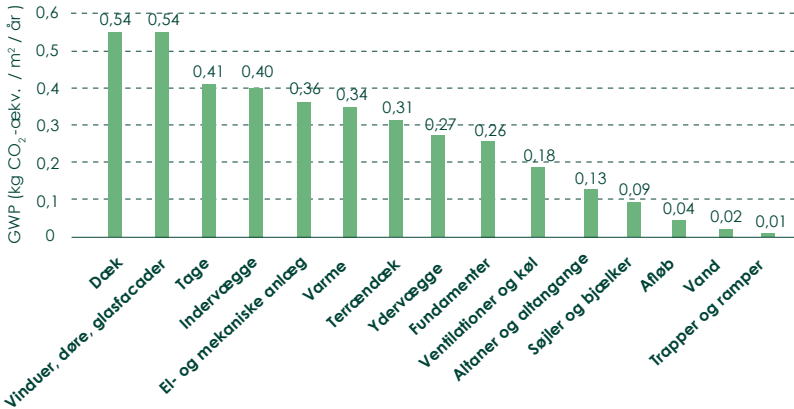
CO₂-udledning over tid

Grafen viser CO₂-udledningen i løbet af en 50-årig betragtningsperiode. Udledningen er opdelt i hhv. drift og materialer, inkl. estimering af det biogene optag og de fossile udledninger. Heraf fremgår det, hvordan etagehus 31 fungerer som et midlertidigt CO₂-lager pga. de mange biobaserede materialer. Den akkumulerede linje viser, hvordan den samlede CO₂-udledning stiger pga. løbende drift, udskiftning af materialer og afslutningsvist udledninger for håndtering af materialerne ved endt levetid.



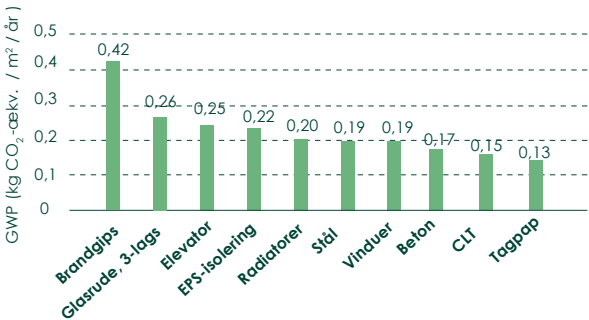
Bygningsdele

En stor andel af klimaaftrykket i Etagehus 31 kan relateres til etagedækkene og vinduerne – de udgør 14 % af alle materialerne hver især. Dette skyldes bl.a. det store glasparti i midten af Etagehus 31 og at dækkene udgør en stor andel af kvadratmeterne i bygningen.



De 10 mest CO₂-belastende byggevarer

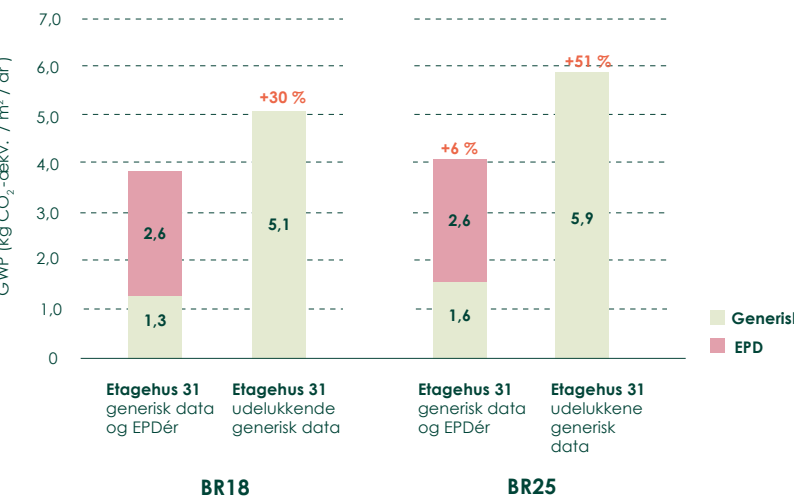
Grafen viser CO₂-udledningen i løbet af en 50-årig betragtningsperiode. Udledningen er opdelt i hhv. drift og materialer, inkl. estimering af det biogene optag og de fossile udledninger. Heraf fremgår det, hvordan etagehus 31 fungerer som et midlertidigt CO₂-lager pga. de mange biobaserede materialer. Den akkumulerede linje viser, hvordan den samlede CO₂-udledning stiger pga. løbende drift, udskiftning af materialer og afslutningsvist udledninger for håndtering af materialerne ved endt levetid.



Miljødata

For etagehus 31 er 66 % af materialeaftrykket baseret på EPD-data, mens de resterende 33 % bygger på generisk miljødata. Anvendes det nye generiske datagrundlag BR25, stiger materialeaftrykket kun med 6%, hvilket skyldes den høje andel af EPD'er i projektet.

Hvis der kun var anvendt generisk data, ville materialeaftrykket beregningsteknisk stige med 30 % jf. BR18 og 51 % jf. BR25. Dette indikerer, at der generelt er udvalgt nogle af de bedste klimamæssige produkter på markedet, da det generiske grundlag afspejler et konservativt niveau. Sammenlignes de to "rene" generiske scenarier, betyder konverteringen fra BR18 til BR25 en stigning fra 5,1 til 5,9 kg CO₂-ækv./m²/år, hvilket primært skyldes en øget udledning for tagpap (benyttes til undertag), armeringsstål og stålprofiler.

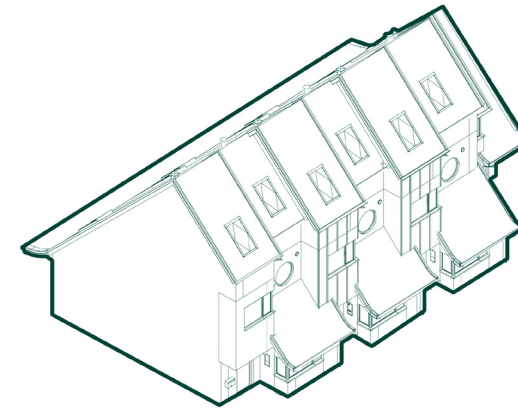


Rækkehus 26

Beskrivelse

Rækkehus 26 befinder sig på byggefelt 02 og består af fire boligenheder. Boligerne er to til tre etager med spring i både tagflader og facade.

Referenceareal	452 m²
Antal etager	2-3
Vinduesareal ift. opvarmet etageareal	17%
Solcelleareal	26m²
Fjernvarmeforbrug	40,4 kWh/m²/år
EL-forbrug	-9,6 kWh/m²/år



Ressourceforbrug



Rækkehus 26 er en "gennemsnitlig" bygning på 750 kg/m² med en stor andel af biobaserede materialer, som udgør 24 % af bygningens samlede vægt/ressourceforbrug. På udvalgte facader er der arbejdet med genbrugsmaterialer, men de udgør ikke en betydelig del af den samlede vægt. Dykker man ned i de enkelte konstruktioner observeres det bl.a. at terrændækket er opbygget af typiske mineralske produkter som beton og EPS-isolering, mens bygningsdele over terrænniveau arbejder med en høj grad af biobaserede materialer f.eks. biogen isolering og bærende trækonstruktioner.

Sammenligning med branchedata

Betragtes en række typiske projekter fra branchen, ligger det gennemsnitlige ressourceforbrug for rækkehuse på ca. 760 kg/m². Af dette ressourceforbrug udgør de biogene materialer kun 6 % af ressourcerne. Rækkehus 26 skiller sig markant ud fra branchen med 24 % biogene materialer.

En af forklaringerne på, hvorfor den samlede vægt af rækkehus 26 ikke placerer sig i den lave ende, skyldes bl.a. de mange spring i facade og tagflader, som øger materialeforbruget pr. etageareal. Herudover er der også anvendt meget brandgips for at beskytte den biogene isolering. Dette kunne minimeres ved brug af mineraluld som alternativ, men så mindskes det biogene materialeforbrug også. Det handler derfor ikke kun om at begrænse ressourceforbruget, men om at gøre det med de rigtige materialer som biobaserede eller genbrugsmaterialer.

Bygningsdele i Rækkehus 26

Etagedæk: Trægulv på strøer, CLT-dæk og lydbøjleloft med brandgips

Indervægge: Trækassetter med både træfiber og mineraluld (udvalgte steder), som er beskyttet af brandgips

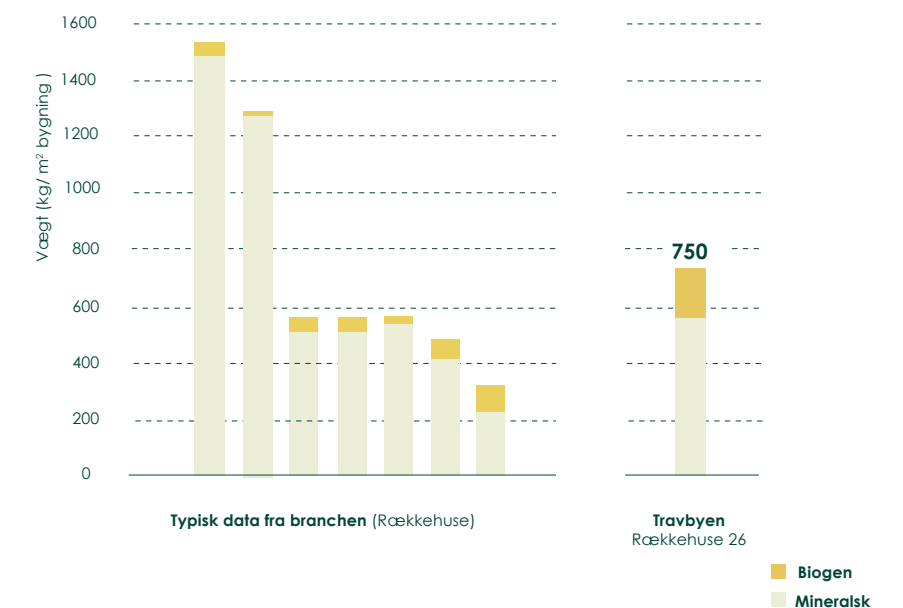
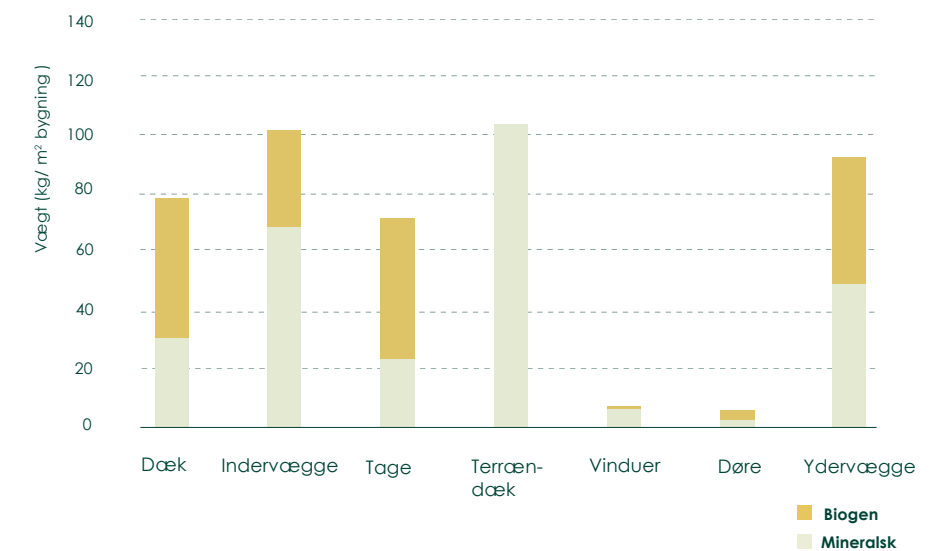
Tagkonstruktion: Tagkassette med papiruld og træfiber, som er beskyttet af brandgips

Terrændæk: EPS-isolering og beton

Vinduer: Alm. vinduer: trærammer og 3 lags-ruder, curtain wall: alurammer og 3 lags-ruder

Døre: En kombination af træ, stål og glas

Ydervæg: Trækassetter med papiruld og træfiber, som er beskyttet af brandgips



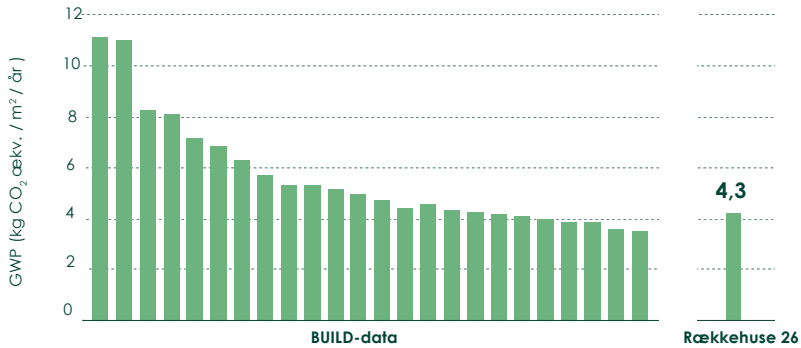
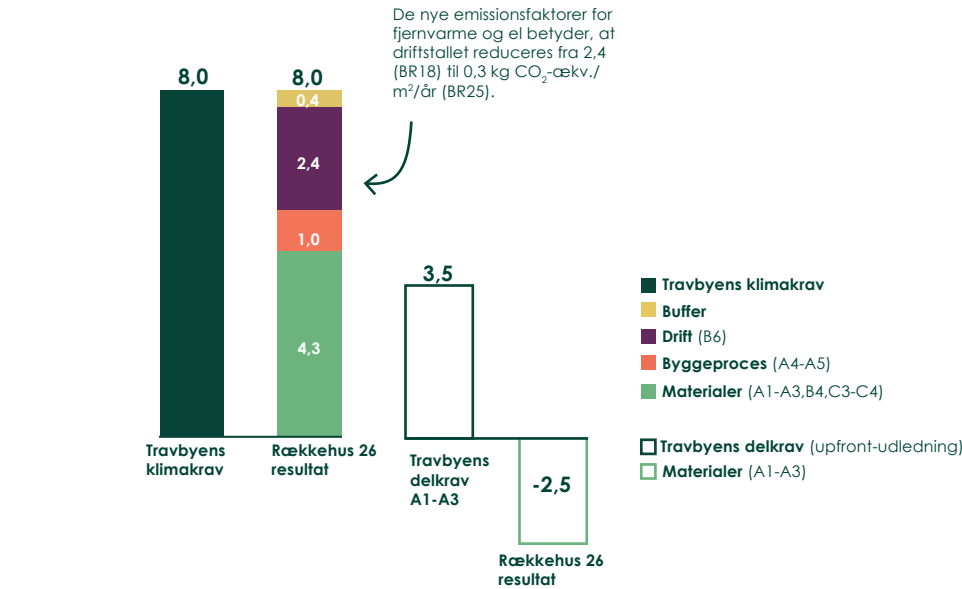


I udførelsesprojektet har Rækkehus 26 en buffer på 0,4 kg CO₂-ækv./m²/år til Travbyens klimakrav (maksimalkrav). Klimaaftrykket fra materialer og drift er regnet iht. BR18-metoden. Data fra byggeprocessen (A4-A5) er i gang med at blive indsamlet, og skal overholde et krav på 1 kg CO₂-ækv/m²/år.

I tillæg til maksimalkravet er der i Travbyen et delkrav til upfront-udledningen (modul A1-A3) på 3,5 kg CO₂-ækv./m²/år for at tilsikre et fokus på CO₂-udledningen "her og nu". Den store andel af biobaserede materialer i Etagehus 31 betyder dog, at der er stor margin til dette krav.

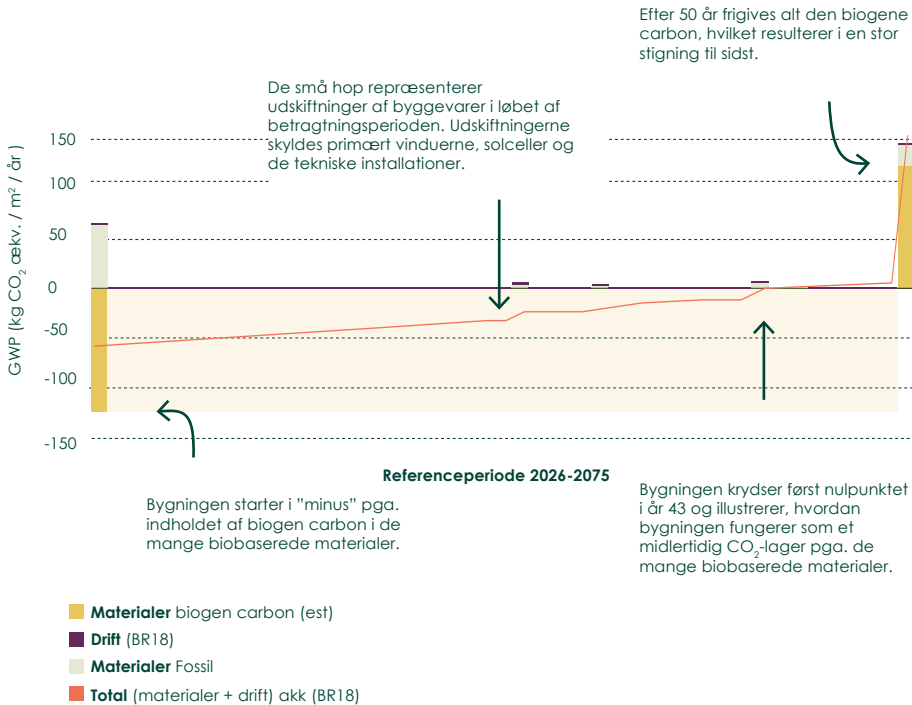
Sammenligning med BUILD-data

En sammenligning med BUILD-data (BUILD Rapport 2021:13, BUILD Rapport 2021:27 og BUILD Rapport 2023:12) for rækkehuse viser at Rækkehus 26 har et af de laveste klimaaftryk for materialer.



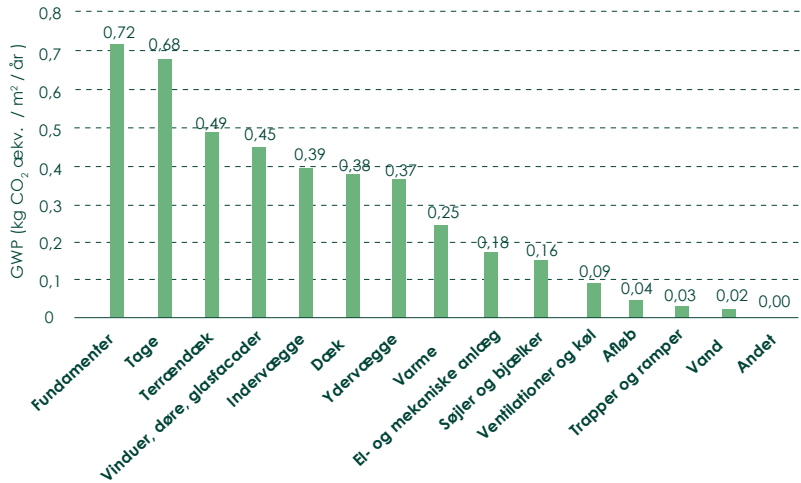
CO₂-udledning over tid

Grafen viser CO₂-udledningen i løbet af en 50-årig betragtningsperiode. Udledningen er opdelt i hhv. drift og materialer, inkl. estimering af det biogene optag og de fossile udledninger. Heraf fremgår det, hvordan Rækkehus 26 fungerer som et midlertidigt CO₂-lager pga. de mange biobaserede materialer. Den akkumulerede linje viser, hvordan den samlede CO₂-udledning stiger pga. løbende drift, udskiftning af materialer og afslutningsvist udledninger for håndtering af materialerne ved endt levetid.



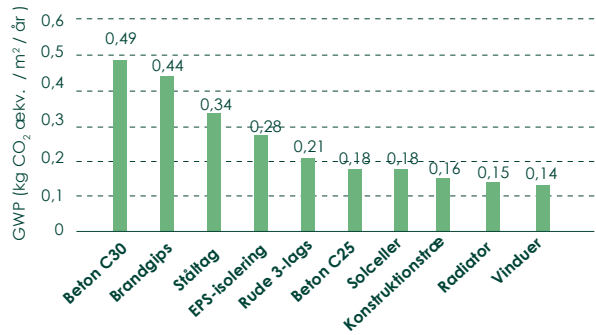
Bygningsdele

En stor andel af klimaaftrykket i Rækkehus 26 kan relateres til fundamenter og tage. Fundamenterne store andel skyldes i høj grad de mange spring i facaden, som giver mange meter fundament pr. etageareal. Ift. tage så kan det høje klimaaftryk relateres til de mange spring i tagfladerne og dermed et stort materialeforbrug på etageareal.



De 10 mest CO₂ belastende byggevarer

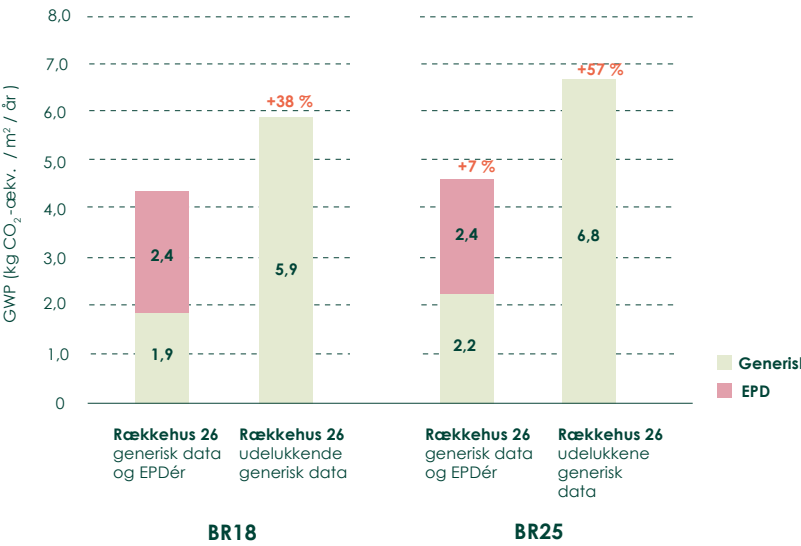
Grafen viser de CO₂-tungeste byggevarer for Rækkehus 26. Beton udgør både den største og sjette største klimapåvirkning, hvilket skyldes et stort forbrug pr. etageareal pga. de mange facadespring. Den næste på listen er brandgips, hvilket ligesom Etagehus 31 skyldes mange overflader og dobbeltpladeløsning til brandbeskyttelse af den biogene isolering og træskellet. Herefter kommer ståltaget og EPS-isolering i terrændæk på listen.

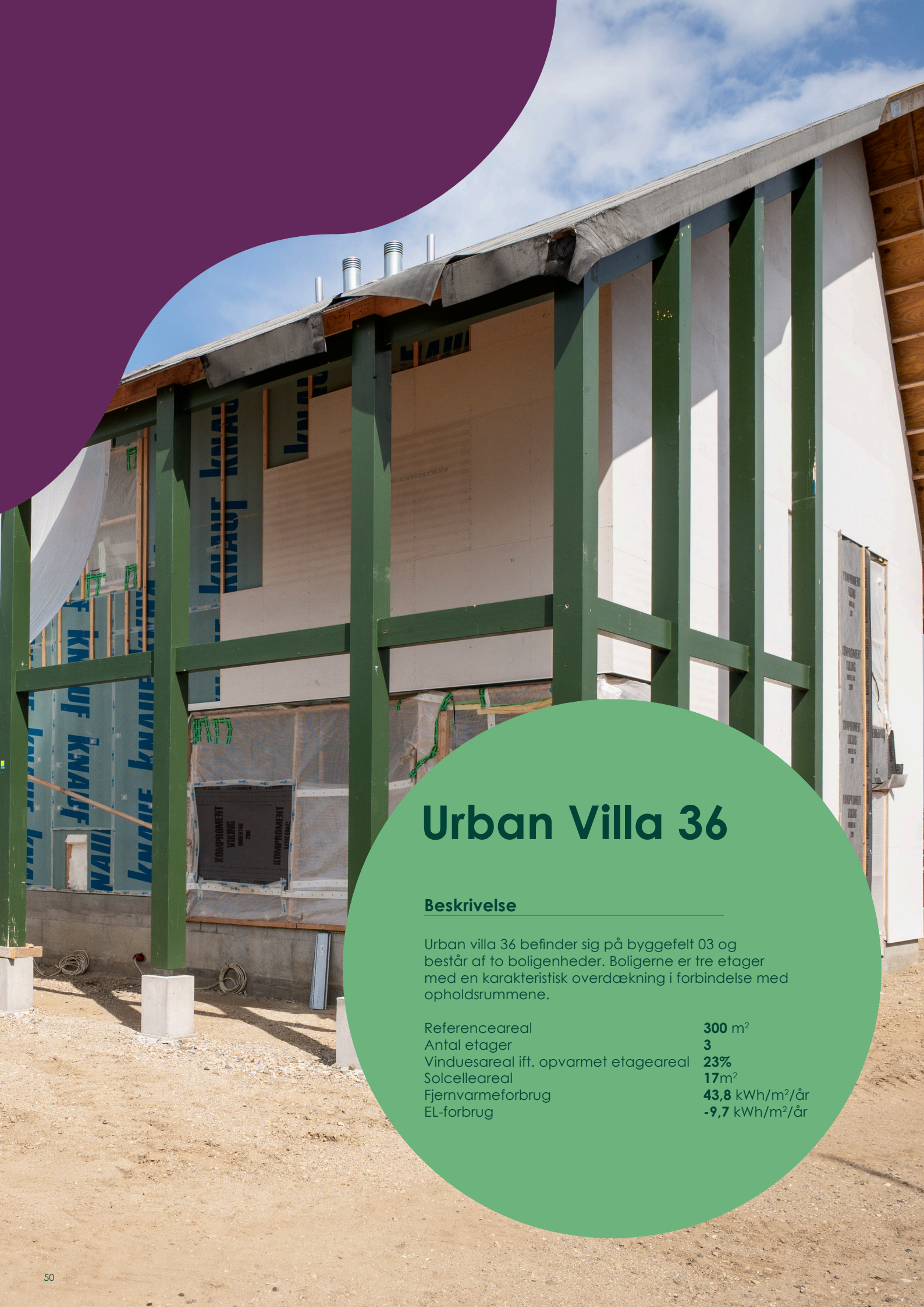


Miljødata

For Rækkehus 26 er 55 % af materialeaftrykket baseret på EPD-data, mens de resterende 45 % bygger på generisk miljødata. Anvendes det nye generiske datagrundlag BR25, stiger materialeaftrykket kun med 7 %, hvilket skyldes den høje andel af EPD'er i projektet.

Hvis der kun var anvendt generisk data, ville materialeaftrykket beregningsteknisk stige med 38 % jf. BR18 og 57 % jf. BR25. Dette indikerer, at der generelt er udvalgt nogle af de bedste klimamæssige produkter på markedet, da det generiske grundlag afspejler et konservativt niveau. Sammenlignes de to "rene" generiske scenarier, betyder konverteringen fra BR18 til BR25 en stigning fra 5,9 til 6,8 kg CO₂-ækv./m²/år, hvilket primært skyldes en øget udledning for tagpap (benyttes til undertag) og armeringsstål.



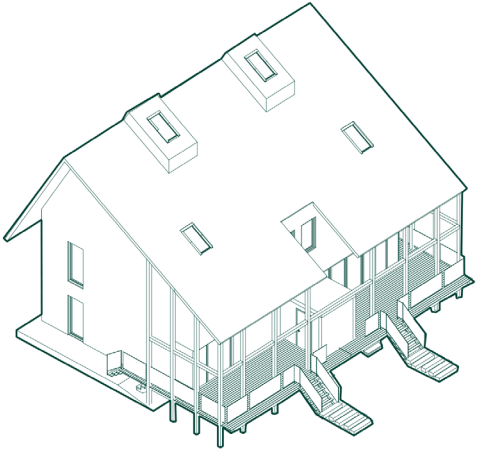


Urban Villa 36

Beskrivelse

Urban villa 36 befinder sig på byggefelt 03 og består af to boligenheder. Boligerne er tre etager med en karakteristisk overdækning i forbindelse med opholdsrummene.

Referenceareal	300 m ²
Antal etager	3
Vinduesareal ift. opvarmet etageareal	23%
Solcelleareal	17m ²
Fjernvarmeforbrug	43,8 kWh/m ² /år
EL-forbrug	-9,7 kWh/m ² /år



Ressourceforbrug



Urban villa 36 har et ressourceforbrug på 704 kg/m² med en stor andel af biobaserede materialer, som udgør 27 % af bygningens samlede vægt/ressourceforbrug. Dykker man ned i de enkelte konstruktioner observeres det bl.a. at terrændækket er opbygget af typiske mineralske produkter som beton og EPS-isolering, mens bygningsdele over terrænniveau arbejder med en høj grad af biobaserede materialer f.eks. biogen isolering og bærende trækonstruktioner.

Sammenligning med branchedata

Betragtes en række typiske projekter fra branchen, ligger det gennemsnitlige ressourceforbrug for rækkehuse på ca. 760 kg/m². Af dette ressourceforbrug udgør de biogene materialer kun 6 % af ressourcerne. Urban villa 36 skiller sig markant ud fra branchen med 27 % biogene materialer.

En af forklaringerne på, hvorfor den samlede vægt af Urban villa 36 ikke placerer sig i den lave ende, skyldes bl.a. at der er anvendt meget brandgips for at beskytte den biogene isolering. Dette kunne minimeres ved brug af mineraluld som alternativ, men så mindskes det biogene materialeforbrug også. Det handler derfor ikke kun om at begrænse ressourceforbruget, men om at gøre det med de rigtige materialer som biobaserede eller genbrugsmaterialer.

Bygningsdele i Urban Villa 36

Etagedæk: Trægulv på strøer, CLT-dæk og lydbøjleloft med brandgips

Indervægge: Trækassetter med både træfiber og mineraluld (udvalgte steder), som er beskyttet af brandgips

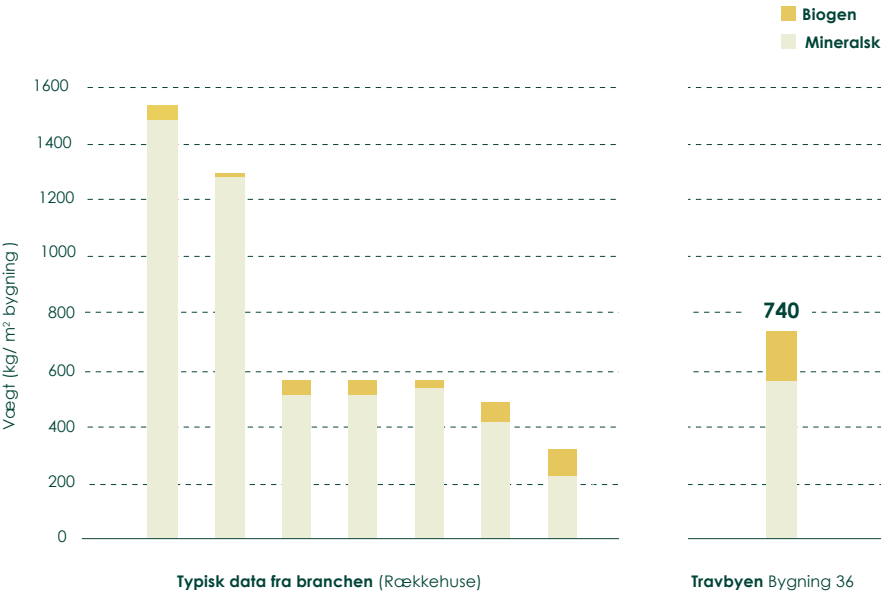
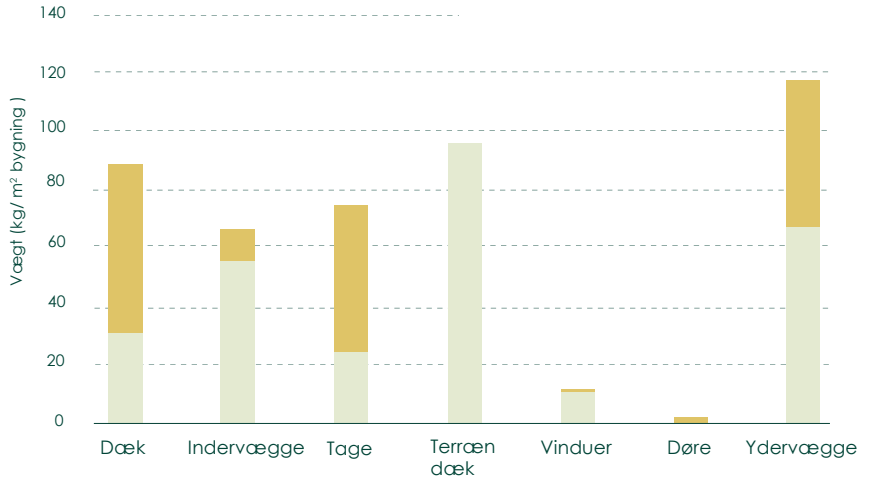
Tagkonstruktion: Ståltag + Tagkassette med papiruld og træfiber, som er beskyttet af brandgips

Terrændæk: EPS-isolering og beton

Vinduer: Alm. vinduer: trærammer og 3 lags-ruder

Døre: En kombination af træ, stål og glas

Ydervægge: Pudset facade + Trækassetter med papiruld og træfiber, som er beskyttet af brandgips



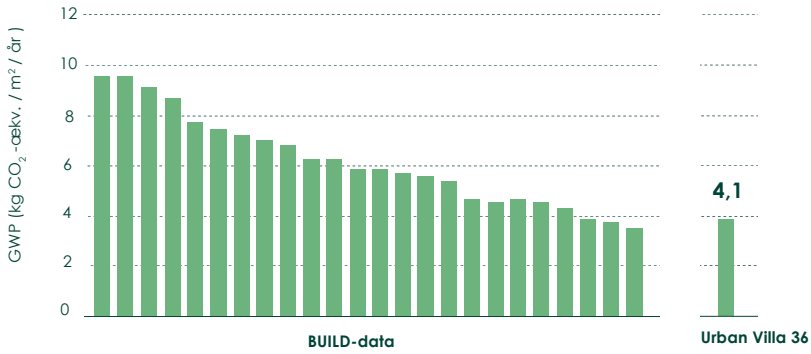
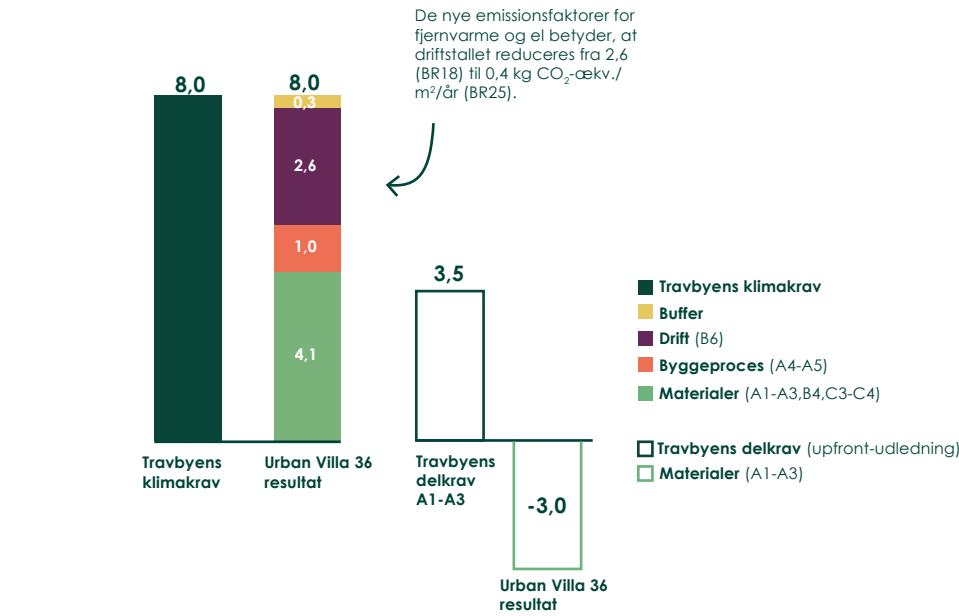


I udførelsesprojektet har Urban villa 36 en buffer på 0,3 kg CO₂-ækv./m²/år til Travbyens klimakrav (maksimalkrav). Klimaaftrykket fra materialer og drift er regnet iht. BR18-metoden. Data fra byggeprocessen (A4-A5) er i gang med at blive indsamlet, og skal overholde et krav på 1 kg CO₂-ækv/m²/år.

I tillæg til maksimalkravet er der i Travbyen et delkrav til upfront-udledningen (modul A1-A3) på 3,5 kg CO₂-ækv./m²/år for at sikre et fokus på CO₂-udledningen "her og nu". Den store andel af biobaserede materialer i Urban Villa 36 betyder dog, at der er stor margin til dette krav.

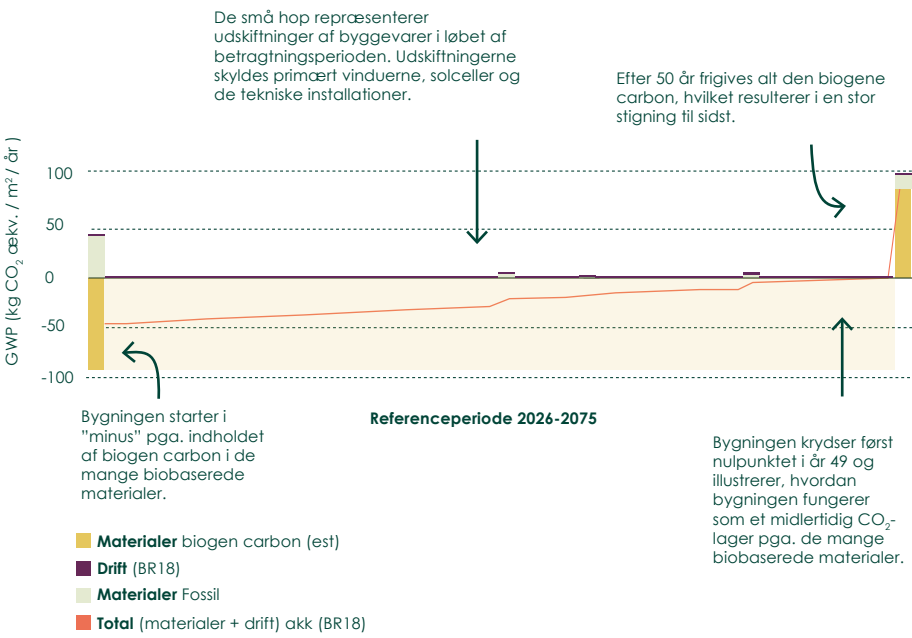
Sammenligning med BUILD

En sammenligning med BUILD-data (BUILD Rapport 2021:13, BUILD Rapport 2021:27 og BUILD Rapport 2023:12) for rækkehuse viser at Urban villa 36 har et af de laveste klimaaftryk for materialer.



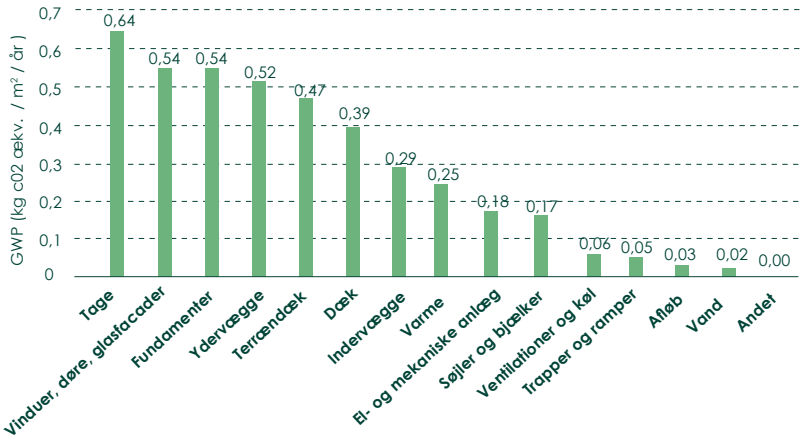
CO₂-udledning over tid

Grafen viser CO₂-udledningen i løbet af en 50-årig betragtningsperiode. Udledningen er opdelt i hhv. drift og materialer, inkl. estimering af det biogene optag og de fossile udledninger. Heraf fremgår det, hvordan Urban villa 36 fungerer som et midlertidigt CO₂-lager pga. de mange biobaserede materialer. Den akkumulerede linje viser, hvordan den samlede CO₂-udledning stiger pga. løbende drift, udskiftning af materialer og afslutningsvist udledninger for håndtering af materialerne ved endt levetid.



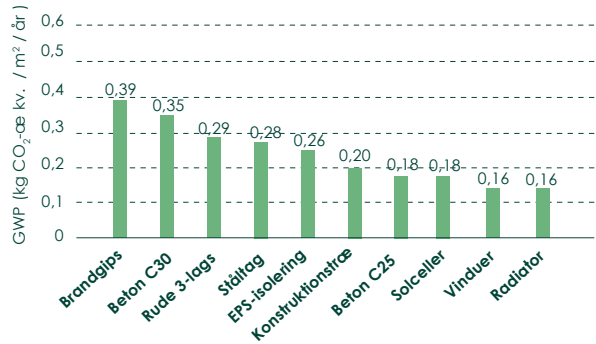
Bygningsdele

En stor andel af klimaaftrykket i Urban villa 36 kan relateres til taget og vinduerne. Taget store andel skyldes i høj grad den store overdækning, som giver mange kvadrater tag pr. referenceareal. Vinduernes høje aftryk skyldes særligt det store foldedørsparti ud til overdækningen. Fundamenternes betydning er reduceret i forhold til Rækkehus 26, fordi bygningens fodaftryk er mere reguleret, hvilket giver færre meter fundamenter pr. etageareal.



De 10 mest CO₂ belastende byggevarer

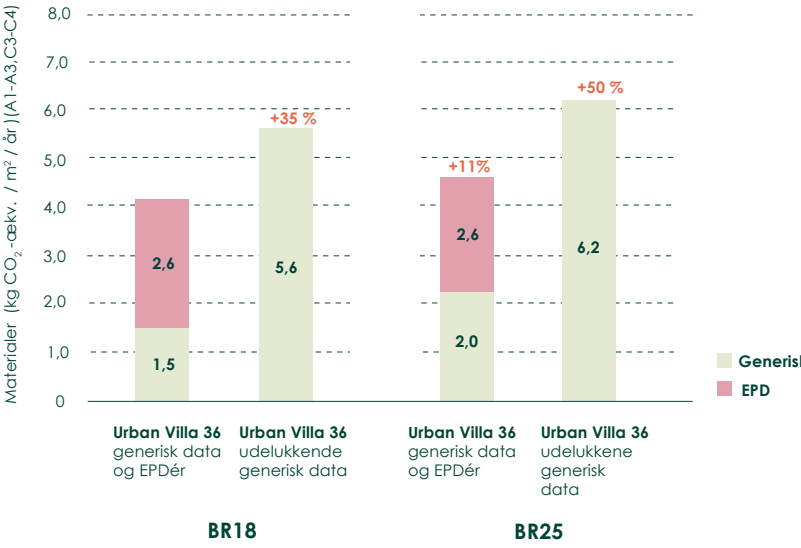
Grafen viser de CO₂-tungeste byggevarer for Urban Villa 36. Brandgips udgør den største klimapåvirkning, hvilket skyldes de mange overflader og dobbeltpladeløsninger til brandbeskyttelse af den biogene isolering og træskellet. Herefter kommer beton i fundamenterne, 3 lags ruderne, ståltaget og EPS-isolering i terrændæk på listen.



Miljødata

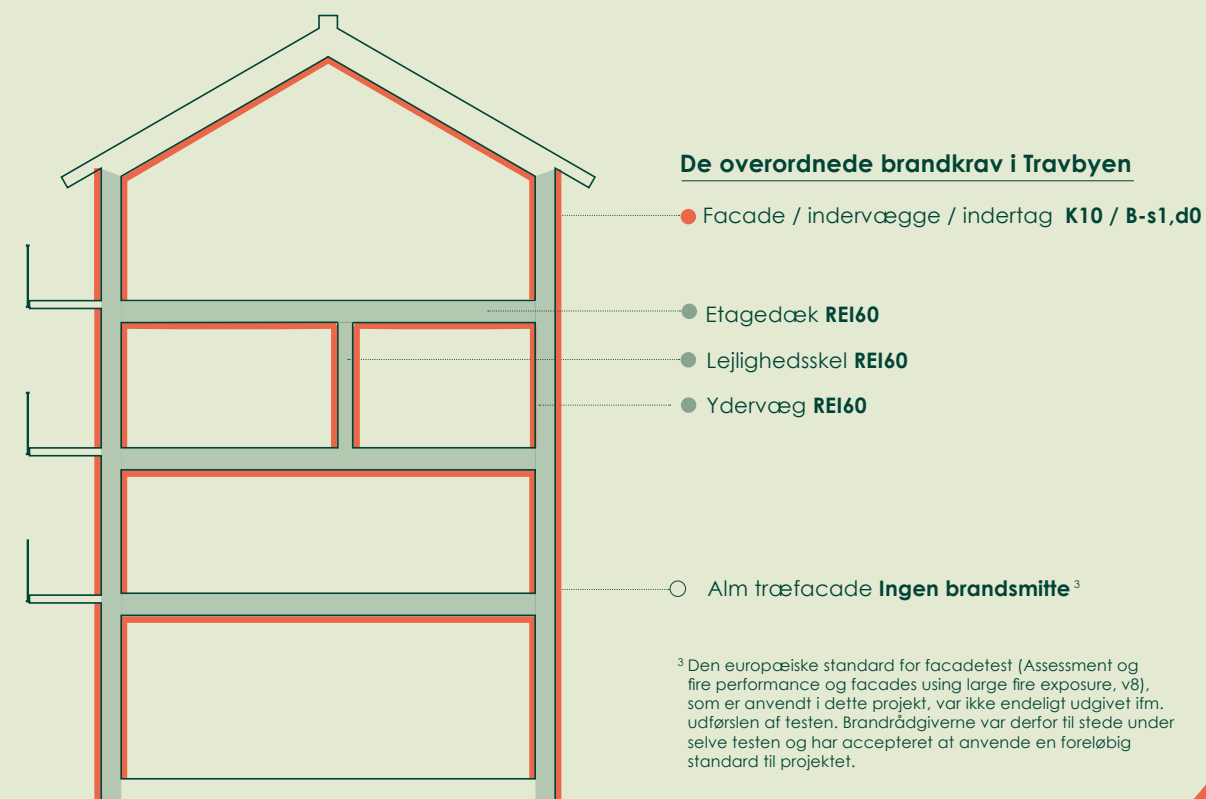
For Urban villa 36 er 63 % af materialeaftrykket baseret på EPD-data, mens de resterende 37 % bygger på generisk miljødata. Anvendes det nye generiske datagrundlag BR25, stiger materialeaftrykket kun med 11 %, hvilket skyldes den høje andel af EPD'er i projektet.

Hvis der kun var anvendt generisk data, ville materialeaftrykket beregningsteknisk stige med 35 % jf. BR18 og 50 % jf. BR25. Dette indikerer, at der generelt er udvalgt nogle af de bedste klimamæssige produkter på markedet, da det generiske grundlag afspejler et konservativt niveau. Sammenlignes de to "rene" generiske scenarier, betyder konverteringen fra BR18 til BR25 en stigning fra 5,6 til 6,2 kg CO₂-ækv./m²/år, hvilket primært skyldes en øget udledning for tagpap (benyttes til undertag), armeringsstål, fibercementplade og puds. De sidste to er relateret til den pudsede facade.





Fuldskala facadetest med flammeafbøjere



Brandtekniske løsninger

Afvigelse fra de præ-accepterede løsninger

I forbindelse med udvikling af byggeprincippet til Travbyen byggefelt 01-04 blev det hurtigt klart, at flere af løsningerne ville afvige fra de præ-accepterede løsninger i forhold til brand. Projektet er derfor placeret i brandklasse 4 (BK4), for at kunne håndtere de nødvendige afvigelser. Den mest udbredte brandklasse er 2 (BK2), hvor de præ-accepterede løsninger i henhold til BR18 skal følges. Brandklasse 2 kan dog for mange byggerier være en begrænsende faktor, hvis man ønsker at indarbejde biobaserede materialer.

Generelt "stopper legen" meget hurtigt i brandklasse 2, hvis man for eksempel kombinerer isolering klassificeret under B-s1,d0 (meget typisk for biobaseret isolering) og bærende konstruktioner i træ. Hvis dette er tilfældet, tilsiger de præ-accepterede løsninger, at overkant gulv maks. må være placeret 5,1m over terræn, svarende til to etagers byggeri.

Mange biogene konstruktionsopbygninger vil dog godt kunne overholde brandmodstandsevnekravet til højere byggeri f.eks. REI60, men dette er ikke muligt at anvende i brandklasse 2 pga. ovenstående begrænsning i de præ-accepterede løsninger. Det er derfor vigtigt at påpege, at konstruktioner ofte skal overholde flere forskellige brandkrav (for eksempel reaktion på brand, overfladekrav og brandmodstandsevne).

For at skabe et overblik over de forskellige brandkrav til konstruktionsopbygningerne, er der i projektet arbejdet med brandskemaer, som indeholder de primære konstruktionsopbygninger (på materialeniveau) og de tilhørende brandkrav på både konstruktions- og materialeniveau. Dette overblik er vigtigt for at pege i en retning og udvælge strategiske brandtests. Brandskemaet for dette projekt viser, at de fleste konstruktioner skal overholde et overfladekrav på K1 10/B-s1,d0 og et brandmodstandsevnekrav på R60 eller REI60. For at imødekomme disse krav har det været naturligt at kigge efter ubrændbare beskyttelseslag bestående af to plader for at sikre den nødvendige robusthed til projektet.

Biobaserede og geogene pladematerialer som for eksempel hampeplader og lerplader var interessante i den indledende fase af projekteringen, men manglede ofte brandteknisk dokumentation og erfaring, derfor faldt valget på gipsplader som beskyttelseslag. Dette var et kompromis mellem tilgængelig dokumentation, klimaaftryk og økonomi. I tillæg kunne gipspladeproducenterne dokumentere overholdelse af overfladekravet uden test, således at brandtestene kun omhandlede brandmodstandsevne. Konsekvensen er dog at hele det biogene skelet

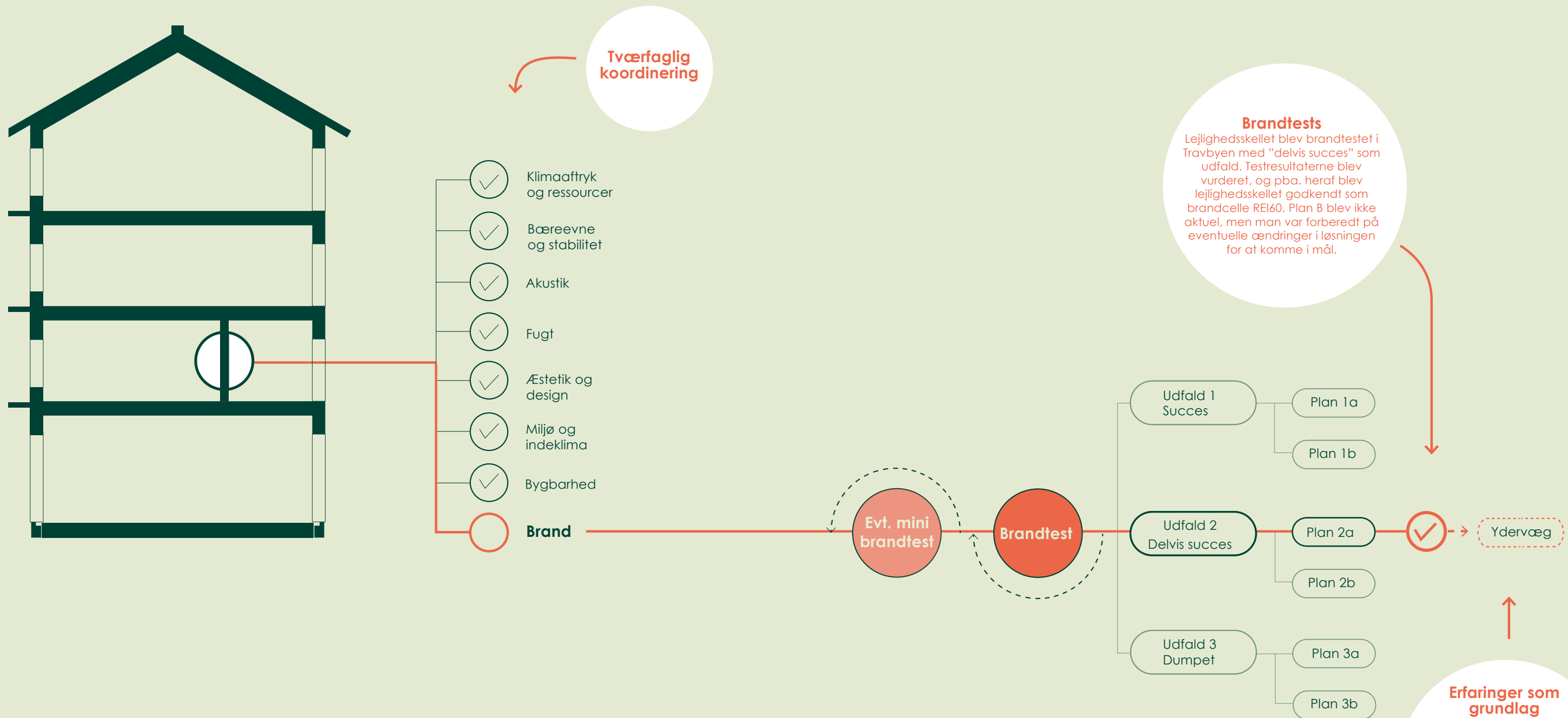
i konstruktionsopbygninger generelt er gemt bag gipsplader. I den sammenhæng er det vigtigt at understrege, at netop det indre skelet typisk er dominerende ift. klimaaftrykket. Der sker dog meget indenfor udviklingen af nye materialer og brand i disse år, så det rigtige beskyttelseslag bør overvejes fra projekt til projekt.

En væsentlig årsag til, at nye geogene og biobaserede materialer ofte mangler dokumentation i en dansk kontekst, er, at mange producenter er udenlandske og derfor ikke er vant til at dokumentere et K1 10-overfladekrav – et krav, der kun gælder i Danmark. De nationale særkrav bliver dermed en barriere for at introducere en række produkter på det danske marked, selvom de lever op til EU-lovgivningen. Dermed risikerer vi at spænde ben for innovation og den grønne omstilling, fordi materialer, der reelt er sikre og bæredygtige, ikke kan anvendes her. Der er derfor et behov for, at branchen bliver bedre til at dele branddata og erfaringer, så dokumentationsbarrieren kan mindskes. Videndeling er helt centralt, hvis vi skal lykkes med at fremme bæredygtige løsninger i byggeriet. Af samme grund vil resultaterne fra Travbyen byggefelt 01-04 blive delt gennem Brandbanken (<https://brandbank.dk/>).

Resultater på brandtest og bedømmelser

For at sikre den nødvendige brandtekniske dokumentation til Travbyen byggefelt 01-04 er der lavet to brandmodstandsevnetests. En af lejlighedsskellet og en af etagedækket. Viden fra lejlighedsskeltesten samt andre relevante test fra branchen er herefter anvendt til lave en brandteknisk bedømmelse af ydervæggen fra begge sider på grund af asymmetri. Dette er et godt eksempel på, hvordan viden fra eksisterende test kan bruges til at lave brandtekniske bedømmelser i stedet for fuldskala brandtest, hvis viden deles. Bedømmelser er både langt billigere, mindre ressourcekrævende har kortere tidshorisont og giver større sikkerhed ift. udfaldsrummet. Det er derfor en oplagt vej at gå, hvis testinstituttet (for eksempel DBI) har tilstrækkeligt information til at kunne lave en bedømmelse.

I tillæg er der også lavet en facadetest i forhold til lodret brandspredning for at kunne anvende ikke brandimprægneret træ til facaden på Etagehus 31, som er i fire etager. Testen viste, at der ikke sker brandspredning på facaden. Dette er sikret gennem vandrette og enkelte lodrette flammeafbøjere, materialer i metal, som skal bremse branden fra at sprede sig på facaden. Flammeafbøjernes udformning er inspireret af løsninger fra andre lignende tests og projekter som BioFacades Up:High.



Planlægning af brandtest

Tværfaglig koordinering

Sammensætningen af byggeprincippet ud fra projektets ambition, krav og dogmer sker gennem en iterativ og tværfaglig proces, der sikrer, at funktionskravene til bygningsdele overholdes. Hvis der afviges fra de præ-accepterede løsninger, og brandtest bliver en del af løsningen, er det afgørende at udpege en brandtestkoordinator som tovholder for processen.

Afvigelse fra de præ-accepterede løsninger

En vigtig del af planlægningen er at skabe overblik over det mulige udfaldsrum for den aktuelle brandtest. Herunder planer for håndtering af forskellige udfald. Hvad gør vi, hvis testen fejler/dumper? Hvad gør vi, hvis testen viser delvis succes? Mini-brandtest på udvalgte opbygninger kan anvendes for at få en indikation af, hvordan en fuldskalatest vil gå. Dette er ikke altid relevant, men kan overvejes. Afhængig af udfaldet kan processen være iterativ. Detaljeniveauet skal helt ned på søm og skruer. Afhængig af udfaldet af brandtesten i fuldskala kan denne proces også være iterativ.

Deling af viden

Resultater fra en brandtest er brugbar viden – også hvis en test dumper. Brandtestresultater kan eksempelvis agere grundlag for en brandteknisk bedømmelse af øvrige bygningsdele. På den måde kan antallet af brandtests reduceres. Vidensdeling med branchen er ligeledes essentiel med henblik på at accelerere mere biogent byggeri.



Konstruktions-
katalog og
grundlæggende
BR-krav

Del 2

Dette afsnit gennemgår de primære konstruktioner i Travbyen, byggefelt 01-04. Her evalueres klimaaftryk og ressourceforbrug, og konstruktionerne sammenlignes med en række referenceopbygninger. Derudover kommenteres der på relevante parametre som brandperformance, akustik og byggetekniske egenskaber. I forlængelse heraf er der gennemført potentialeanalyser af udvalgte CO₂-tunge konstruktioner og materialevalg.



Konstruktionskatalog

Nøgleparametre i konstruktionskataloget

Klimaaftryk



GWP-Total

Denne indikator er et udtryk for materialernes samlede mængde drivhusgasemissioner, målt i CO₂-ækvivalenter (CO₂-ækv.). Dette er den mest brugte indikator for konstruktionsniveau. Faserne, A1-A3, B4 og C3-C4, er inkluderet, hvilket er i overensstemmelse med BR.

GWP-Biogen

Denne indikator udtrykker den mængde CO₂, som biobaserede materialer optager og frigiver gennem biologiske processer som fotosyntese og respiration. Indikatoren giver indsigt i, hvordan brugen af biobaserede materialer kan lagre CO₂ (kulstoffet) midlertidigt og forskyde udledningen af CO₂ til en senere frigivelse ved nedbrydning eller forbrænding.

GWP-Moduler

Drivhusgasemissioner kan opdeles i en række moduler, som repræsenterer forskellige stadier i byggeriets udledning. Modulerne A1-A3 omfatter råstofudvinding, transport og fremstilling, som repræsenterer den umiddelbare klimapåvirkning forbundet med produktionen af byggematerialet. For biobaserede produkter vil A1-A3 typisk være negativt pga. den optagede CO₂ under vækstperioden. Biobaserede produkter har dog også en CO₂-udledning fra fossile brændstoffer ifm. A1-A3, hvilket betegnes som GWP Fossil (A1-A3). Modul B4 repræsenterer udskiftninger i løbet af byggeriets betragtningsperiode på 50 år, for de byggevarer som har en forventet kortere levetid end 50 år. Modulerne C3-C4 dækker over affaldsbehandlingen af produkterne efter endt levetid.

Ressourceforbrug



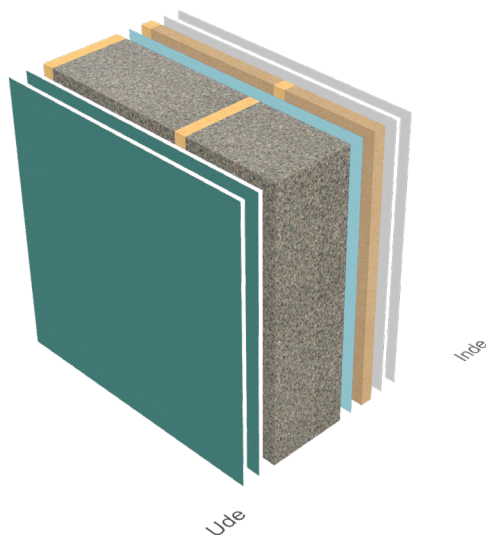
Denne indikator er et udtryk for materialernes ressourceforbrug, altså hvor mange råstoffer og hvilke råstoffer der er anvendt i den pågældende konstruktion. I denne publikation evalueres ressourceforbruget med enheden kg/m² og opdeles i fire kategorier:

- Biobaseret (træ)
- Biobaseret (planter)
- Geogent
- Mineralsk

Kategorien biobaseret er spændende, fordi biogene ressourcer kan agere midlertidig CO₂-bank og udskyde CO₂-udledningen til atmosfæren. Den mineralske kategori repræsenterer den mest almindelige ressourcekategori i byggeriet i dag, som gerne skal minimeres gennem brug af de andre ressourcer fremadrettet.

Ydervæg

YV01 Bærende

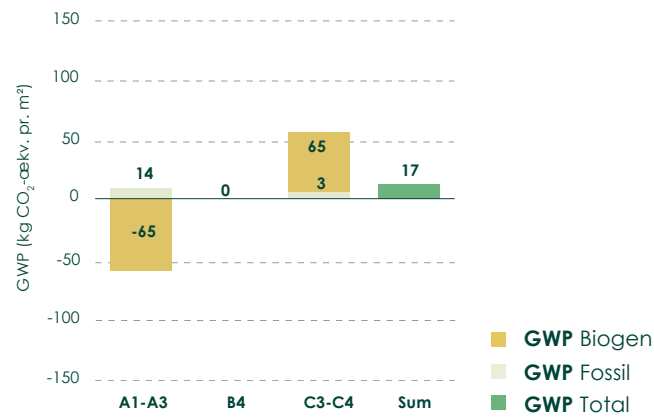


Klimaaftryk



17 GWP-total
kg CO₂-ækv. pr. m²

65 GWP-biogen
kg CO₂-ækv. pr. m²



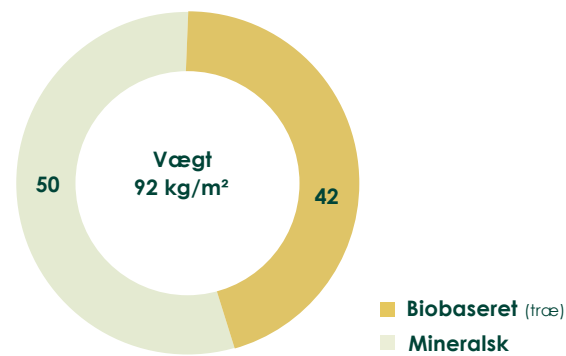
Beskrivelse

Den bærende ydervæg er opbygget som traditionelt træskelet/-kassette med installationslag og dampspærre. Isoleret med papiruld (løsfyld), og træfiberisolering i installationslag. Dobbeltplade-løsning på både indvendig og udvendig side

Brand
Konstruktionen er bedømt af DBI til **REI60** og kan anvendes op til fire etager i BK4 (overkant gulv maks.12m over terræn). Bedømmelsen er lavet fra begge sider, da konstruktionen er asymmetrisk.

Tykkelse 402mm + facadeopbygning.

Ressourceforbrug



Opbygning

Materiale	Miljødata	GWP-BIOGEN	GWP- TOTAL
Facademateriale	(se afsnit beklædninger)		0
2 x 15,5 mm,Vindspærreplade (Knauf)	EPD		4
295 mm, Træskelet 20 % træ	Branche EPD	-44	3
295 mm, Træskelet, isolering (ISOCELL)	Branche EPD	-15	2
Dampspærre	Generisk		1
45 mm, Installationslag, Træ	Branche EPD	-2	0
45 mm, Installationslag, isolering (Steico)	EPD	-4	1
2 x 15,5 mm, Brandgips (Knauf)	EPD		4
Spartel	Generisk		0
Maling, grunder	Generisk		0
Maling	Generisk		1

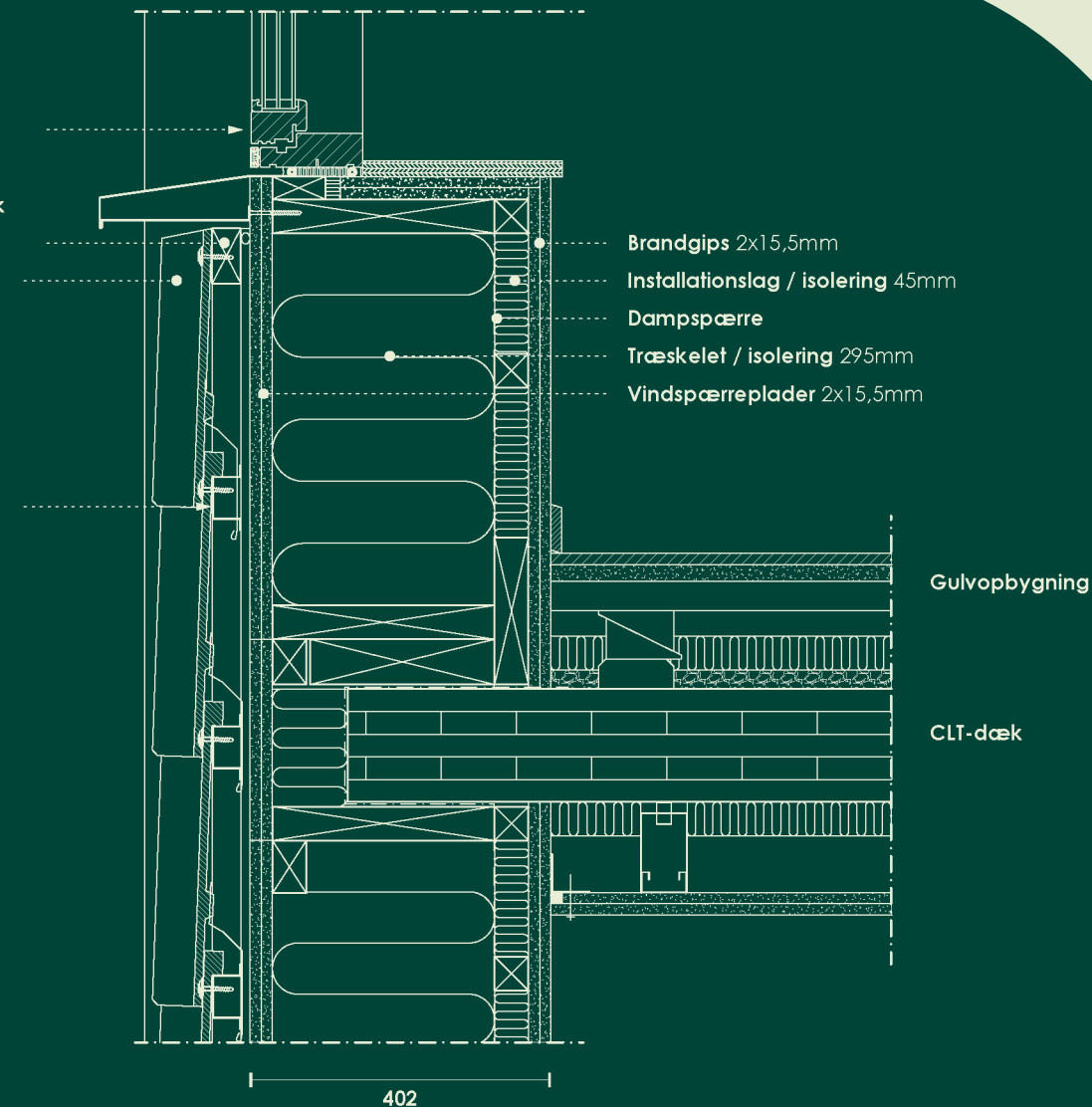
kg CO₂-ækv. pr. m²

OBS: Denne konstruktionsopbygning er ændret ifm. udførelsen, hvor 45 mm af papirulden (ind imod dampspærren) er erstattet med træfiberbatts - dette for at skabe en mere stabil konstruktion med øget friktion i indblæsningskammeret for papirulden. Ændringen bidrog derved til at undgå sætninger af den indblæste papiruld under transport og håndtering.

Vindue, træ/alu

Vandnæse/sålbænk
Lægte, tilpasset
Teglsten

Lægte, stål



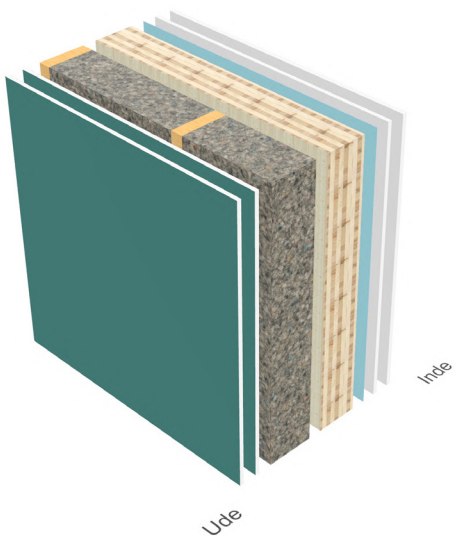
Detalje YV01 bærende:
samling, ydervæg og
etagedæk.
Skala 1:10

Beskyttelseslag

I projektet er der generelt arbejdet med to lag almindelig gips som beskyttelseslag/overflade for at sikre et fornuftigt kompromis mellem brandmodstandsevne, klimaaftryk, økonomi og dokumentationsniveau. Herudover sikrer dobbeltpladeløsningen at overfladekravet K110 overholdes uden behov for ekstra brandtest.

Ydervæg

YV02 Bærende



Klimaaftryk



18 GWP-total
kg CO₂-ækv. pr. m²

140 GWP-biogen
kg CO₂-ækv. pr. m²



Modul



Beskrivelse

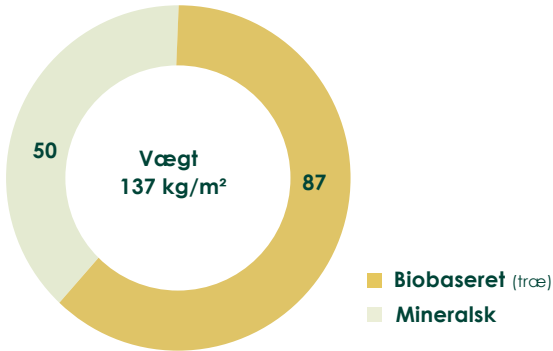
Bærende ydervæg opbygget som CLT. Isoleret med papiruld (løsfyld). Dobbeltplade-løsning på både indvendig og udvendig side.

Brand
Konstruktionen vurderet til **REI60** på baggrund af bedømmelsen fra YV01 og anvendes op til 4 etager i BK4 (overkant gulv maks. 12m over terræn).

Tykkelse
382mm + facadeopbygning

Facade
Husk valg af facademateriale

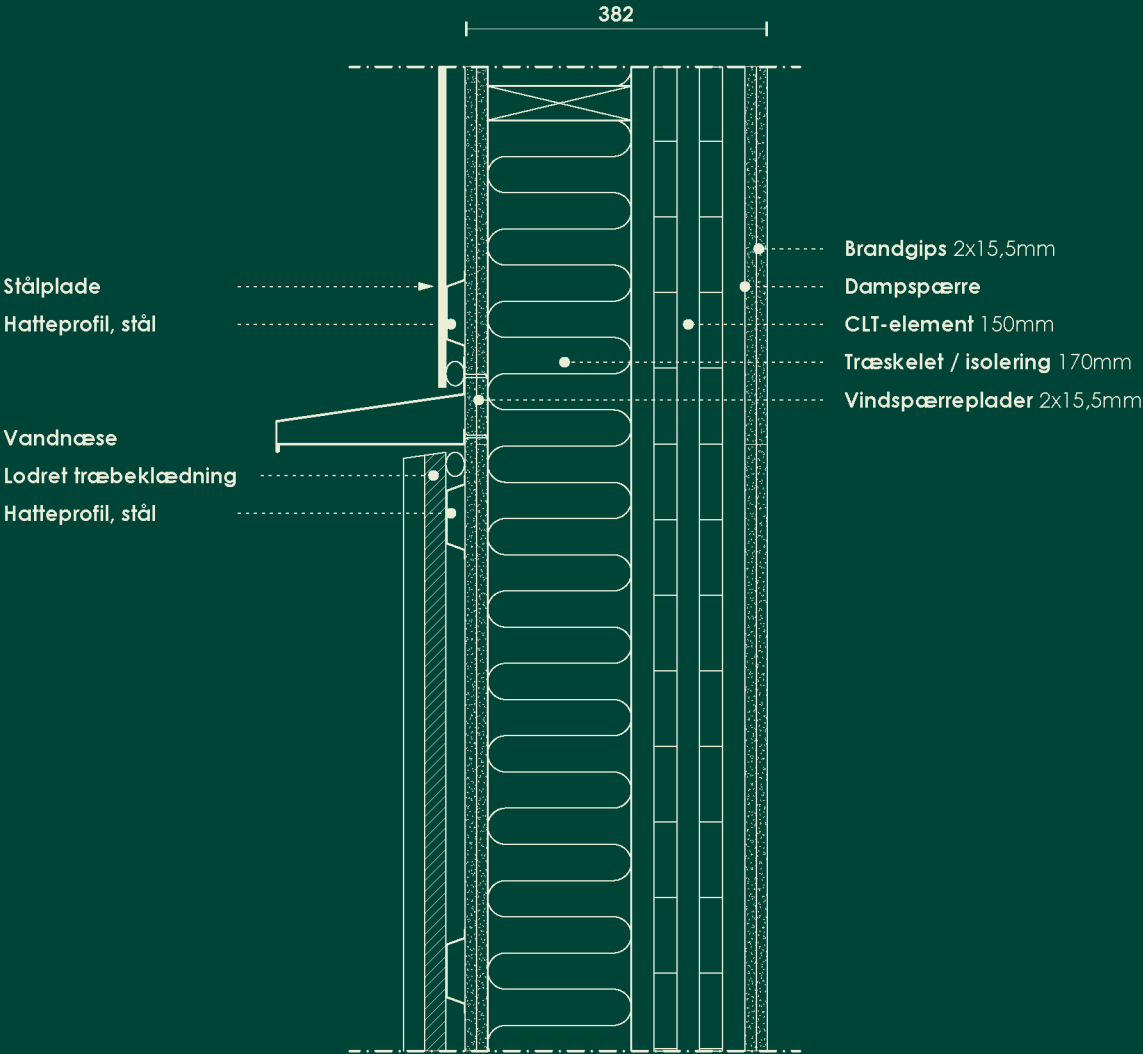
Ressourceforbrug



Opbygning

Materiale	Miljødata	GWP-BIOGEN	GWP- TOTAL
Facademateriale	(se afsnit beklædninger)		0
2 x 15,5 mm, Vindspærre (Knauf)	EPD		4
170 mm Træskelet, 20 % træ	Branche EPD	-25	2
170 mm, Træskelet, isolering (ISOCELL)	Branche EPD	-9	1
150 mm CLT (Södra)	EPD	-106	5
Dampspærre	Generisk		1
2 x 15,5 mm, Brandgips (Knauf)	EPD		4
Spartel	Generisk		0
Maling, grunder	Generisk		0
Maling	Generisk		1

kg CO₂-ækv. pr. m²



Detalje YV02 bærende:
ydervæg
Skala 1:10

Træskelet
For at minimere ressourceforbruget er der med få undtagelser arbejdet med træskelet frem for CLT i ydervægge.

Robusthed
For at imødekomme de mange forskellige facadebeklædninger i arkitekturen, er der fra start forsøgt at indarbejde et robust byggesystem til håndtering af denne forskellighed. Valget blev trækassetter med biogen isolering og beskyttelsesplader både indvendigt og udvendigt.

Sammenligning



Potentialer

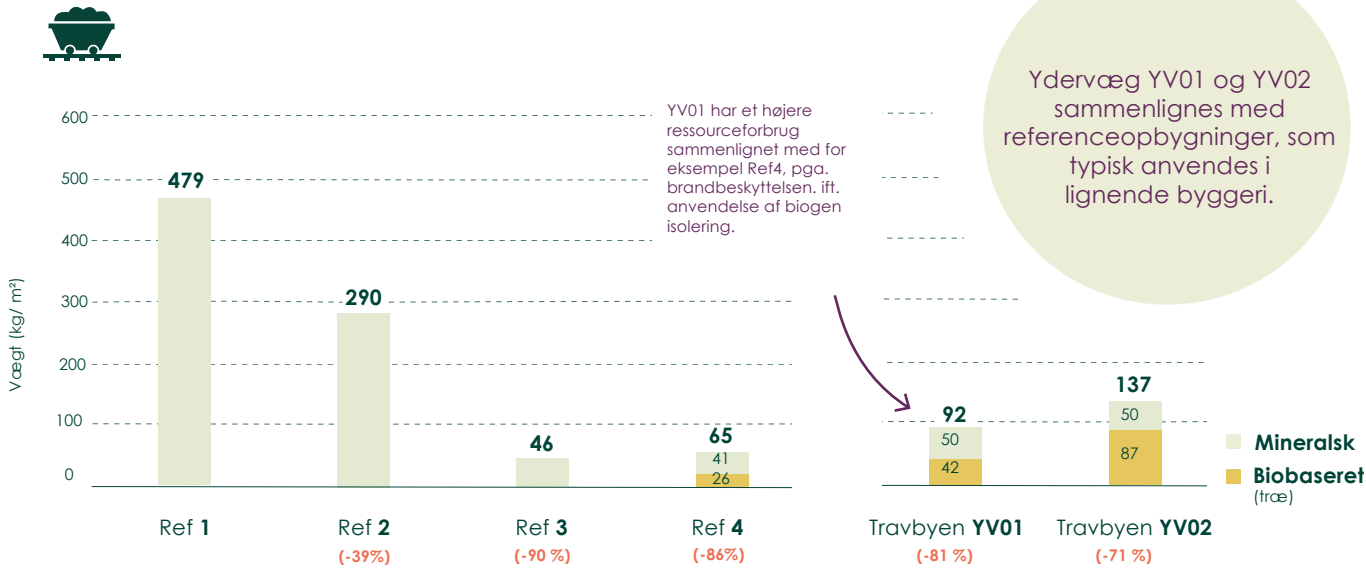
Reduktionspotentiale
på isolering: -3

(-0,1 kg CO₂-ækv./m²/år i Urban Villa 36)

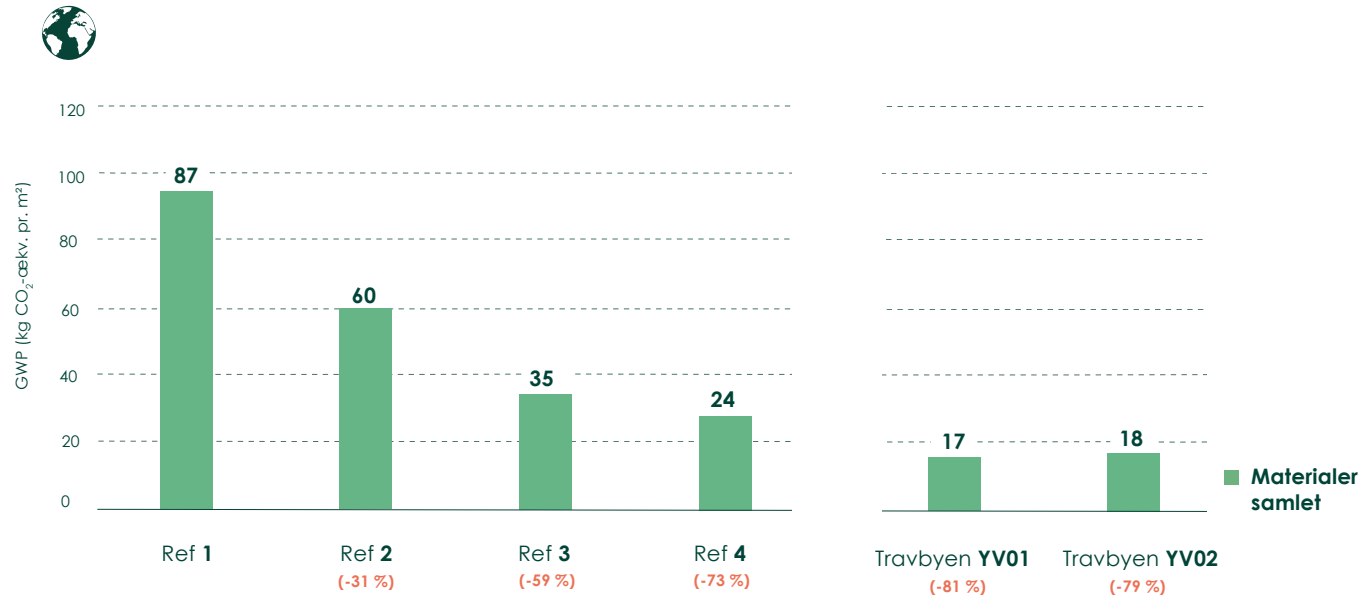
Referenceopbygninger



Ressourceforbrug



Klimaaftryk



Travbyen



Sammenligning af Isoleringsmaterialer

Anvendt løsning
Papiruld og træfiberisolering

Alternativ
Hampefiberisolering

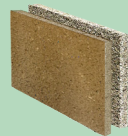


I projektet er der arbejdet med papiruld og træfiberisolering, som de primære isoleringstyper. Disse er udvalgt på grund af deres erfarings- og dokumentationsniveau samt et fornuftigt klimaaftryk. Hampefiberisolering er særligt interessant i forhold til ressourceforbruget, hvor hamp har en kort vækstperiode på 4-12 måneder, mens træ tager 30-50 år at genetablere. Løsningen er fravalgt pga. økonomi og lav densitet, hvilket blev vurderet vigtigt af DBI ifm. YV01 har et højere ressourceforbrug sammenlignet med f.eks. Ref4, pga. brandbeskyttelsen brandtest i projektet.

Sammenligning af pladelag

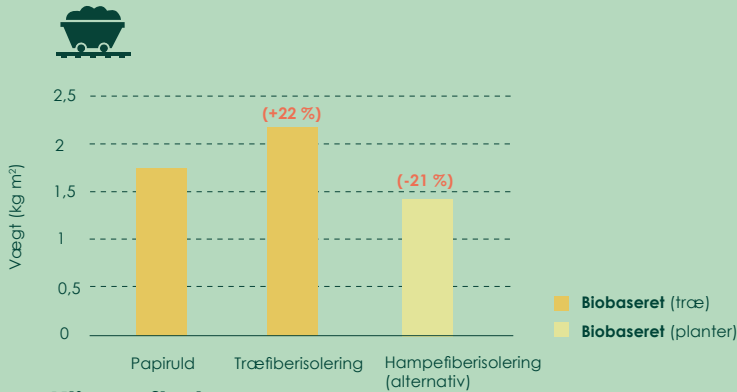
Anvendt løsning
2x15,5mm brandgips

Alternativ
19mm Hampeplade + 16mm Lerplade

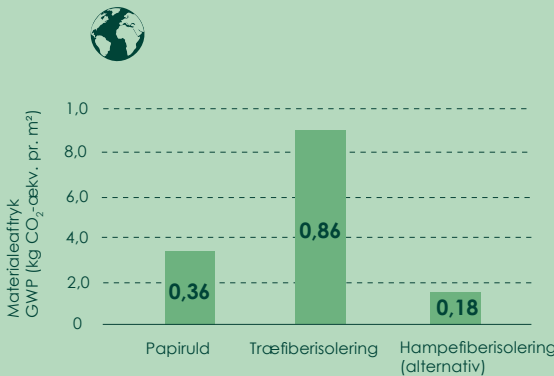


I projektet er der arbejdet med brandgips til beskyttelse af de bærende trækonstruktioner og den biogene isolering. Løsningen er valgt pga. erfarings- og dokumentationsniveauet fra gipsproducenterne, hvilket begrænsede antallet af nødvendige brandtests. Et hybrid beskyttelseslag bestående af 22mm lerplade og 19mm hampeplade er særligt interessant ift. ressourceforbruget. Løsningen giver (lige nu) ikke en klimabesparelse og er fravalgt i projektet pga. manglende erfaring, den undersøges nærmere i et af Travbyens kommende forsøgshuse.

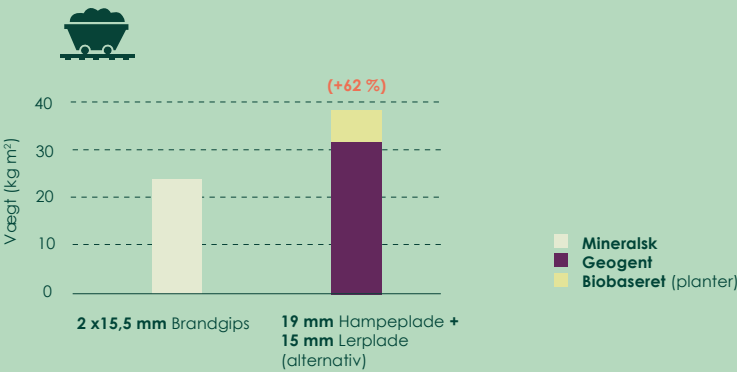
Ressourceforbrug



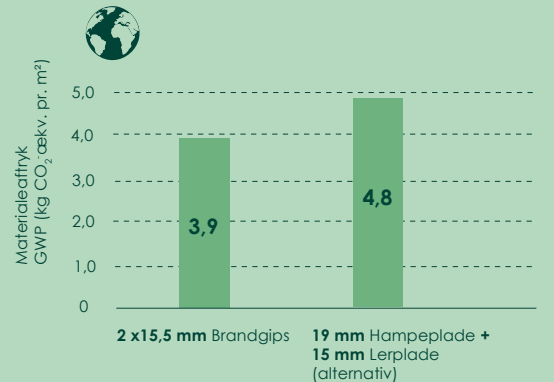
Klimaaftryk



Ressourceforbrug



Klimaaftryk





Mock-ups fra Byggefelt 01- 04

To konstruktive principper med mange facadeudtryk

Ydervæggene er konstrueret således, at de kan kombineres med en lang række facadematerialer, og dermed skabe en varieret arkitektur.

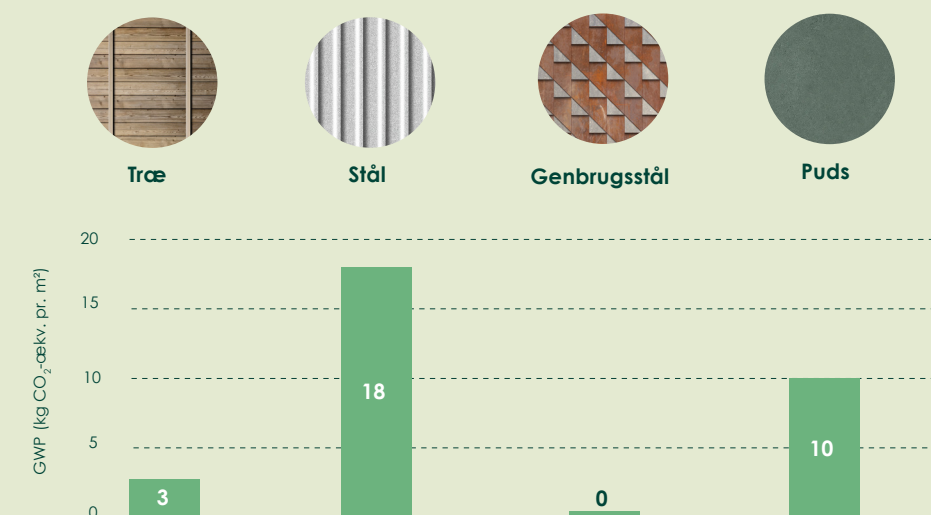
Mulighederne er mange, og valg af facadematerialet påvirker det endelige klimaaftryk for den samlede ydervæg. Omfanget af de enkelte materialer er derfor en afvejning ind i det samlede klimaregnskab på det enkelte delprojekt.

Facade

Eksempel facadebeklædning

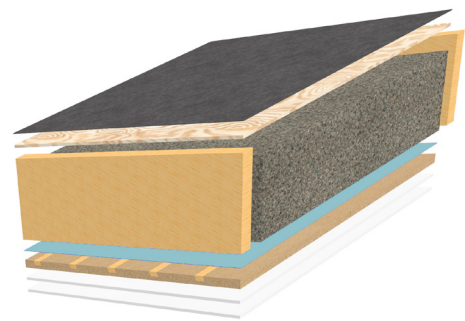


Sammenligning af facadematerialer



Tag

T01

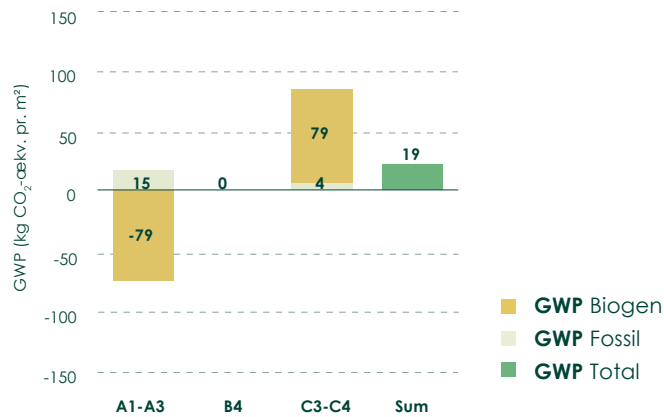


Klimaaftryk



19 GWP-total
kg CO₂-ækv. pr. m²

79 GWP-biogen
kg CO₂-ækv. pr. m²



Beskrivelse

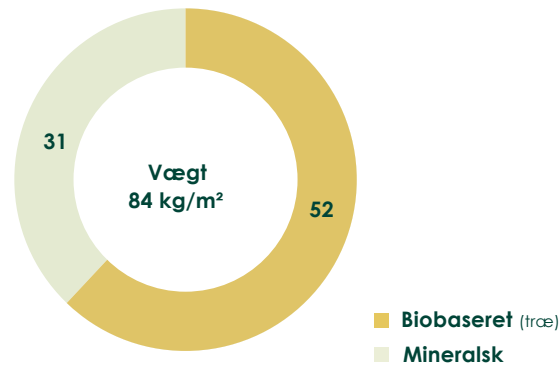
Tagkonstruktion er opbygget som kassette, isoleret med papiruld og træfiberisolering, og beskyttet indvendigt med to lag brandgips

Brand
Konstruktionen er **R30**, hvor der anvendes to lag brandgips på undersiden til beskyttelse.

Tykkelse
556mm + tagbeklædning

Facade
I projektet er der arbejdet med forskellige tagbeklædning. Tagkassetten er derfor designet til at kunne håndtere forskellige overflader.

Ressourceforbrug



Opbygning

Materiale	Miljødata	GWP-BIOGEN	GWP- TOTAL
Tagmateriale	(se afsnit tagbeklædninger)		0
Undertag	Generisk		3
15 mm Tagkrydsfinér	Branche EPD	-10	2
170 mm Spærtræ, 20% træ	Branche EPD	-13	1
120 mm papiruld (ISOCELL)	EPD	-7	1
295 mm spærtræ, 20% træ	Branche EPD	-22	1
295 mm papiruld (ISOCELL)	EPD	-17	3
Dampspærre	Generisk		1
45 mm krydsforskalling	Branche EPD	-7	0
45 mm træfiberisolering (Steico)	EPD	-3	1
2 x 15,5, Brandgips mm (Knauf)	EPD		4
Spartel	Generisk		0
Maling, grunder	Generisk		0
Maling	Generisk		1

kg CO₂-ækv. pr. m²

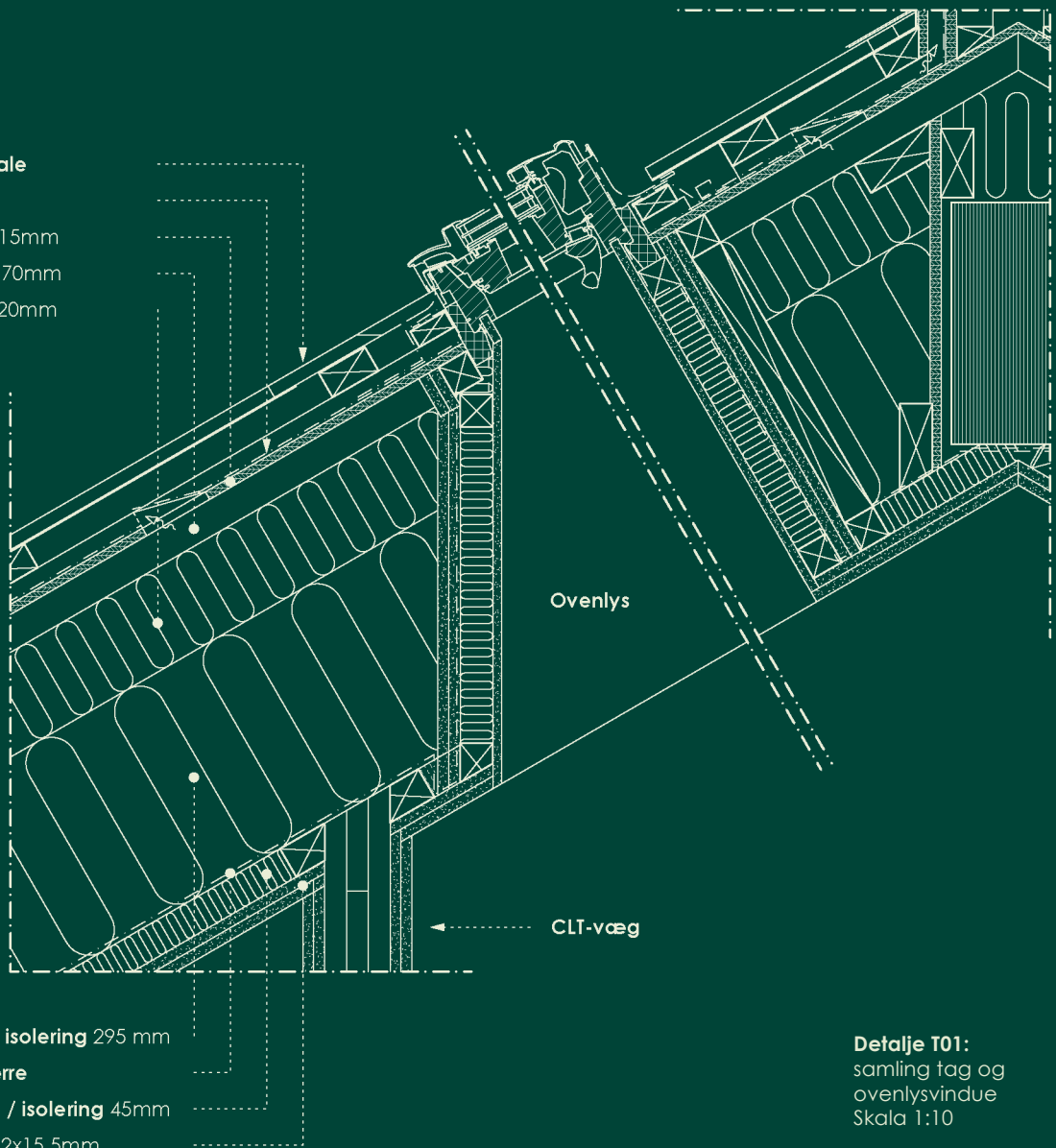
Tagmateriale

Undertag

Krydsfinér 15mm

Spærtræ 170mm

Isolering 120mm



Kipbjælke, CLT

Ovenlys

CLT-væg

Spærtræ / isolering 295 mm

Dampspærre

Forskalling / isolering 45mm

Brandgips 2x15,5mm

Detalje T01:
samling tag og
ovenlysvindue
Skala 1:10

Beskyttelseslag

I projektet er der generelt arbejdet med to lag almindelig gips som beskyttelseslag og overflade for at sikre et fornuftigt kompromis mellem brandmodstandsevne, klimaaftryk, økonomi og dokumentationsniveau. Herudover sikrer dobbeltpladeløsningen, at overfladekravet K1 10 overholdes uden behov for ekstra brandtests.

Robusthed

For at imødekomme de mange forskellige tagbeklædninger i arkitekturen er der fra begyndelsen arbejdet med at udvikle et robust byggesystem, der kan håndtere denne variation. Valget faldt på trækassetter med biogen isolering og beskyttelsesplader på både indvendig og udvendig side



Sammenligning

Referenceopbygninger

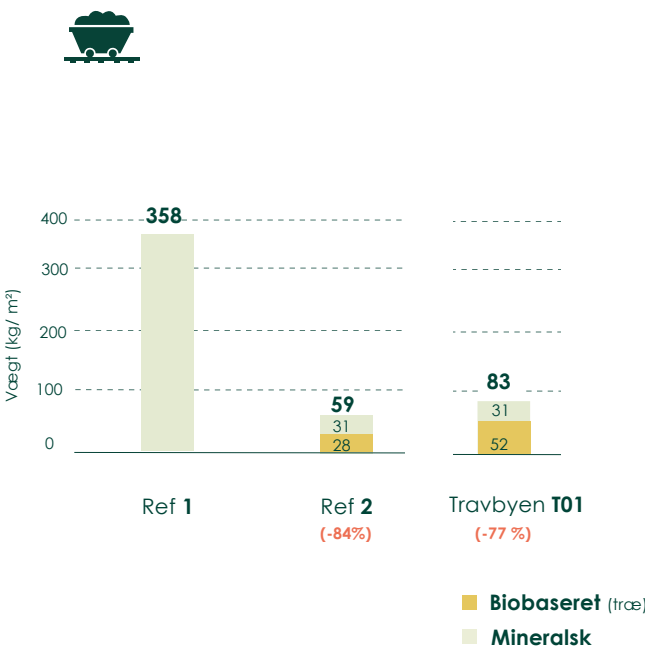


Travbyen

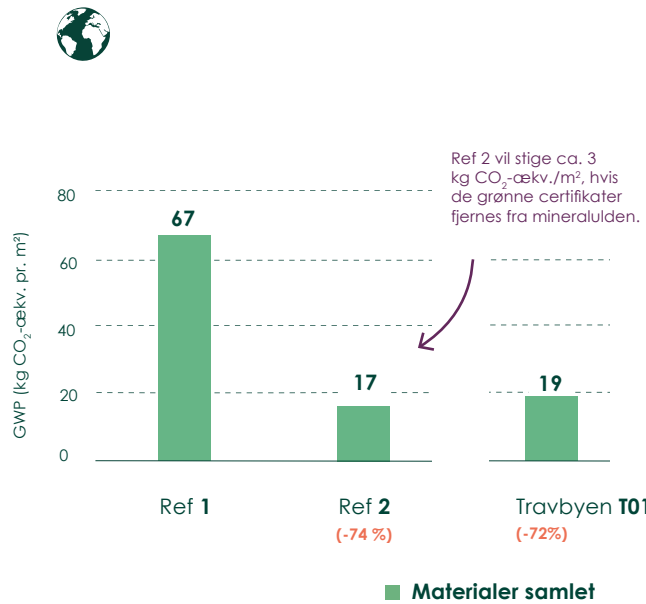


Tag T01 er her sammenholdt med en række referenceopbygninger, som er typisk anvendt i lignende byggeri.

Ressourceforbrug



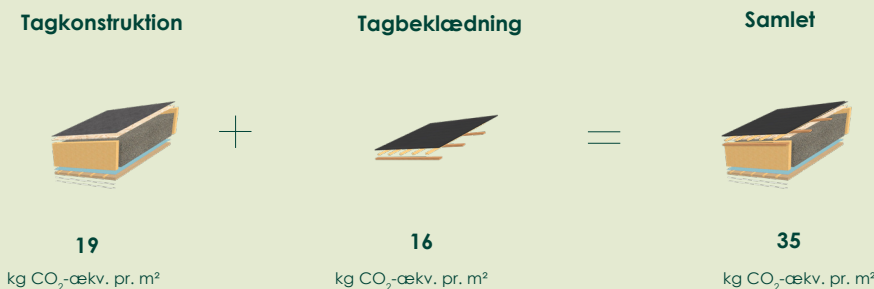
Klimaaftryk



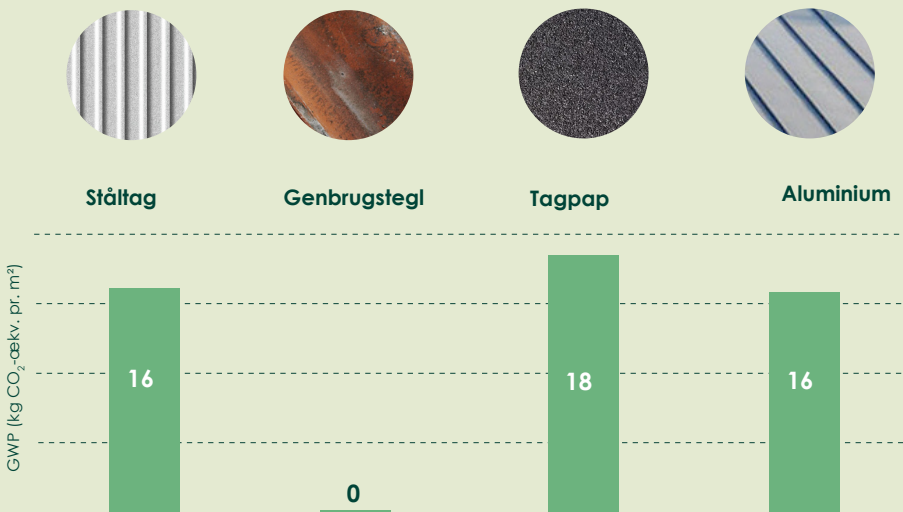
Tagbeklædning

Et princip – med mange tagudtryk
Tagkonstruktionen er konstrueret så den kan kombineres med forskellige tagbeklædninger – for at kunne i mødekomme den varieret arkitektur. Valget af tagbeklædning påvirker det endelige klimaaftryk for den samlede tagkonstruktion.

Eksempel tagbeklædning



Sammenligning af tagmaterialer



Lejlighedsskel

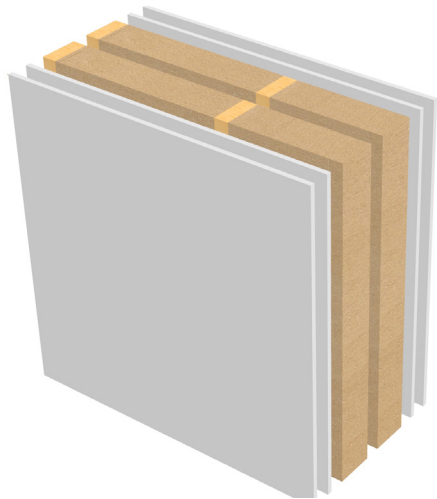
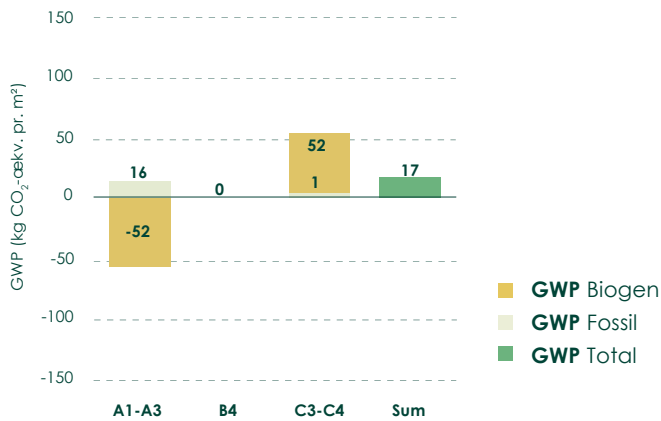
LS01 Bærende

Klimaaftryk



17 GWP-total
kg CO₂-ækv. pr. m²

52 GWP-biogen
kg CO₂-ækv. pr. m²



Beskrivelse

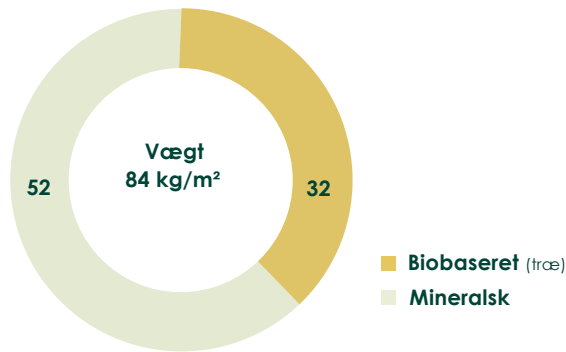
Bærende lejlighedsskel af træskele med træfiberisolering. Beklædt med to lag brandgips på begge sider.

Brand
Konstruktionen er brandtestet til **REI60**, hvor der anvendes to lag brandgips til beskyttelse.

Tykkelse
320mm

Akustik
Konstruktionen er opbygget af to elementer, som afkoblet af hinanden med et lille hulrum. Denne dobbeltkonstruktion vil kunne overholde BR18 krav ($R'w \geq 55$ dB) samt anbefalingen til lavfrekvent lydisolation $R'w + C50-3150 \geq 53$ dB.

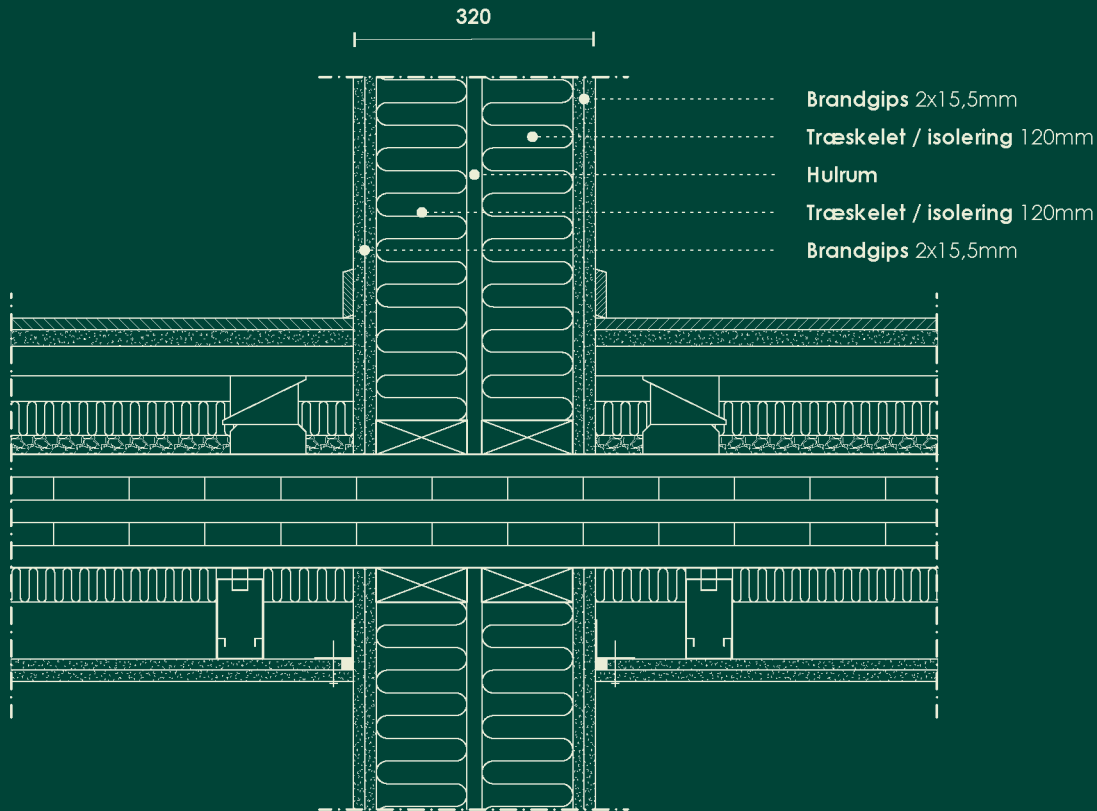
Ressourceforbrug



Opbygning

Materiale	Miljødata	GWP-BIOGEN	GWP- TOTAL
Maling	Generisk		1
Maling, grunder	Generisk		0
Spartel	Generisk		0
2 x 15,5 mm Brandgips (Knauf)	EPD		4
120 mm Træskelet, 20 % træ	Branche EPD	-18	1
120 mm Træskelet, Isolering (Steico)	EPD	-8	2
120 mm Træskelet, 20 % træ	Branche EPD	-18	1
120 mm Træskelet, Isolering (Steico)	EPD	-8	2
2 x 15,5 mm, Brandgips)Knauf)	EPD		4
Spartel	Generisk		0
Maling, grunder	Generisk		0
Maling	Generisk		1

kg CO₂-ækv. pr. m²



Detalje LS01 bærende:
samling lejlighedsskel og etagedæk
Skala 1:10

Lejlighedsskel

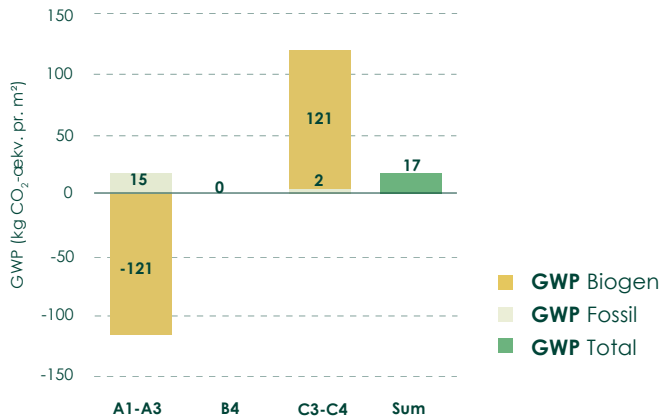
Klimaaftryk

LS02 Bærende



17 GWP-total
kg CO₂-ækv. pr. m²

121 GWP-biogen
kg CO₂-ækv. pr. m²



Beskrivelse

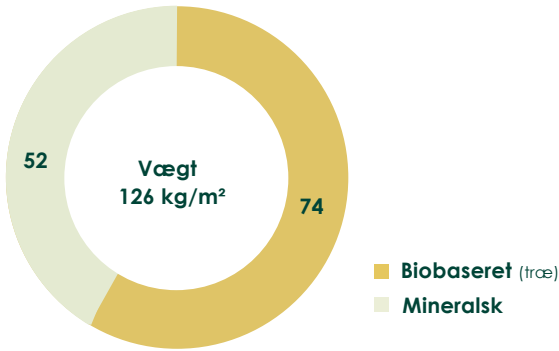
Bærende lejlighedsskel af både CLT og træskelet med træfiberisolering. Beklædt med to lag brandgips på begge sider.

Brand
Konstruktionen er vurderet til **REI60** på baggrund af brandtest af LS01.

Tykkelse
322mm

Akustik
Konstruktionen er opbygget af to elementer, som afkoblet af hinanden med et lille hulrum. Denne dobbeltkonstruktion vil kunne overholde BR18 krav ($R'w \geq 55$ dB) samt anbefalingen til lavfrekvent lydisolation $R'w + C50-3150 \geq 53$ dB

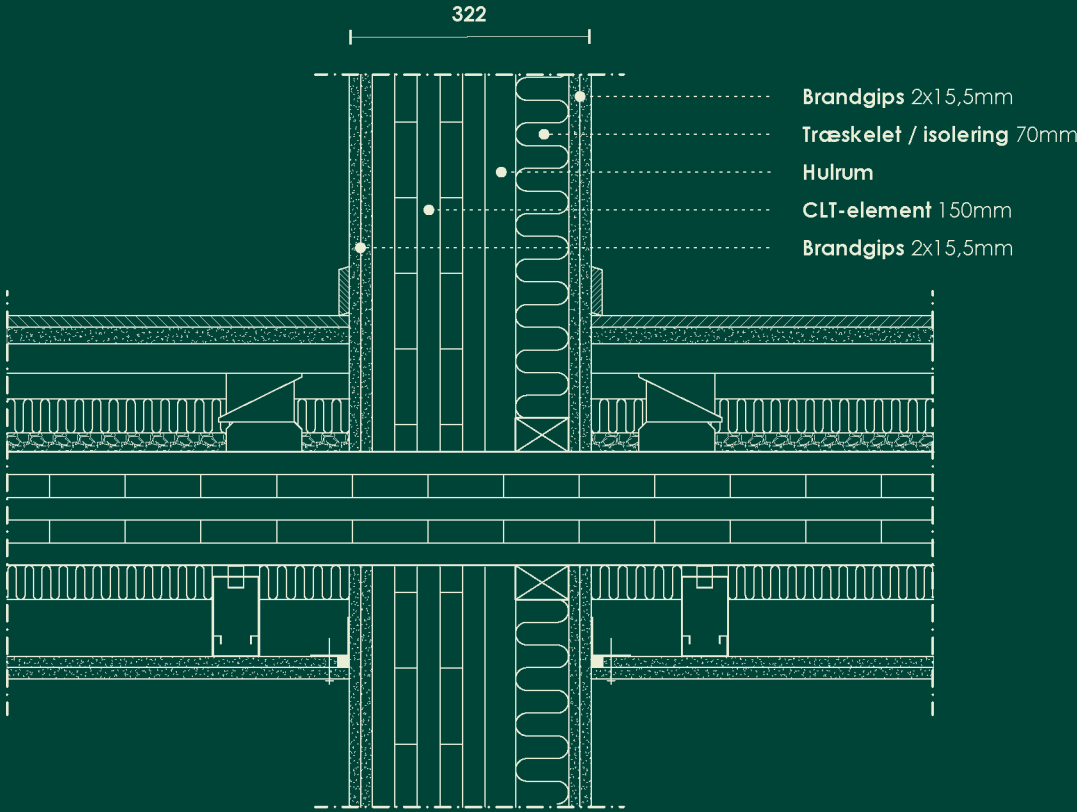
Ressourceforbrug



Opbygning

Materiale	Miljødata	GWP-BIOGEN	GWP- TOTAL
Maling	Generisk		1
Maling, grunder	Generisk		0
Spartel	Generisk		0
2 x 15,5 mm, Brandgips Knauf	EPD		4
150 mm CLT (Södra)	EPD	-106	5
70 mm Træskelet, 20% træ	Branche EPD	-10	1
70 mm Træseleæt, isolering (Steico)	EPD	-5	1
2 x 15,5 mm, Brandgips (Knauf)	EPD		4
Spartel	Generisk		0
Maling, grunder	Generisk		0
Maling	Generisk		1

kg CO₂-ækv. pr. m²

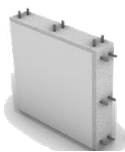


Detalje LS02 bærende:
samling lejlighedsskel og
etagedæk
Skala 1:10

Sammenligning



Referenceopbygninger



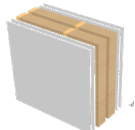
Ref 1

Betonvæg



Ref 2

Dobbet træskelletvæg med mineraluld og brandgips



Travbyen LS01

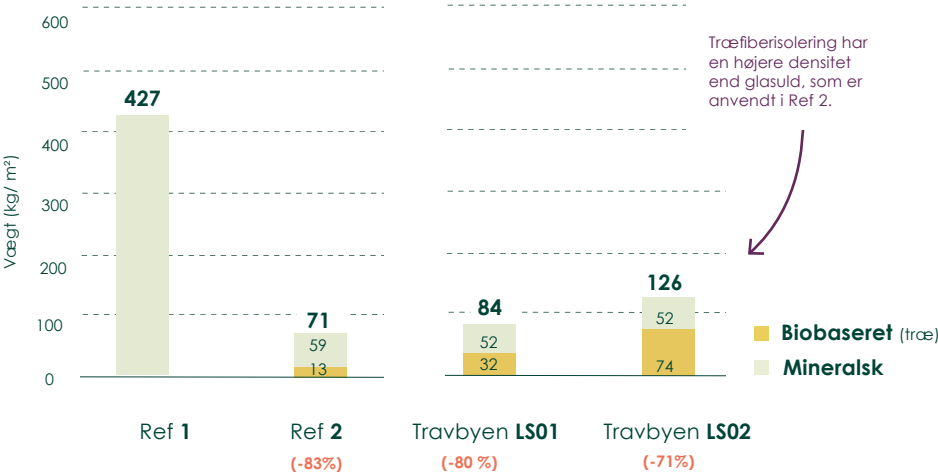
Dobbet træskelletvæg med træfiberisolering og brandgips



Travbyen LS02

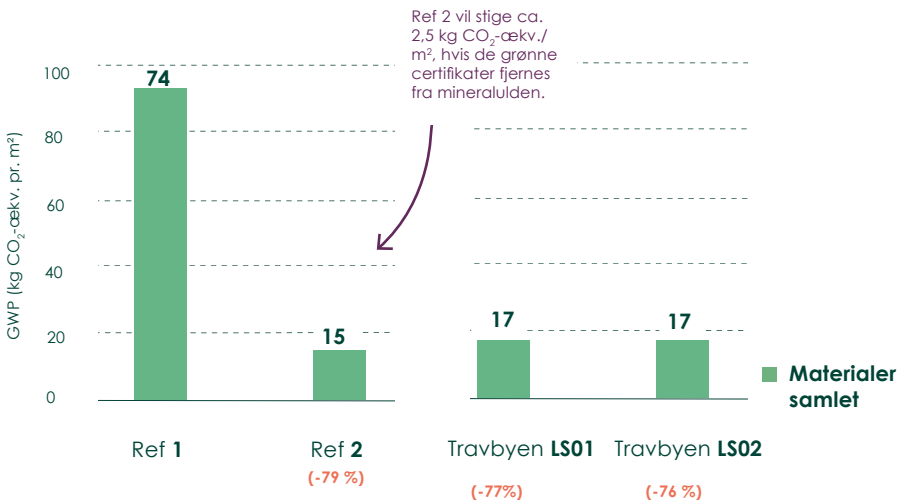
Dobbet væg med CLT og træskellet med træfiberisolering og brandgips

Ressourceforbrug



Lejlighedsskel LS01 og LS02 er her sammenholdt med en række referenceopbygninger, som er typisk anvendt i lignende byggeri.

Klimaaftryk



Byggepladsen

Batts vs. løsfyld isolering

Lejlighedsskellet er opbygget af to separate træskellet-vægge med biogen isolering og brandgips for at overholde de akustiske og brandmæssige krav til konstruktionen. For ikke at skulle have plader ind imod hulrummet (som koster både CO₂, ressourcer og økonomi), hvilket er den typiske løsning ved løsfyldsprodukter, er der arbejdet med træfiberbatts. Disse batts er fastholdt med en tynd tråd.

Etagedæk

ED01 Bærende

Klimaaftryk

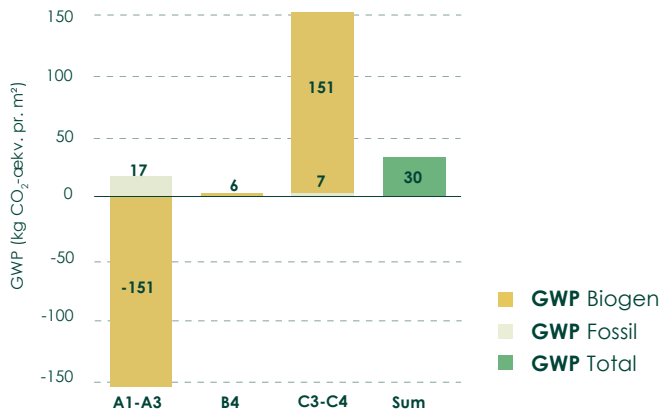
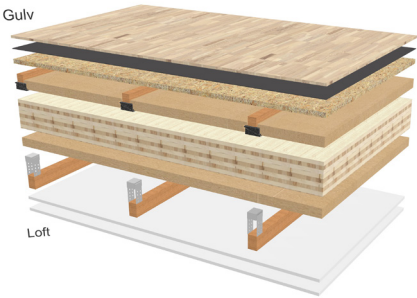


30 GWP-total

kg CO₂-ækv. pr. m²

151 GWP-biogen

kg CO₂-ækv. pr. m²



Beskrivelse

CLT-etagedæk med lydkiler i gulvkonstruktion og loftet monteret på lydbøjler. Træfiberisolering i både gulv- og loftkonstruktion. Loftet beklædes med 2 lag brandgips

Brand

Konstruktionen brandtestet til REI120, hvor træfiberisoleringen på undersiden af CLT'en ikke bidrager til branden indenfor de første 60 min.

Tykkelse 322mm

Akustik

Konstruktionen er opbygget af gulv på strøer, CLT og lydbøjleloft med to lag brandgips. Etageadskillelse mellem boliger, vurderes til at overholde BR-krav, R'_w ≥ 55 dB for luftlydisolation samt L'_{n,w} ≤ 53 dB – Der vil dog være en mindre risiko for at de lavfrekvente anbefalinger ikke overholdes, især for trinlyd.

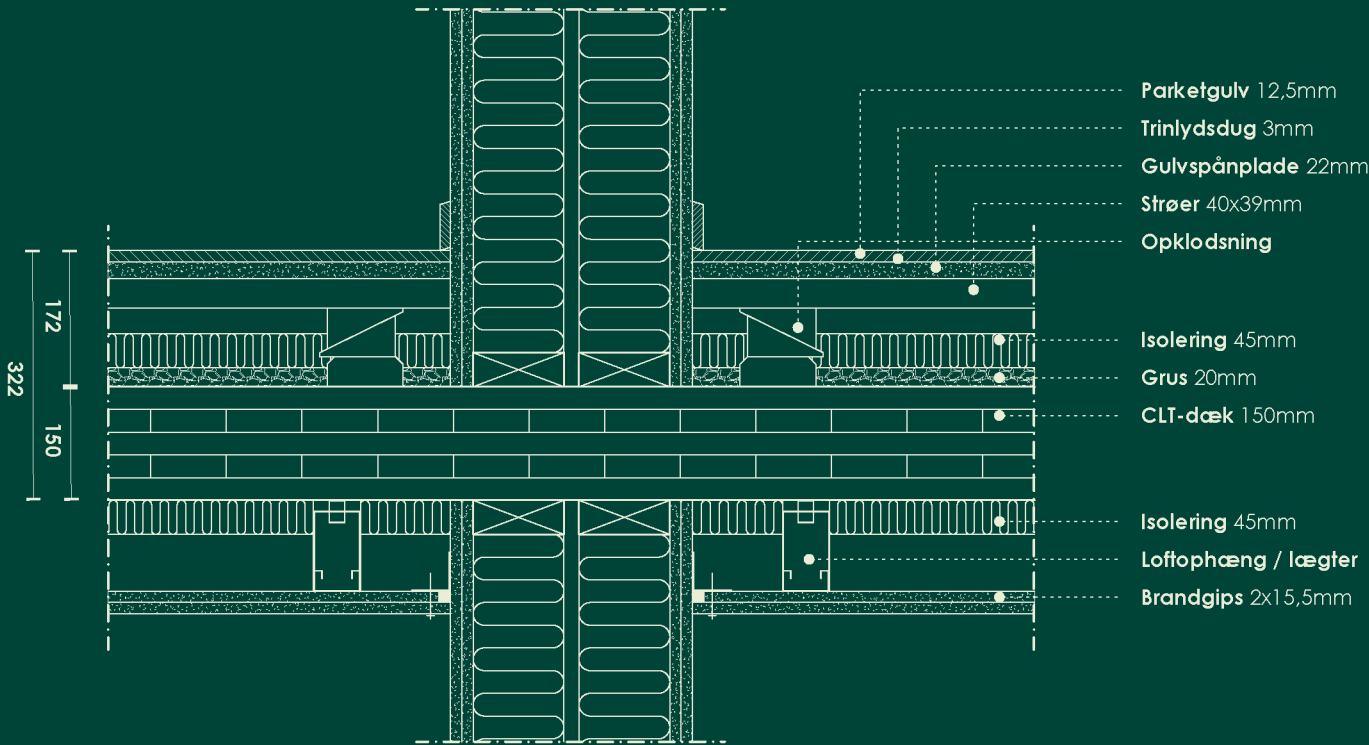
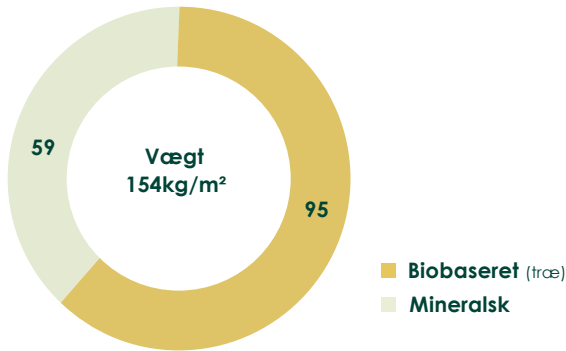
Opbygning

Materiale	Miljødata	GWP-BIOGEN	GWP- TOTAL
12.5 mm parketgulv, svømmende	EPD	-9	4
3 mm trinlydsdug	Generisk		0
22 mm gulvspånplade	Branche EPD	-21	4
40x39 mm laminerede strøer	Branche EPD	-1	0
Knudsen Kilen, Height adjustment	EPD		0
45 mm, træfiberisolering	EPD	-4	1
20 mm grus	Generisk		0
150 mm CLT (Södra)	EPD	-106	5
45 mm, træfiberbatts (Steico)	EPD	-4	1
Lofftophæng som AMC EP 700	Generisk		1
45 x 70 mm Lægter	BrancheEPD	-6	1
2 x 15,5 mm Brandgips (Knauf)	EPD		8
Spartel	Generisk		0
Maling, grunder	Generisk		0
Maling	Generisk		2

kg CO₂-ækv. pr. m²



Ressourceforbrug



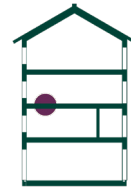
Detalje ED01 bærende:
samling lejlighedsskel og etagedæk
Skala 1:10

Statik

For bedre at kunne stabilisere bygningerne og dermed minimere antallet af nødvendige bærende vægge som ellers ville kunne påvirke boligens disponering (eller indretning), er gennemgående CLT-dæk valgt i projektet (se skitse til højre). Konsekvensen er at rækkehusene og villa'er også får lydbøjlelofter, for at sikre lydbroen i lejlighedsskellet. Dette giver dog en god lydisolation internt i boligen mellem etagerne, selvom der ikke er et horisontalt lydkrav internt i rækkehusene.

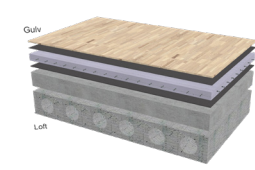
Erfaringer

Ift. sammensætning af gulvopbygning og lydbøjleloft er der hentet erfaringer fra projektet "Fremtidens biobaserede etagedæk".



Sammenligning

Referenceopbygninger



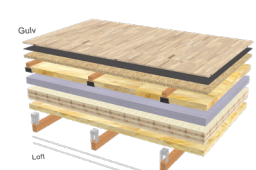
Ref 1

Huldæk med
EPD-beton,
slidlag og
trægulv



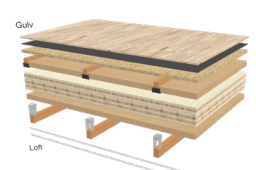
Ref 2

Huldæk med gulv
på strøer og trægulv.
Mineraluld som
isolering



Ref 3

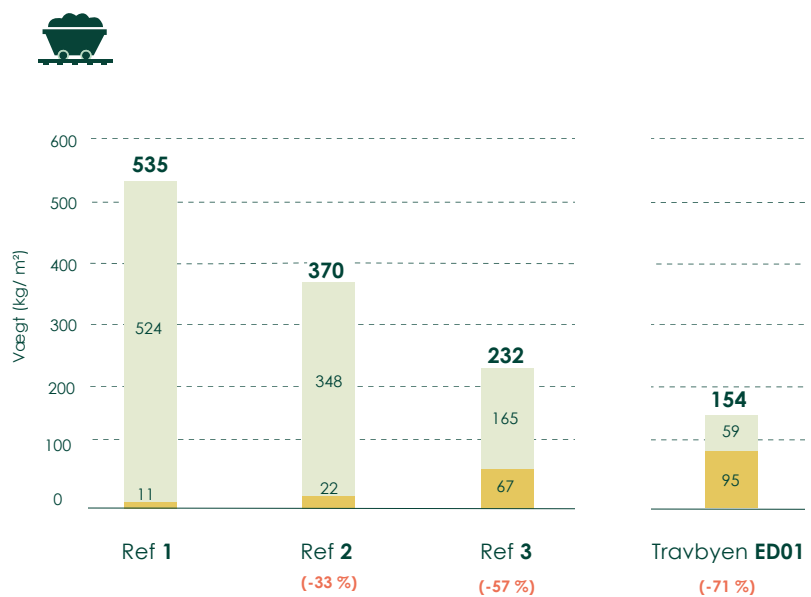
Hydriddæk af CLT og
beton med gulv på
strøer og lydbøjleloft.
Mineraluld som
isolering



Travbyen ED01

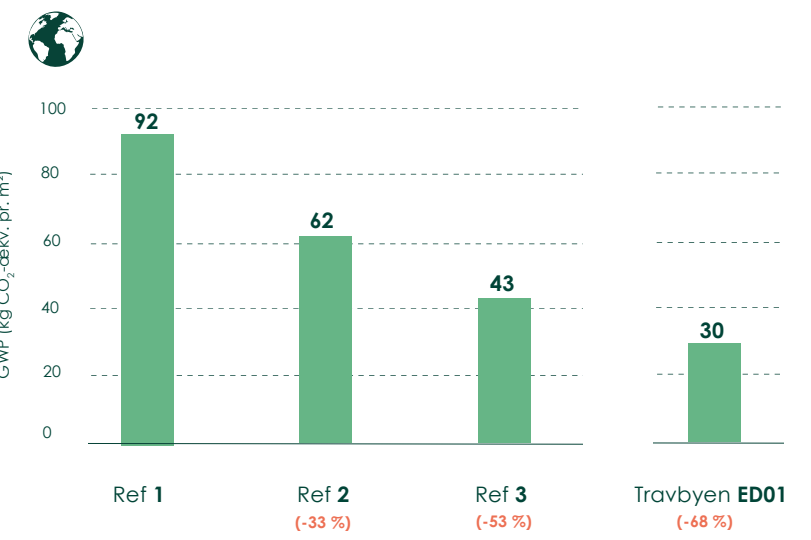
CLT-dæk gulv på
strøer og lydbøjleloft.
Træfiber som isolering.

Ressourceforbrug



Etagedækket er her sammenholdt med en række referenceopbygninger, som er typisk anvendt i lignende byggeri.

Klimaaftryk



Byggepladsbillede

Træfiberisolering i etagedæk

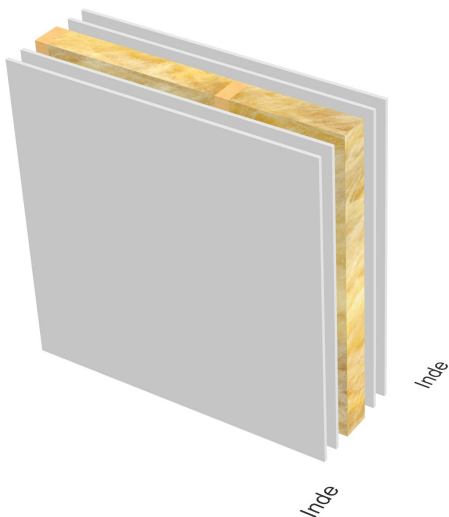
Normalt placeres isoleringen i loftopbygninger ovenpå gipspladerne, men i dette projekt er træfiberisoleringen monteret på undersiden af CLT-dækket for at skabe luft til beskyttelseslaget og dermed minimere risikoen for forkulning af isolering ift. brand.

CLT-tykkelsen

For at minimere ressourceforbruget og klimaaftrykket er CLT-tykkelsen minimeret til generelt 150mm, hvilket har gjort mange af indervæggene bærende i projektet. Det betyder, at disse vægge nu skal kunne modstå branden i 60 min. (R60) i stedet for 10 min. (K1 10), hvilket typisk kræver mere beskyttelse (f.eks. flere eller tykkere pladelag). Dette kompromis bør overvejes fra projekt til projekt.

Indervæg

IV01 Bærende

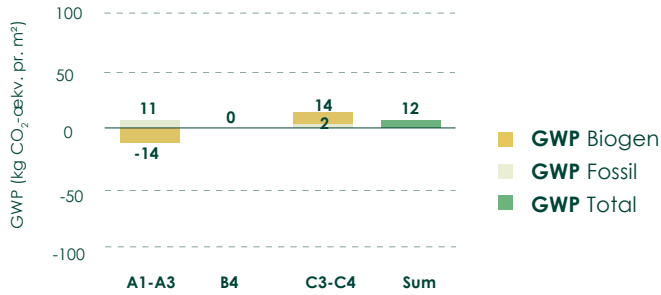


Klimaaftryk



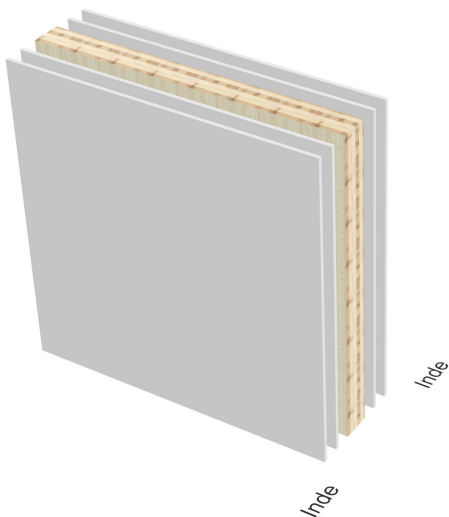
12 GWP-total
kg CO₂-ækv. pr. m²

14 GWP-biogen
kg CO₂-ækv. pr. m²



Indervæg

IV02 Bærende

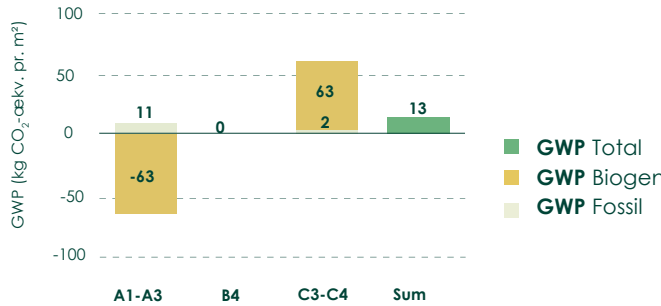


Klimaaftryk



13 GWP-total
kg CO₂-ækv. pr. m²

63 GWP-biogen
kg CO₂-ækv. pr. m²



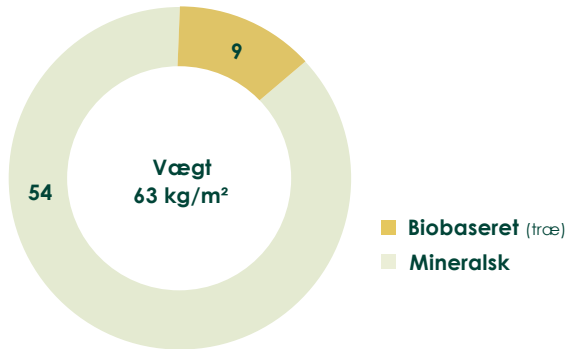
Beskrivelse

Bærende indervæg af træskelet med glasuldisolering. Beklædt med to lag brandgips på begge sider.

Brand
Konstruktionen er **R60** ved anvendelse af mineraluld. I projektet var det ikke muligt at få en **R60** bedømmelse ved brug af biogen isolering, derfor er der anvendt glasuld.

Tykkelse
157mm

Ressourceforbrug



Beskrivelse

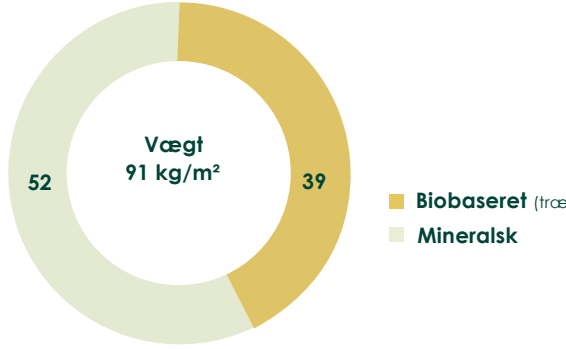
Bærende indervæg af CLT beklædt med to lag brandgips på begge sider.

Brand
Konstruktionen er **R60**.

Tykkelse
152mm

Konstruktioner
Udvalgte steder i projektet med større laster er der arbejdet med CLT-vægge

Ressourceforbrug



Opbygning

Materiale	Miljødata	GWP-BIOGEN	GWP- TOTAL
Maling	Generisk		1
Maling, grunder	Generisk		0
Spartel	Generisk		0
2 x 15,5 mm, Brandgips Knauf	EPD		4
95 mm Træskelet, 20 % træ	Branche EPD	-14	1
95 mm Isolering (Isover)	EPD		1
2 x 15,5 mm Brandgips, Knauf	EPD		4
Spartel	Generisk		0
Maling, grunder	Generisk		0
Maling	Generisk		1

kg CO₂-ækv. pr. m²

Opbygning

Materiale	Miljødata	GWP-BIOGEN	GWP- TOTAL
Maling	Generisk		1
Maling, grunder	Generisk		0
Spartel	Generisk		0
2 x 15,5 mm, Brandgips Knauf	EPD		4
90 mm CLT (Södra)	EPD	-63	3
2 x 15,5 mm, Brandgips, Knauf	EPD		4
Spartel	Generisk		0
Maling, grunder	Generisk		0
Maling	Generisk		1

kg CO₂-ækv. pr. m²

Indervæg

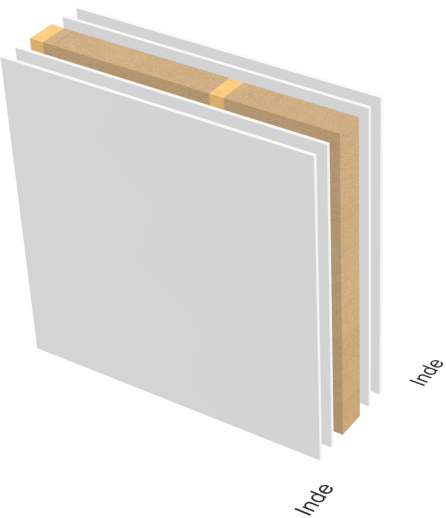
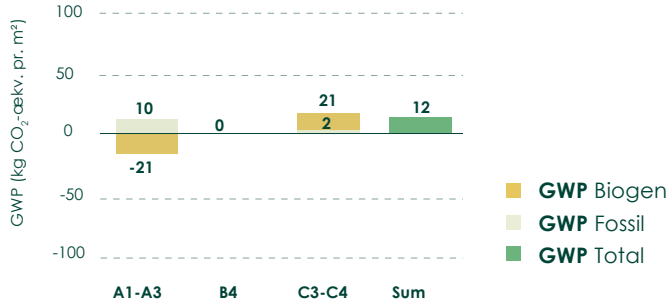
IV03 Ikke Bærende

Klimaaftryk



12 GWP-total
kg CO₂-ækv. pr. m²

21 GWP-biogen
kg CO₂-ækv. pr. m²



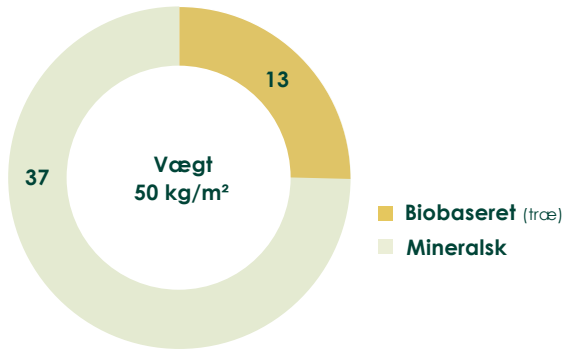
Beskrivelse

Indervæg af træskelet med træfiberisolering. Beklædt med to lag gips på begge sider.

Brand
Konstruktionen er ikke bærende og skal kun overholde overfladekravet K1 10 / B-s1,d0, hvilket opfyldes med to lag alm. gips

Tykkelse
145mm

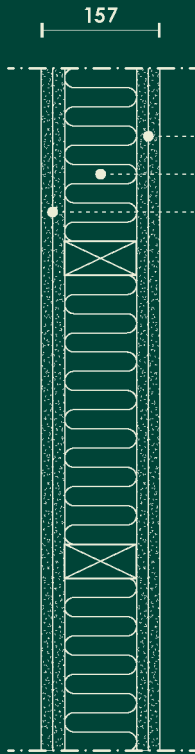
Ressourceforbrug



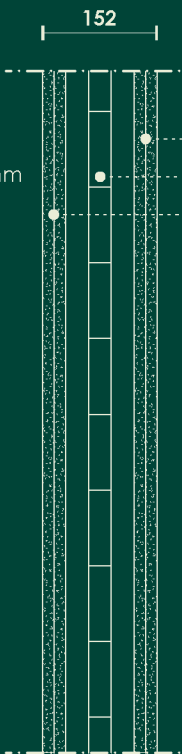
Opbygning

Materiale	Miljødata	GWP-BIOGEN	GWP- TOTAL
Maling	Generisk		1
Maling, grunder	Generisk		0
Spartel	Generisk		0
2 x 12,5 mm, gips, Knauf	EPD		3
95 mm træskelet, 20% træ	Branche EPD	-14	1
95 mm isolering (Steico Flex 36)	EPD	-6	2
2 x 12,5 mm, gips, Knauf	EPD		3
Spartel	Generisk		0
Maling, grunder	Generisk		0
Maling	Generisk		1

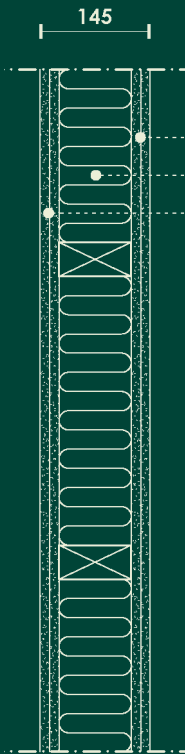
kg CO₂-ækv. pr. m²



Detalje IV01: indervæg



Detalje IV02: indervæg



Detalje IV03: indervæg
Skala 1:10

Træskelet
For at minimere ressourceforbruget er der med få undtagelser arbejdet med træskelet frem for CLT i indervægge.

Sammenligning



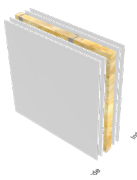
Referenceopbygninger

Travbyen



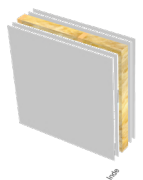
Ref 1

Porebeton



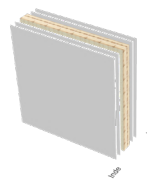
Ref 2

Stålskellet med mineraluld og alm. gips



Travbyen IV01

Træskellet med mineraluld og brandgips



Travbyen IV02

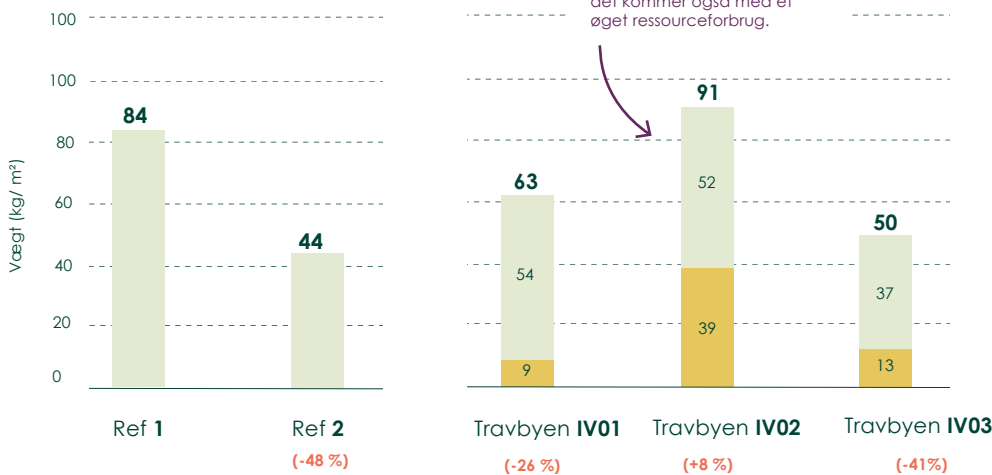
CLT og brandgips



Travbyen IV03

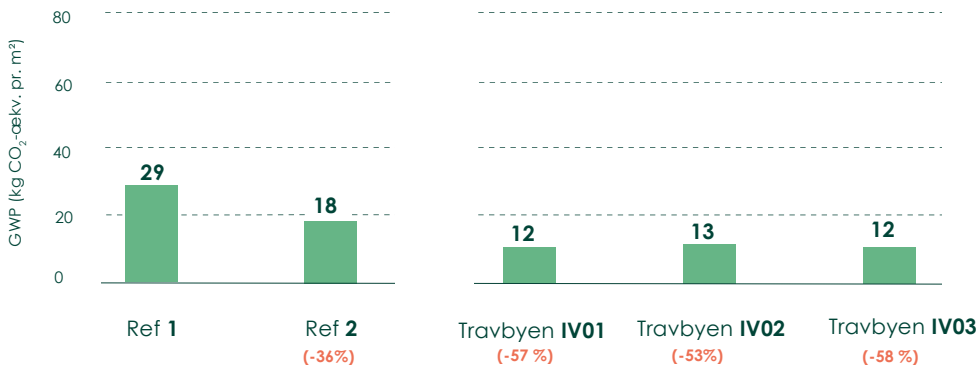
Træskellet med træfiberisolering og alm. gips

Ressourceforbrug



Indervæggene er her sammenholdt med en række referenceopbygninger, som er typisk anvendt i lignende byggeri.

Klimaaftryk

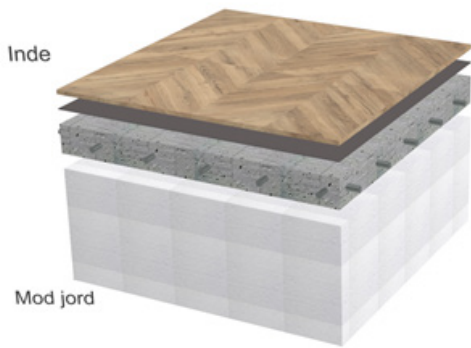


Byggepladsen

Terrændæk

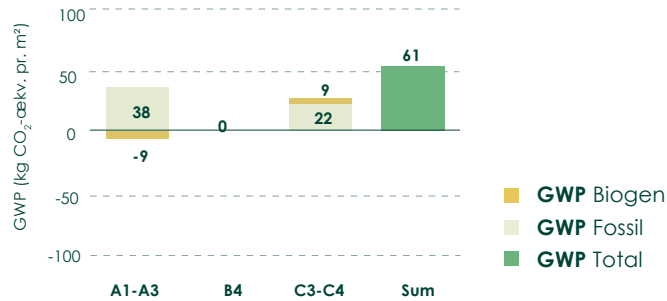
TD01

Klimaaftryk



61 GWP-total
kg CO₂-ækv. pr. m²

9 GWP-biogen
kg CO₂-ækv. pr. m²



Beskrivelse

Terrændæk med armeret beton og EPS-isolering.

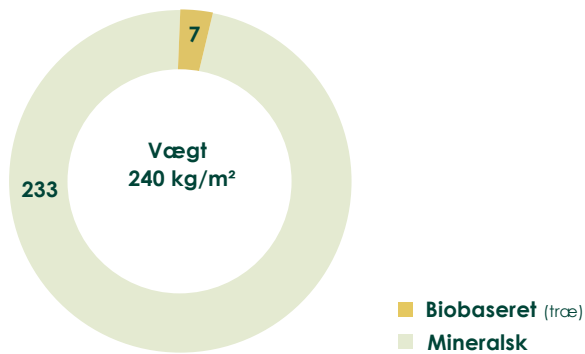
Brand
Til terrændæk direkte imod jord er der ikke nogen brandkrav på konstruktionsniveau.

Tykkelse
516mm

Generelt
Der er generelt arbejdet med et alm. terrændæk, som et kompromis mellem bygbarhed, erfaring, økonomi og klimaaftryk. Projektets størrelse på +17000m² har også været en overvejelse ift. at anvende mere u prøvede terrændæksopbygninger. Denne opbygning er ikke sammenlignet med referenceopbygninger, fordi det er en normal løsning. Potentialet ved at udskifte til et hævet terrændæk undersøgt nærmere på næste side.



Ressourceforbrug



Opbygning

Materiale	Miljødata	GWP-BIOGEN	GWP- TOTAL
12,5 mm parketgolv, svømmende	EPD	-9	4
3 mm trinlydsdug	Generisk		0
100 mm beton	EPD		22
Armeringsnet i beton	Generisk		3
400 mm EPS isolering (Sundolitt S80)	EPD		31

kg CO₂-ækv. pr. m²

Lodret træbeklædning

Vandnæse træ

Vandret træbeklædning

Klemliste

Vindplade

Lægte

Brandgips

Installationslag / isolering

Dampspærre

Træskelet / isolering

Vindspærreplader

Sokkelrende

Fundamentblok

Fundament

Parketgolv 12,5mm

Trinlydsdug 3mm

Terrændæk, beton 100mm

Isolering 400mm

516

Detalje TD01 Terrændæk
Skala 1:10

Varmesystem

I de indledende faser blev forskellen mellem gulvvarme og radiatorer undersøgt ift. indvirkning på klimaaftrykket. Analyserne viste at radiatorer var det bedste valgt til dette projekt. Selvom pex-rørene typisk har et mindre klimaaftryk end radiatoren, så fører gulvopbygningerne med gulvvarme (for eksempel støbte lag som beton, anhydrit eller varmefordelingsplader) et markant klimaaftryk med sig. Herudover vil gulvvarme også give et højere energiforbrug pga. den øgede temperaturdifferens i terrændækket og dermed også presse transmissionstabsrammen. Valget blev derfor radiatorer som primært varmesystem.

Potentialer

Sammenligning af fundamenter

Anvendt løsning
Stribe fundamenter - Beton
FutureCem



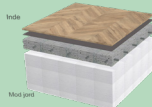
Alternativ
Skruefundamenter med
limtræsbjælker



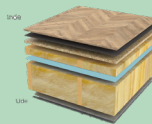
I projektet er der arbejdet alm. stribefundamenter, som et kompromis mellem bygbarhed, erfaring, økonomi og klimaaftryk. Projektets størrelse på +17000m² har også været en overvejelse ift. at anvende mere uprøvede funderingsformer. For at begrænse klimaaftrykket er der defineret klimakrav til betonen. Det har blandt andet resulteret i, at udvalgte bygninger anvender FutureCEM for at komme i mål med Travbyens klimakrav. Et interessant potentiale er dog brugen af skruefundamenter, særligt ift. det "lette" byggeprincip. Mængderne for skruefundamenterne er baseret på erfaringstal ift. antal og størrelse og er derfor ikke projektspecifikke. Analysen er derfor kun en potentialeanalyse, men indikerer markante besparelse på både materiale- og bygningsniveau.

Sammenligning af terrændæk

Anvendt løsning
Støbt terrændæk på EPS-isolering

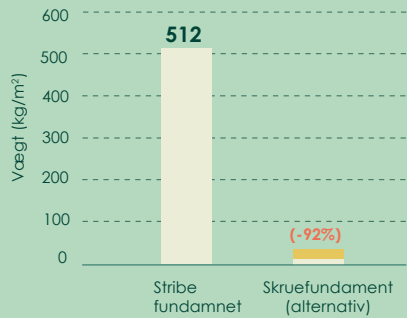


Alternativ
Hævet terrændæk af trækasse

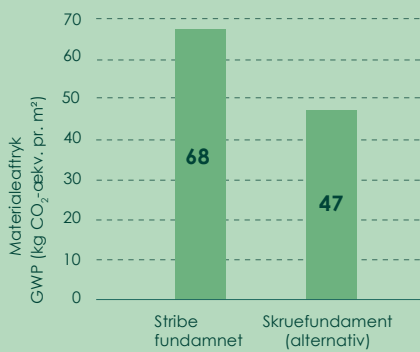


I projektet er der arbejdet alm. støbt terrændæk på EPS-isolering, som et kompromis mellem bygbarhed, erfaring, økonomi og klima-aftryk. Projektets størrelse på +17000m² har også været en overvejelse i forhold til at anvende en mere uprøvet terrændæksløsning. For at begrænse klimaaftrykket er der defineret klimakrav til betonen og EPS-isoleringen. FutureCEM er anvendt i alle fundamenter (som beskrevet her). Ift. terrændæk er FutureCEM anvendt i udvalgte bygninger som et greb til at komme i mål med klimakravet. Det hævede terrændæk er et interessant potentiale, men skal kombineres med den rigtige fundamentsløsning f.eks. skruer. Analysen er kun en potentialeanalyse, men indikerer markante besparelse på både materiale- og bygningsniveau.

Ressourceforbrug



Klimaaftryk

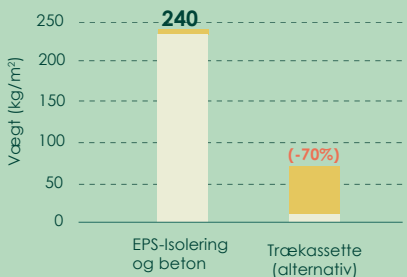


■ Biobaseret (træ)
■ Mineralsk

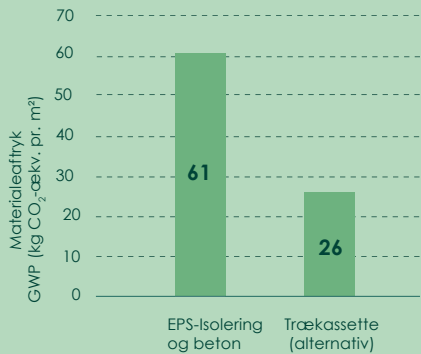
Potentiale for at reducere klimaaftryk fra materialer med -4% (-0.2 kg CO₂-ækv./m²/år i Urban Villa 36).

■ Materialer samlet

Ressourceforbrug



Klimaaftryk



■ Biobaseret (træ)
■ Mineralsk

■ Materialer samlet



Byggepladsen



Byggepladsen

GRUNDLÆGGENDE BYGNINGSREGLEMENTSKRAV

Brand (§ 82 - § 158)

Etageboliger og rækkehuse (overkant gulv 5,1m over terræn)

- Overfladekrav: K1 10 / B-s1,d0 [ikke alm. træplader]
- Brandmodstandsevne: REI60 for adskillende og bærende bygningsdele [kræver ofte flere pladeløsninger ved skelletopbygninger – primære bygningsdele i Travbyen Byggefelt 01-04 er test og bedømt af DBI]

- Brandmodstandsevne: EI60 for adskillende bygningsdele [kræver ofte flere pladeløsninger ved skelletopbygninger – primære bygningsdele i Travbyen Byggefelt 01-04 er test og bedømt af DBI]

- Brandmodstandsevne: R60 for bærende bygningsdele [kræver ofte flere pladeløsninger ved skelletopbygninger – primære bygningsdele i Travbyen Byggefelt 01-04 er test og bedømt af DBI]

Konstruktioner (§ 340 - § 357)

Etageboliger og rækkehuse (overkant gulv 5,1m over terræn)

- Generelle robusthedskrav
- Skal kunne modstå en brand i 60 min.

Akustik (§ 368 - § 376)

Byggeriet skal overholde følgende gældende lovgivning:

- Bygningsreglementet BR18
- Billund kommunes lokalplan nr. 338 'Travbyen'
- DGNB-manual 2023 vedr. boliger
- Bygherrekrav til rumakustik

Herudover stræbes der efter at overholde den lavfrekvente anbefaling i BR18, dvs. skillevægge med en vægt pr. arealenhed under 100 kg/m² og etageadskillelser med en vægt pr. arealenhed under 250 kg/m²

Energi (§ 250 - § 298)

Bygningerne overholder de alm. krav til transmissionstabsrammen og energirammen.

Dagslys (§ 377 - § 381) & termisk indeklima (§ 386)

Dagslysforholdene er eftervist med 10-procent metoden og det termiske indeklima er dokumenteret gennem Be18-metoden

Fugt (§ 334 - § 339)

Relevante bygningsdele er dimensioneret efter fugtklasse 3

Udover klimakravene og dogmer til Travbyen Byggefelt 01-04, så overholder byggeriet også alle de almindelige regler, der gør sig gældende ifm. opførsel af et byggeri. I tillæg er der i projektet ikke søgt nogle dispensationer.

I tabellen ved siden af gennemgås nogle af de primære krav til bygningskonstruktionerne i forhold til brand, konstruktioner, akustik, energi, indeklima og fugt. Tabellen tager udgangspunkt i kravene for boliger med overkant gulv placeret over 5,1m fra terrænniveau, da størstedelen af boligerne i Travbyen Byggefelt 01-04 befinder sig i denne kategori.



Travbyen

Hjem til leg

