










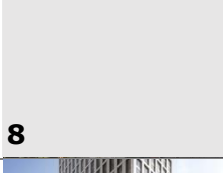


TEKNOLOGISK
INSTITUT

RAMBOLL

Klimavenligt byggeri og LCA

Analyse af udvalgte landes tilgange til klimavenligt byggeri, LCA og samfundsøkonomi – Casekatalog

Overzicht over cases

Case	Land	Bygningstype	Areal
 1	Danmark	Etagebolig	2.871 m ²
 2	Danmark	Daginstitution	850 m ²
 3	Finland	Kontorbygning	31.000 m ²
 4	Norge	Kontor & lager	8.794 m ²
 5	Norge	Kontor	26.000 m ²
 6	Sverige	Hotel	8.700 m ²
 7	Sverige	Universitet med kontorarealer	21.246 m ²
 8	Sverige	Daginstitution	1.116 m ²
 9	UK	Ny bydel med lejligheder, kontor og butikker	145.032 m ²
 10	UK	Kontorbygning	63.054 m ²

Baggrund og formål

Nærværende publikation er en samling af ti eksempler på Livscyklusvurderinger (LCA – Life Cycle Assessment) af byggerier, som skal fungere som et casekatalog og er et supplement til rapporten *Klimavenligt byggeri og LCA – Analyse af udvalgte landes tilgange til klimavenligt byggeri, LCA og samfundsøkonomi* udarbejdet for Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen. Eksemplerne af cases er fra fem af de repræsenterede lande, som indgår i hovedrapporten; Danmark, Finland, Norge, Sverige og UK.

De udvalgte cases er valgt på baggrund af, at byggerierne har haft særlige bæredygtighedstiltag samt en lav miljøpåvirkning påvist ved en LCA-beregning. Alle de udvalgte cases, som er brugt i denne eksempelsamling, har opnået en bæredygtighedscertificering, enten DGNB, BREEAM, LEED eller Miljöbyggnad.

Casene vil blive præsenteret enkeltvis for de forskellige lande, hvor en kort introduktion til projektet og dets bæredygtighedstiltag vil

fremgå først. Herefter vil resultaterne af LCA-beregningen blive gennemgået på tre niveauer; livscyklusmoduler, bygningsdele og materialer. For nogle enkelte cases har det enten ikke være muligt at fremskaffe alt data fra LCA-beregningen eller også har LCA-beregningen været udført før implementeringen af et faktisk LCA-værktøj som f.eks. One Click LCA eller nationale retningslinjer. I disse tilfælde vil LCA-resultaterne kun blive præsenteret på livscyklusmodulniveau og uden detaljering af bygningsdele og materialer.

Formålet med dette casekatalog er at understøtte rapporten *Klimavenligt byggeri og LCA – Analyse af udvalgte landes tilgange til klimavenligt byggeri, LCA og samfundsøkonomi* med faktiske cases fra de undersøgte lande. Det er vigtigt at understrege, at LCA-resultaterne fra de forskellige cases ikke kan sammenlignes på tværs af landene, grundet forskelle i det metodiske beregningsgrundlag, som vil blive specificeret i det næste afsnit.

Teknisk introduktion

Livscyklusvurdering (LCA)

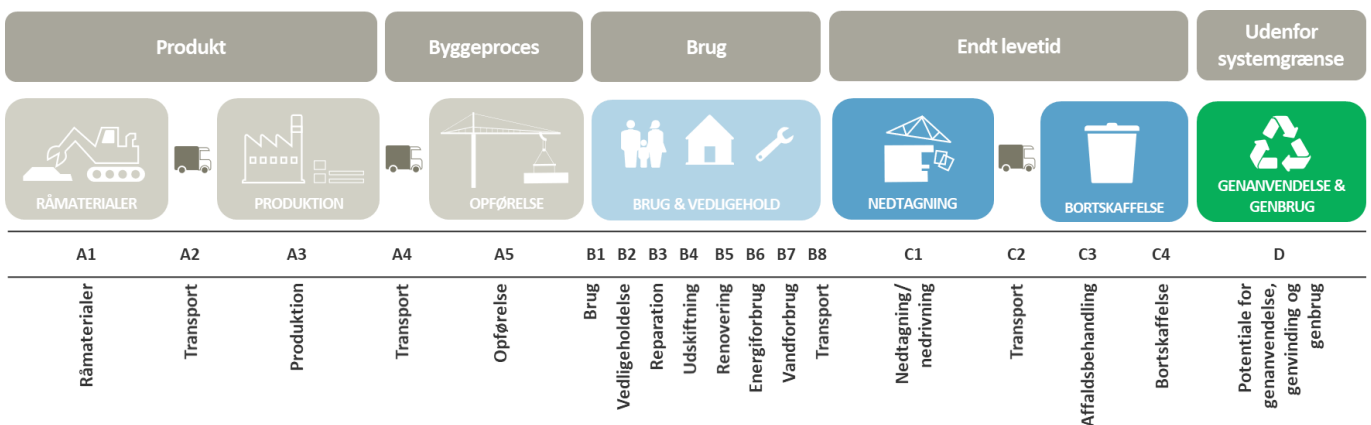
LCA anvendes til at identificere miljøpåvirkninger for et system, eksempelvis et materiale, en bygningskomponent eller en hel bygning. LCA'en kvantificerer de miljømæssige påvirkninger igennem hele livscyklusen fra udvinding af råmaterialer til produktion og installation, drift, vedligehold og afslutningsvis miljøpåvirkningerne ved endt levetid, når produktet eller bygningen skal bortskaffes, genanvendes eller genbruges.

LCA'er kan bruges til at sammenligne miljøpåvirkninger ved forskellige løsningsforslag, der som udgangspunkt skal udfylde den samme funktion.

Livscyklusvurderingerne kan med fordel benyttes til at sammenligne forskellige scenarier, og kan derfor være et værdifuldt redskab til at adressere det miljømæssige bæredygtighedsaspekt.

Livscyklusfaser – LCA

De forskellige livscyklusfaser for en bygning defineret ud fra den Europæiske standard 15978 er afbilledet i nedenstående figur, men i Danmark medtages der i praksis endnu ikke alle dele af livscyklusen. Det skyldes et fokus på de miljømæssigt vigtigste dele af livscyklusen samt manglende erfaringsgrundlag og rutiner til dokumentation af alle andre dele af livscyklusen. I Norge findes også livscyklusmodulet B8, som er transport i løbet af brugstiden. Det er derfor vigtigt at have for øje, hvilke livscyklusfaser som er medtaget i den enkelte analyse, da det kan variere fra land til land i overensstemmelse med certificeringsordninger eller reguleringer på tværs af landene. Det forventes, at efterhånden som erfaringsgrundlaget vokser vil fokus på at inkludere flere livscyklusfaser øges. Dette ses også allerede med den nye frivillige bæredygtighedsklasse (FBK) som også sætter fokus på udledningerne fra transporten (A4) og opførelsen (A5).



Figuren viser de typiske faser i en bygnings livscyklus: Produktfase, byggeprocesfase, brugsfase, endt levetid og næste produktsystem

INTRODUKTION

De livscyklusfaser, man typisk vil støde på i en bygnings-LCA, er kort opsummeret her:



Produktion af materialer (A1-A3) inkluderer data for produktion af materialer, fra udvinding af råmaterialer og transport til fabrik, men ikke efterfølgende transport til byggeplads og selve installationen af byggematerialerne på byggepladsen.



Byggeprocesfasen (A4-A5) dækker de processer, der har at gøre med byggevarernes vej fra produktionen og frem til det tidspunkt, hvor de er installeret som en del af det færdige byggeri.



Brugsfasen vedrører de processer, der relaterer sig til byggevarernes fortsatte ydeevne som en del af bygningen, dvs. vedligehold, udskiftning, reparation samt det løbende forbrug af vand og energi til bygningens drift. Typisk medregnes udskiftning af materialer (B4) som baseres på materialernes forventede levetider, men ikke regelmæssig vedligeholdelse og reparation af materialer og energiforbruget i driften (B6).



Affaldsbehandling (C3 og C4) inkluderer affaldsbehandling som fx forarbejdning før genanvendelse, forbrænding og deponering af materialer. Disse moduler dækker ikke gevinsterne ved genanvendelsen eller forbrændingen, idet det inkluderes i næste modul

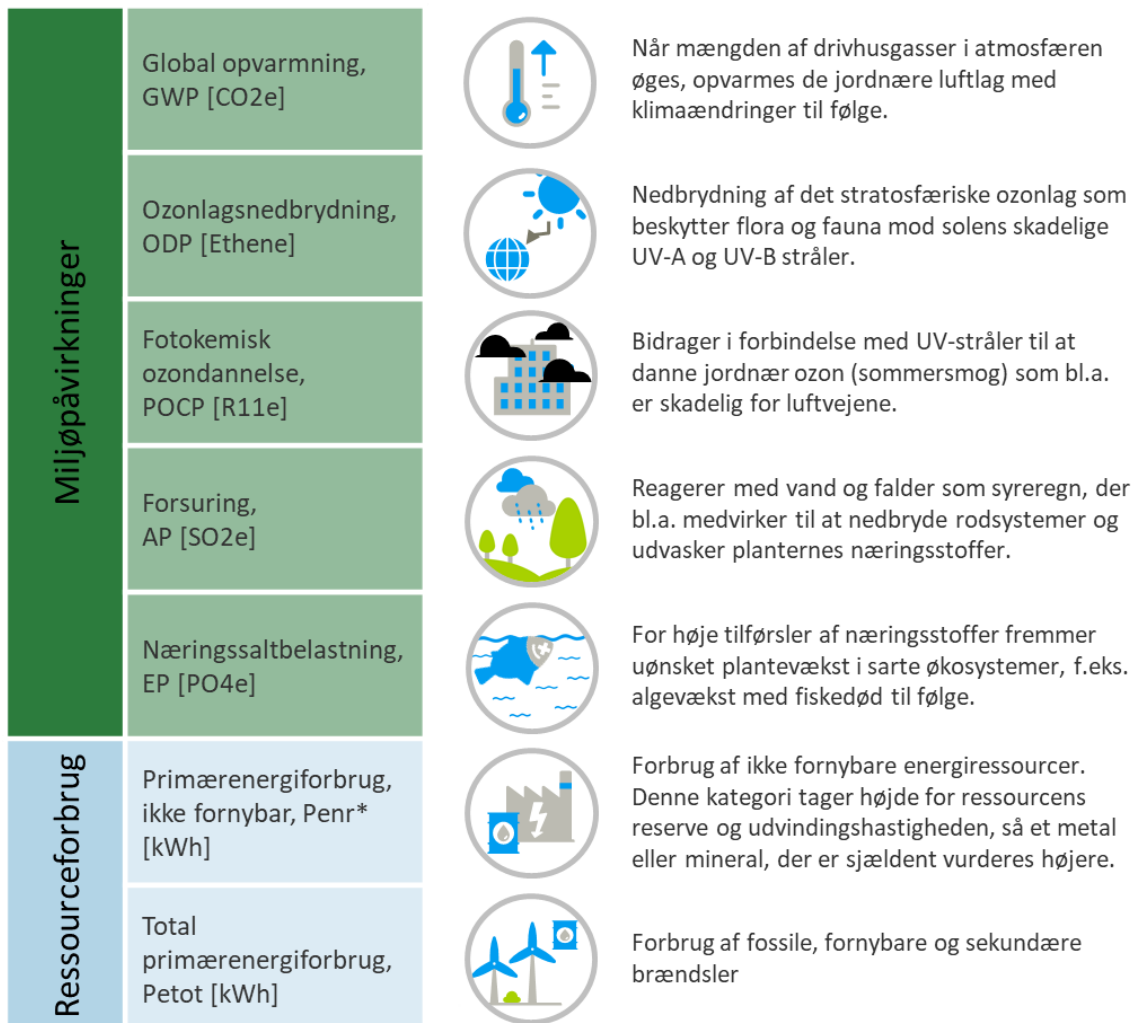


Næste produktsystem (D) inkluderer de beregnede gevinster (og eventuelle ulemper) fra genbrug af materialer og forbrænding af affald. Dette modul dækker dermed fx gevinsten ved genanvendelse af metaller efter endt levetid eller el- og varmeproduktionen ved forbrænding af affald. Modul D beskriver et potentielt fremtidsscenario, da det ikke er garanteret, at det rent faktisk bliver indfriet grundet bygningers lange levetid.

Livscyklusperspektivet er vigtigt for at undgå at forskyde påvirkningerne fra én del af livscyklussen til en anden. Men det er også vigtigt at være opmærksom på de påvirkninger, som sker her og nu, især fordi disse påvirkninger kan beregnes med større sikkerhed, og en reduktion af disse vil have en umiddelbar miljøeffekt.

Miljøpåvirkninger og vægtning

Miljøpåvirkningerne afspejler forskellige former for skader på miljøet, og i Danmark regnes der typisk med følgende kategorier, som er vist i figuren. I den nye DGNB-manual udgår Ozonlagsnedbrydning, og vil derfor ikke være en typisk indikator i fremadrettede danske analyser.



Figuren viser de typiske miljøpåvirkningskategorier, der benyttes i Danmark for en bygnings-LCA.

Hvis forskellige miljøpåvirkningskategorier skal kunne samles i én fælles referenceværdi, kræver det en beslutning om, hvordan disse kategorier skal vægtes op mod hinanden. I DGNB-certificeringen har man fx valgt at klimapåvirkning (CO₂-udledning) skal vægte 2,7 gange højere end de resterende miljøpåvirkninger. Ofte er det også netop klimapåvirkningen, som kommer i fokus og vises i konklusionerne, da det er et højt prioriteret emne i dag. Som det også fremgår af rapporten *Klimavenligt byggeri og LCA – Analyse af udvalgte landes tilgange til klimavenligt byggeri, LCA og samfundsøkonomi*, så er GWP den miljøpåvirkningskategori, der er mest fokus på og den eneste, som går igen på tværs af alle de undersøgte lande, som et krav at rapportere på, både i de forskellige certificeringsordninger samt nationale og lokale reguleringer omkring LCA-beregninger.

Selvom resultater kun opgøres i CO₂-ækvivalenter, er det essentielt at være opmærksom på, at de andre miljøindikatorer kan være yderst relevante og vigtige, hvis den fulde påvirkning for en bygning skal vurderes.

Personækvivalent (LCA)

For at sammenstille samtlige miljøpåvirkninger er det muligt at omregne til personækvivalenter (PE). En personækvivalent giver et udtryk for et års forbrug eller udledning per person af en ressource eller et forurenende stof for en gennemsnitlig EU-borger. Omregningen til personækvivalenter kan ske med hjælp af vægtning af de forskellige miljøækvivalenter.

LCA-værktøjer og data

I Danmark findes det gratis LCA-værktøj LCAByg, som er bredt anvendt i branchen, udviklet af Statens Byggeforskningsinstitut, SBI nu BUILD. Værktøjet har en indbygget generisk database baseret på det tyske Ökobaudat, og giver også mulighed for at anvende specifikke miljødata fra miljøvaredeklarationer også kaldet EPD'er (Environmental Product Declaration). Blandt de andre undersøgte lande er LCA-værktøjet One Click LCA blandt det mest benyttede. Nogle lande har ligesom Danmark et nationalt udviklet værktøj. Det gælder bl.a. i Sverige hvor de har BM-verktyget, som er udviklet af det svenske miljøinstitut (IVL) og i Frankrig hvor de har ELODIE, som er udviklet af det videnskabelige og tekniske center for teknik (CSTB). Generiske databaser varierer også fra land til land, hvor man i UK benytter Bath ICE database, og Sverige og Finland er i samarbejde ved at udarbejde en national generisk database. Det skal derfor nævnes, at da datagrundlaget og LCA-værktøjet i nedenstående cases ikke er ens, kan de ikke sammenlignes på tværs af landene.

Biogent carbon

Biobaserede materialer kan optage, lagre og frigive kulstof igennem deres levetid. Dette

kulstof betegnes også som biogent carbon.

Den nyeste version af produktstandarden for EPD'er (EN 15804) foreskriver, at den lagrede biogene carbon rapporteres separat fra den carbon, der er relateret til fossile brændsler, og den carbon der er relateret til ændret arealanvendelse. Denne opdeling er dog endnu ikke tilgængelig i de data, der danner baggrund for værktøjet LCAByg og der vil derfor være en overgangsfase i de kommende år, hvor det er vigtigt at være opmærksom på denne opdeling eller mangel herpå.

Betragtningsperiode

Det er vigtigt, at bygningens eller systemets betragtningsperiode er angivet således, at det er muligt at sammenligne med andre resultater. Betragtningsperioden for en bygning sættes typisk på til 50-60 år i Europa, mens man i DGNB har haft en kombineret betragtningsperiode på hhv. 50 og 80 år for kontorbyggerier og 120 år for boliger. Forskellige betragtningsperiode gør også LCA-resultater usammenlignelige. En højere betragtningsperiode vil give en mindre miljøpåvirkning pr. år og der vil her også kunne indgå flere udskiftninger af materialer i bygningen.

Materialernes levetider

Byggematerialernes levetider kan baseres på produktgarantier, levetidserklæringer, EPD'er eller SBI anvisning 2013:30 i Danmark, som indeholder en tabel over byggematerialers levetider. Disse levetider er også inkluderet i beregningsværktøjet LCAByg. I UK findes også en tabel i RICS, som benyttes som standardlevetider for nogle bygningskomponenter.

Arealer

Som det fremgår af analysen af de forskellige lande i rapporten *Klimavenligt byggeri og LCA – Analyse af udvalgte landes tilgange til klimavenligt byggeri, LCA og samfundsøkonomi*, så benyttes der forskellige arealer for bygningen i LCA-beregningen i de forskellige lande. Denne forskel skal man være opmærksom på, da det ligesom forskellige betragtningsperioder gør resultater af forskellige LCA'er usammenlignelige. Denne forskel på tværs af landene gør også, at de viste cases ikke kan sammenlignes på tværs af landene. Benyttes bruttoetagearealet frem for nettoetagearealet, vil miljøpåvirkningen blive mindre pr. m². Herudover, kan der også være forskellige regnetekniske metoder til at udregne bruttoetagearealet på tværs af de forskellige lande.

Følsomhed

Den gode livscyklusvurdering bør indeholde en kritisk analyse af hvilken indflydelse ændringer af enkelte variabler vil have på det samlede resultat. Følsomme inputvariabler er kendetegnet ved en relativ stor indflydelse, som dermed kan føre til en større usikkerhed af resultatet. Følsomt inputdata kan både være relateret til bygningens design, materialevalg, dimensioner og arealer eller faktorer som fx valg af miljødata og levetider, som har betydning for antallet af udskiftninger i betragtningsperioden.

Case 1 – Tankefuld (DK)

Livscyklusmoduler



Areal: 2.871 m² (bruttoareal)

Betragtningsperiode: 50 år

Projektperiode: 2018-2021

Placering: Svendborg, Danmark

Bygningstype: Etageboliger

Anlægssum: DKK 47.500.000 inkl. moms

Bygherre: Fyns Almennyttige Boligselskab (FAB)

Rådgivende ingeniører: Rambøll

Arkitekter: C & W Arkitekter

Entreprenør: G.K. Kaysen I/S



Bæredygtighedstiltag

Det overordnede mål for projektet *Tankefuld* har været at have fokus på **miljø**, bæredygtighed samt energi. Herudover er projektet udført iht. den danske udgave af bæredygtighedsordningen DGNB. Det indledende mål var at opnå en sølvcertificering, men ambitionen blev øget til en guldcertificering under processen.

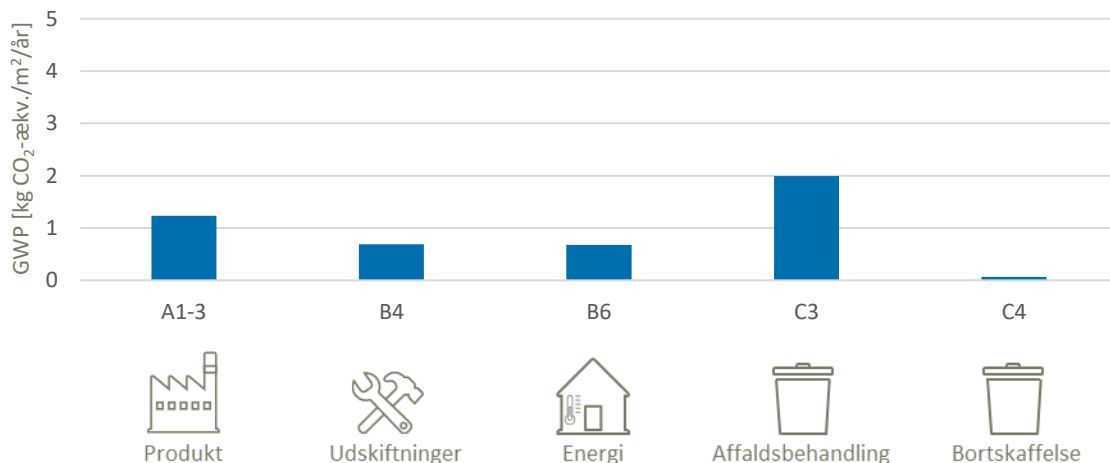
Tankefuld er et træbyggeri, hvor ydervægge, bærende skillevægge samt etageadskillelser er konstrueret af norsk **konstrukstræ**. Træ har en lavere klimapåvirkning end det mere konventionelle byggemateriale beton, der traditionelt benyttes til disse bygningsdele. Randfundamentet samt terrændæk er udført i beton.

Herudover har der været fokus på at øge bebyggelsens **biodiversitet**, hvorfor der er valgt en løsning med begrønnede tage af **sedum**. Bebyggelsen opvarmes med eldrevne **varmepumper**, som i dag betragtes som en grøn opvarmningsform på grund af den store andel af vedvarende energi i elnettet.

Resultater

Nedenstående figur illustrerer klimapåvirkningen målt i globalt opvarmningspotentiale (GWP) for *Tankefuld* fordelt over livscyklusmodulerne, A1-3, B4, B6 og C3-4, som indgår i denne livscyklusvurdering. Den samlede klimapåvirkning, GWP, for *Tankefuld* er på 4,7 kg CO₂-ækv./m²/år udregnet ud fra en betragtningsperiode på 50 år for bygningen. Det samlede primærenergiforbrug (PE_{tot}) er på 34,1 kWh/m²/år.

Livscyklusmoduler



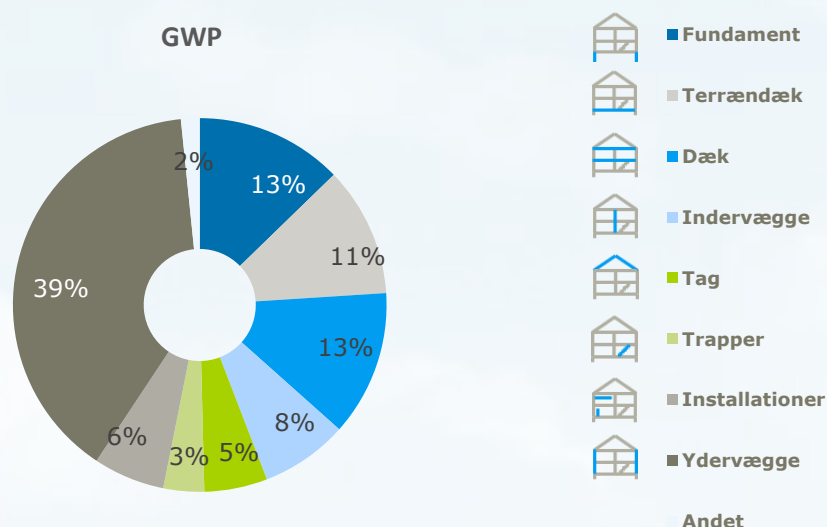
Tankefuld

Ud fra nedenstående to figurer er det illustreret, at det for projektet *Tankefuld* er ydervæggene, der har den højeste klimapåvirkning. Denne udgør 39% af den samlede GWP for bygningsdelene, efterfulgt af fundamentet og dækkene der hver især udgør 13%. Ses der nærmere på materialetyperne, så er det de mineralske materialer, som har den største påvirkning på GWP med 39% efterfulgt af træ med 35%.

I ydervæggene og i etageadskillelserne er det konstruktionstræet, der især bidrager til det globale opvarmningspotentiale. I terrændækket og fundamentet er det betonen. Den lave samlede CO₂-udledning pr. m²/år skyldes til dels, at det er et kompakt etagebyggeri med god udnyttelse af etagearealet, samt at det overvejende er et træbyggeri.

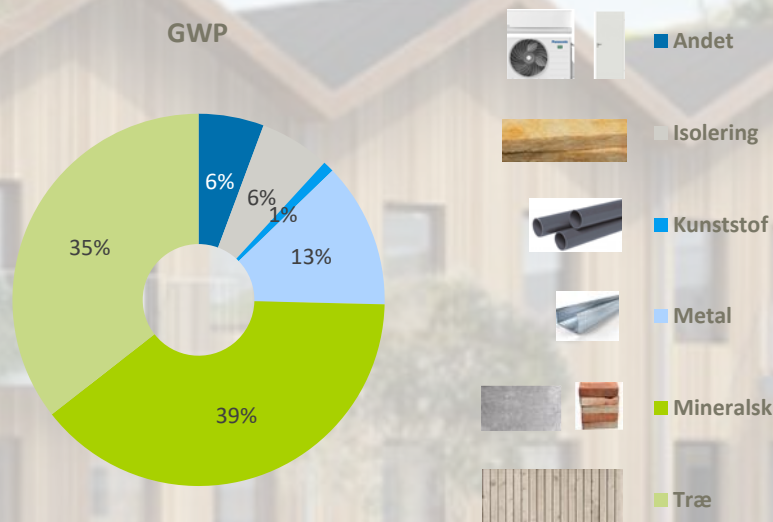
Bygningsdele

Cirkeldiagrammet illustrerer den procentvise fordeling mellem bygningsdele for det samlede globale opvarmningspotentiale (udledning af CO₂-ækv.) for *Tankefuld*. Medtaget i beregningen er livscyklusmodulerne A1-3, B4, C3-4.



Materialer

Cirkeldiagrammet illustrerer den procentvise fordeling af forskellige materialetyper for det samlede globale opvarmningspotentiale (udledning af CO₂-ækv.) for *Tankefuld*. Medtaget i beregningen er livscyklusmodulerne A1-3, B4, C3-4.



Case 2 – Rådyret (DK)

Livscyklusmoduler



Areal: 850 m² (bruttoareal)
Betragtningsperiode: 50 år
Projektperiode: 2017-2019
Placering: Støvring, Danmark
Bygningstype: Offentlig bygning (daginstitution)
Anlægssum: DKK 12.000.000 ekskl. moms (alt inkl.)
Bygherre: Rebild kommune
Bygherrerådgiver: MOE
Rådgivende ingeniører: Rambøll
Arkitekter: Rambøll
Entreprenør: HP byg



Bæredygtighedstiltag

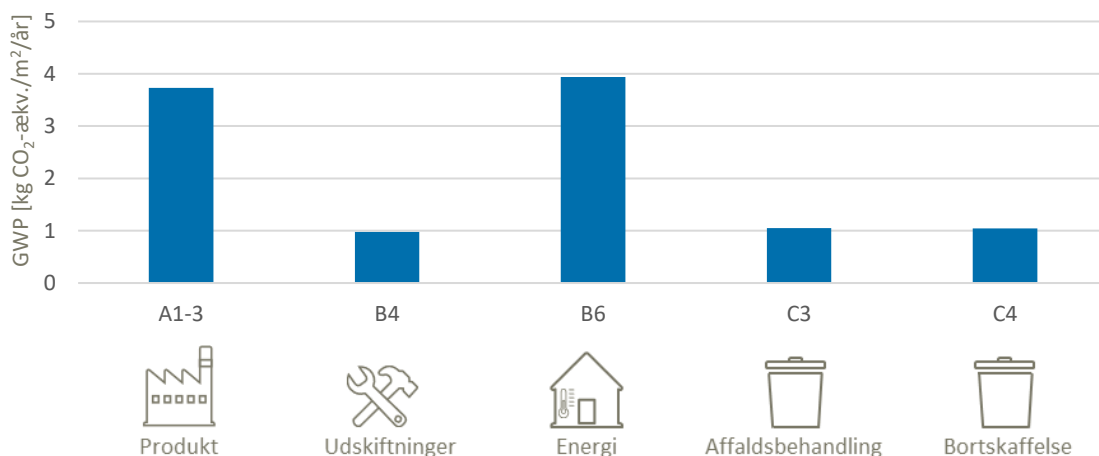
Målsætningen med daginstitutionen var at bygge bæredygtigt inden for både miljømæssige, sociale og økonomiske kvaliteter. Daginstitutionen er derfor DGNB guldcertificeret.

Rådyret er en **træbygning**, hvor både ydervægge samt indervægge er opbygget af et træskellet og tagkonstruktionen består af spærtræ. Når man bygger i træ har man en lavere klimapåvirkning fra de tunge dele i bygningen målt i kg CO₂-ækvivalenter, sammenlignet med f.eks. beton. Træet har lagret CO₂ ved opførelsen, som først ved bygningens endte levetid (her 50 år) afgives til atmosfæren ved forbrænding. Ud over at selve konstruktionen af bygningen er i træ, så er facadebeklædningen også af træ, som er varmebehandlet frem for trykimpregneret.

Resultater

Nedenstående figur illustrerer klimapåvirkningen målt i globalt opvarmningspotentiale (GWP) for *Rådyret* fordelt over livscyklusmodulerne, A1-3, B4, B6 og C3-4, som indgår i denne livscyklusvurdering. Den samlede klimapåvirkning, GWP, for *Rådyret* er på 10,7 kg CO₂-ækv./m²/år udregnet ud fra en betragtningsperiode på 50 år for bygningen. Det samlede primærenergiforbrug (PE_{tot}) er på 61,0 kWh/m²/år.

Livscyklusmoduler

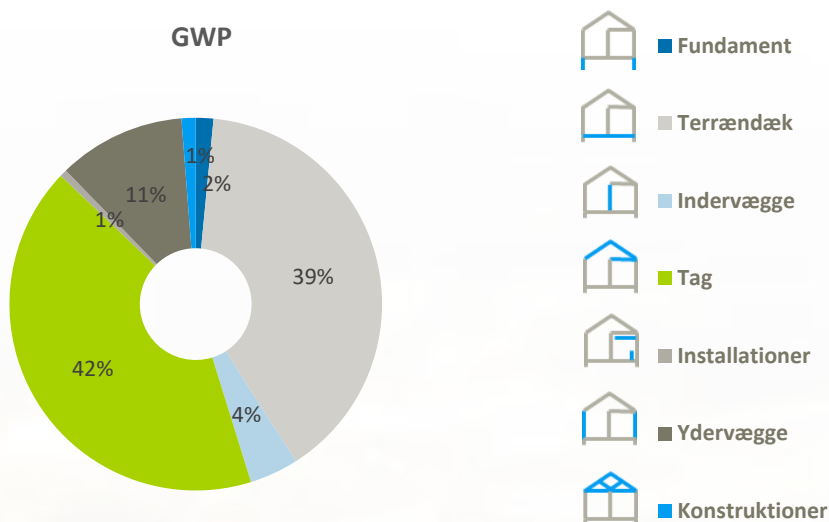


Rådyret

Ud fra nedenstående to figurer er det illustreret, at det for projektet *Rådyret* er taget, der har den højeste klimapåvirkning. Taget udgør 42% af den samlede GWP for bygningsdelene, efterfulgt af terrændækket der udgør 39%. Ses der nærmere på materialetyperne, så er det isoleringen, der har den største påvirkning på GWP med 49% efterfulgt af kunststof med 25%. Der er i taget 400 mm trykfast isolering og i terrændækket 400 mm EPS, som er årsagen til, at isoleringen udgør så høj en andel af den samlede miljøpåvirkning. Da det er en institution, er der lagt et gummigulv, som har en høj GWP, hvilket medfører, at kunststof-andelen er høj. Rådyret er en bygning med højt til loftet, hvilket betyder, at den samlede GWP pr. m² pr. år bliver højere end en tæt bygning med en mere effektiv rum- og arealudnyttelse.

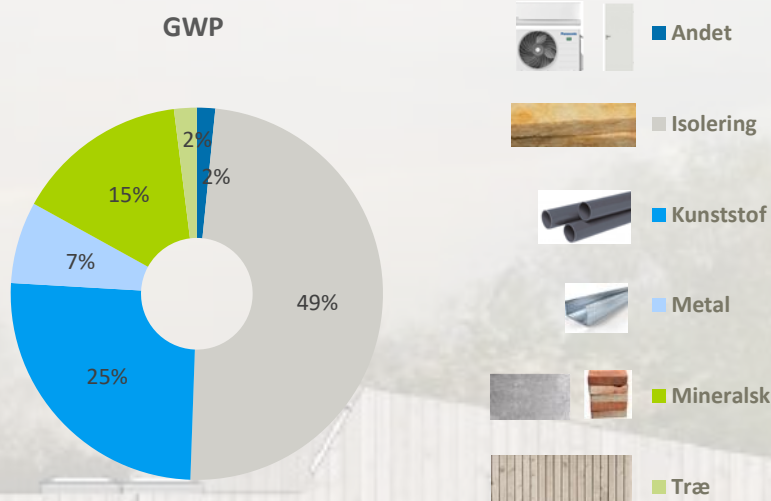
Bygningsdele

Cirkeldiagrammet illustrerer den procentvise fordeling mellem bygningsdele for det samlede globale opvarmingspotentiale (CO₂-udledning) for *Rådyret*. Medtaget i beregningen er livscyklusmodulerne A1-3, B4, C3-4, der tilsammen har en klimapåvirkning på 6,8 kg CO₂-ækv./m²/år.



Materialer

Cirkeldiagrammet illustrerer den procentvise fordeling af forskellige materialetyper for det samlede globale opvarmingspotentiale (CO₂-udledning) for *Rådyret*. Medtaget i beregningen er livscyklusmodulerne A1-3, B4, C3-4, der tilsammen har en klimapåvirkning på 6,80 kg CO₂-ækv./m²/år.



Case 3 – Ramboll Village (FI)

Livscyklusmoduler



Billede fra:
<https://www.peikko.com/reference/ramboll-finland-oy-head-office/>

Areal: 31.000 m² med parkeringshal

Betragtningsperiode: 60 år

Projektperiode: 2016-2019

Placering: Espoo, Finland

Bygningstype: Kontorbyggeri

Bygherre: Keva

Rådgivende ingeniører: Ramboll Finland Oy

Arkitekter: C&J Architects

Entreprenør: Hartela Etelä-Suomi Oy

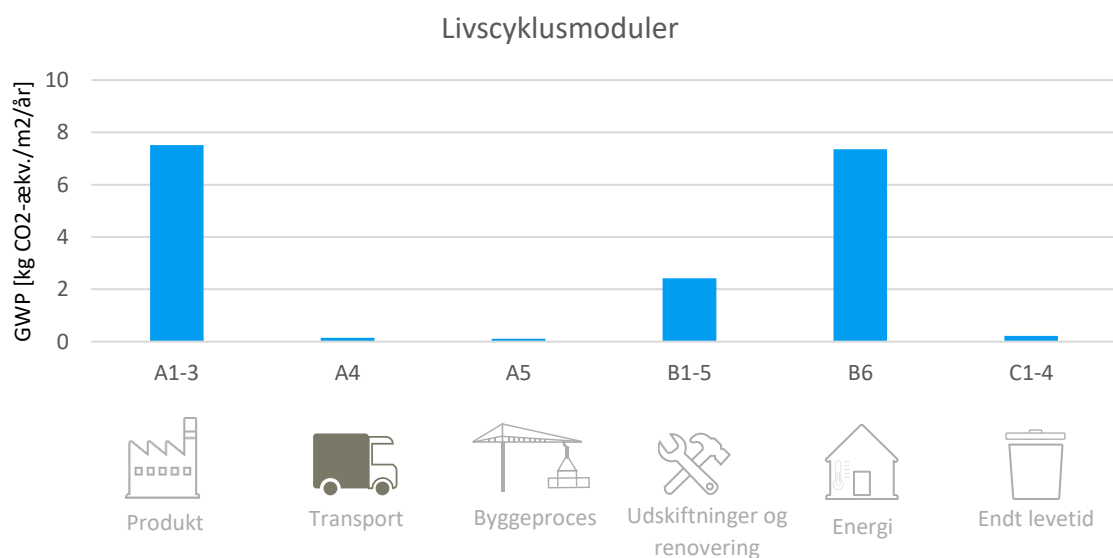


Bæredygtighedstiltag

Ramboll Village er et kontorbyggeri hvor både **livscyklustankegangen** samt **energieffektivitet** har været i højsædet. I design- og udførelsesfasen af bygningen har begreber som energieffektivitet, miljøvenlighed, **bæredygtige materialer** og **fleksibilitet** spillet en afgørende rolle. Den primære opvarmingskilde er **geotermisk varme**, den resterende kommer fra fjernvarme. Køling af bygningen produceres geotermisk og ved vandkøling. Der er placeret **solceller** på taget, som bruges til grøn energi i bygningen. Bygningen er **LEED Gold** certificeret.

Resultater

Nedenstående figur illustrerer klimapåvirkningen målt i globalt opvarmingspotentiale (GWP) for *Ramboll Village* fordelt over livscyklusmodulerne, A1-3, A4, A5, B1-5, B6 og C1-4, som indgår i denne livscyklusvurdering. Den samlede klimapåvirkning, GWP, for *Ramboll Village* er på 17,8 kg CO₂-ækv./m²/år udregnet ud fra en betragtningsperiode på 60 år for bygningen.

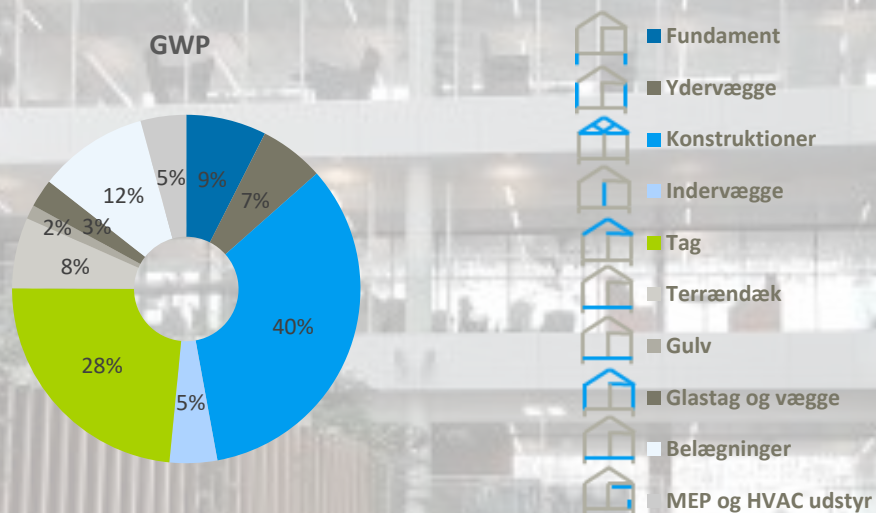


Ramboll Village

Ud fra nedenstående to figurer er det illustreret, at det for projektet *Ramboll Village* er bygningsdelene Konstruktioner samt Tag, der har den højeste GWP og udgør henholdsvis 40% og 28% af den samlede GWP for livscyklusmodulerne A1-3. Ses der nærmere på materialetyperne, så er det beton samt stål og andre metaller, der udgør den største del af den samlede GWP for A1-3, på henholdsvis 30% og 26%.

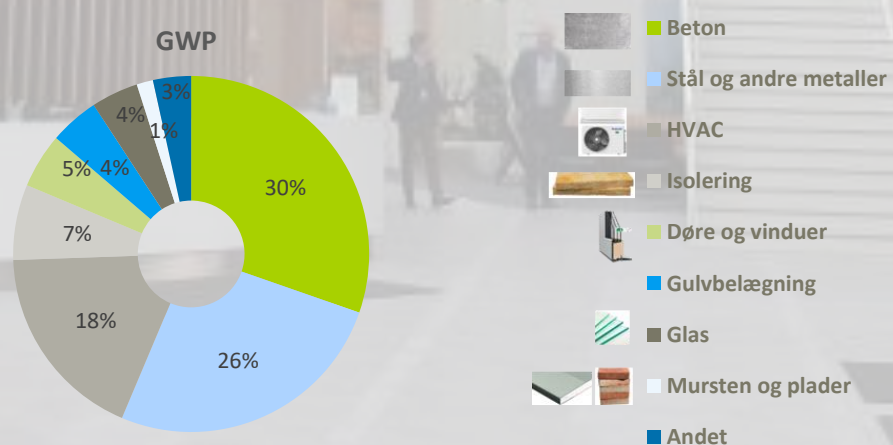
Bygningsdele

Cirkeldiagrammet illustrerer den procentvise fordeling mellem bygningsdele for det samlede globale opvarmningspotentiale (udledning af CO₂-ækv.) for *Ramboll Village*. Fordelingen er lavet ud fra livscyklusmodulerne A1-3, dvs. kun produktfasen, hvor miljøpåvirkningen er 7,5 kg CO₂-ækv./m²/år.



Materialer

Cirkeldiagrammet illustrerer den procentvise fordeling af forskellige materialetyper for det samlede globale opvarmningspotentiale (udledning af CO₂-ækv.) for *Ramboll Village*. Fordelingen er lavet ud fra livscyklusmodulerne A1-3, dvs. kun produktfasen, hvor miljøpåvirkningen er 7,5 kg CO₂-ækv./m²/år.



Case 4 – JJK Coffee Processing Plant (NO)

Livscyklusmoduler



Areal: 8.794 m²

Betragtningsperiode: 60 år

Projektperiode: 2015-2020

Placering: Vestby, Norge

Bygningstype: Kontor og lager

Bygherre: Joh. Johannson Kaffe AS

Rådgivende ingeniører: Rambøll, Control, COWI, Bright, Sweco, Albert ØInes, LUVA Prosjekt, Structor

Fredrikstad, Multiconsult, AF Energi & Miljøteknikk

Arkitekter: Astrup & Hellern Architects

Entreprenør: AF Gruppen

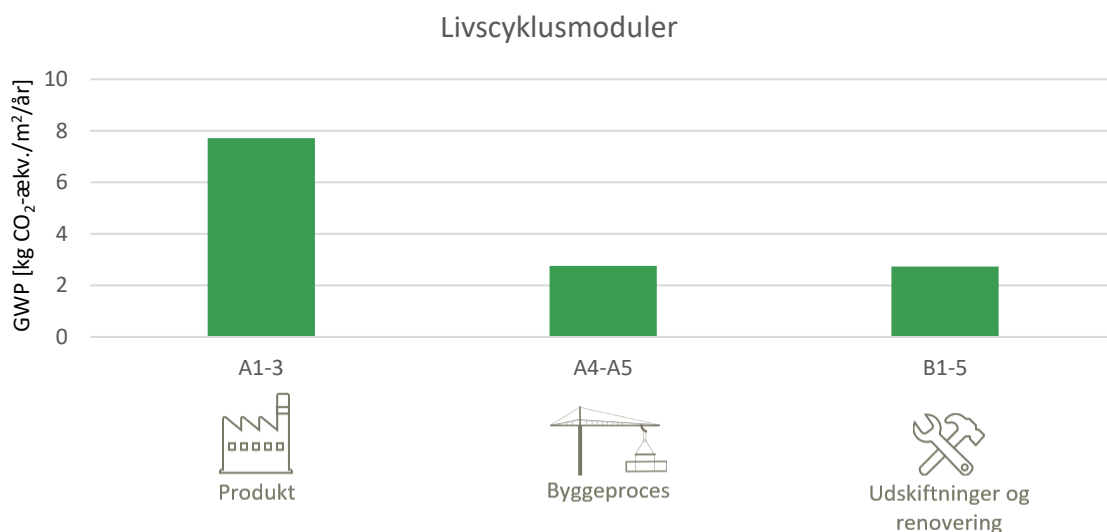


Bæredygtighedstiltag

Bygningens konstruktioner består af **massivtræ**, på nær de nødvendige bygningsdele, som er udført i beton med en lav udledning af CO₂-ækv. Målet med projektet var at opfylde kravene i det norske **ZEB-COM** (zero emission building), hvor bygningens vedvarende energi kompenserer for drivhusgasemissioner fra produktion af materialer og driftsenergi i hele bygningens levetid. Facaden er udstyret med **solceller** som fra 2020 vil kompensere for de emissioner, der udledes ved betjening af bygningen (ZEB-O). For at opnå klimaneutralitet over 60 år, tages der højde for, at det kan være nødvendigt at udvide bygningens solcelleanlæg. **BREEAM-NOR 'Excellent'** er opnået ved projektets afslutning.

Resultater

Nedenstående figur illustrerer klimapåvirkningen målt i globalt opvarmningspotentiale (GWP) for *JJK Coffee Processing Plant* fordelt over livscyklusmodulerne, A1-3, A4-5 og B1-5, som indgår i denne livscyklusvurdering. Den samlede klimapåvirkning, GWP, for *JJK Coffee Processing Plant* er på 13,2 kg CO₂-ækv./m²/år udregnet ud fra en betragtningsperiode på 60 år for bygningen. Byggeriets høje loftshøjde i produktionshallerne samt særlige planudformning er med til at øge udledningen af CO₂-ækv./m²/år.



Case 5 – Kongens gate 21 (NO)

Livscyklusmoduler



Areal: 26.000 m²

Betragtningsperiode: 60 år

Projektperiode: 2017-2020

Placering: Kongens gate 21, Oslo, Norge

Bygningstype: Kontor

Bygherre: Kongens gate 21 AS (Tristan Holding, Malling & Co. og Vedal

Rådgivende ingeniører: Rambøll

Arkitekter: KIMA Arkitektur



Bæredygtighedstiltag

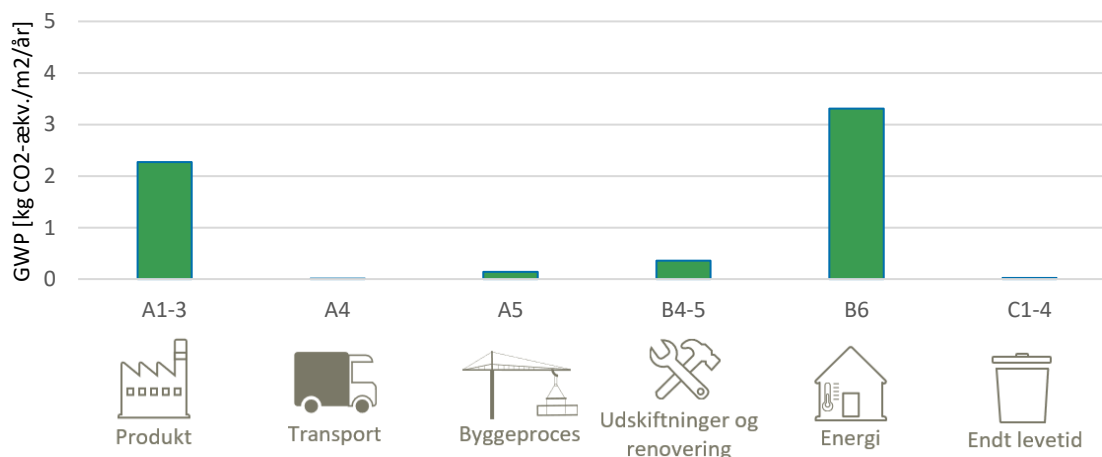
Kongens Gate 21 er fra 1924 og har en **fredet facade**. Renoveringen har ført til et moderne kontor i harmoni med bygningens **historiske kvaliteter**. Bygningens stueetage er åben for offentligheden med butikker, restauranter og cafeer. Hovedinitiativet ved renoveringen har været den adaptive **genanvendelse** af bygningens facade og gulve.

Byggeriet har opnået **BREEAM-NOR certificering** til niveau "Very good".

Resultater

Nedenstående figur illustrerer klimapåvirkningen målt i globalt opvarmningspotentiale (GWP) for *Kongens Gate 21* fordelt over livscyklusmodulerne, A1-3, A4, A5, B4-5, B6 og C1-4, som indgår i denne livscyklusvurdering. Den samlede klimapåvirkning, GWP, for *Kongens Gate 21* er på 6,1 kg CO₂-ækv./m²/år udregnet ud fra en betragtningsperiode på 60 år for bygningen. Som det ses af nedenstående figur, er det driftsforbruget af bygningen, som har den højeste CO₂-udledning af livscyklusmodulerne.

Livscyklusmoduler

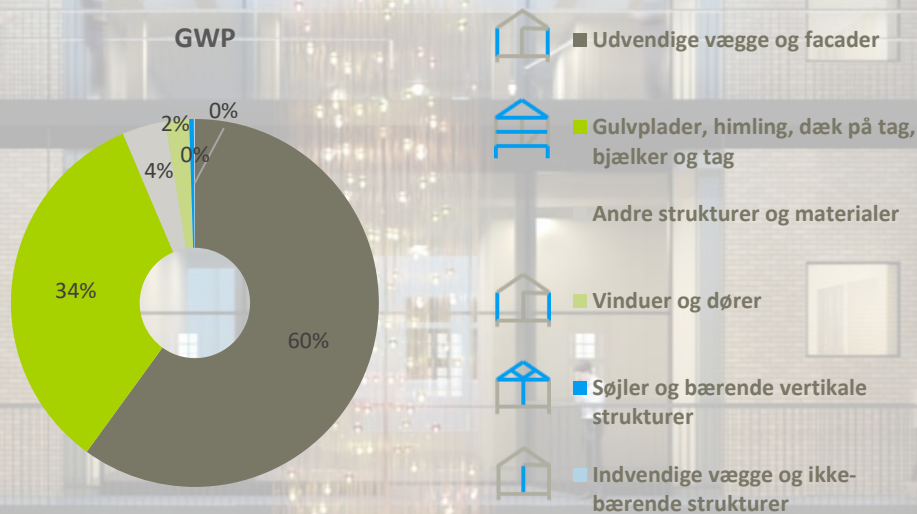


Kongens gate 21

Ud fra nedenstående to figurer er det illustreret, at det for projektet *Kongens Gate 21* er bygningsdelen Udvendige vægge og facader, der har den højeste GWP og udgør 60% af den samlede GWP for bygningsdelene for livscyklusmodulerne A1-3. Ses der nærmere på materialetyperne, så er det stål og andre metaller, der tilsammen udgør 67% af den samlede GWP.

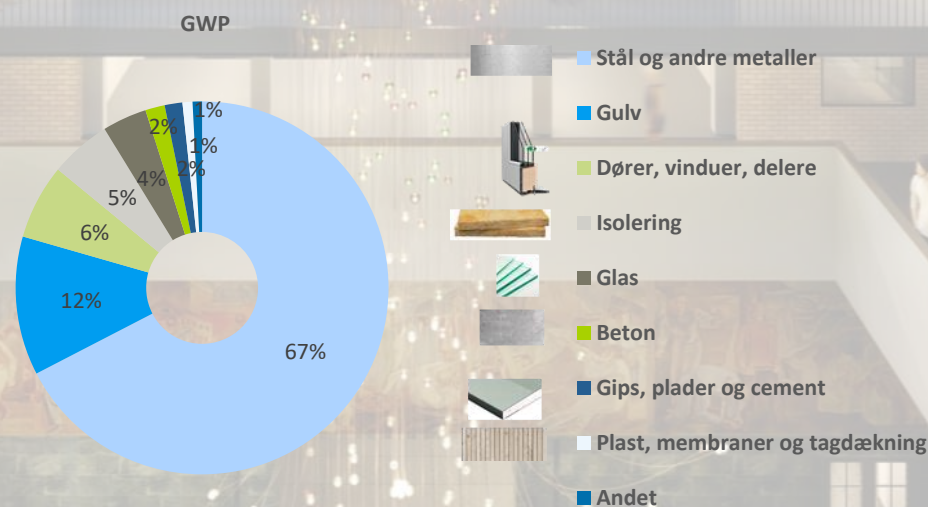
Bygningsdele

Cirkeldiagrammet illustrerer den procentvise fordeling mellem bygningsdele for den samlede GWP for *Kongens Gate 21*. Fordelingen er lavet ud fra livscyklusmodulerne A1-3, dvs. kun produktfasen, hvor miljøpåvirkningen er 2,3 kg CO₂-ækv./m²/år.



Materialer

Cirkeldiagrammet illustrerer den procentvise fordeling af forskellige materialetyper for den samlede GWP for *Kongens Gate 21*. Fordelingen er lavet ud fra livscyklusmodulerne A1-3, dvs. kun produktfasen, hvor miljøpåvirkningen er 2,3 kg CO₂-ækv./m²/år.



Case 6 – Quality Hotel™ Arlanda XPO (SE)

Livscyklusmoduler



Areal: 8700 m²

Betragtningsperiode: 60 år

Projektperiode: 2018-2020

Placering: Cederströms Slinga, 195 95 Arlandastad, Sverige.

Eksisterende industriområde tæt på Arlanda lufthavn, som er under udvikling.

Bygningstype: Hotel med 209 hotelværelser

Anlægssum: Estimeret 25 000 000 SEK

Bygherre: Arlandastad holding AB

Rådgivende ingeniører: Looström, Bravida og Rambøll

Arkitekter: Westner + Elsner

Entreprenør: Strängbetong og Isolamin Hotel modules



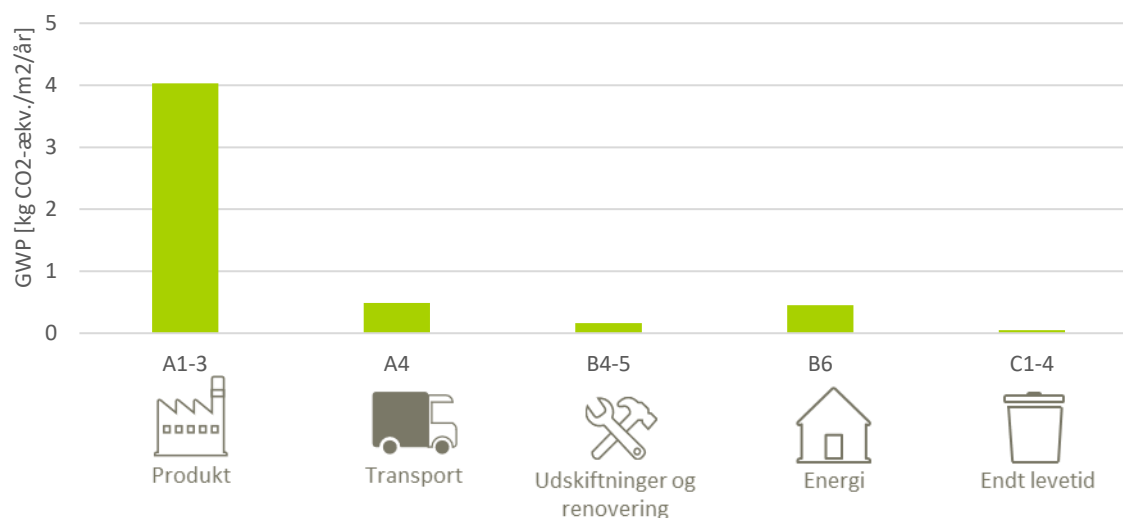
Bæredygtighedstiltag

Byggeriet er en udvidelse af et eksisterende hotel. Udvidelsen af hotellet er bygget som en separat bygning, der er forbundet til det eksisterende hotel via en gangbro. Byggeriet er foretaget **uden affald** fra konstruktioner på byggepladsen, da hele bygningen består af **præfabrikerede moduler**. Der er kun anvendt **lokalt** producerede materialer, samtidig med at modulfabrikanterne har en optimeret fremstilling, som kun anvender **grøn energi**. Byggeriet sigter mod **BREEAM NC SE 2017 Level Excellent**. Designfasens certificering foretages i slutningen af 2020.

Resultater

Nedenstående figur illustrerer klimapåvirkningen målt i globalt opvarmningspotentiale (GWP) for *Quality Hotel Arlanda XPO* fordelt over livscyklusmodulerne, A1-3, A4, B4-5, B6 og C1-4, som indgår i denne livscyklusvurdering. Den samlede klimapåvirkning, GWP, for *Quality Hotel Arlanda XPO* er på 5,2 kg CO₂-ækv./m²/år beregnet ud fra en betragtningsperiode på 60 år for bygningen.

Livscyklusmoduler

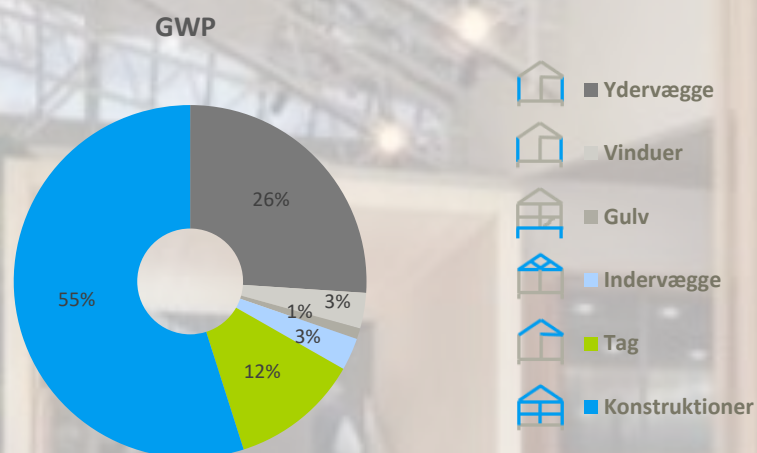


Quality Hotel™ Arlanda XPO

Ud fra nedenstående to figurer er det illustreret, at det for projektet *Quality Hotel Arlanda XPO* er de bærende konstruktioner, der har den højeste klimapåvirkning, som udgør 55% af den samlede GWP for bygningsdelene, efterfulgt af ydervæggene, der udgør 26%. Ses der nærmere på materialetyperne, så er det stål, der har den største påvirkning på GWP med 59% efterfulgt af beton med 17%.

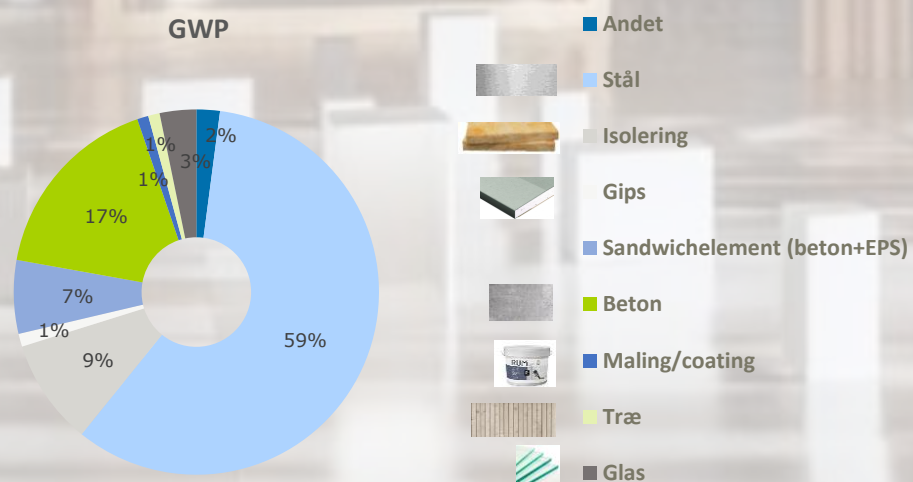
Bygningsdele

Cirkeldiagrammet illustrerer den procentvise fordeling mellem bygningsdele for den samlede GWP for *Quality Hotel Arlanda XPO*. Medtaget i beregningen er livscyklusmodulerne A1-3, der tilsammen har en klimapåvirkning på 4,0 kg CO₂-ækv./m²/år.



Materialer

Cirkeldiagrammet illustrerer den procentvise fordeling af forskellige materialetyper for den samlede GWP for *Quality Hotel Arlanda XPO*. Medtaget i beregningen er livscyklusmodulerne A1-3, der tilsammen har en klimapåvirkning på 4,0 kg CO₂-ækv./m²/år.



Case 7 – Ångström Hus 10 (SE)

Livscyklusmoduler



Credit: PE Teknik & Arkitektur

Areal: 21.246 m²

Projektperiode: 2018-2022

Placering: Uppsala, Sverige (eksisterende område)

Bygningstype: Universitet med kontorarealer

Anlægssum: 1,2 billion SEK (byg Hus 9 og 10)

Bygherre: Akademiska Hus

Rådgivende ingeniører: Rambøll (bæredygtighed og energi)
m.fl.

Arkitekter: PE Teknik & Arkitektur

Entreprenør: NCC

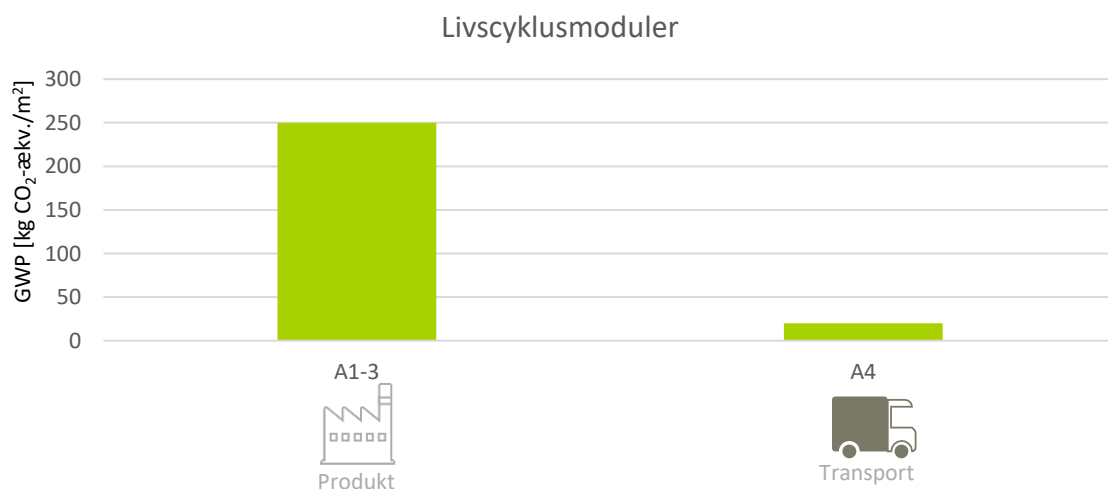


Bæredygtighedstiltag

Med universitetsbygningen er det målet at skabe et innovativt tværfagligt forsknings- og uddannelsesmiljø, som kan imødekomme fremtidens krav til et førende internationalt universitet. I byggeriet er der fokus på **energieffektivitet** og **minimering af giftige stoffer** i byggematerialer, samt en arbejdsproces med **tæt samarbejde** mellem konsulenterne og entreprenørerne i både design- og konstruktionsfasen, for at sikre bygningens kvalitet. Byggeriet bliver Miljöbyggnad-certificeret til sølv niveau.

Resultater

Nedenstående figur illustrerer klimapåvirkningen målt i globalt opvarmningspotentiale (GWP) for *Ångström Hus 10*, fordelt over livscyklusmodulerne, A1-3 og A4, som indgår i denne livscyklusvurdering. Den samlede klimapåvirkning, GWP, for *Ångström Hus 10* er på 270 kg CO₂-ækv./m². Klimapåvirkningerne er beregnet i forbindelse med Miljöbyggnad-certificering som stiller krav til kortlægning af livscyklusmodulerne A1-3 og A4 for sølv-niveau. Der er derfor ingen betragtningsperiode for byggeriet medtaget i beregningen, og resultatet er opgjort i kg CO₂-ækv/m².

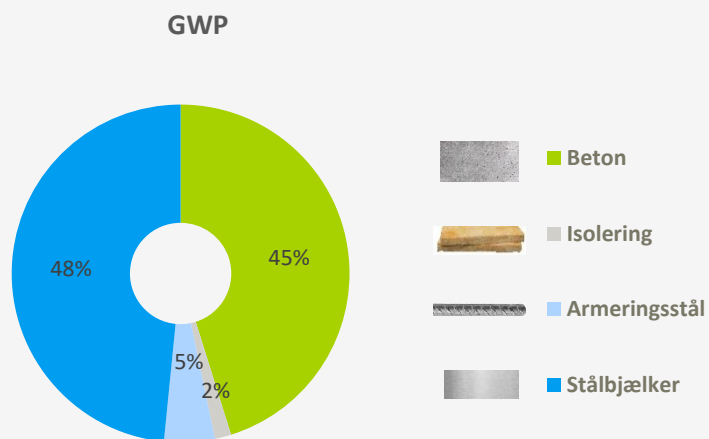


Ångström Hus 10

Ud fra nedenstående figur, som illustrerer klimapåvirkningerne fordelt på materialetyper for A1-3, ses det, at det er stålbjælkerne, som udgør den største andel på 48% af den samlede GWP, efterfulgt af beton som udgør 45% af den samlede GWP for projektet *Ångström Hus 10*. For LCA lavet i Miljöbyggnad er det ikke alle materialer, som er inkluderet, og resultaterne er derfor ikke sammenlignelige med andre LCA'er. Der er både anvendt generiske data og EPD'er for de analyserede materialer.

Materialer

Cirkeldiagrammet illustrerer den procentvise fordeling af forskellige materialetyper for den samlede GWP for *Ångström Hus 10*. Fordelingen er lavet ud fra livscyklusmodulerne A1-3, dvs. kun produktfasen, hvor miljøpåvirkningen er 250 kg CO₂-ækv./m².



Case 8 – Almgården förskola (SE)

Livscyklusmoduler



Areal: 1.116 m²

Projektperiode: 2018-2020

Placering: Gävle, Sverige (eksisterende byområde)

Bygningstype: Daginstitution

Bygherre: Gavlefastigheter

Rådgivende ingeniører: Rambøll (bæredygtighed) m.fl.

Arkitekter: m3A Arkitektur AB

Entreprenør: SEHED Bygg



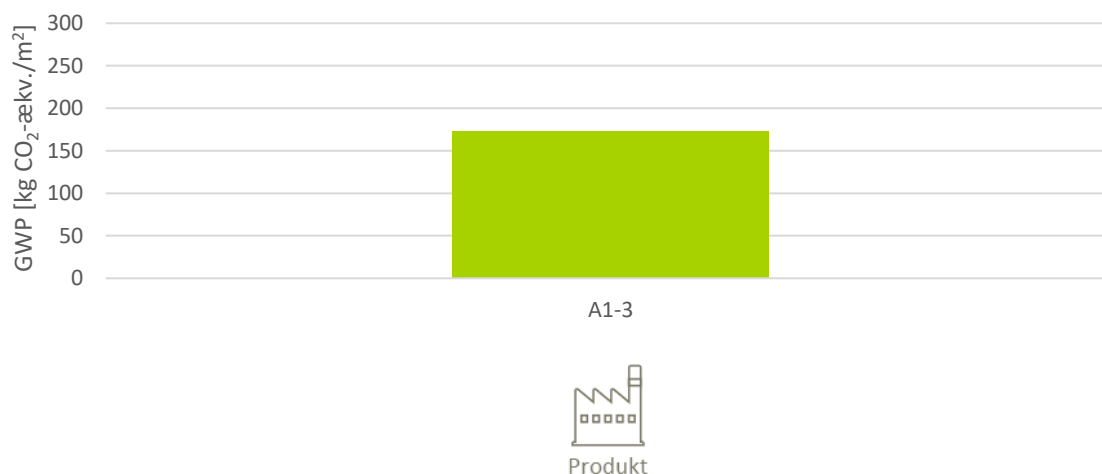
Bæredygtighedstiltag

Almgården förskola er en nybygget daginstitution med inspirerende læringsmiljøer til børn. Byggeriet opføres klimavenligt med bl.a. fokus på **reduktion af byggeriets energibehov** med nøje planlagte konstruktioner og installationer samt **minimering af giftige stoffer** i byggematerialer. Byggeriet anvender grøn energi ved at have installeret **solcellepaneler**. Almgården förskola er certificeret med **Miljöbyggnad til bronze-niveau**.

Resultater

Nedenstående figur illustrerer klimapåvirkningen målt i globalt opvarmningspotentiale (GWP) for *Almgården förskola*, fordelt over livscyklusmodulerne; A1-3, som indgår i denne livscyklusvurdering. Den samlede klimapåvirkning, GWP, for *Almgården förskola* er på 173 kg CO₂-ækv./m². Klimapåvirkningerne er beregnet i forbindelse med Miljöbyggnad-certificering, som stiller krav til kortlægning af livscyklusmodulerne A1-3 for bronze-niveau. Der er derfor ingen betragtningsperiode for byggeriet medtaget i beregningen, og resultatet er opgjort i kg CO₂-ækv/m².

Livscyklusmoduler

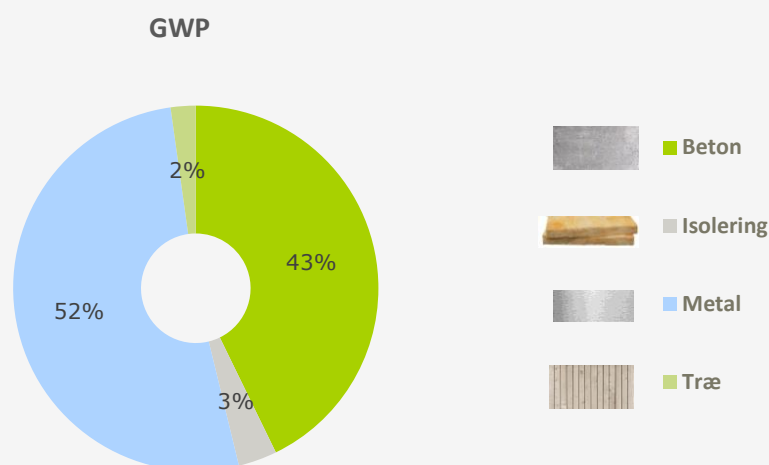


Almgården förskola

Ud fra nedenstående figur, som illustrerer klimapåvirkningerne fordelt på materialetyper, ses det, at det er metal, som udgør den største andel på 52 % af den samlede GWP, efterfulgt af beton som udgør 43 % af den samlede GWP for projektet *Almgården förskola*.

Materialer

Cirkeldiagrammet illustrerer den procentvise fordeling af forskellige materialetyper for den samlede GWP for *Almgården förskola*. Fordelingen er lavet ud fra livscyklusmodulerne A1-3, dvs. kun produktfasen, hvor miljøpåvirkningen er 173 kg CO₂-ækv./m².



Case 9 – Cherry Park (UK)

Livscyklusmoduler



Areal: 145.032 m² (nettoareal, GIA)

Betragtningsperiode: 60 år

Projektperiode: 2019-2025

Placering: Newham (bydel i London), England

Bygningstype: Ny bydel med lejligheder, kontorer, butikker

Anlægssum: £ 674.704.381

Bygherre: Unibail Rodamco Westfield (URW)

Bygherrerådgiver: N/A

Rådgivende ingeniører: Walsh (konstruktioner), Rambøll UK
(bæredygtighed)

Arkitekter: PRP architects

Entreprenør: N/A



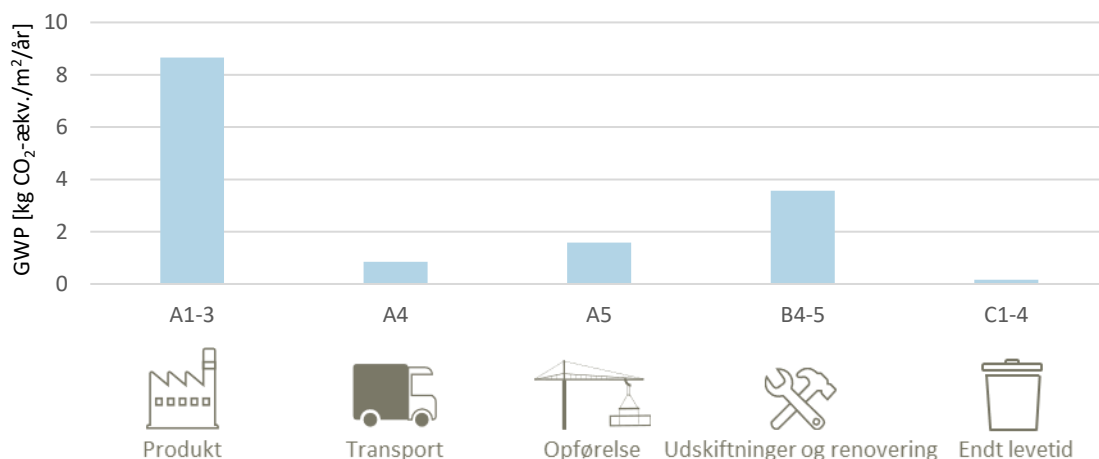
Bæredygtighedstiltag

Cherry Park er et udviklingsprojekt primært bestående af beboelse i bydelen Newham i London. Rambøll UK er kommet ind i projektet ved RIBA stage 5, som er opførelsesfasen, hvorfor der ikke har kunnet laves væsentlige ændringer i designet. Bygherre (URW) har et krav til indlejret CO₂ for livscyklusmodulerne A1-5 ud fra deres virksomheds strategiske **målsætninger mod 2030**. URW har baseline på 850 CO₂-ækv./m² (GIA), som gradvis mindskes til 553 kg CO₂-ækv./m² (GIA) i 2030. Der har i projektet været stor fokus på brug af **genanvendte materialer**, hvor genanvendelsesprocenten i armeringsstålet er på 98%. Der er benyttet 2,3 gange mere genanvendt materiale ift. UK's RICS Standard for livscyklusanalyse for byggeri. Herudover er der fokus på at **udskifte cementandelen** med alternative materialer som f.eks. kalcineret ler og flyveaske. Projektet har et mål om at opnå en **BREEAM 'very good'** certificering.

Resultater

Nedenstående figur illustrerer miljøpåvirkningen GWP for *Cherry Park* fordelt over livscyklusmodulerne A1-3, A4, A5, B4-5 samt C1-4, som er medtaget i livscyklusberegningen. Den samlede GWP for bygningen er 14,8 kg CO₂-ækv./m²/år med en betragtningsperiode på 60 år. A1-5 har en GWP på 665 kg CO₂-ækv./m², hvorved URL's 2023 målsætning opnås.

Livscyklusmoduler

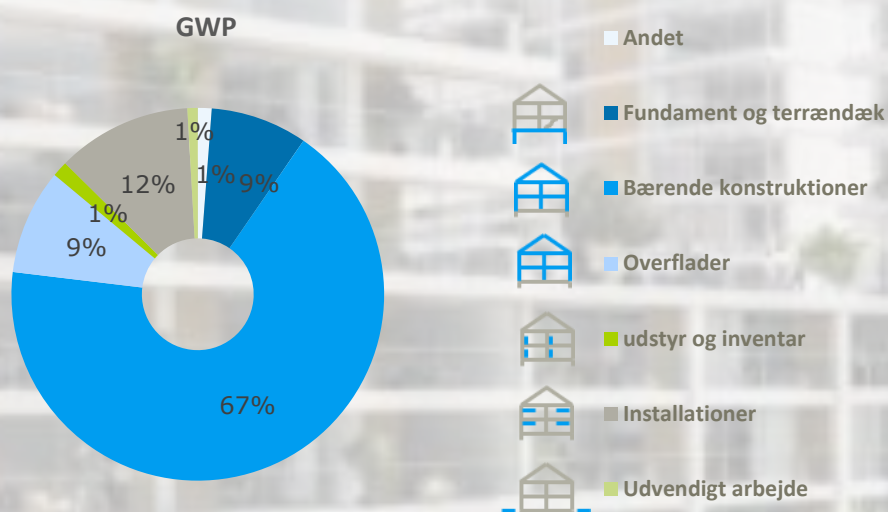


Cherry Park

Ud fra nedenstående to figurer er det illustreret, at det for projektet *Cherry park* er de bærende konstruktioner der har den højeste GWP og udgør 67% af den samlede GWP for bygningsdelene for livscyklusmodulerne A1-3. Ses der nærmere på materialetyperne, så er det beton, facadesystemet og stål, der tilsammen udgør 53% af den samlede GWP. Da beton og stål udgør 38% af den samlede GWP, er det hensigtsmæssigt, at der i projektet har været stor fokus på at øge den procentvise andel af genanvendt stål samt udskifte 50-70% af cementandelen med alternative materialer som f.eks. kalcineret ler og flyveaske for at reducere den samlede GWP.

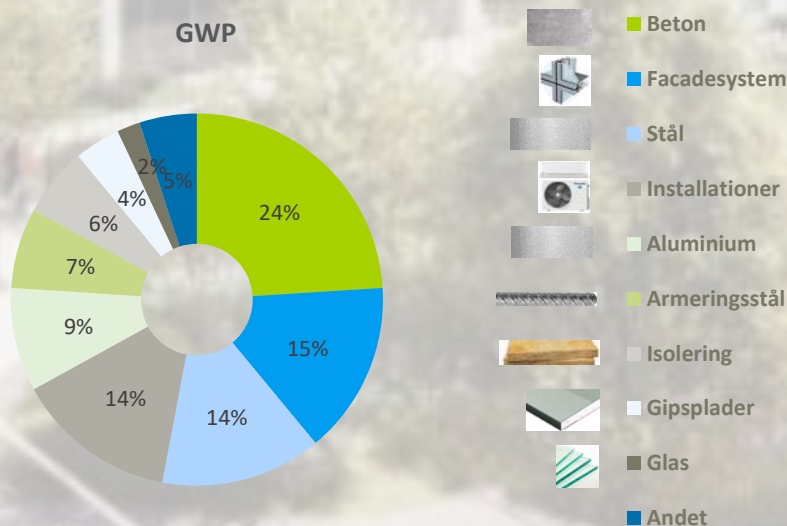
Bygningsdele

Cirkeldiagrammet illustrerer den procentvise fordeling mellem bygningsdele for det samlede globale opvarmingspotentiale (CO₂-udledning) for *Cherry Park*. Fordelingen er lavet ud fra livscyklusmodulerne A1-3, dvs. kun produktfasen, hvor miljøpåvirkningen er 8,7 kg CO₂-ækv./m²/år.



Materialer

Cirkeldiagrammet illustrerer den procentvise fordeling af forskellige materialetyper for det samlede globale opvarmingspotentiale (CO₂-udledning) for *Cherry Park*. Fordelingen er lavet ud fra livscyklusmodulerne A1-3, dvs. kun produktfasen, hvor miljøpåvirkningen er 8,7 kg CO₂-ækv./m²/år.



Case 10 – Westfield Stratford, M7B (UK)

Livscyklusmoduler



Areal: 63.054 m² (nettoareal, GIA)

Betragtningsperiode: 60 år

Projektperiode: RIBA stage 1: 2020

Placering: East London, England

Bygningstype: Kontorbygning i eksisterende bydel

Anlægssum: N/A

Bygherre: Unibail Rodamco Westfield (URW)

Bygherrerådgiver: N/A

Rådgivende ingeniører: Walsh (konstruktioner), Rambøll UK
(bæredygtighed)

Arkitekter: SimpsonHaugh

Entreprenør: N/A



Bæredygtighedstiltag

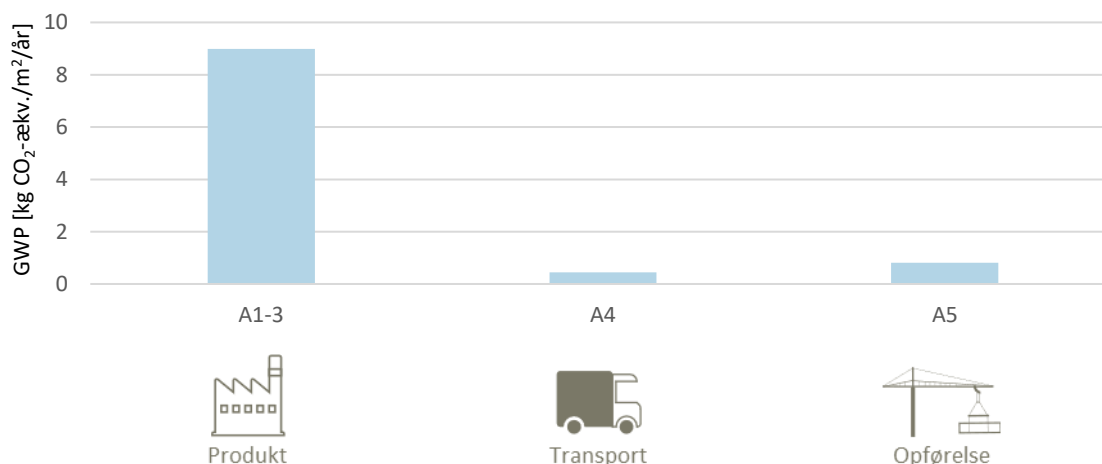
Bygherren URW har deres **egne bæredygtighedsmål og KPI'er**, hvor de på deres byggeprojekter vil opnå en reduktion af CO₂-udledninger på 35% for konstruktionsfasen i 2030 sammenlignet med en baseline værdi fra 2015. Dette svarer til, at de vil opnå en CO₂-udledning på ca. 550 kg CO₂-ækv./m² for livscyklusmodulerne A1-5 i 2030. CO₂-udledningen fra RIBA stage 1 til 2 er faldet med 16%. For at opnå denne reduktion har der været stor fokus på at øge andelen af **genanvendt materiale**, f.eks. stål, samt prioritere lokalt producerede materialer. Herudover er der i projektet fokus på **cirkulær økonomi**, **energigenvinding i varmepumper** samt installation af **solceller** på taget for produktion af elektricitet on site.

Kontorbygningen har en målsætning om at opnå en **BREEAM 'Excellent'** certificering.

Resultater

Nedenstående figur illustrerer miljøpåvirkningen GWP for *Westfield Stratford, M7B* fordelt over livscyklusmodulerne A1-3, A4 og A5 som er medtaget i livscyklusberegningen. Den samlede GWP for bygningen er 10,2 kg CO₂-ækv./m²/år med en betragtningsperiode på 60 år. A1-5 har en GWP på 614 kg CO₂-ækv./m², hvorved URW's 2025 målsætning opnås.

Livscyklusmoduler

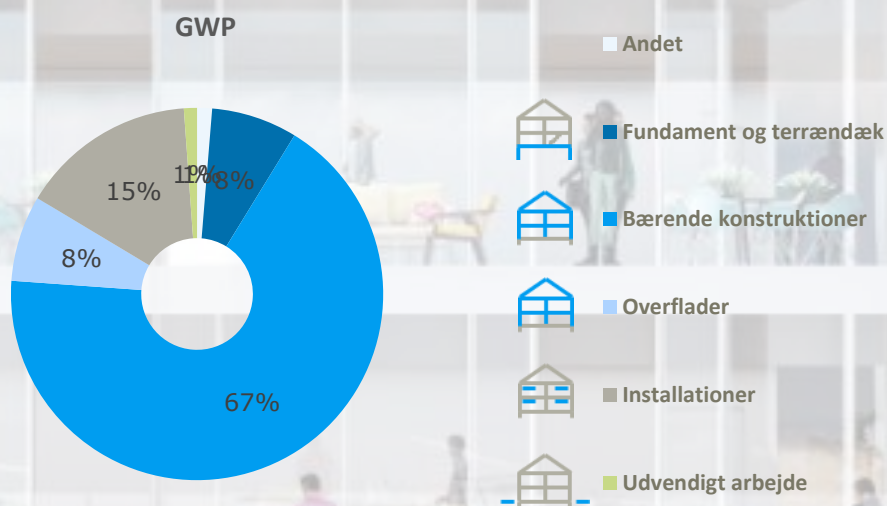


Westfield Stratford, M7B

Ud fra nedenstående to figurer er det illustreret, at det for projektet *Westfield Stratford, M7B* er de bærende konstruktioner, der har den højeste GWP og udgør 67% af den samlede GWP for bygningsdelene for livscyklusmodulerne A1-3. Ses der nærmere på materialetyperne, så er det beton og stål, der har den største påvirkning på den samlede GWP, da de tilsammen udgør 63% af den samlede GWP. Der er en god sammenhæng i, at der mellem RIBA stage 1 og 2 har været fokus på at udskifte 30-70% af cementandelen i betonen med alternative materialer som f.eks. kalcineret ler og flyveaske samt øge andelen af genanvendt stål i konstruktionsstålet fra 20% til mellem 40-90%. Dette har nedbragt CO₂-udledningen med 16%, da disse materialer har en meget stor indflydelse på den samlede GWP.

Bygningsdele

Cirkeldiagrammet illustrerer den procentvise fordeling mellem bygningsdele for det samlede globale opvarmingspotentiale (CO₂-udledning) for *Westfield Stratford, M7B*. Fordelingen er lavet ud fra livscyklusmodulerne A1-3, dvs. kun produktfasen, hvor miljøpåvirkningen er 9,0 kg CO₂-ækv./m²/år.



Materialer

Cirkeldiagrammet illustrerer den procentvise fordeling af forskellige materialetyper for det samlede globale opvarmingspotentiale (CO₂-udledning) for *Westfield Stratford, M7B*. Fordelingen er lavet ud fra livscyklusmodulerne A1-3, dvs. kun produktfasen, hvor miljøpåvirkningen er 9,0 kg CO₂-ækv./m²/år.

