**Aalborg Universitet**

# Klimapåvirkning fra

*45 Træbyggerier*

Andersen, Camilla Marlene Ernst; Garnow, Agnes; Sørensen, Christian Grau; Wittchen, Alexandra; Stranddorf, Liv Kristensen; Hoxha, Endrit; Rasmussen, Freja Nygaard; Birgisdottir, Harpa

*Creative Commons License*
Ikke-specificeret

*Publication date:*
2023

*Document Version*
Også kaldet Forlagets PDF

Link to publication from Aalborg University

*Citation for published version (APA):*
Andersen, C. M. E., Garnow, A., Sørensen, C. G., Wittchen, A., Stranddorf, L. K., Hoxha, E., Rasmussen, F. N., & Birgisdottir, H. (2023). *Klimapåvirkning fra: 45 Træbyggerier*. (1 udg.) Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet. BUILD Rapport Bind 2023 Nr. 10

**General rights**
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

**Take down policy**
If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from vbn.aau.dk on: July 05, 2025

BUILD

RAPPORT

2023:10

# Klimapåvirkning fra:

# 45 Træbyggerier

Camilla Ernst Andersen, Agnes Garnow, Christian Grau Sørensen, Alexandra Wittchen, Liv Kristensen Stranddorf, Endrit Hoxha, Freja Nygaard Rasmussen, Harpa Birgisdottir

# Klimapåvirkning fra: 45 Træbyggerier


| | |
|---|---|
| **TITEL** | Klimapåvirkning fra: 45 Træbyggerier |
| **SERIETITEL** | BUILD Rapport 2023:10 |
| **FORMAT** | Digital |
| **UDGAVE** | 1. Udgave |
| **UDGIVELSESÅR** | 2023 |
| **UDGIVET DIGITALT** | Maj |
| **FORFATTER** | Camilla Ernst Andersen, Agnes Garnow, Christian Grau Sørensen, Alexandra Wittchen, Liv Kristensen Stranddorf, Endrit Hoxha, Freja Nygaard Rasmussen, Harpa Birgisdóttir |
| **FAGFÆLLEBEDØMMER** | Morten Birkved |
| **SPROG** | Dansk |
| **SIDEANTAL** | 187 |
| **LITTERATURHENVISNINGER** | 15 |
| **EMNEORD** | Livscyklusvurdering, Klimapåvirkning, Træbyggeri, Casesamling |
| **ISBN** | 978-87-563-2112-9 |
| **ISSN** | 2597-3118 |
| **FORSIDE** | Agnes Garnow |
| **UDGIVER** | Department of the Built Environment, Aalborg University<br>A.C. Meyers Vænge 15, 2450 Copenhagen SV, build@build.aau.dk,<br>www.build.aau.dk |


This publication is covered by the Danish Copyright Act.

FAGFÆLLE-
BEDØMT

# INDHOLD


**5 Forord**

**6 Introduktion**
8 Indledning
9 Livscycklusvurdering
11 -1/+1-metoden
12 Branchens erfaringer med træ
14 Fremtidens brug af træ

16 **Databehandling**
18 Samlet oversigt over cases
20 Konstruktionstyper
22 Dataindsamling
24 Datamodellering
28 Empiri & interviews
30 Læsevejledning for LCA resultater

**32 Caseresultater**
34 45 træbyggeri cases

**44 Casesamling**
Analyse af 35 cases
46 Skadborg
50 Det Moderne Tanghus
54 Ebeltoft Halmbyggeri
58 Friland
62 Broager
66 Danmarksgrunden Almenbolig+
70 Balancen
74 Timianhaven
78 Skråningen I
82 Skråningen II
86 Grøntorvet Almenbolig+
90 Engdraget
94 Skademosen
98 Lisbjerg Bakke
102 Studio[Home] Lyngby
106 Studio[Home] Ballerup
110 Knudrisrækkerne
114 UN17 Village Kronen
118 Toppen
122 Skousbo I
126 Storkens Kvarter
130 Lethal til street sport
134 Klub Svanen
138 Bakkens Hjerte
142 KUGA
146 Oksenøya Bo- og Behandlingscenter
150 Oksenøya Børnehave
154 Erlev Skole
158 Lysningen
162 Samsø Energiakademi
166 Trondheim Central Station
170 Feldballe Friskole
174 Rosa Daginstitution
178 Karolinelund Børnehave
182 Skolen for livet

**186 Referencer**




# FORORD

Bæredygtighed i byggeriet er i stigende grad i fokus, og dette fokus gælder i særlig grad i forbindelse med at reducere klimaaftrykket for bygninger. Dette har blandt andet resulteret i, at der i 2023 blev indført krav i bygningsreglementet til bygningers klimaaftryk. Her skal bygninger over 1000 $m^2$ nu overholde krav på 12 kg $CO_2$-ækvivalenter per kvadratmeter per år.

I forsøget på at reducere bygningers klimapåvirkning er biobaserede materialer, heriblandt træ, kommet i fokus pga. træets evne til at optage $CO_2$ under væksten og lagre dette indtil nedbrydning ved endt levetid. Derfor bliver biobaserede materialer i høj grad anvendt på grund af det mulige potentiale til at reducere nuværende klimapåvirkninger fra bygninger nu og fremadrettet.

Denne rapport har fokus på det klimamæssige potentiale for brug af biobaserede materialer i byggeriet. Rapporten undersøger 45 træbyggeriers klimapåvirkning sammen med de praktiske udfordringer, der kan ved at bruge træ i byggeriet. Rapporten fremlægger først resultaterne for alle 45 træbyggerier og dernæst en casesamling for 35 af træbyggerierne til inspiration for fremtidig brug af træ i byggeriet.

Publikationen er støttet af Realdania og Villum-fonden. Data og erfaringer på bygningscases er indhentet i samarbejde med arkitekter, ingeniører og byggeriskonstruktører fra Vandkunsten, Arkitema Architects, Lendager Group, Artelia (tidligere MOE), Adserballe & Knudsen, Henning Larsen, EcoCocon Danmark, Arken samt Mikael Skadborg & Martha Lewis.

Rapporten er udarbejdet af BUILD i 2022/2023 af Camilla Ernst Andersen, Agnes Garnow, Chrisitan Grau Sørensen, Alexandra Wittchen, Liv Kristensen Stranddorf, Endrit Hoxha, Freja Nygaard Rasmussen og Harpa Birgisdottir. Rapporten er inden publicering blevet fagfællebedømt af Professor mso Morten Birkved fra Syddansk Universitet, hvem BUILD takker for et konstruktivt samarbejde.

BUILD – Institut for Byggeri, By og Miljø, Aalborg Universitet København, Sektion for Energi og Bæredygtighed i Byggeriet.

Maj 2023

Tine Steen Larsen
Sektionsleder

# INTRODUKTION

# INDLEDNING

Reduktion af det globale klimaaftryk er et centralt emne i dagens samfund. Tidligere har byggeriet primært fokuseret på at reducere driftsenergien i bygninger, men de senere år er der kommet stigende fokus på klimapåvirkningen fra materialer. Biobaserede materialer, herunder træ bliver i høj grad fremhævet, da disse kan bidrage til at sænke klimapåvirkningen fra bygninger sammenlignet med, når der bruges traditionelle materialer. Dette skyldes blandt mere træs evne til at optage og lagre kulstof. Viden om anvendelsen af biobaserede materialer i byggeriet er derfor centralt, når det diskuteres, hvordan klimapåvirkningen fra materialer kan reduceres.

Denne publikation samler den nuværende viden om træbyggerier. Udover at præsentere data fra en række nye nordiske træbyggerier, samler den også viden fra følgende tidligere udgivede rapporter:

- **Anvendelse af træ i byggeriet (Rasmussen et al., 2020)**
- **Klimapåvirkning fra 20 træbyggerier (Andersen et al., 2021)**
- **Erfaringer fra 20 træbyggerier (Wittchen & Rasmussen, 2021)**

Der henvises derfor til de tre ovenstående BUILD-rapporter for en dybere videnskabelig gennemgang af danske træbyggerier, deres klimapåvirkning, samt den anvendte metode til livscyklusvurderingerne.

**Casesamling af træbyggerier**

Publikationen præsenterer først en oversigt over klimapåvirkningen for 45 træbyggerier. Dernæst en casesamling af 35 træbyggerier med fokus på erfaringer med at designe og bygge med træ, og hvilke klimapåvirkninger det enkelte byggeri medfører. Casesamlingen er et opslagsværk til inspiration for dem, som ønsker at bygge med træ.



# LIVSCYKLUSVURDERING

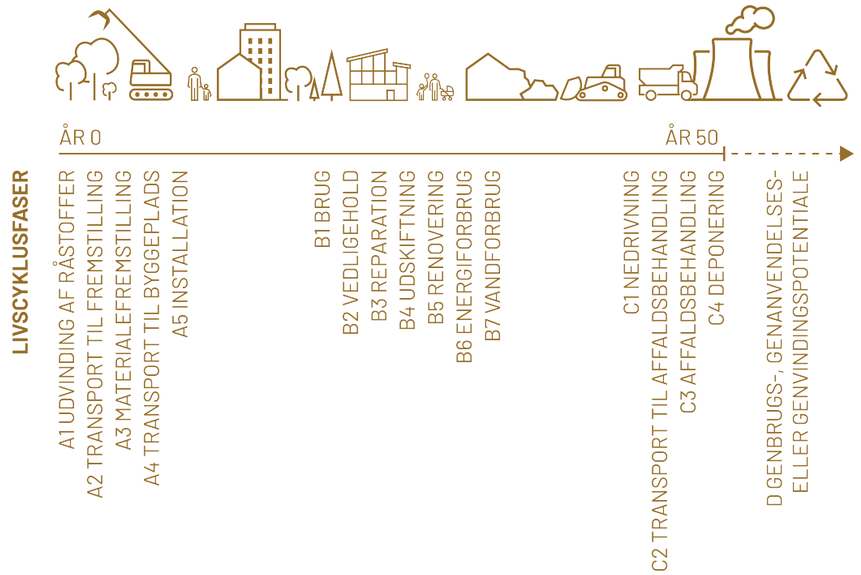
**Hvad er en LCA?**

En livscyklusvurdering (LCA) er en standardiseret metode til vurdering og evaluering af miljøpåvirkninger og ressourceforbrug knyttet til et produkt eller en service, herunder byggeri. LCA kan blandt andet benyttes til at sammenligne miljøpåvirkninger fra hele bygninger, men også fra mindre dele såsom specifikke byggevarer eller -komponenter. En LCA medregner påvirkninger fra hele bygningens livscyklus inddelt i faser. Disse faser dækker over råstofudvinding og fremstilling af materialer, transport, opførelse, drift, vedligehold og behandling af materialerne ved endt levetid. Faseinddelingen er visualiseret i Figur 1 jf. EN 15978 (CEN, 2012).

**Indlejrede og operative påvirkninger**

Påvirkningerne fra en LCA kan deles op i indlejrede og operative påvirkninger. De indlejrede påvirkninger knytter sig direkte til byggevarerne samt opførelsen og nedtagningen af byggeriet. De dækker dermed over livscyklusfaserne A1-5, B1-5 og C1-4. De operative påvirkninger knytter sig til energien, der er benyttet til bygningens drift, og dækker dermed over livscyklusfaserne B6-7. Der tales desuden om *upfront emissions*, som er den del af de indlejrede påvirkninger, der har med opførelsen at gøre (livscyklusfase A1-5). Disse emissioner sker altså allerede før bygningen tages i brug.

Ønsker du en dybere indsigt i LCA-metoden henvises til rapporterne "LCA ifølge klimakravene" (Videncenter om Bygningers Klimapåvirkning, 2022).




**Figur 1. Byggeriets livscyklusfaser**
Byggeriets samlede livscyklus indeholder faserne: Produktfase (A1-A3), Byggeprocesfase (A4-A5), Brugsfase (B1-B7), Endt levetid-fase (C1-C4) og Udenfor system-fase (D).

**DEFINITION AF TRÆBYGGERI**

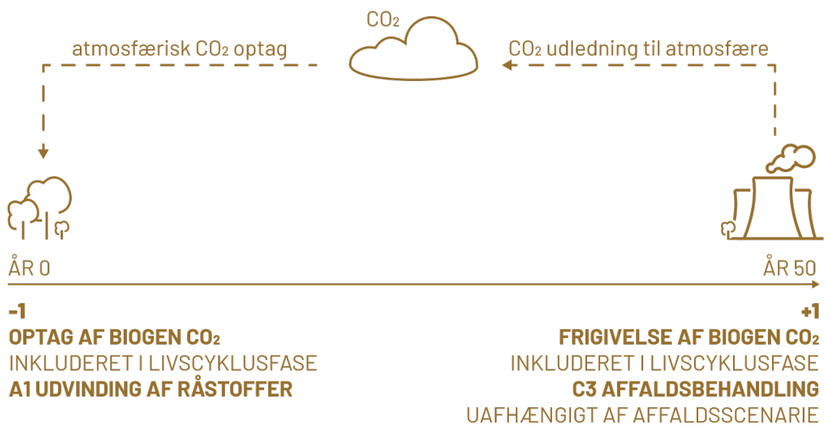
***"Træbyggeri er byggeri, hvor træ eller træbaserede produkter anvendes til en større eller mindre del af de byggematerialer, der er anvendt over terræn eller over den lastfordelende plade af beton i terrændæk, eksklusiv glasarealer."***
(Rasmussen, 2020:25, s. 16)

**Skademosen** Foto Adserballe & Knudsen

# -1/+1-METODEN

Den europæiske standard EN 15804 (CEN, 2013) foreskriver, at optag af kulstof i biomasse karakteriseres som -1 kg $CO_2$-ækv. per kg $CO_2$ optaget fra atmosfæren. Dette indregnes som en del af produktfasen (modul A1), og dermed opnås en negativ påvirkning i produktfasen ved at anvende træ. Den negative påvirkning i produktfasen modregnes igen i bortskaffelsesfasen (modul C3) uafhængigt af, hvordan bortskaffelsen sker. Her er den karakteriseret, som den tilsvarende mængde af $CO_2$ i biomassen, altså +1 kg $CO_2$.-ækv. per kg $CO_2$. Set over den samlede livscyklus vil træet derfor fremgå som kulstofneutralt for det oplagrede kulstof i biomassen (CEN, 2014). De fossile påvirkninger fra produktionen af træet vil fortsat variere afhængigt af de forskellige livscyklusfaser, da dette er knyttet til produktionsmetoderne for det specifikke produkt. Denne beregningsmetode omtales typisk som -1/+1 metoden og er illustreret i Figur 2. I 2020 trådte en ny europæisk standard, EN15804:2012+A2:2019, i kraft (CEN, 2019). Denne omfatter en række ændringer i forhold til beregning af miljøpåvirkningen for træprodukter, dog anvendes stadig -1/+1 metoden (CEN, 2019). I standarden er der fokus på at øge gennemsigtigheden for træers optag og frigivelse af $CO_2$ ved, at man blandt andet skal deklarere fossile og biogene påvirkninger separat.

Det er vigtigt at være opmærksom på, at -1/+1 metoden er uafhængig af, hvilket bortskaffelsesscenarie der indtræffer i fremtiden. Det betyder, at uanset om træet afbrændes, genanvendes eller genbruges, beregnes det biogene $CO_2$ som frigivet i bortskaffelsesfasen. Eventuelle forskelle i klimapåvirkning mellem bortskaffelsesscenarierne opstår derfor kun pga. fossile påvirkninger knyttet til det specifikke bortskaffelsesscenarie. På denne måde sikres det, at det biogene $CO_2$ regnes som neutralt inden for hver livscyklus, og at dobbelt counting undgås.




**Figur 2. Metode for beregning af biogen CO2 i biobaserede produkter**
Potentielle miljøpåvirkninger for træprodukter udregnes ved hjælp af -1/+1 metoden, der forudsætter at biogent kulstof optages og lagres i træer (+1), som anvendes i byggeriet. Senere frigives det efter endt levetid (-1).

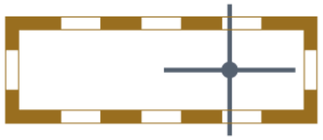
# BRANCHENS ERFARINGER MED TRÆ

**Gode råd til træbyggeri**

Der findes en række danske virksomheder, som har oparbejdet kompetencer til at bygge i træ. Rapporten "Erfaringer fra 20 Træbyggerier" (Wittchen & Rasmussen, 2021) beskriver erfaringer fra 20 træbyggerier udført af tegnestuerne Lendager Group, Vandkunsten, C.F. Møller Architects og Arkitema Architects. Rapporten bygger på interviews med arkitekter, konstruktører og ingeniører, som har været med i projekteringen af træbyggerierne.

Ud fra de adspurgtes erfaringer med træbyggeri kan følgende råd afledes til de virksomheder, der ønsker at oparbejde kompetencer til at bygge i træ:

**Vurder kontekst: levetid og geometri**



**Projekter grundigt i indledende fase**

**Involver tværfaglig viden tidligt**

**Få inspiration fra andre projekter**

**Fastlæg konstruktionstype tidligt**

**Definer og følg fugtstrategi**

**Figur 3. Råd til træbyggeri**
Råd til at bygge i træ baseret på erfaringer præsenteret i rapporten "Erfaringer fra 20 Træbyggerier" (Wittchen & Rasmussen, 2021).

**Lisbjerg Bakke** Foto Vandkunsten

# FREMTIDENS BRUG AF TRÆ

Træ omtales ofte som et materiale, der bidrager til at reducere klimapåvirkningen for et byggeri, men selvom træ er fornybart og lagrer kulstof, er det essentielt, i hvilken kontekst materialet anvendes. Derfor bør vi have følgende strategier for øje, når vi ønsker at mindske byggeriets klimapåvirkninger ved at arbejde med træ:

**Genbrug og genanvendelse fremfor at afbrænde**
Der bør tænkes i genbrug og genanvendelse af træ efter endt levetid, så det ikke afbrændes. Ved genbrug og genanvendelse forbliver kulstof lagret i længere tid og emissioner bliver udskudt. I den forbindelse er der brug for strategier til at kunne genanvende eller upcycle byggekomponenter og -materialer, som allerede har indgået i en anden bygnings livscyklus.

**Vurder i hvilken kontekst træ skal anvendes**
Træressourcer bør benyttes, hvor det giver mening - og vi skal undgå at overforbruge materialerne. Som eksempel bliver restprodukter fra træindustrien ofte efterspurgt i tekstil og møbelindustrien, så her ligger et potentiale for aftagersynergier og yderligere udnyttelse af materialerne.

**Vælg en bæredygtig træforsyning**
Det skal sikres, at det træ, vi anvender, kommer fra bæredygtigt skovbrug, hvor der tages højde for biodiversitet, løbende aldring af træer og herved kontinuerlig $CO_2$-lagring. Det er desuden vigtigt, at se brugen af træ i et bredt perspektiv, hvor andre miljømæssige aspekter end klima tages i betragtning.

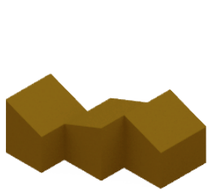
**Husk: bæredygtigt byggeri er holistisk**
Bæredygtigt byggeri handler ikke kun om at bygge i træ, men i høj grad også om at optimere sit byggeri ift. andre strategier indenfor bæredygtighed. Her kan eksempelvis nævnes det at bygge mindre, bygge mere fleksibelt, udnytte hver kvadratmeter, optimere materialeforbruget, genbruge materialer, renovere samt at tage højde for byggeriets funktionelle og kulturelle relevans for både dets brugere og samfundet. På den måde kan vi bidrage til at sikre at vi bygge miljømæssigt, socialt og økonomisk bæredygtigt ved at tage mange forskellige aspekter i betragtning - også på lang sigt.

**Lethal** Foto Vandkunsten

# DATABEHANDLING

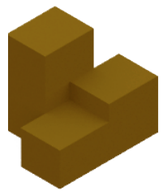
# SAMLET OVERSIGT OVER CASES

Den anvendte data er indhentet i samarbejde med Vandkunsten, Arkitema Architects, Lendager Group, Arken, Artelia (tidligere MOE), EcoCocon Danmark, Henning Larsen og Adserballe & Knudsen i 2021-22. I alt er der indhentet data på 45 bygningscases, hvoraf 35 cases er gjort offentlig tilgængelig i casesamlingen til sidst i publikationen. Dataindsamlingen har fokuseret på designprocessen, og dermed er det primært mængdeudtræk fra arkitektmodeller, der ligger som baggrund for LCA´erne. Derudover udgør bygningscasene et øjebliksbillede af projekter, som allerede er opført. Der er ikke aktivt anvendt LCA som værktøj i projekternes designfase, og derfor vurderes det, at casene kan sammenlignes med øvrige træbyggerier i Danmark.

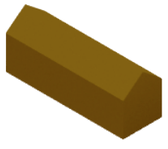


**Rækkehuse**
Danmarksgrunden Almenbolig+
Balancen
Timianhaven
Skråningen I
Skråningen II
Grøntorvet Almenbolig+
Engdraget
Skademosen
Anonym, rækkehus #1

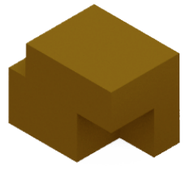
**Etageejendomme**
Lisbjerg Bakke
Studio[ Home ] Lyngby
Studio[ Home ] Ballerup
Knudrisrækkerne
UN17 Village Kronen
Toppen
Skousbo I
Anonym etagebolig #1
Anonym etagebolig #2
Anonym etagebolig #3
Anonym etagebolig #4



**Andet byggeri**
Lethal til street sport
Klub Svanen
Bakkens Hjerte
KUGA
Oksenøya Bo- og Behandlingscenter
Oksenøya Børnehave
Erlev Skole
Lysningen
Samsø Energiakademi
Trondheim Central Station
Feldballe Friskole
Rosa Daginstitution
Karolinelund Børnehave
Skolen for livet
Anonym, andet #1
Anonym, andet #2



**Enfamilie- & sommerhuse**
Skadborg
Det Moderne Tanghus
Ebeltoft Halmbyggeri
Friland
Broager
Anonym, sommerhus #1



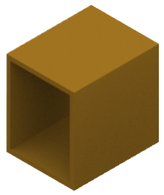
**Kontorbyggeri**
Storkens Kvarter
Anonym, kontor #1
Anonym, kontor #2

**Figur 4. Lokation for træbyggerier**
De 45 træbyggeri cases er indplaceret på kortet afhængigt af deres lokation. Cirklernes størrelse indikerer antallet af cases i området.

# KONSTRUKTIONSTYPER

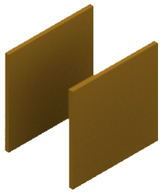
**Anvendte konstruktionsprincipper**

I de 45 træbyggerier anvendes primært fem forskellige konstruktionsprincipper, nemlig *boksmoduler, fladeelementer (heriblandt krydslamineret træ (CLT)), træskeletkonstruktion* og *limtræskonstruktion*. Derudover angiver *træhybrid* byggerier der anvender to eller flere af de nævnte konstruktionstyper. Konstruktionstyperne er defineret på følgende måde:



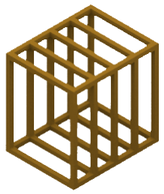
**Boksmodul**

Større præfabrikerede moduler, f.eks. en hel boligenhed i et etagebyggeri



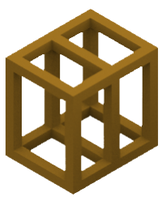
**Fladeelement**

Mindre præfabrikerede elementer, f.eks. en vægkomponent eller CLT



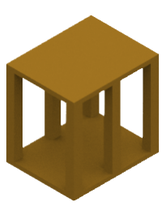
**Træskelet**

Skeletkonstruktion udført i konstruktionstræ



**Limtræ**

Søjlebjælkekonstruktion udført i limtræ



**Træhybrid**

Flere af ovennævnte konstruktionsprincipper anvendt samtidig

**Samsø Energiakademi** Foto Arkitema

# DATAINDSAMLING

**Modellering i værktøjet LCAbyg**
Alle træbyggerier er modelleret i det digitale værktøj LCAbyg (2023), på baggrund af mængdeudtræk fra arkitekt- eller ingeniørmodeller. Byggerierne er modelleret på baggrund af metoden beskrevet i de følgende afsnit.

**Livscyklusfaser**
Dette studie inkluderer livscyklusfaserne produktion og transport af byggevarer (A1-3), transport til byggeplads og opførelse af byggeri (A4-5), udskiftning af bygningsdele (B4), energiforbrug til drift (B6) og affaldsbehandling ved endt levetid (C3-4). Figur 5 illustrerer samtlige moduler omfattet af EN 15798 (CEN, 2012) og markerer de moduler, der er inkluderet i dette studie (Andersen et al., 2021, s.16).

**Bygningsdele**
I dataindsamlingen har der været fokus på at harmonisere de bygningsdele, der inkluderes i LCA'erne på tværs af bygningscasene (Andersen et al., 2020, s. 16). Bygningsdelene *fundamenter, terrændæk, dæk, ydervægge, bærende konstruktioner, indervægge, tage, trapper og ramper, altaner og altangange, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg* samt *andet* er inkluderet i analyserne. Andre elementer, beplantning og belægning, kanaler under terræn, gruber og mindre fastgørelsesmidler er udeladt.

**Figur 5. Inkluderede livscyklusfaser for bygningscasene**
Byggeriets samlede livscyklus indeholder faserne: Produktfase (A1-A3), Byggeprocesfase (A4-A5), Brugsfase (B1-B7), Endt levetid-fase (C1-C4) og Udenfor system-fase (D), hvoraf de markerede livscyklusfaser er inkluderet i LCA'erne af bygningscasesne



Data på tekniske installationer er i høj grad mangelfuld i størstedelen af bygningscasene. Af denne grund er der anvendt generiske data for bygningsdelene *afløb, vand, varme* samt *ventilation og køl*, som er udarbejdet af Artelia (tidligere MOE), Sweco og Teknologisk Institut for Bolig- og Planstyrelsen (Teknologisk Institut & Sweco, 2022) (MOE, 2022). De tekniske installationer indgår ikke i transport til byggeplads og opførelse af byggeri (A4-5), da de er baseret på generiske værdier og vurderet til at udgøre mindre end 1% af den samlede klimapåvirkning for bygningerne. For gruppen *el- og mekaniske anlæg* er der anvendt specifikke værdier, da det her typisk drejer sig om solcelleanlæg og elevatorer.

**Antagelser**
*Tagpap*
Det er normal praksis at montere et enkelt lag tagpap eller andet beskyttede materiale på oversiden af boksmoduler, som ikke har monteret tag fra fabrikken. Derfor er dette tilføjet med antagelsen om, at tagpappet har samme areal som byggeriets etagedækareal.

*Maling*
For gipsvægge er der er lavet en standard antagelse omkring maling med et lag grunder på 0,19 kg/m$^2$ samt to lag emulsionsmaling på i alt 0,38 kg/m$^2$, hvis ikke andet er opgivet.

*Genbrug*
Byggevarer, der forventes at være af genbrugte materialer, såsom genbrugte teglsten og genbrugt plademateriale i metal, er modelleret efter cut-off metoden, hvor kun påvirkninger fra ekstra oparbejdning medtages i produktionsfasen (modul A1-3).

| Byggevarer i træ | Afløb | Vand | Varme, ventilation og køl |
|---|---|---|---|
| Enfamilie- og sommerhuse | 0,02 kg $CO_2$-ækv/m$^2$/år | 0,06 kg $CO_2$-ækv/m$^2$/år | 0,60 kg $CO_2$-ækv/m$^2$/år |
| Rækkehuse | 0,10 kg $CO_2$-ækv/m$^2$/år | 0,04 kg $CO_2$-ækv/m$^2$/år | 0,51 kg $CO_2$-ækv/m$^2$/år |
| Etageejendomme | 0,12 kg $CO_2$-ækv/m$^2$/år | 0,06 kg $CO_2$-ækv/m$^2$/år | 0,51 kg $CO_2$-ækv/m$^2$/år |
| Kontorbyggeri, skole og institutioner | 0,04 kg $CO_2$-ækv/m$^2$/år | 0,06 kg $CO_2$-ækv/m$^2$/år | 0,84 kg $CO_2$-ækv/m$^2$/år |
| Andet byggeri | 0,05 kg $CO_2$-ækv/m$^2$/år | 0,08 kg $CO_2$-ækv/m$^2$/år | 1,09 kg $CO_2$-ækv/m$^2$/år |

**Tabel 1. Generiske værdier for tekniske installationer efter bygningstype**
De generiske værdier for tekniske installationer er udarbejdet af Artelia (tidligere MOE), Sweco og Teknologisk Institut for Bolig- og Planstyrelsen (Teknologisk Institut & Sweco, 2022) (MOE, 2022)

# DATAMODELLERING

**Database**

LCA´erne i dette projekt er primært baseret på miljødata fra databasen indbygget i LCAbyg, gen_dk. Data i gen_dk stammer fra den tyske database Ökobaudat 2020 og repræsenterer derfor ikke nødvendigvis danske forhold i forhold til produktion og bortskaffelse. I dag findes der dog ikke nogen dansk database, der dækker bredt over materialer benyttet i byggeriet, og Ökobaudat er derfor valgt som grundlag for miljødata. Dog er udgivelsen af EPD´er fra den danske byggebranche i vækst, hvorfor det forventes, at det i stigende grad bliver muligt at anvende dansk branche- og produktspecifikt data i fremtidige LCA´er. Udviklingen af EPD'er kan være med til at nedbringe usikkerheden for miljødata, og derfor benyttes danske branche-EPD'er for beton- og træprodukter samt produktspecifikke EPD'er for træfacader i dette projekt (se Tabel 2) (Andersen et al., 2021, s. 17). Derudover benyttes EPD'er for byggevarer, hvor der ikke findes generiske data såsom halmelementer og grønt tag.

**Betragtningsperiode**

I overensstemmelse med Frivillig Bæredygtighedsklasse (FBK) og de kommende krav i Bygningsreglementet anvendes der i LCA´erne en betragtningsperiode på 50 år. Denne betragtningsperiode er sat som standard i de kommende krav og i FBK for at sikre sammenlignelighed i beregningerne for alle projekter. Betragtningsperioden angiver den årrække, som bygningen analyseres over og kan have stor indvirkning på, hvordan påvirkningerne fordeler sig på tværs af livscyklusfaserne. Jo længere betragtningsperioden er, jo større vægt lægges der på de påvirkninger der sker i fremtiden, for eksempel i bygningens brugsfase, mens der lægges mindre vægt på de påvirkninger der sker i dag ved bygningens opførsel. Det er vigtigt at være opmærksom på, at betragtningsperioden er en beregningsmæssig antagelse, der angiver den analyseperiode som bygningens påvirkninger beregnes over og dermed ikke er en estimeret levetid af bygningen. Den reelle levetid for bygningen vil derfor sandsynligvis afvige fra den valgte betragtningsperiode og kan vise sig at være både kortere eller længere end betragtningsperioden (Andersen et al., 2021, s. 18).

**Miljøpåvirkningskategorier**

Med en LCA kan miljøpåvirkningerne for forskellige miljøpåvirkningskategorier beregnes. Nogle eksempler på miljøpåvirkningskategorier er global opvarmning, ozonlagsnedbrydning, forsuring, primærenergiforbrug, fotokemisk ozondannelse og en række andre. I dette projekt fokuseres der på klimapåvirkningen, som er en miljøpåvirkningsindikator for den potentielle globale opvarmning af jordens overfladetemperatur på baggrund af en øget koncentration af drivhusgasser i atmosfæren. Enheden for klimapåvirkningen er kg $CO_2$ -ækvivalenter og inkluderer forskellige drivhusgassers påvirkning i forhold til kuldioxids (Andersen et al., 2021, s. 19). Det er dog vigtigt også at undersøge andre miljøpåvirkningskategorier for at undgå, at mens påvirkningen indenfor en kategori reduceres øges påvirkningen i stedet inden for andre miljøpåvirkningskategorier (*burden shifting*).

| | |
|---|---|
| **Byggevarer i træ** | |
| Afstandslister/forskallingsbrædder | MD-20004-EN |
| Konstruktionstræ/lægter/regler | MD-20002-EN |
| Krydslamineret træ (CLT) | MD-20007-EN |
| Limtræ | MD-20005-EN |
| Krydsfiner | MD-20008-EN |
| Spånplade | MD-20006-EN |
| Ubehandlet træfacade | MD-20002-EN |
| Malet/behandlet træfacade | MD-20002-EN |
| Træfacade i hårdttræ | MD-20032-EN |
| **Byggevarer i beton** | |
| Beton C20/25 | MD-20011-DA_rev1 |
| Beton C30/37 | MD-20012-DA_rev1 |
| Betonelementer | MD-20015-DA_rev1 |
| Letbeton vægelementer | MD-20016-DA_rev1 |
| Huldækelementer | MD-20017-DA_rev2 |
| TT-elementer/ribbedæk | MD-20018-DA_rev1 |
| Sandwichelementer/facadeelementer | MD-20019-DA_rev1 |

**Figur 6. Anvendte miljøvaredeklarationer (EPD) for byggevarer i træ og beton**
Numrene angivet for hver materialetype refererer til EPD-nummeret og kan fremfindes i EPD databasen hos EPD Danmark (EPD Danmark, n.d.)

# DATAMODELLERING

**Spild og transport**

Livscyklusfaserne A4 og A5 omfatter spild og transport af byggematerialer samt energiforbrug i forbindelse med opførelse af bygningen. Nærmere beskrevet omhandler A4 transport af byggevarer til byggepladsen, hvorfor det er nødvendigt at kende til de benyttede transportformer og distancer for alle byggevarer. A5 omhandler energiforbruget på byggepladsen samt spild af materialer i forbindelse med byggeprocessen. Begge livscyklusser kræver derfor meget specifik data, og da det er relativt nyt at inkludere disse livscyklusfaser i LCA var disse data ikke tilgængelige. Derfor er miljøpåvirkninger fra livscyklusfaserne A4 og A5 beregnet ud fra generiske antagelser (se Tabel 3). Energiforbruget på byggepladsen er ekskluderet fra beregningerne i dette studie, da ingen data var tilgængelige (Andersen et al., 2021, s. 19).

**Udskiftning af bygningsdele**

Livscyklusfasen B4 omfatter påvirkningerne fra udskiftning af byggevarerne i løbet af driftsfasen. Hvorvidt en bygningsdel udskiftes, afhænger af byggevarens levetid og den valgte betragtningsperiode. Levetiden for byggevarerne fremgår i LCAbyg (Andersen et al., 2021, s. 19).

**Driftsenergiforbrug**

Påvirkningerne fra driftsenergiforbruget indgår i livscyklusfasen B6. Data for driftsenergiforbrug er baseret på energirammeberegningerne tilgængelig for størstedelen af bygningscasene. Påvirkningerne fra driftsenergiforbruget beregnes ud fra miljødata i LCAbyg, hvor der er anvendt fremskrevne data for energiproduktionen over perioden 2020 til 2040 (Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen & COWI, 2020). Det vil sige, at der antages en fortsat øget grad af fornybar energi i både el- og fjernvarmenet, og at påvirkningerne fra 1 kWh eller MJ produceret energi dermed vil blive mindre over tid (Andersen et al., 2021, s. 19). Typen af energikilde anvendt i byggeriet er specificeret for hver case.

**Databehandling og referenceenhed**

Der er foretaget en simpel statistisk analyse af resultaterne for bygningscasene. I databehandlingen har der været fokus på at identificere forskelle i klimapåvirkningerne, som relaterer sig til brugen af træ i bygningerne. Resultaterne for klimapåvirkningen vil blive præsenteret i kg $CO_2$-ækvivalenter harmoniseret til arealet (per $m^2$). Påvirkningerne fra byggevarerne (livscyklusfaserne A1-3, A4, A5, B4, C3 og C4) bliver harmoniseret på baggrund af bruttoarealet for bygningen, hvor påvirkningerne fra driftsenergiforbruget (livscyklusfasen B6) bliver harmoniseret til per kvadratmeter på baggrund af det opvarmede etageareal. Derudover bliver resultaterne også harmoniseret til årene i betragtningsperioden (per år) (Andersen et al., 2021, s. 20).

| Byggevarer | A4 | A5 |
|---|---|---|
| Afstandslister/forskallingsbrædder | 600km i lastbil, standard samt 170km i massegodsskib | 5% |
| Konstruktionstræ/lægter/regler | 600km i lastbil, standard samt 170km i massegodsskib | 5% |
| Krydslamineret træ (CLT) | 1400km i lastbil, standard | 5% |
| Limtræ | 70km i lastbil, standard | 5% |
| Krydsfiner | 600km i lastbil, standard samt 1228km i massegodsskib | 5% |
| Spånplade | 200km i lastbil, standard | 5% |
| Fabriksbeton | 50km i lastbil > 26t | 5% |
| Betonelementer | 150km i lastbil, standard | 5% |
| Øvrige materialer | 500km i lastbil, standard | 10% |
| Jord til/fra/på byggeplads | 200km i lastbil, standard | 5% |

**Tabel 2. Antagelser for livscyklusfaserne A4 og A5**
Livscyklusfasen A4 vedrører transport af byggevarer til byggepladsen og A5 vedrører spild af byggevarer på byggepladsen. Spildprocenterne angiver spild af den anvendte materialemængde i bygningens opførsel (i livscyklusfase A1-A3)

**Usikkerheder**

Data i dette projekt er hovedsageligt baseret på mængdeudtræk fra arkitektmodeller, da fokus oprindeligt var på brug af træ i designfasen. Da der i den tidlige designfase typisk ikke er taget stilling til specifikke detaljer for eksempel vedrørende fundament og tekniske installationer er data for disse bygningsdele ofte baseret på indledende estimater. Der er dog studier, der viser at detaljeringsgraden for mængdeudtrækkene kan give anledning til forskelle i de endelige LCA resultater (Zimmermann et al., 2019). For at tydeliggøre dette har vi noteret for hver bygningscase om mængdeudtrækkene, som ligger til grund for LCA resultaterne, er baseret på arkitekt- eller ingeniørmodeller.

# EMPIRI & INTERVIEWS

Der er afholdt en række semistrukturerede interviews med aktører som har deltaget i projekteringen af de træbyggerier, som præsenteres i casesamlingen. Aktørerne er arkitekter, ingeniører og konstruktører fra en række af de rådgivende virksomheder, som har indleveret casespecifik data. Interviewene har været tilrettelagt ud fra følgende emner:

- **Visioner for projektet - herunder med fokus på valget af træ som byggemateriale, samt byggeriets tiltag for bæredygtighed generelt**
- **Gennemgang af projektets forløb fra opgavetype til entrepriseform**
- **Parametre, der skabte særlige potentialer eller barrierer i projektet, samt hvordan de blev håndteret i praksis**
- **Evt. hvilken betydning de fremhævede potentialer og barrierer havde for materialevalget**

Derudover er interviewene tilrettelagt med fokus på de barrierer som opleves ved at bygge med træ, beskrevet i rapporten "Anvendelse af træ i byggeriet" (Rasmussen et al., 2020). Dette inkluderer emnerne *brand*, *økonomi*, *statik*, *fugt*, *æstetik*, *logistik* og *akustik*. Emnerne er illustreret i Figur 6.

En mere dybdegående metodebeskrivelse for interviewene kan findes i rapporten "Erfaringer fra 20 træbyggerier" (Wittchen & Rasmussen, 2021).

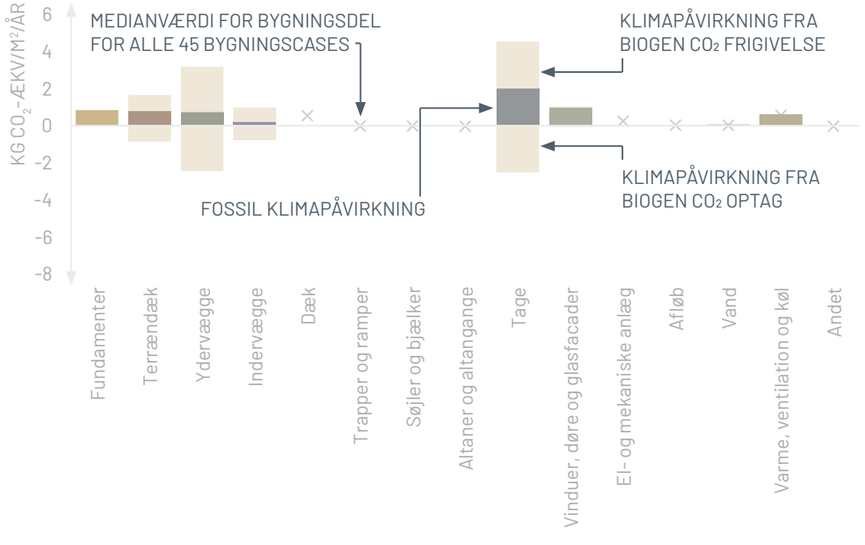
**INTERVIEWS: OPMÆRKSOMHEDPUNKTER VED TRÆBYGGERI**

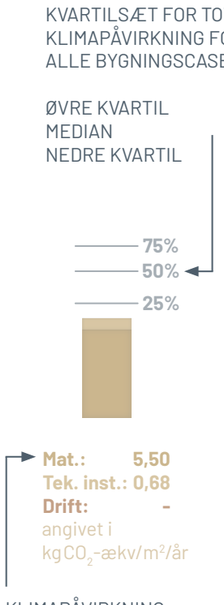
**Figur 7. Opmærksomhedspunkter ved træbyggeri**
De særlige opmærksomhedspunkter ved træbyggeri i Danmark kan inddeles i emnerne: Brand, statik, akustik, økonomi, logistik, æstetik og fugt. Herfra stilles der i Bygningsreglementet (BR) krav til brand, statik og akustik. Diagrammet er baseret på 'Figur 1: Opsummering af en række oplevede barrierer beskrevet i BUILD-rapport 2020:25' (Wittchen & Rasmussen, 2021, s. 8).

# LÆSEVEJLEDNING FOR LCA RESULTATER

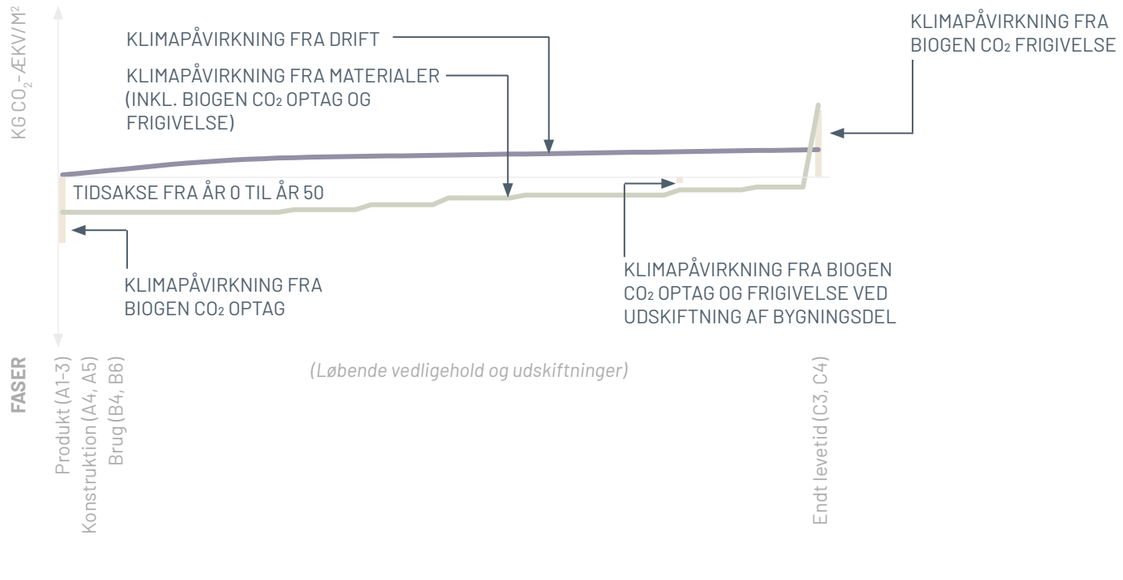
For at sikre at LCA resultaterne læses korrekt, er der udarbejdet en læsevejledning for de grafer, der netop præsenterer LCA resultaterne for hver bygningscase.

### KLIMAPÅVIRKNING VIST PÅ BYGNINGSNIVEAU ELLER BYGNINGSDELSNIVEAU

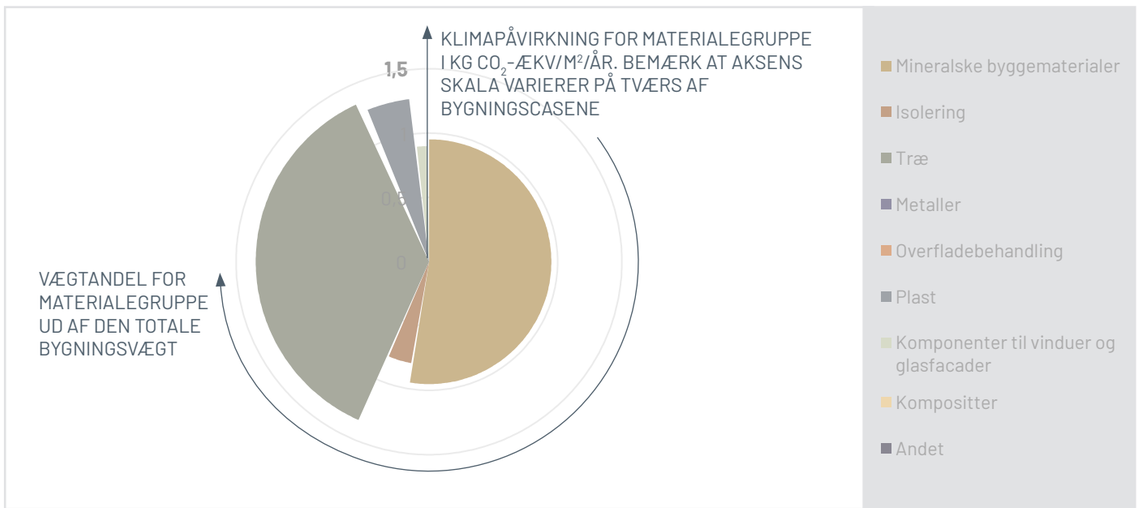


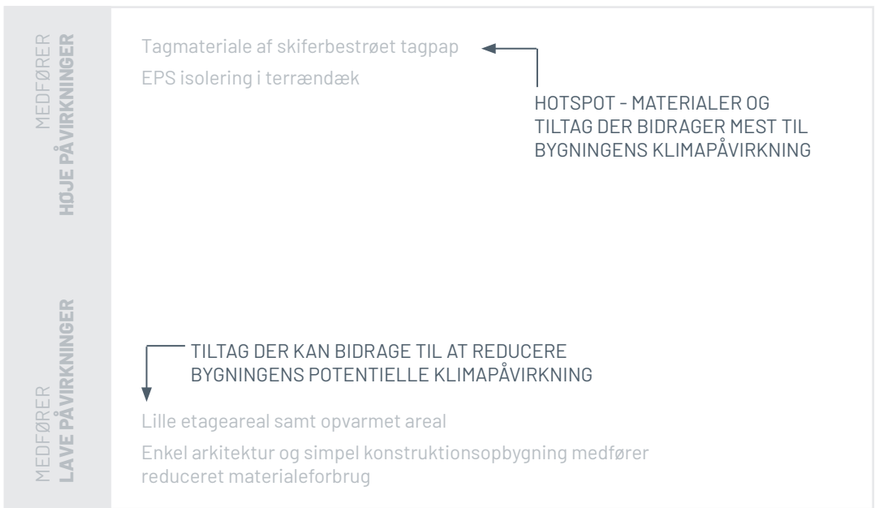

### KLIMAPÅVIRKNING VIST OVER TID




### KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




### DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING



# CASERESULTATER

# 45 TRÆBYGGERI CASES

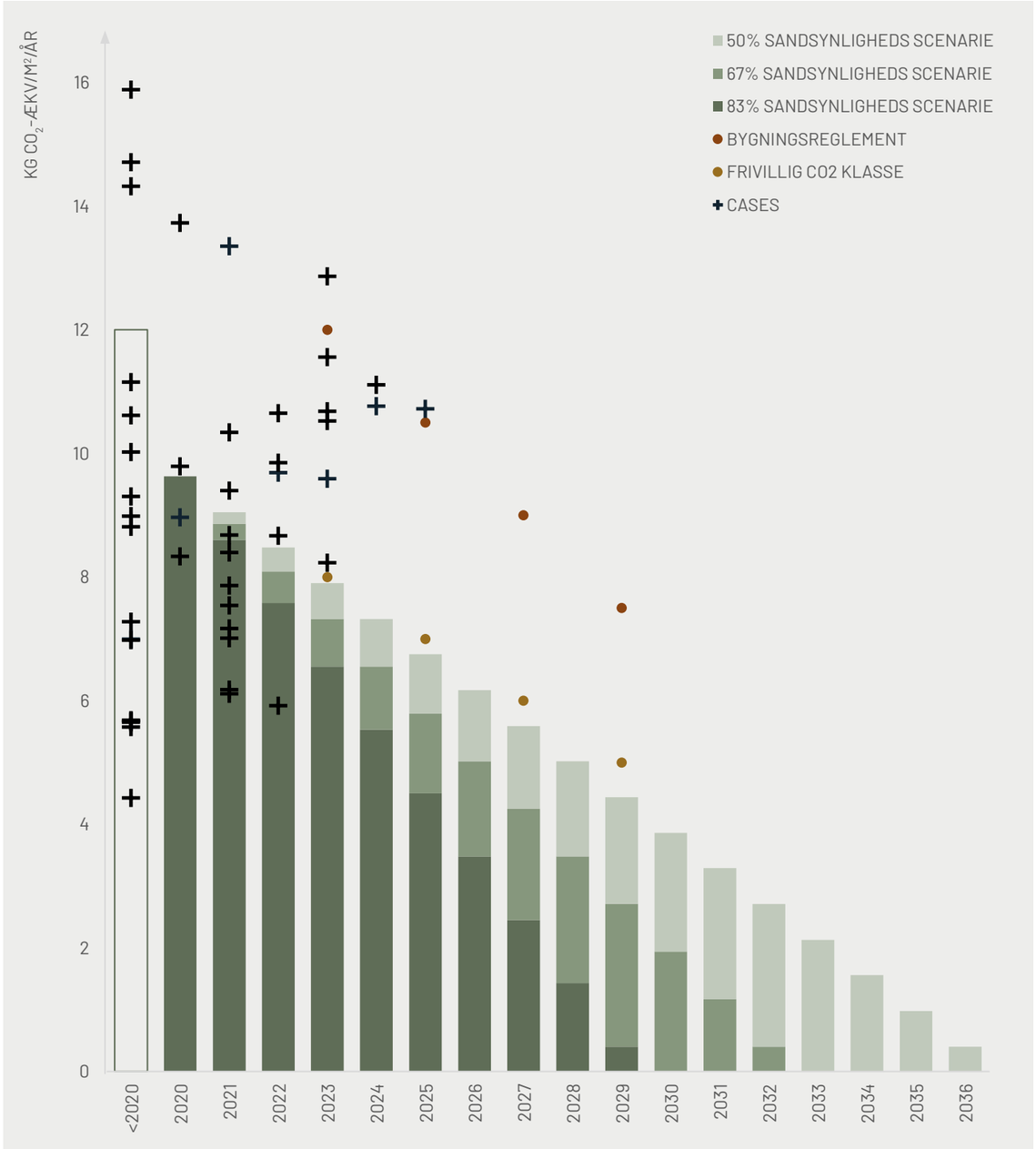


I dette afsnit vises resultaterne af LCA´erne for alle 45 træbyggeri cases. Resultaterne er angivet i kg $CO_2$-ækv/$m^2$/år og er vist på flere forskellige detaljeringsniveauer.

På grafen til højre er klimapåvirkningen for træbyggeri casene indplaceret i henhold til det såkaldte reduction roadmap (Reduction Roadmap, 2023). Reduction roadmap er udviklet til at vise vejen fra en klimapåvirkning på 9,6 kg $CO_2$-ækv/$m^2$/år for et gennemsnitligt dansk hus til målet om at udlede blot 0,4 kg $CO_2$-ækv/$m^2$/år svarende til at overholde de planetære grænser (Reduction Roadmap, 2023). Yderligere viser reduction roadmap tre forskellige sandsynlighedsscenarier, der beskriver sandsynligheden for at overholde Parisaftalens målsætning om at begrænse den globale temperaturstigning til 1,5 grader. IPCCs seneste rapport forklarer dog at det ikke er muligt at nå målsætningen om at begrænse den globale temperaturstigning 1,5 grader medmindre udledningerne øjeblikkeligt reduceres markant for alle sektorer (IPCC, 2022). Det vil også sige at jo hurtigere byggebranchen når målet på 0,4 kg $CO_2$-ækv/$m^2$/år, des større sandsynlighed er der for at holde sig inden for den 1,5 graders målsætning.

Generelt ser vi at casene opført før 2020 har de højeste klimapåvirkninger. Her skal det bemærkes at casene generelt ikke er designet med et specifikt fokus på at reducere klimapåvirkningerne og, at der ikke aktivt er anvendt LCA som værktøj i projekternes designfase.
Af de efterfølgende figurer ses det at:

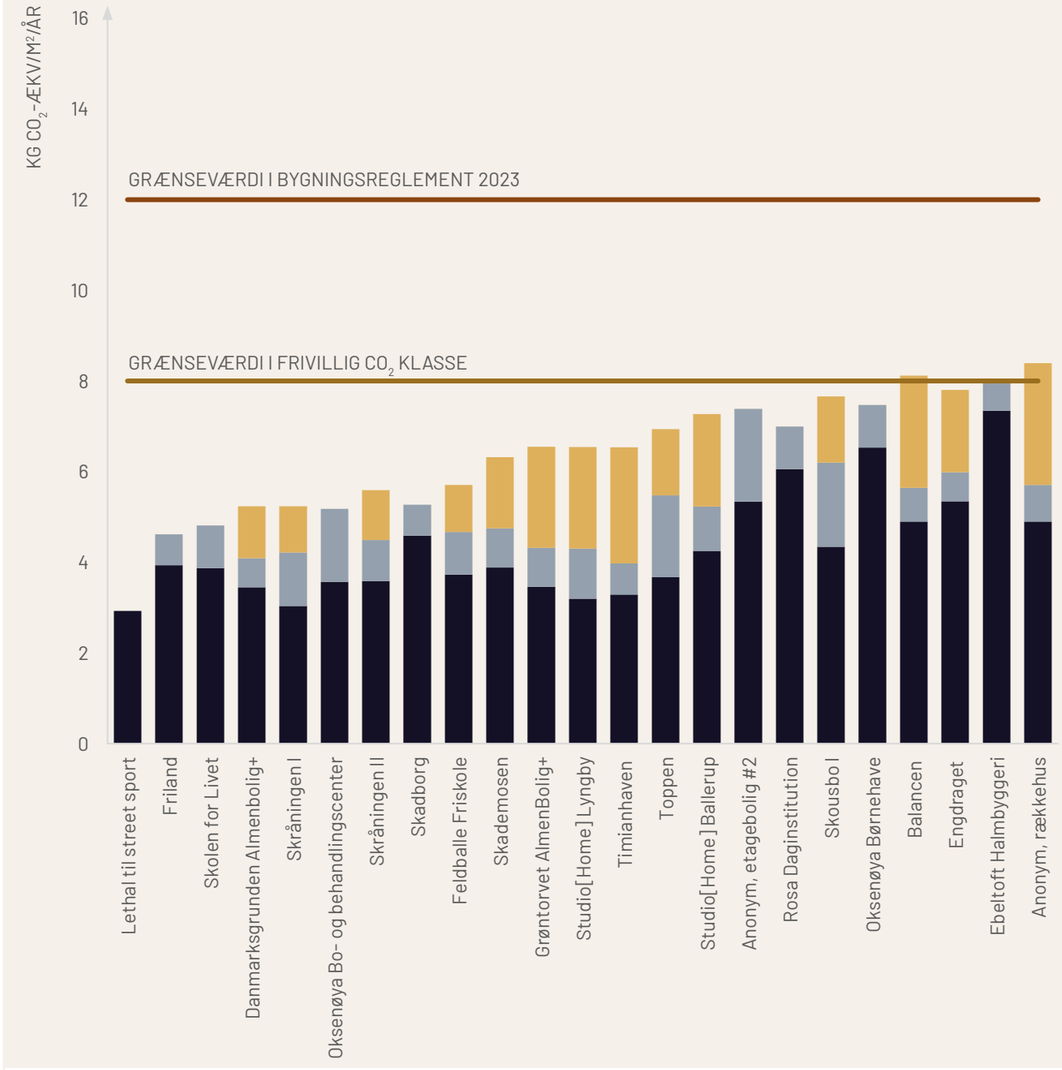
- **41 cases ligger under $CO_2$ kravene i Bygningsreglementet på 12 kg $CO_2$-ækv/$m^2$/år gældende for bygninger over 1000 $m^2$**
- **14 cases ligger under grænseværdien i Frivillig $CO_2$ klasse på 8 kg $CO_2$-ækv/$m^2$/år**
- **I alle cases udgør materialerne et større bidrag til klimapåvirkninger end drift**
- **Det er bygningsdelene terrændæk, ydervægge, tage samt vinduer, døre og glasfacader, der bidrager mest til klimapåvirkningerne med over 50% af materialernes samlede klimapåvirkning**
- **Terrændæk udgør den største andel af materialernes klimapåvirkninger i 14 cases med over 22% af materialernes samlede klimapåvirkning**
- **Der er i gennemsnit anvendt 684,6 kg/$m^2$ materiale i casene set over en 50 års betragtningsperiode**

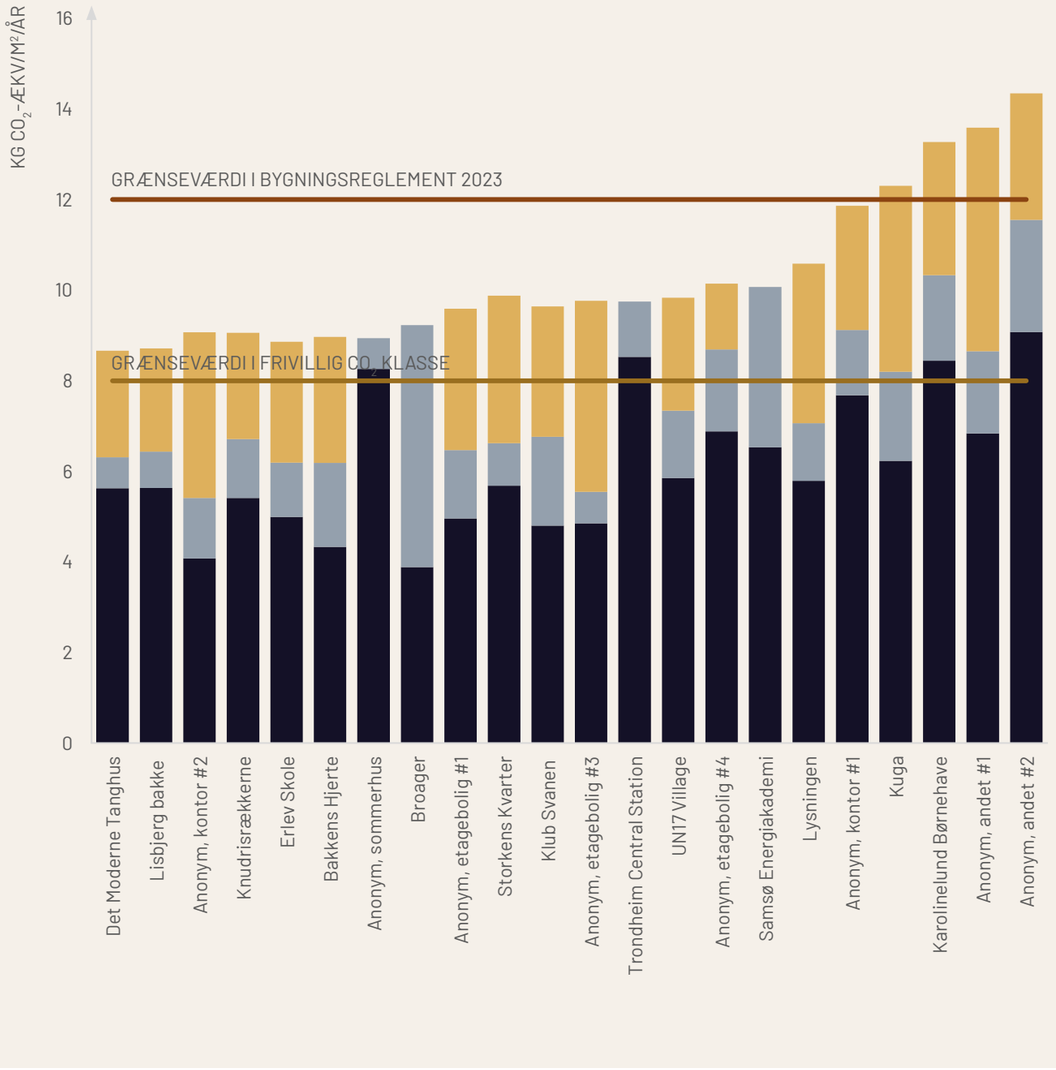


# 45 TRÆBYGGERI CASES



Nedenfor ses resultaterne af LCA´erne for alle 45 cases fordelt over to grafer. Forklaringen dækker derfor også begge grafer. Resultaterne er angivet i kg $CO_2$-ækv/$m^2$/år. Bemærk at de tekniske installationer afløb, vand, varme samt ventilation og køl er baseret på generiske værdier, men at el- og mekaniske anlæg er specifikke værdier. Resultaterne sammenholdes LCA-kravene i Bygningsreglementet på 12 kg $CO_2$-ækv/$m^2$/år samt grænseværdien i den Frivillige $CO_2$ klasse på 8 kg $CO_2$-ækv/$m^2$/år og indeholder derfor ikke påvirkninger fra livscyklusfaserne vedrørende transport, energiforbrug og spild på byggeplads (A4 og A5).



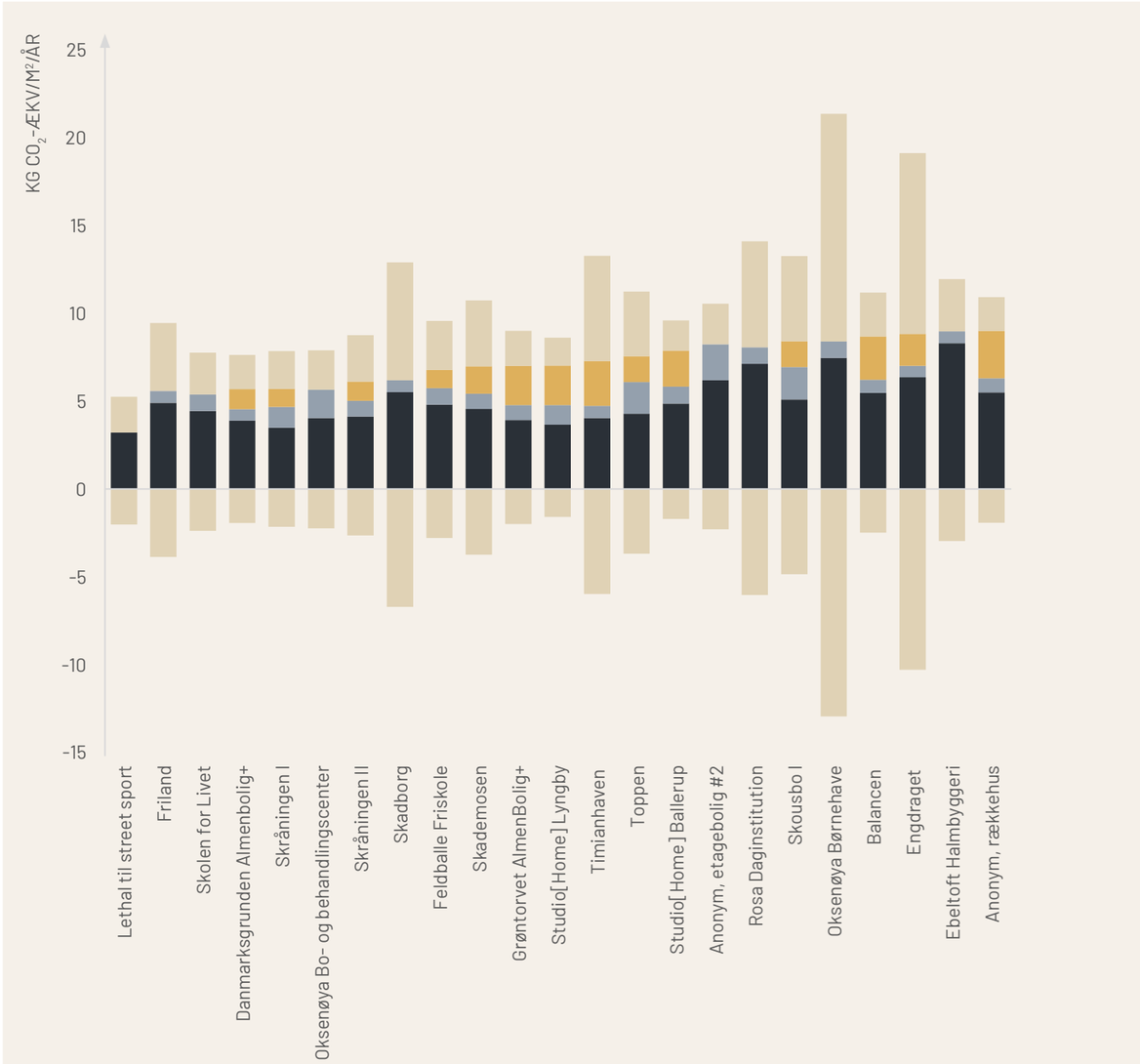

Drift

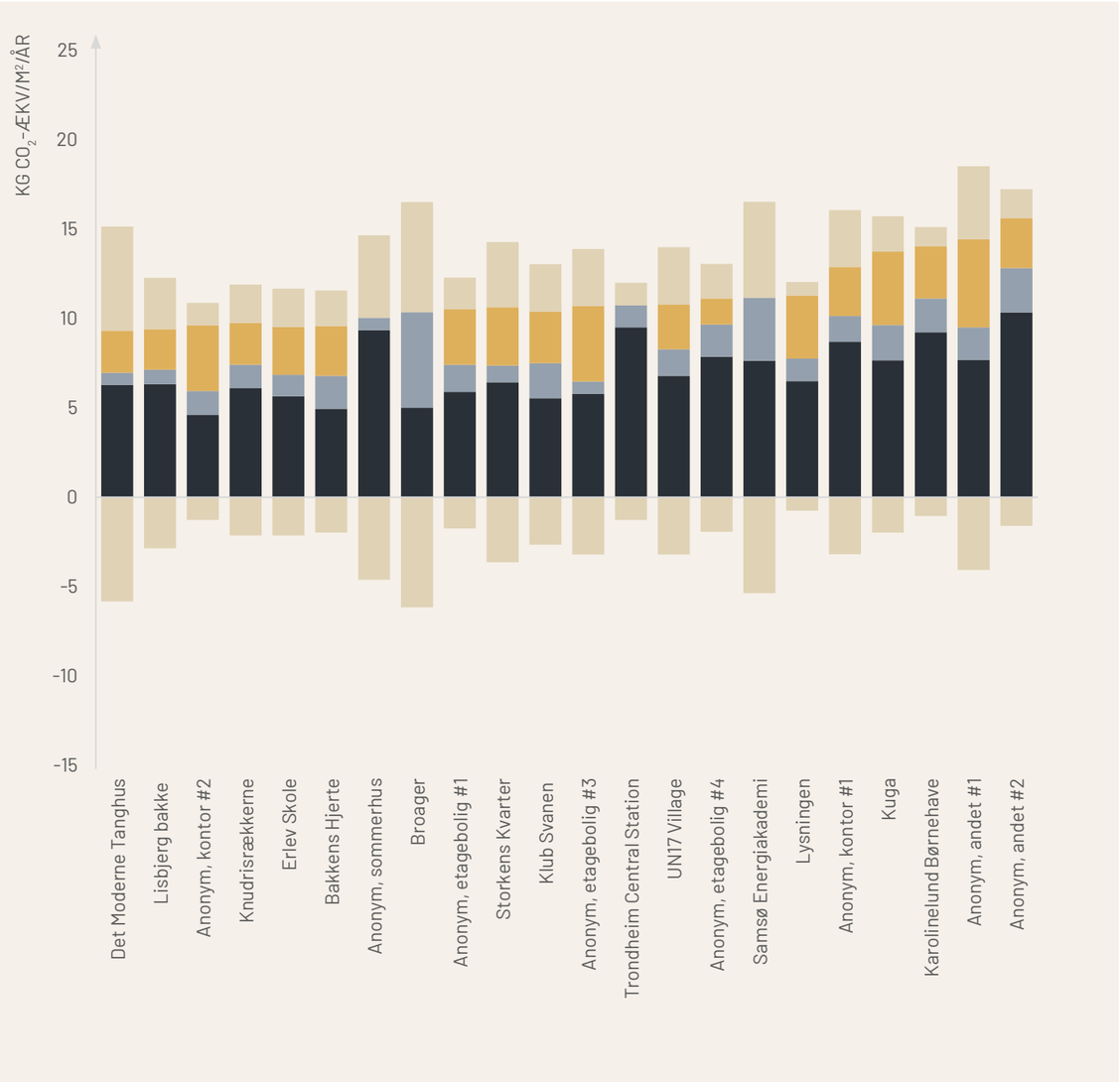
Tekniske installationer

Materialer

# 45 TRÆBYGGERI CASES

Nedenfor ses resultaterne af LCA´erne for alle 45 cases fordelt over to grafer. Forklaringen dækker derfor også begge grafer. Resultaterne er angivet i kg $CO_2$-ækv/$m^2$/år. Resultaterne er fordelt på påvirkninger fra materialer, tekniske installationer og drift samt biogen $CO_2$ optag og udledning. Bemærk at de tekniske installationer for bygningsdelene afløb, vand, varme samt ventilation og køl er baseret på generiske værdier, men at el- og mekaniske anlæg er specifikke værdier.




Drift

Tekniske installationer

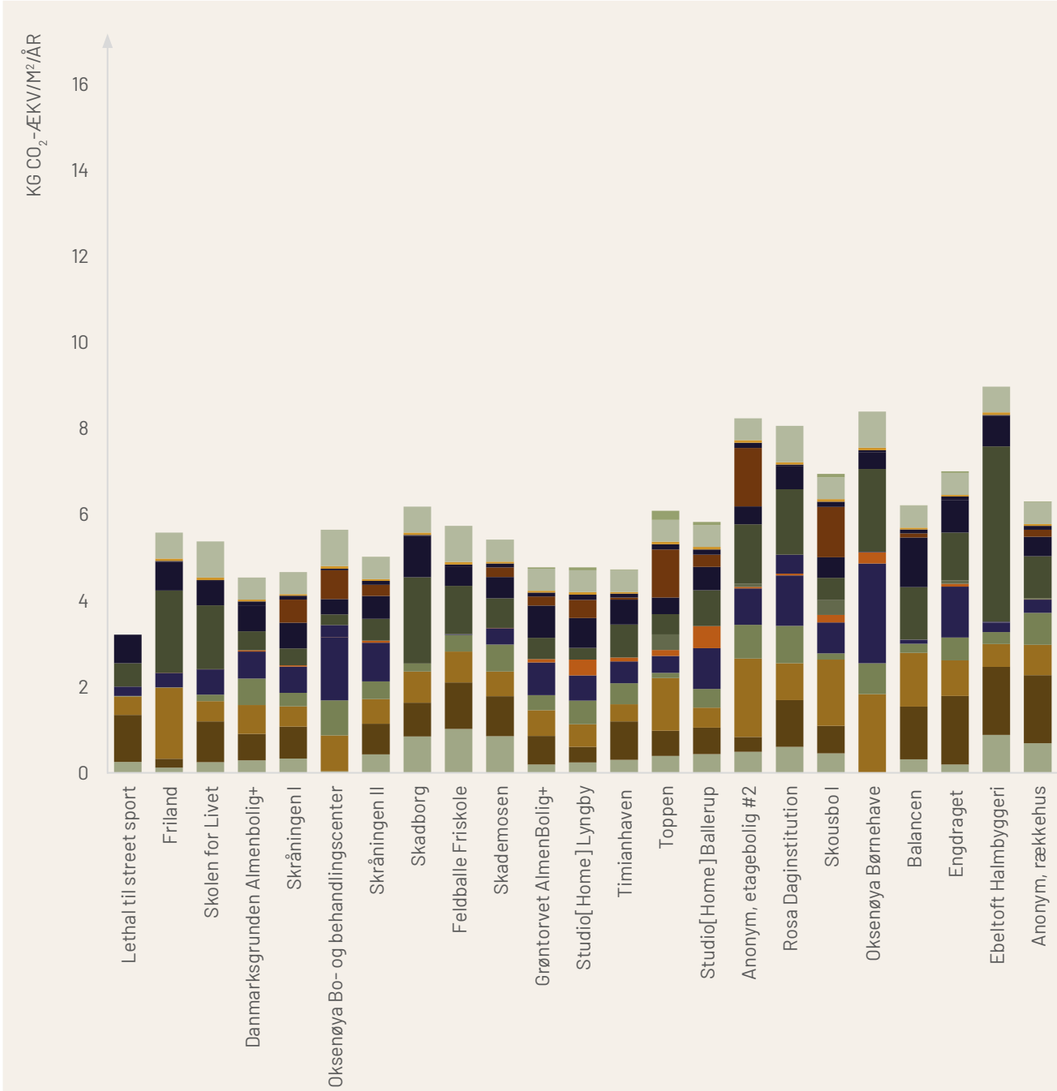
Materialer

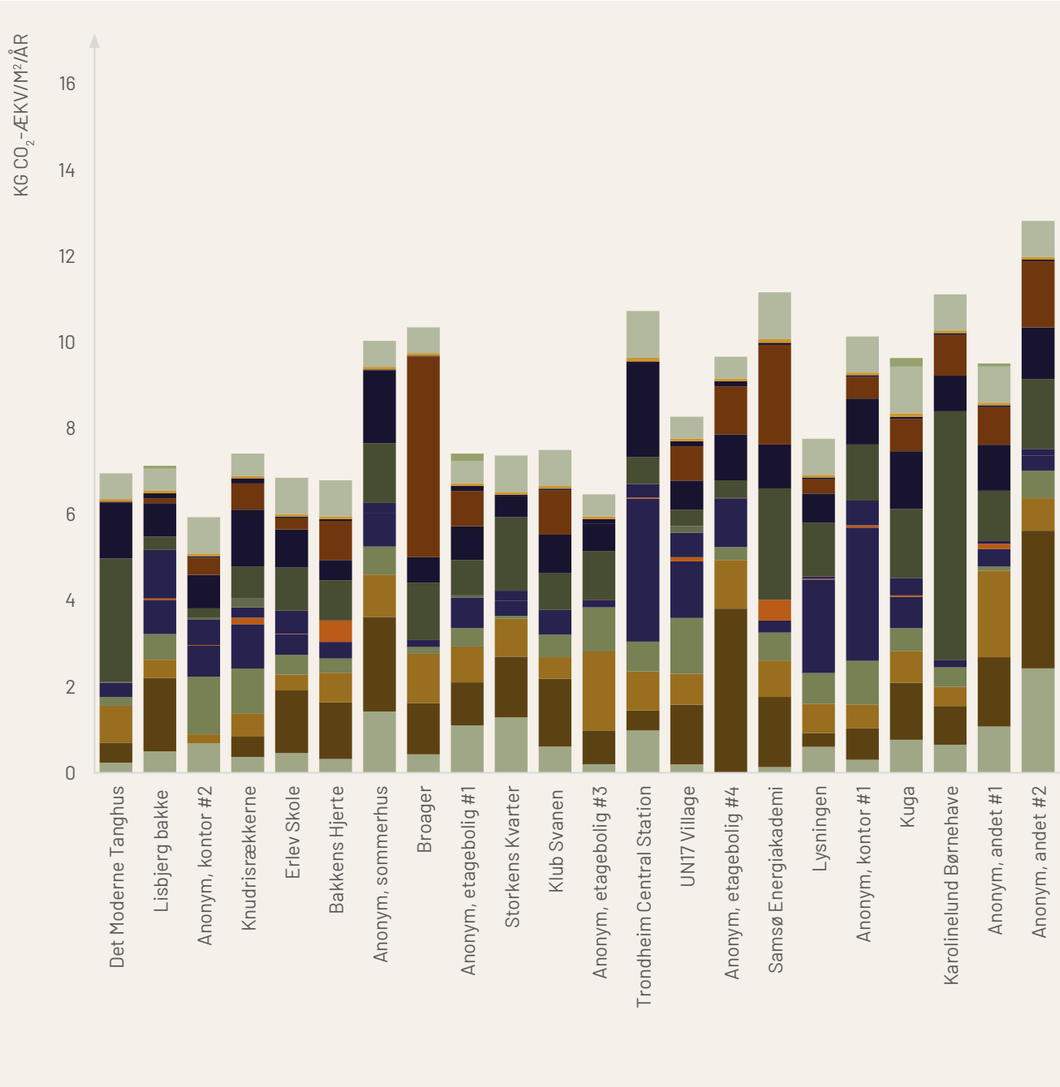
Biogen $CO_2$ optag og frigivelse

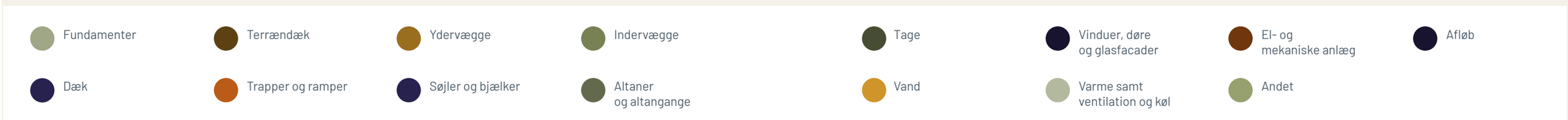
# 45 TRÆBYGGERI CASES



Nedenfor ses resultaterne af LCA´erne for alle 45 cases fordelt over to grafer. Forklaringen dækker derfor også begge grafer. Resultaterne viser klimapåvirkningen fordelt på bygningsdelene og er angivet i kg $CO_2$-ækv/$m^2$/år. Bygningsdelene afløb, vand, varme samt ventilation og køl er baseret på generiske værdier, men at el- og mekaniske anlæg er specifikke værdier. Bemærk at det biogene $CO_2$ indhold ikke er vist separat.



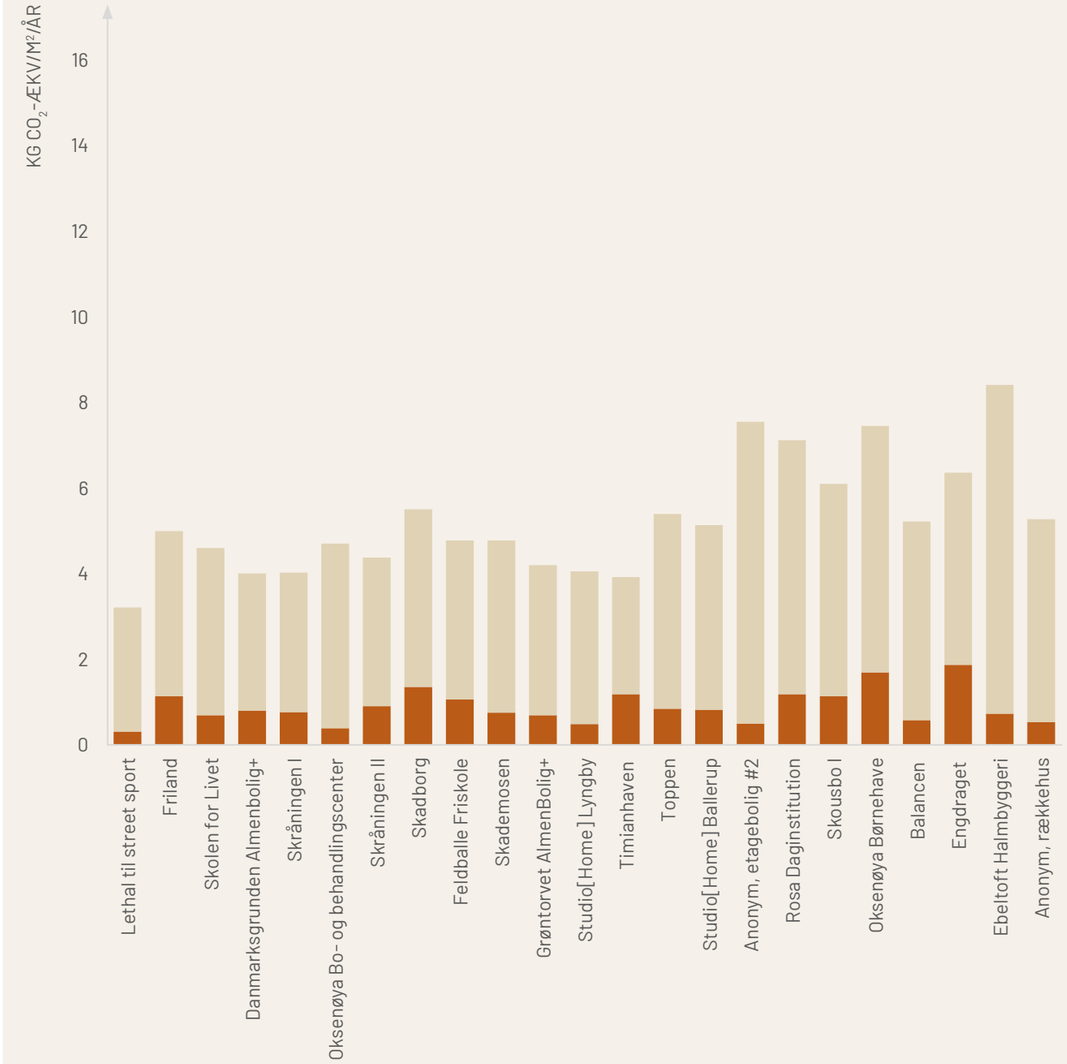



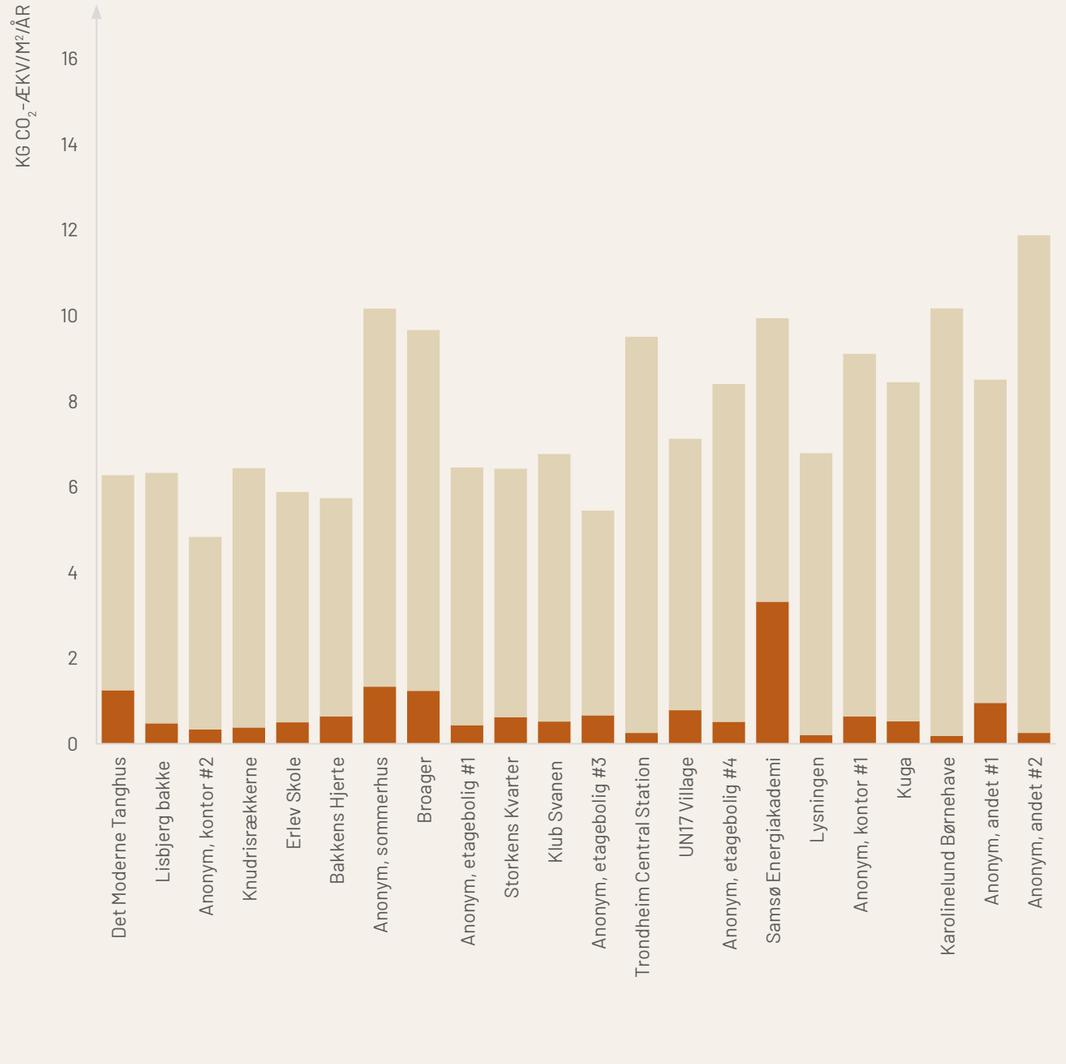



# 45 TRÆBYGGERI CASES



Nedenfor ses resultaterne af LCA´erne for alle 45 cases fordelt over to grafer. Forklaringen dækker derfor også begge grafer. Figurerne viser klimapåvirkningen for biobaserede byggevarer, herunder byggevarer som konstruktionstræ, limtræ, krydslamineret træ (CLT), spånplader og krydsfiner, ud af den samlede klimapåvirkning for hele bygningen angivet i kg $CO_2$-ækv/$m^2$/år. Bemærk at det biogene $CO_2$ indhold ikke er vist separat.




Træ og biobaserede byggevarer

Alle øvrige byggevarer

# CASESAMLING

# SKADBORG

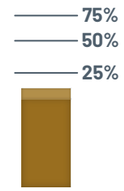
**Foto** Martha Lewis

**Foto** Martha Lewis

## BESKRIVELSE

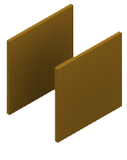
Byggeriet er et sommerhus udført med alle bærende konstruktioner i CLT - gulv, ydervægge og tag. I bygningen blev der lagt vægt på at genbruge det eksisterende fundament, som blev udbygget for at få et større hus end det oprindelige. Før valget faldt på CLT elementer, overvejede bygherre også halmelementer eller en traditionel trækonstruktion bygget på stedet. Det viste sig dog på daværende tidspunkt at CLT elementer var billigst, da man sparede arbejdsgange til indvendig beklædning og reducerede omkostningerne til arbejdstimer. Desuden synes bygherre at CLT elementer gav en særlig æstetik, da alle elementerne står rå inde i huset.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Sjælland (NV), Danmark |
| **Byggeår** | 2021 |
| **Antal enheder** | 1 |
| **Kategori** | Sommerhus |
| **Arkitekt** | Mikael Schmidt Skadborg & Martha Lewis |
| **Landskab** | - |
| **Ingeniør** | - |
| **Bygherre** | Mikael Schmidt Skadborg & Martha Lewis |
| **Entreprenør** | CLT Danmark (råhus), Roskilde Tømrerfirma |
| **Entrepriseform** | Fagentreprise |
| **Opvarmet areal** | 53 m² |
| **Energiklasse** | - |
| **Total energiforbrug** | - |
| **Energikilde** | - |
| **Datagrundlag for LCA** | Arkitektmodel |
| **Certificering** | - |
| **Projekthjemmeside** | - |




**Mat.:** 5,5
**Tek. inst.:** 0,7
**Drift:** -
angivet i kg $CO_2$-ækv/m²/år

**1 etage**



**Fladeelement (CLT)**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

Gennem interviews med byggeriets parter fremgår følgende erfaringer ved brug af træ i det konkrete projekt.

**Akustik**
Der blev tilføjet ekstra plader af hamp mellem bad- og soveværelse samt i væggen mod soveværelset for at mindske støj.

**Økonomi**
Bygherre valgte at anvende CLT, da indvendig beklædning ikke er nødvendig med denne konstruktionstype og der derved kunne opnås en økonomisk besparelse. Desuden blev huset optimeret ift. energi, hvor små vinduer sørger for at holde temperaturen nede om sommeren og oppe om vinteren. Desuden genanvendes 40 m² af det eksisterende betonfundament fra det tidligere sommerhus, som er udvidet på to sider med omkring 20 m².

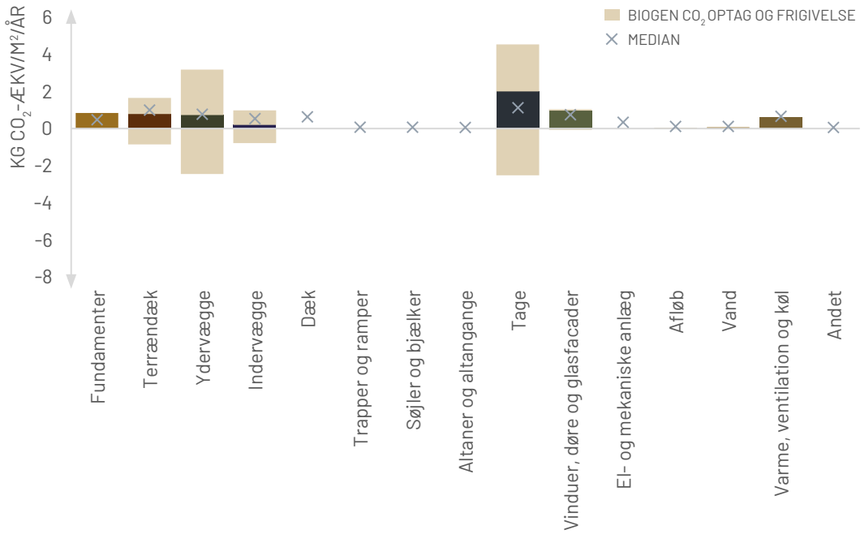
**Logistik**
Tidligt i processen var det nødvendigt at have oversigt over alle installationer, såsom el, vvs og afløb, da de udskæres på fabrikken. Det krævede detaljeret planlægning samt samarbejde med leverandøren for at opnå det ønskede resultat. Det tog omkring 10 timer fra det første CLT element blev monteret til der blev etableret et vandafvisende lag på råhuset.

**Æstetik**
Træets æstetik i husets indre var en vigtig design parameter. For at bibeholde CLTs lyse farve blev væggene og lofterne behandlet med blanding af linolie og vand. Desuden bidrager lergulvet i badeværelset til en varm oplevelse af rummet.

**Fugt i byggefase**
Bygherre gjorde brug af Træinformations udgivelser (traeinfo.dk) og CLT Danmarks online information om fugt, brand, statik, akustik. Der blev fokuseret på at lukke råhuset hurtigst muligt for at mindske fugt i byggefasen.

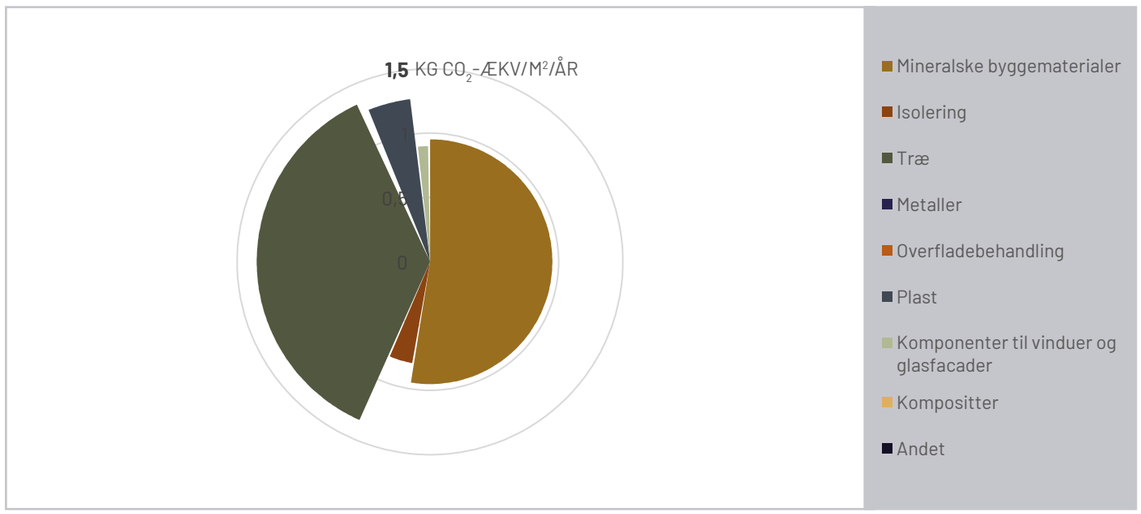
**Fugt i brug**
Sommerhusets badeværelse er placeret i hjørnet, hvorfor der ikke blev anvendt CLT i gulvet her. Af hensyn til fugt i brugsfasen blev væggene også dækket med kalkpuds.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



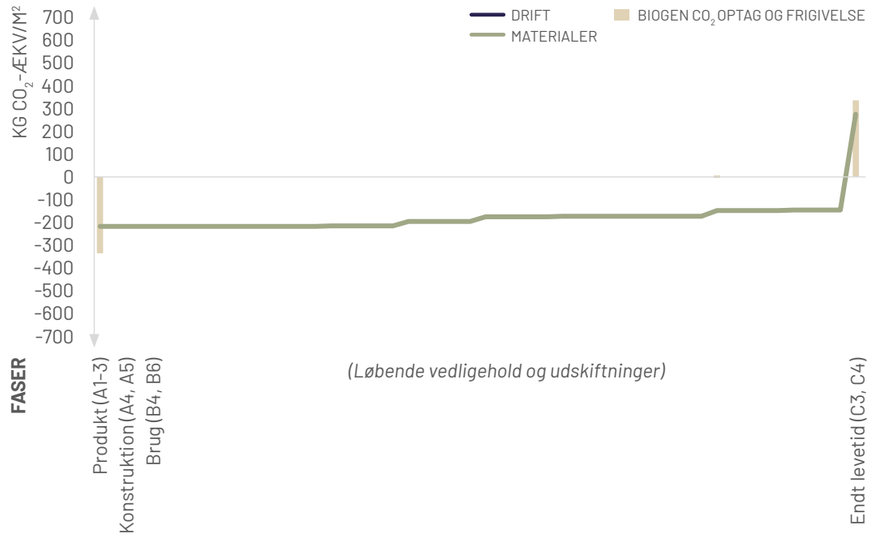

**Figur 8. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 9. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID




**Figur 10. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

## DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

| | |
|---|---|
| MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER** | Tagmateriale af skiferbestrøet tagpap |
| MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER** | Materialeforbrug under gennemsnit på 570,3 kg/$m^2$ (gennemsnit på 684,6 kg/$m^2$)<br>Lille etageareal samt opvarmet areal<br>Enkel arkitektur og simpel konstruktionsopbygning medfører reduceret materialeforbrug |

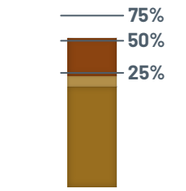
# DET MODERNE TANGHUS

**Foto** Vandkunsten

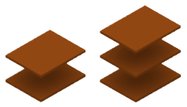
## BESKRIVELSE

Det Moderne Tanghus er en nutidig fortolkning af traditioner indenfor brug af ålegræs til tangtage, som bl.a. findes på Læsø, hvor huset også er placeret. Bygningen blev opført i tæt samarbejde med lokale kapaciteter og fungerer i dag som sommerhus. Ålegræs' isoleringsevne svarer næsten til mineraluld, hvilket blev udnyttet i det Moderne Tanghus ved at placere tangen mellem konstruktionerne i gulv, facade og tag. Desuden er ålegræs brandhæmmende og bidrog til at skabe god akustik i boligen.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Læsø, Danmark |
| **Byggeår** | 2012-2013 |
| **Antal enheder** | 1 |
| **Kategori** | Enfamiliehus |
| **Arkitekt** | Vandkunsten |
| **Landskab** | Vandkunsten |
| **Ingeniør** | Artelia (tidligere MOE) |
| **Bygherre** | Realdania Byg |
| **Entreprenør** | Greenhouse |
| **Entrepriseform** | Totalentreprise |
| **Opvarmet areal** | 87 $m^2$ |
| **Energiklasse** | Bygningsklasse 2020 |
| **Total energiforbrug** | 24,7 kWh/$m^2$/år |
| **Energikilde** | El - fremskrivning |
| **Datagrundlag for LCA** | Arkitektmodel |
| **Certificering** | - |
| **Projekthjemmeside** | Se link |




**Mat.:** 6,3
**Tek. inst.:** 0,7
**Drift:** 2,4
angivet i kg$CO_2$-ækv/$m^2$/år



**1,5 etager**

**Fladeelement**

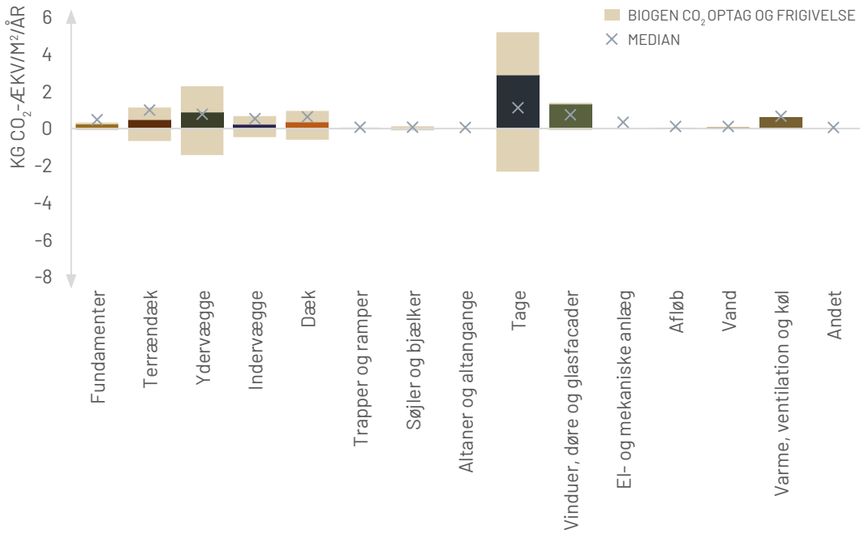
## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

Gennem interviews med byggeriets parter fremgår følgende erfaringer ved brug af træ i det konkrete projekt.

**Æstetik**
Ålegræs blev anvendt som isoleringsmateriale og facadebeklædning på grund af projektets hovedfokus. Desuden blev der brugt træ som bærende konstruktion i kassetter og til indvendig beklædning og trapper.

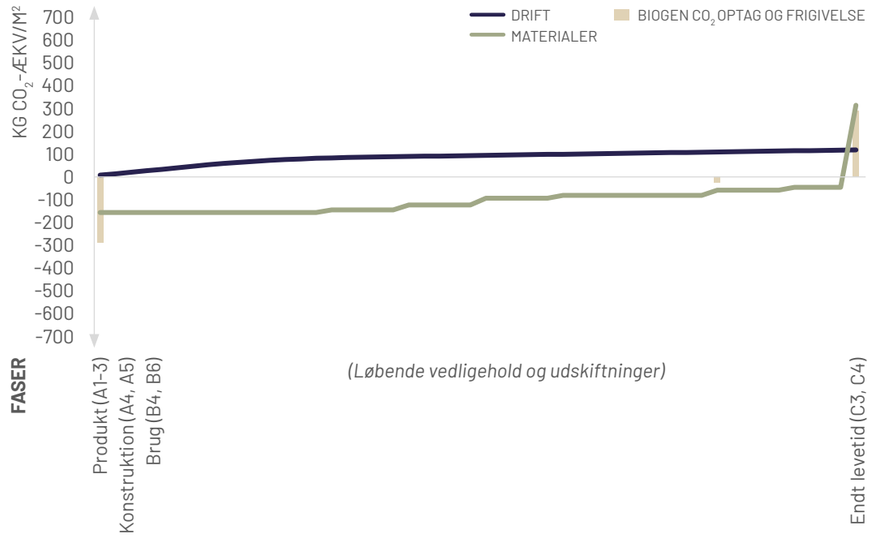
**Fugt i byggefase**
I trækasetterne i vægge og tag blev ålegræsset snoet og komprimeret i lange striktuber. Efter opførsel opstod der problemer med utætheder i taget og fugtindtrængning. Derfor valgte den nuværende ejer at fjerne ålegræsset på tagoverfladen og erstatte den med andre materialer.

### KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



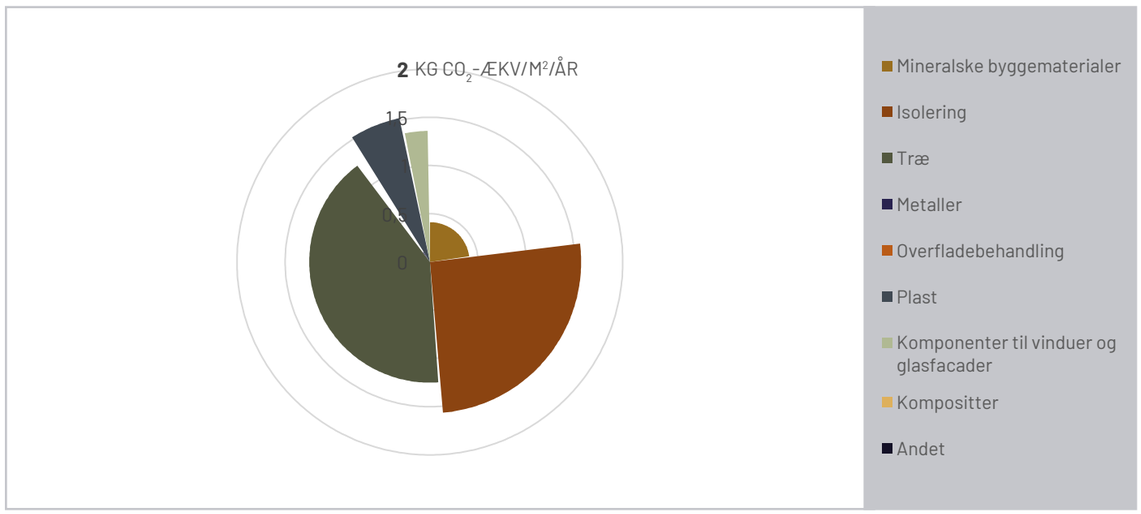

**Figur 11. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

### KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID




**Figur 13. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

### KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 12. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

### DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

| | |
|---|---|
| MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER** | To-lags ruder i klimaskærm<br>Tagmembran af tagpap under ålegræs<br>Tagmateriale af ålegræs |
| MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER** | Materialeforbrug under gennemsnit på 460,8 kg/$m^2$ (gennemsnit på 684,6 kg/$m^2$)<br>Enkel arkitektur medfører reduceret materialeforbrug |

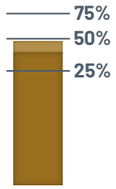
# EBELTOFT HALMBYGGERI

**Foto** Sophia Lydolph / EcoCocon Danmark

## BESKRIVELSE

Ebeltoft halmbyggeri blev opført med ønsket om at lave et bæredygtigt byggeri. Derfor valgte man at bruge halmelementer som bærende dele og lave et grønt tag af sedum.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Ebeltoft, Danmark |
| **Byggeår** | 2020 |
| **Antal enheder** | 1 |
| **Kategori** | Enfamiliehus |
| **Arkitekt** | - |
| **Landskab** | - |
| **Ingeniør** | Thoudal Rådgivende Ingeniørfirma |
| **Bygherre** | - |
| **Entreprenør** | Selvbyg |
| **Entrepriseform** | - |
| **Opvarmet areal** | - |
| **Energiklasse** | 147 $m^2$ |
| **Total energiforbrug** | - |
| **Energikilde** | - |
| **Datagrundlag for LCA** | Arkitektmodel |
| **Certificering** | - |
| **Projekthjemmeside** | - |




**Mat.:** 8,3
**Tek. inst.:** 0,7
**Drift:** -
angivet i kg $CO_2$-ækv/$m^2$/år

**1 etage**

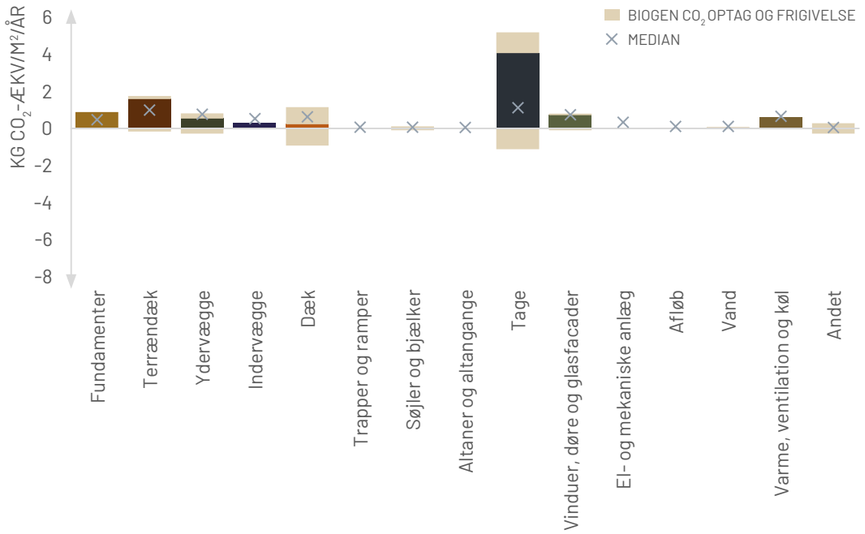
**Fladeelement**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

Der blev ikke afholdt noget interview for denne bygning og derfor er der ikke indhentet nogle erfaringer.

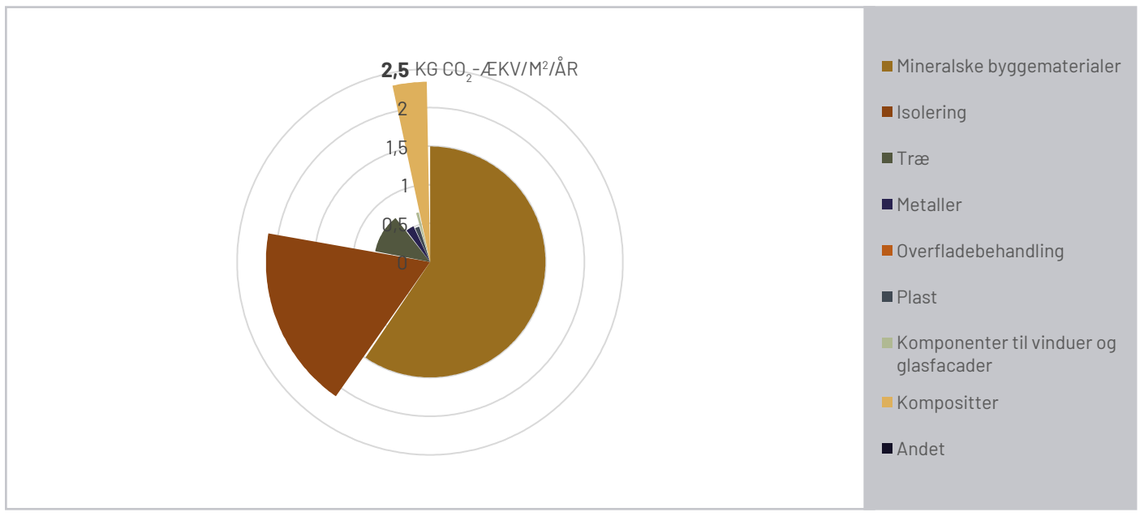
**Foto** Sophia Lydolph / EcoCocon Danmark

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



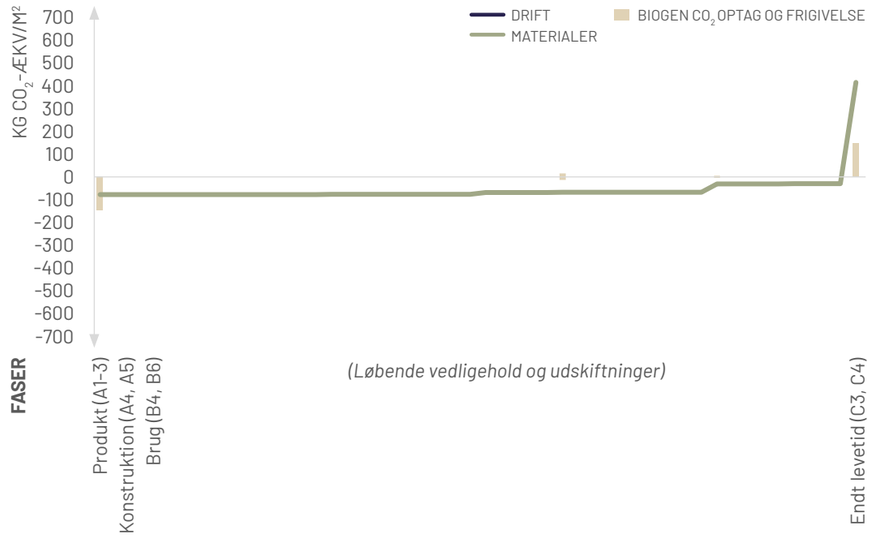

**Figur 14. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 15. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID




**Figur 16. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

## DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

| | |
|---|---|
| MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER** | Tag med sedumtag medfører øget materialeforbrug i konstruktionen<br>Armeringsnet i terrændæk af beton<br>EPS isolering i terrændæk |
| MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER** | |

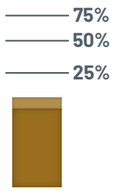
# FRILAND

**Foto** Lars Keller / EcoCocon Danmark

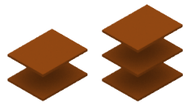
## BESKRIVELSE

Friland er en privat bolig som ligger i Friland på Djursland. Bygherre ønskede at anvende bio-baserede materialer i forsøget på at opnå et lavt klimaaftryk. Derfor valgte man at bruge halmelementer, som er lette at montere og potentielt kan genbruges efter endt levetid. Bygherre byggede huset selv i samarbejde med venner og lokale håndværkere.

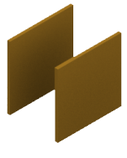
| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Rønde, Danmark |
| **Byggeår** | 2015 |
| **Antal enheder** | 1 |
| **Kategori** | Enfamiliehus |
| **Arkitekt** | - |
| **Landskab** | - |
| **Ingeniør** | Privat bekendt, EcoCocon |
| **Bygherre** | Kent Olsen |
| **Entreprenør** | - |
| **Entrepriseform** | Selvbyg |
| **Opvarmet areal** | 143 m² |
| **Energiklasse** | - |
| **Total energiforbrug** | - |
| **Energikilde** | - |
| **Datagrundlag for LCA** | Arkitektmodel |
| **Certificering** | - |
| **Projekthjemmeside** | - |




**Mat.:** 4,9
**Tek. inst.:** 0,7
**Drift:** -
angivet i kg $CO_2$-ækv/m²/år



**1,5 etager**



**Fladeelement**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

Gennem interviews med byggeriets parter fremgår følgende erfaringer ved brug af træ i det konkrete projekt.

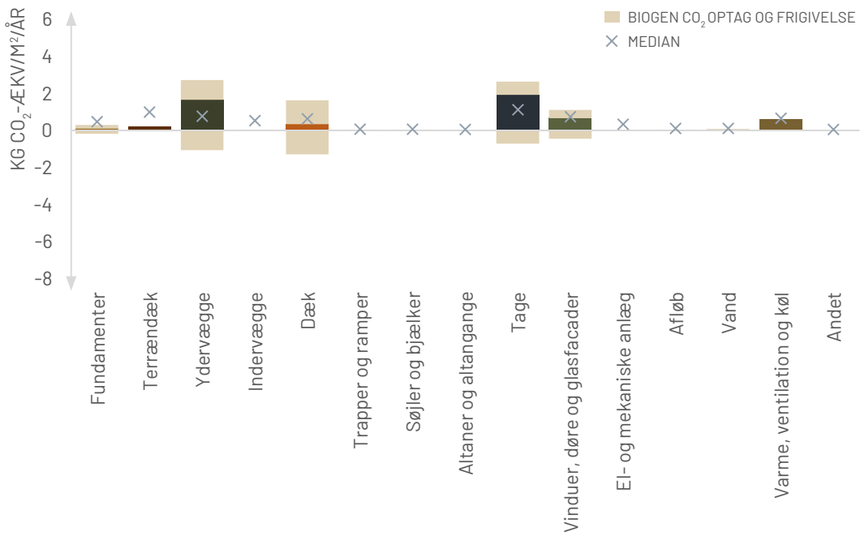
**Akustik**
Lerpudsede vægge og et loft af fibergips pudset med lerpuds blev anvendt for at hjælpe akustikken i boligen. Desuden blev der lagt træuld i etageadskillesen for at undgå trinlydsforplantning.

**Logistik**
Halmelementerne var regulære og hjalp monteringen i opførselsfasen. Råhuset blev rejst på tre dage efter det første element blev leveret.

**Fugt i byggefase**
Bygherre var opmærksom på ikke at indbygge fugt i boligen. Elementerne blev overdækket undervejs med presseninger. Desuden blev der hurtigt monteret en vandtæt og diffusionsåben vindspærre på elementerne efter levering.

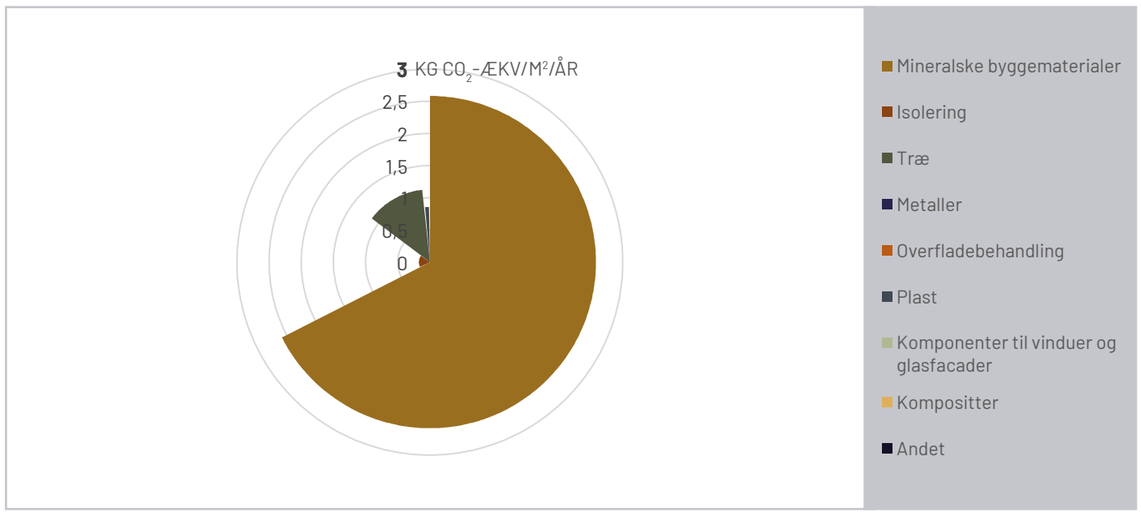
**Fugt i brug**
Halmelementerne blev beklædt med en vindspærre som blev klipset på. Derefter blev elementerne pudset med ler både ude og inde.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



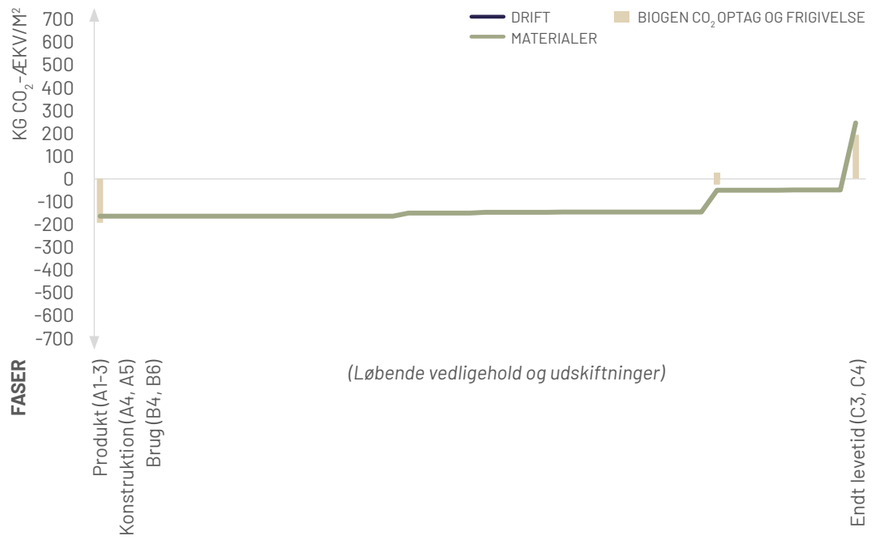

**Figur 17. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 18. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID




**Figur 19. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

## DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

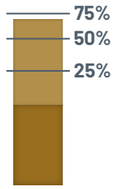
| | |
|---|---|
| MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER** | Stor hældning og udhæng på taget medfører øget materialeforbrug i konstruktionen<br>Træfiberisolering i tag |
| MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER** | |

# BROAGER

**Foto** Charlotte Mannstaedt

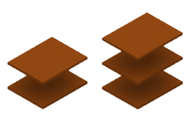
## BESKRIVELSE

Træ blev valgt som konstruktionsmateriale i dette enfamiliehus ud fra bygherres ønske om at bygge så klimavenligt som muligt. Huset blev opbygget af halmelemeter i alle vægge og taget blev opbygget af en klassisk trækonstruktion. Bygherre ønskede skruefaste vægge, hvorfor halmelementerne blev beklædt med fibergipsplader indvendigt, som derefter blev pudset op.




**Mat.:** 5,0
**Tek. inst.:** 5,3
**Drift:** -
angivet i kg $CO_2$-ækv/m²/år

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Stevns, Danmark |
| **Byggeår** | 2021 |
| **Antal enheder** | 1 |
| **Kategori** | Enfamiliehus |
| **Arkitekt** | Charlotte Maanstaedt |
| **Landskab** | - |
| **Ingeniør** | Nick Kalmer |
| **Bygherre** | Charlotte Maanstaedt |
| **Entreprenør** | - |
| **Entrepriseform** | Fagentreprise |
| **Opvarmet areal** | 91 m² |
| **Energiklasse** | Bygningsklasse 2020 |
| **Total energiforbrug** | - |
| **Energikilde** | - |
| **Datagrundlag for LCA** | Arkitektmodel |
| **Certificering** | - |
| **Projekthjemmeside** | - |



**1,5 etager**

**Fladeelement**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

Gennem interviews med byggeriets parter fremgår følgende erfaringer ved brug af træ i det konkrete projekt.

**Brand**
Halmelementerne er brandcertificerede.

**Akustik**
Bygherre ønskede skruefaste vægge og derfor blev der påsat fibergips på alle indvendige vægge. Væggene blev pudset med lerpuds og der blev anvendt træbeton på alle lofter.

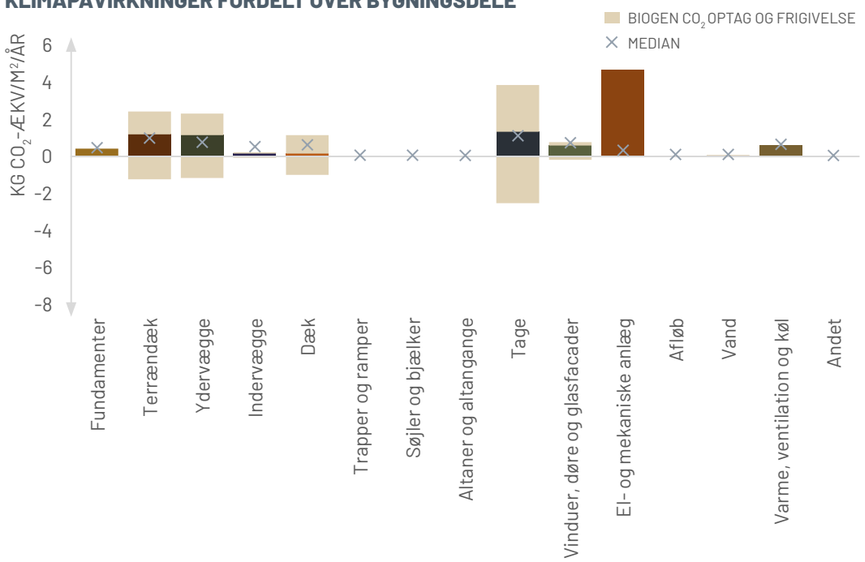
**Økonomi**
Det var vanskeligt at få lov at optage et lån til at bygge huset, fordi flere forsikringsselskaber ikke ville forsikre byggerier der anvender utraditionelle byggematerialer. Det vanskeliggjorde især brandforsikring og forsikring imod svamp.

**Æstetik**
Lokalplanen i området foreskrev at bygninger skal stå med blank eller pudset facade. Derfor blev halmelementerne pudset op udvendigt.

**Logistik & Fugt i byggefase**
Der blev anvendt pressenning til afdækning af elementer og dæk under byggefasen fra maj-august. Elementerne ankom i august og blev rejst af et team med erfaring (fire tømrer, to bygherrer, en kranfører) på tre dage uden tag. Herefter blev råhuset dækket til med pressenning og ydervægge med vindpap. Tagkonstruktionen blev efterfølgende opført over 2-4 uger. Bygherre ville anbefale at gøre brug af overdækket byggeplads til lign. fremtidige projekter.

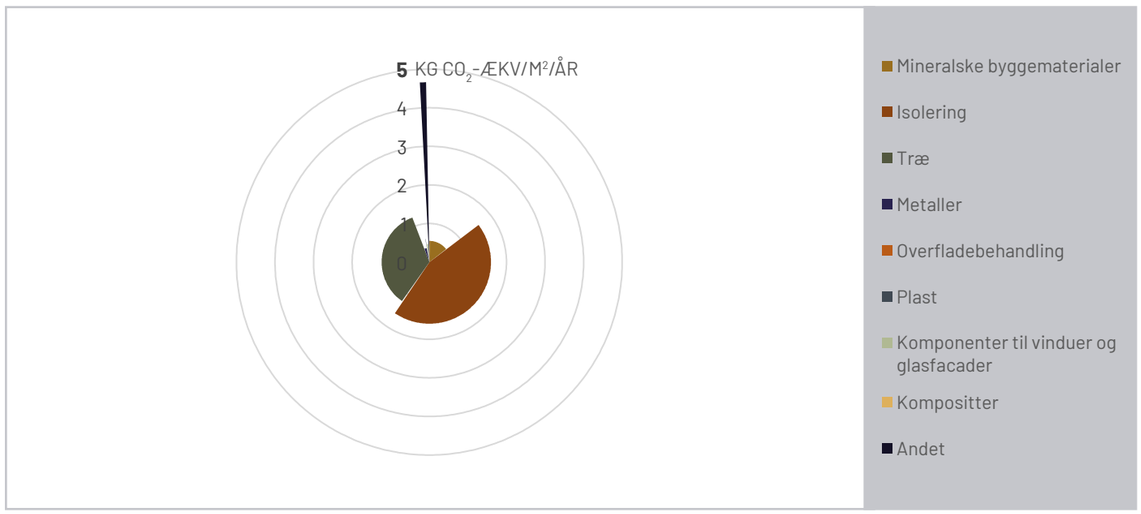
Bygherre havde tilknyttet en ingeniør og hjalp til rådgivning om, hvordan forskellige problematikker omkring brand, fugt og statik burde håndteres. Desuden var bygherre medbygger, hvilket bidrog til en optimeret planlægning igennem hele projektet.

### KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



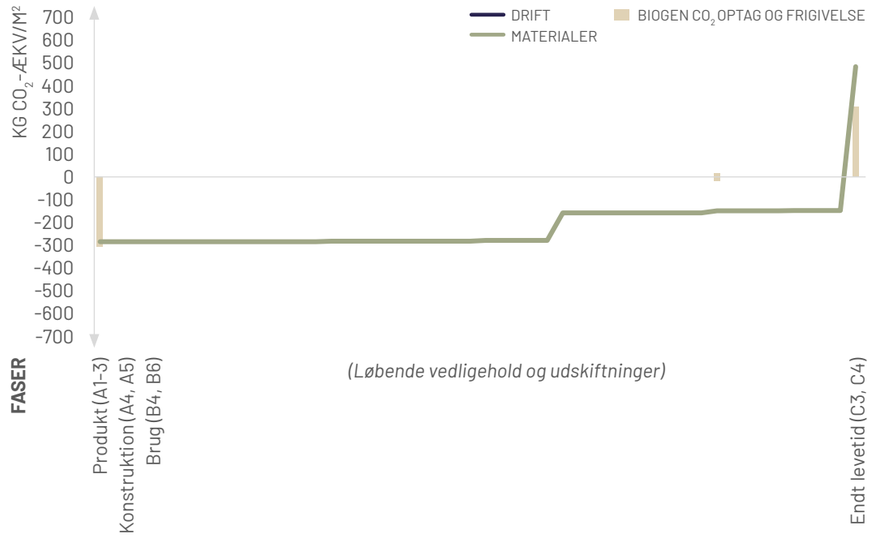

**Figur 20. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

### KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 21. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

### KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID




**Figur 22. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

### DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

| | |
|---|---|
| MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER** | Solcelleanlæg på tag<br>Træfiberisolering i tag og terrændæk |
| MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER** | Enkel arkitektur uden store glaspartier<br>Materialeforbrug under gennemsnit på 590,1 kg/$m^2$ (gennemsnit på 684,6 kg/$m^2$) |

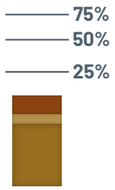
# DANMARKSGRUNDEN ALMENBOLIG+

**Foto** Vandkunsten

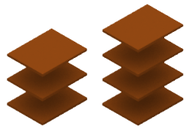
## BESKRIVELSE

Rækkehusene Danmarksgrunden blev udarbejdet med KAB som bygherre. Rækkehusene er en del af konceptet AlmenBolig+, som fokuserer på at skabe betalelige boliger af en god kvalitet og derfor stilles der krav til at huslejen holdes på et minimum. Den gennemsnitlige husleje i AlmenBolig+ bebyggelser er ca. 23% lavere end andre sammenlignelige almenboliger. Besparelsen blev i dette projekt bl.a. hentet ved energioptimering og præfabrikation. Byggeriet blev projekteret som boksmoduler, der kunne hjælpe til at reducere prisen og ressourceforbruget. Desuden blev der anvendt langtidsholdbare materialer, for at opnå lav vedligehold og få udskiftninger.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Rødovre, Danmark |
| **Byggeår** | 2010-2014 |
| **Antal enheder** | 72 lejligheder |
| **Kategori** | Almene lejeboliger |
| **Arkitekt** | Vandkunsten |
| **Landskab** | Vandkunsten |
| **Ingeniør** | Dansk Energimanagement og Esbensen |
| **Bygherre** | Boligselskabet AKB, ved KAB |
| **Entreprenør** | GVL Entreprise og BM Tag |
| **Entrepriseform** | Totalentreprise |
| **Opvarmet areal** | 8.370 $m^2$ |
| **Energiklasse** | Lavenergiklasse BR2018 |
| **Total energiforbrug** | 35,3 kWh/$m^2$/år |
| **Energikilde** | EI - fremskrivning |
| **Datagrundlag for LCA** | Arkitektmodel |
| **Certificering** | - |
| **Projekthjemmeside** | Se link |




**Mat.:** 3,9
**Tek. inst.:** 0,6
**Drift:** 1,1
angivet i kg$CO_2$-ækv/$m^2$/år



**2-3 etager**

**Boksmodul**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

Gennem interviews med byggeriets parter fremgår følgende erfaringer ved brug af træ i det konkrete projekt.

**Brand**
Der blev påbygget tre lag gips eller to lag fibergips på begge sider af brandsektionering mellem to boliger, for at beskytte de bærende trækonstruktioner mod brand.

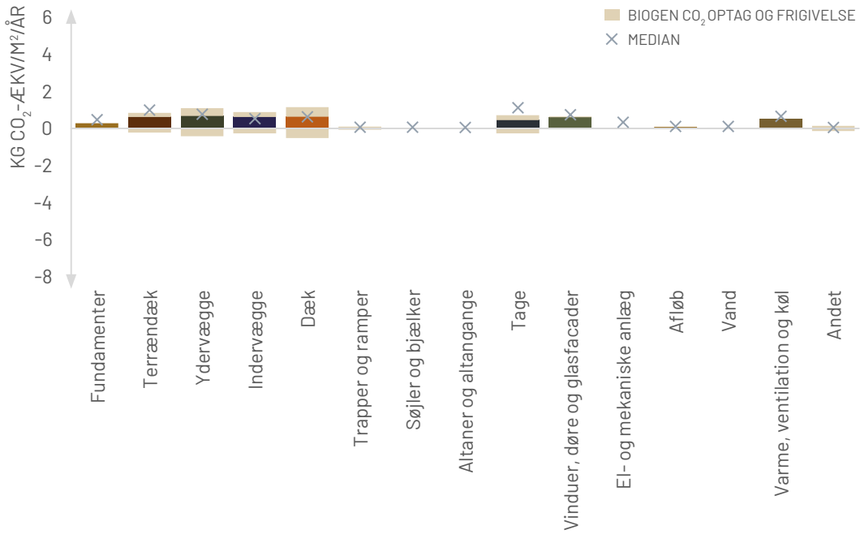
**Økonomi**
Man ønskede at opnå det bedste byggeri til prisen og derfor blev der blandt andet valgt materialer til facadebeklædning med en lav grad af vedligehold. Dette hjælper til at holde omkostninger for bygherre og beboere nede i brugsfasen.

**Logistik & Æstetik**
Skitseprojektet i konkurrencen blev tegnet som boksbyggeri, da man ønskede at skabe gode, billige boliger og gøre boksbyggeri arkitektonisk interessant.

**Fugt i byggefase**
Boksmodulerne blev leveret indpakkede og lukkede. Facaden blev monteret på stedet for at sikre korrekte samlinger mellem boksmodulerne.

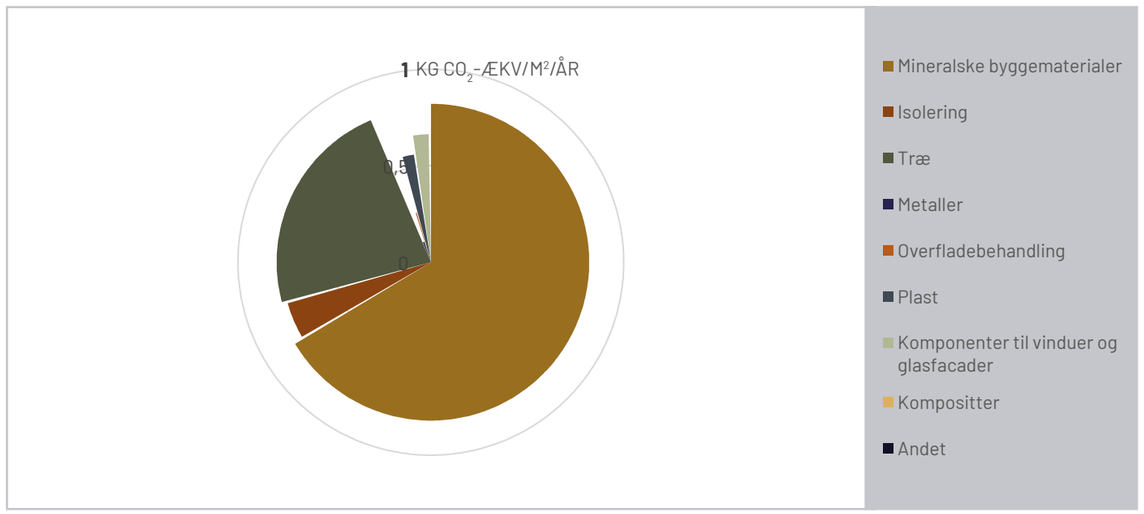
**Fugt i brug**
De præfabrikerede bokse blev hævet 40 cm over jorden og der blev gravet render omkring fundamentet for at undgå fugtindtrængning.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE




**Figur 23. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 24. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID

**Figur 25. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

## DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

| | |
|---|---|
| MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER** | 3-lags ruder i klimaskærm<br>Cementbunden spånplade og fibercementplader i ydervægge<br>EPS isolering i terrændæk |
| MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER** | Materialeforbrug under gennemsnit på 319,3 kg/$m^2$ (gennemsnit på 684,6 kg/$m^2$)<br>Kompakt arkitektur og flere etager optimerer materialeforbruget |

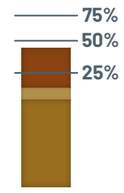
# BALANCEN

**Foto** Vandkunsten

## BESKRIVELSE

Byggeriet består af 33 boliger i tre forskellige typer dobbelthuse samt et fælleshus. Byggeriet blev oprindeligt tegnet som boksbyggeri i skitseprojektet, men pga. geometrien, blev der brugt fladeelementer. Byggeriet blev opført på baggrund at et værdiprogram udviklet i samarbejde mellem Pension Danmark, Realdania og Vandkunsten. Det skriftlige værdigrundlag fungerede som pejlemærke for projektet gennem alle byggeriets faser og sikrede tæt dialog mellem alle parter. Entreprenøren var tidligt inde over projektet og i tæt dialog med arkitekter og bygherre. Derudover projekteres byggeriet efter krav i BR18 Lavenergi i henhold til Pension Danmark's skærpede krav til bæredygtighed.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Ry, Danmark |
| **Byggeår** | 2018-2021 |
| **Antal enheder** | 33 boliger, fælleshuse |
| **Kategori** | Bofællesskab, boliger |
| **Arkitekt** | Vandkunsten |
| **Landskab** | Vandkunsten |
| **Ingeniør** | Viggo Møller |
| **Bygherre** | Pension Danmark |
| **Entreprenør** | LPH Byg |
| **Entrepriseform** | Totalentreprise |
| **Opvarmet areal** | 2.942 $m^2$ |
| **Energiklasse** | Lavenergiklasse BR2018 |
| **Total energiforbrug** | 38,7 kWh/$m^2$/år |
| **Energikilde** | El - fremskrivning |
| **Datagrundlag for LCA** | Arkitektmodel |
| **Certificering** | DGNB Guld |
| **Projekthjemmeside** | Se link |




**Mat.:** 5,5
**Tek. inst.:** 0,7
**Drift:** 2,5
angivet i kg$CO_2$-ækv/$m^2$/år

**1 etage**

**Fladeelement**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

Gennem interviews med byggeriets parter fremgår følgende erfaringer ved brug af træ i det konkrete projekt.

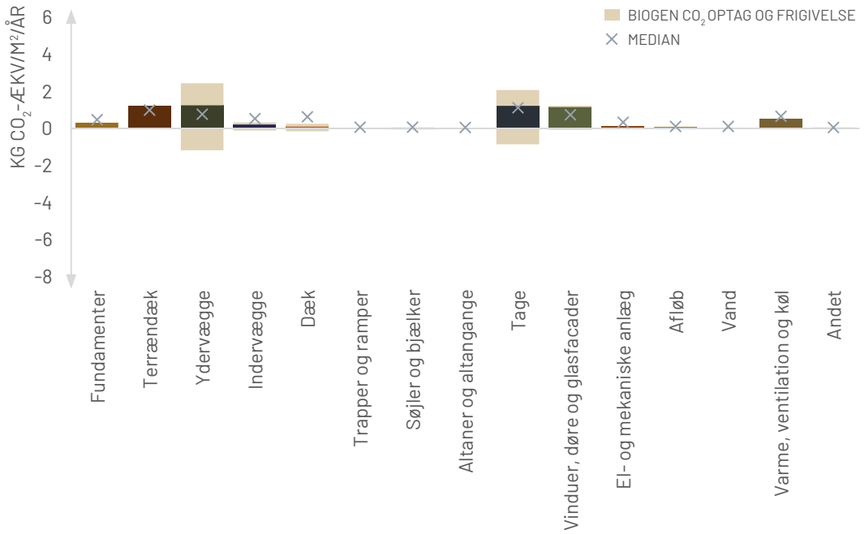
**Brand**
Bygningsreglementets afstandskrav mellem bebyggelser med træfacer var den største udfordring i projektet ift. brand. Enkelte skure får derfor påsat en ekstra betonplade under træbeklædningen for at overholde afstandkrav.

**Akustik**
For at overholde bygningsreglementets krav til akustik blev der anvendt gips på indvendige vægge med hulrum i alle vægge mellem boliger.

**Økonomi**
Ønsket var at overholde den økonomiske ramme og samtidig leve op til grundlæggende værdier i værdiprogrammet, samt at leve op til beboernes krav og ønsker. Derfor blev der anvendt kendte materialer (f.eks. gipsvægge og mineraluldsisolering) for at mindske risikoen for øgede omkostninger.

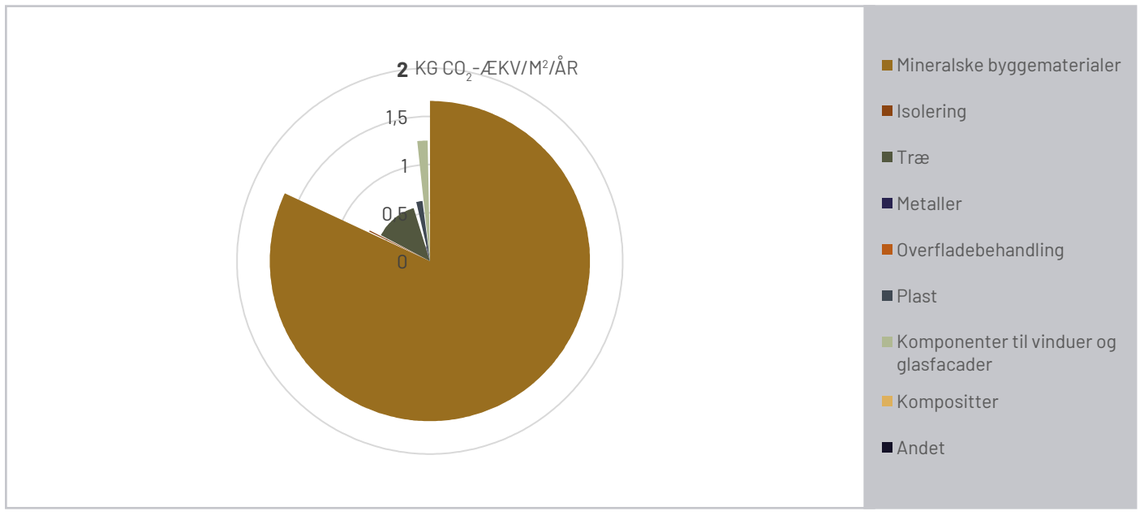
**Fugt i brug**
For at beskytte facaden mod fugt blev træskonstruktion beklædt med mursten nederst og træ øverst. Desuden blev der etableret en sålbænk i træ for at lede vand væk og beskytte murstene.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



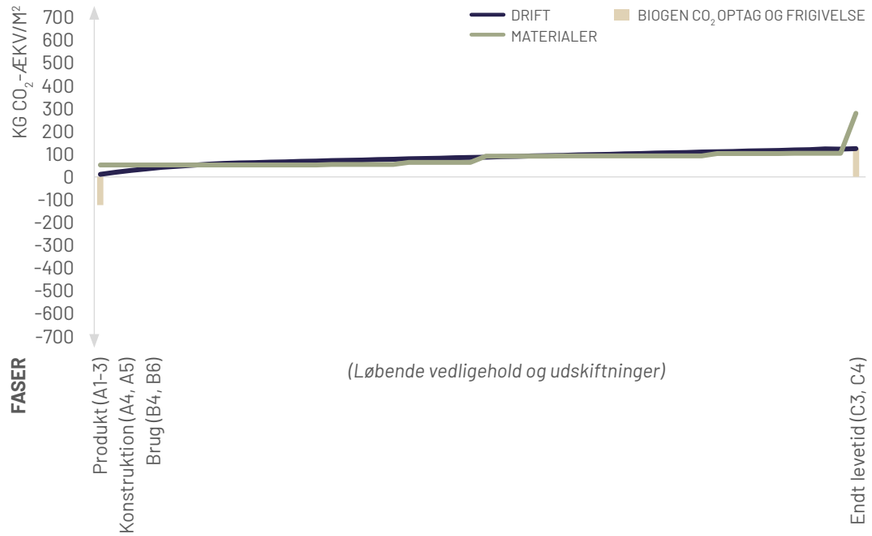

**Figur 26. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 27. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID




**Figur 28. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

## DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

| | |
|---|---|
| MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER** | EPS isolering i terrændæk<br>3-lags ruder i klimaskærmen<br>Beton i terrændæk<br>Tagmateriale af tagpap |
| MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER** | Materialeforbrug under gennemsnit på 631,4 kg/$m^2$ (gennemsnit på 684,6 kg/$m^2$) |

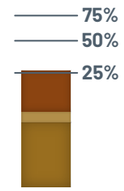
# TIMIANHAVEN

**Foto** Vandkunsten

## BESKRIVELSE

Vandkunsten tegnede oprindeligt et udbud til et projektforslag som boksbyggeri på baggrund af bygherres ønsker til geometri, men ingen producenter af boksmoduler bør på opgaven. Adserballe og Knudsen ønskede at oparbejde nye kompetencer og bød ind med et byggeri i CLT. Byggeriet blev derfor opført som præfabrikerede CLT elementer. CLT elementerne blev også valgt pga. mulighederne for en hurtig og effektiv byggeproces, ligesom muligheden for adskillelse ved endt levetid blev indtænkt i projektet. For at sikre rigeligt med dagslys blev der anvendt ovenlysvinduer og boligerne blev beklædt med teglskaller og lærketræ.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Havdrup, Solrød, Danmark |
| **Byggeår** | 2017-2018 |
| **Antal enheder** | 44 boliger, fælleshus |
| **Kategori** | Almene boliger |
| **Arkitekt** | Vandkunsten |
| **Landskab** | Vandkunsten |
| **Ingeniør** | Dominia |
| **Bygherre** | Domea Solrød |
| **Entreprenør** | Adserballe & Knudsen A/S |
| **Entrepriseform** | Totalentreprise |
| **Opvarmet areal** | 3.720 $m^2$ |
| **Energiklasse** | Bygningsklasse 2020 |
| **Total energiforbrug** | 32,7 kWh/$m^2$/år |
| **Energikilde** | El - fremskrivning og fjernvarme - fremskrivning |
| **Datagrundlag for LCA** | Arkitektmodel |
| **Certificering** | - |
| **Projekthjemmeside** | Se link |




**Mat.:** 4,0
**Tek. inst.:** 0,7
**Drift:** 2,6
angivet i kg $CO_2$-ækv/$m^2$/år

**2 etager**

**Fladeelement (CLT)**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

Gennem interviews med byggeriets parter fremgår følgende erfaringer ved brug af træ i det konkrete projekt.

**Brand**
CLT har brandhæmmende egenskaber og det var derfor ikke nødvendigt at tilføje yderligere indvendige vægmaterialer for at brandsikre. Loftet på 1. sal blev dog beklædt med gips udenpå CLT elementerne pga. brandkrav til indvendige vægoverflader. Desuden blev der tilføjet 95 mm ikke-brandbar isolering mellem lejlighederne.

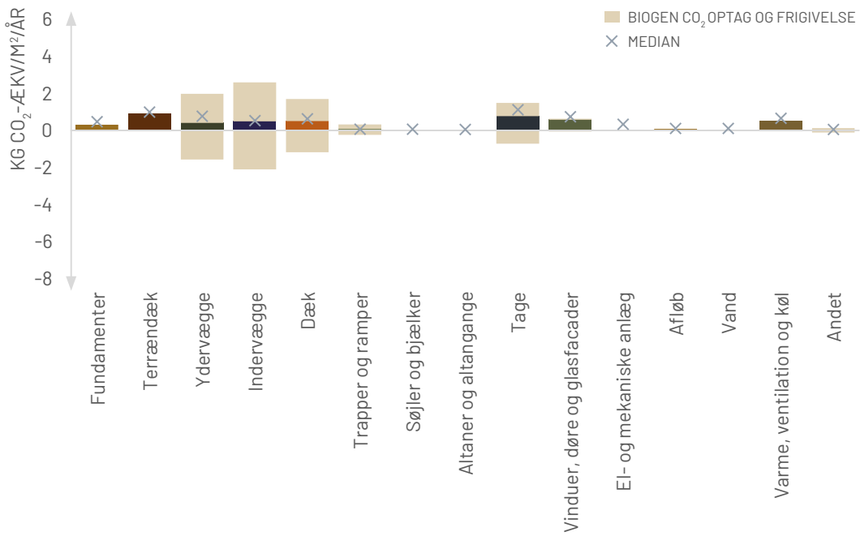
**Statik & Akustik**
Der blev anvendt et 50 mm betonlag af fliser for at stoppe lydbevægelse mellem lejlighederne samt for at løse statik.

**Økonomi**
Ud fra argumenter om lang levetid og lav vedligehold valgte byggerådet materialer til byggeriet. I forsøget på at reducere prisen mest muligt for byggeriet er der foretaget nogle valg, som senere har vist sig at være udslagsgivende for projekts endelige kvalitet og robusthed. Enkelte løsninger, fx kantlimningen, har givet ekstra omkostninger og problemer under drift.

**Æstetik**
Der blev lavet studier i patinering med fysiske prøver af CLT for at opbygge viden om vedligehold af indvendig træbeklædning, samt design for udvendig træbeskyttelse. Dominia ønskede oprindeligt ikke træfacader pga. øget vedligehold, men blev overbevist om at lave dele facaderne i træ pga. Vandkunstens erfaringer med konstruktiv træbeskyttelse. Indvendig CLT blev behandlet med lud, men manglende standarder for ludbehanling medfører at alle vægge behandles forskelligt og derfor fremstår med varierende udtryk.

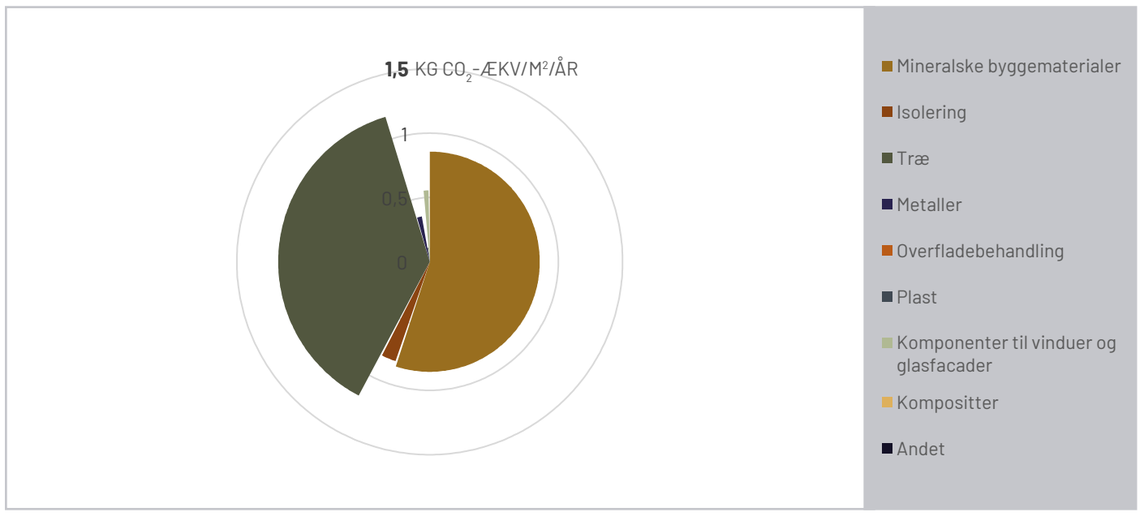
**Fugt**
Der blev ikke indlagt dampspære i konstruktionen, da CLT varetager denne funktion. Den uhensigtsmæssig behandling af bl.a. kantlimningen har senere skabt revner, hvorved problemer med utæthed og fugt kan opstå.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



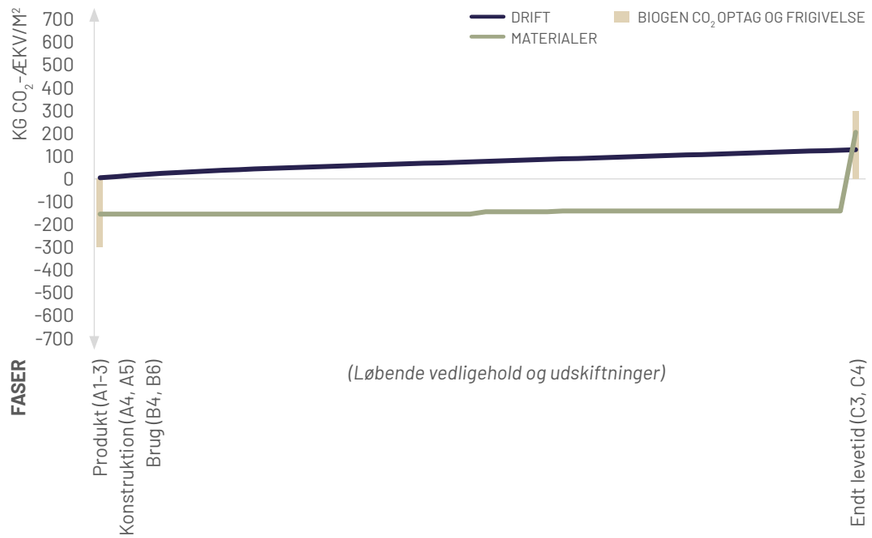

**Figur 29. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 30. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID




**Figur 31. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

## DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

| | |
|---|---|
| MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER** | Stor hældning i taget øger materialeforbruget<br>EPS isolering i terrændæk<br>3-lags ruder i klimaskærmen<br>Beton i terrændæk<br>Stålplade som tagoverflade |
| MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER** | Materialeforbrug under gennemsnit på 506,2 kg/$m^2$ (gennemsnit på 684,6 kg/$m^2$) |

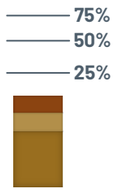
# SKRÅNINGEN I

Foto Vandkunsten

## BESKRIVELSE

Skråningen blev til på baggrund af en henvendelse fra EcoVillage, der kender til Vandkunstens erfaring med bofællesskaber. Der blev udviklet et byggeri som tager højde for både funktionalitet og fællesskab indenfor en snæver økonomisk ramme. I projektet blev der lagt vægt på fortællingen om EcoVillage som et bæredygtigt bofællesskab, hvorfor svanemærket træ blev valgt som facademateriale. Selve boligerne blev designet med et basismodul, og ekstramoduler tilgodeser forskellige ekstra behov og muligheden for at skabe variation. Desuden blev der hovedsagligt anvendt træbaseret isolering i form af papiruld. Fællesarealerne, som bl.a. indeholder fælleshuse og flere mindre fælles faciliteter, udgør 12 % af den samlede bebyggelse.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Lejre, Danmark |
| **Byggeår** | 2015-2019 |
| **Antal enheder** | 46 boliger, fælleshuse |
| **Kategori** | Bofællesskab |
| **Arkitekt** | Vandkunsten |
| **Landskab** | Vandkunsten |
| **Ingeniør** | Scandibyg |
| **Bygherre** | Ecovillage og CASA |
| **Entreprenør** | Scandibyg |
| **Entrepriseform** | Totalentreprise |
| **Opvarmet areal** | 4.788 m² |
| **Energiklasse** | Bygningsklasse 2020 |
| **Total energiforbrug** | 33,7 kWh/m²/år |
| **Energikilde** | El - fremskrivning |
| **Datagrundlag for LCA** | Arkitektmodel |
| **Certificering** | Svanemærket |
| **Projekthjemmeside** | Se link |




**Mat.:** 3,5
**Tek. inst.:** 1,2
**Drift:** 1,0
angivet i kg$CO_2$-ækv/m²/år

**2 etager**

**Boksmodul**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

Gennem interviews med byggeriets parter fremgår følgende erfaringer ved brug af træ i det konkrete projekt.

**Brand**
Facadetræet blev brandimprægneret.

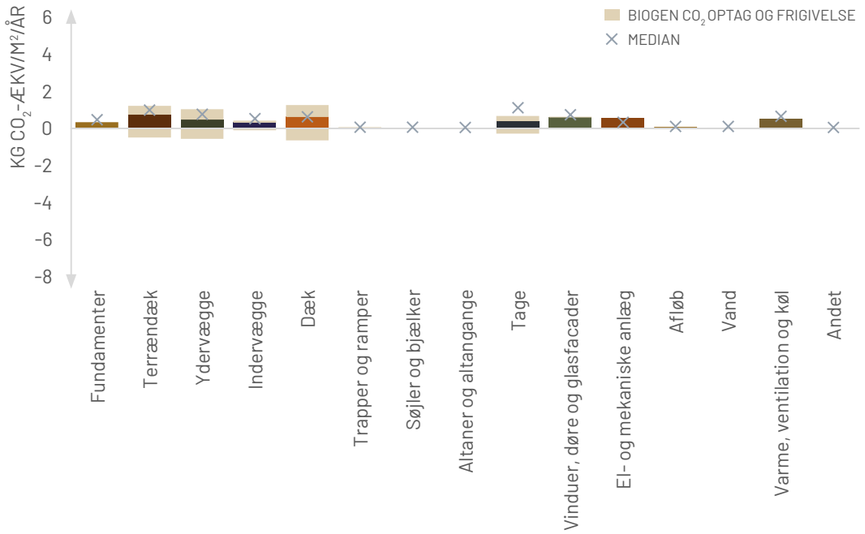
**Akustik**
Scandibyg havde på baggrund af erfaring med test af boksmoduler kompetencerne til at indtænke akustik i byggeriet. Isolering i modulerne gjorde det muligt at overholde krav i træbyggeriet på trods af vandrette lejlighedsskel.

**Logistik**
Boksmodulernes design blev fastlagt ud fra hvilke dimensioner, der var mulige at transportere. Kompetencer indenfor logistik lå hos leverandøren Scandibyg på baggrund af mange års erfaring, hvor også specialløsninger med ændrede dimensioner i fx fælleslokaler blev udviklet specifikt.

**Fugt i byggefase**
Byggeri med boksmoduler blev vurderet til at være mindre sårbart for fugt end andet træbyggeri, da elementerne er beskyttet under transport og opførsel. Kompetencer til at undgå fugt lå hos Scandibyg.

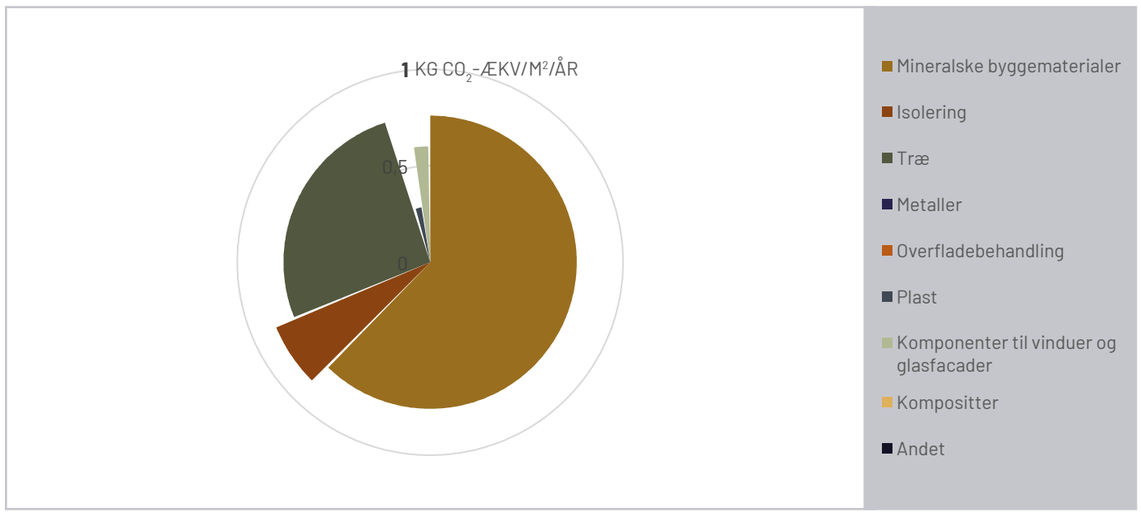
**Fugt i brug**
Der blev ikke anvendt udhæng som konstruktiv træbeskyttelse, da det ville øge omkostningerne at indarbejde tagmoduler fra en anden producent. I stedet blev træfacaden behandling med træbeskyttelse.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



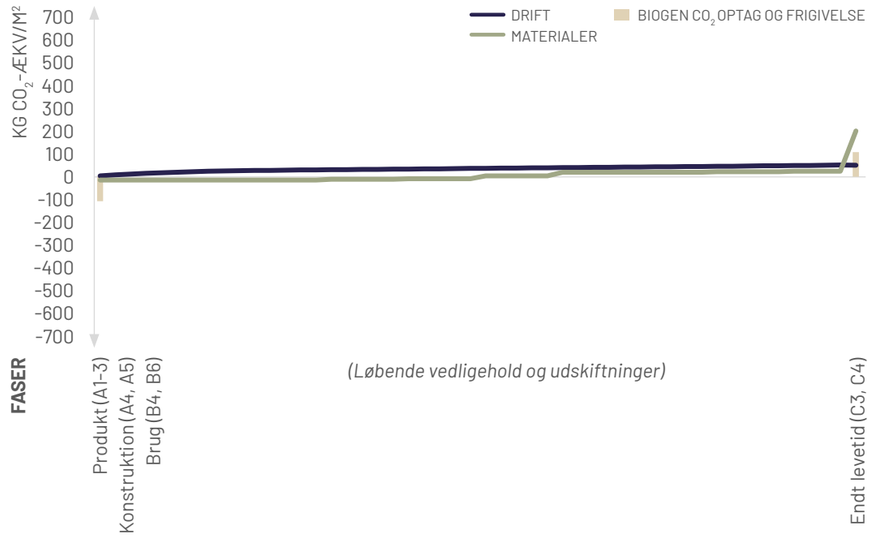

**Figur 32. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 33. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID




**Figur 34. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

## DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER**

Solcelleanlæg på tag
3-lags ruder i klimaskærm
EPS isolering i terrændæk
Cementbunden spånplade i terrændæk og ydervægge
Store vinduesarealer i boligerne

MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER**

Materialeforbrug under gennemsnit på 295,8 kg/$m^2$ (gennemsnit på 684,6 kg/$m^2$)

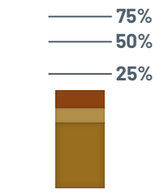
# SKRÅNINGEN II

**Foto** Vandkunsten

## BESKRIVELSE

Vandkunsten fortsatte samarbejdet med EcoVillage i forlængelse af Skråningen Etape I. Alle lejligheder i Etape II har egen udgang, da det viste sig at være et ønske fra beboerne. På samme måde valgte man ikke at lave vandrette lejlighedsskel igen, da de ikke var salgbare. I projektet lægges der stadig vægt på fortællingen om EcoVillage som et bæredygtigt bofællesskab, hvorfor svanemærket træ vælges som facademateriale.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Lejre, Danmark |
| **Byggeår** | 2020-2021 |
| **Antal enheder** | 53 boliger, fælleshuse |
| **Kategori** | Bofællesskab |
| **Arkitekt** | Vandkunsten |
| **Landskab** | Vandkunsten |
| **Ingeniør** | Scandibyg |
| **Bygherre** | Ecovillage og CASA |
| **Entreprenør** | Scandibyg |
| **Entrepriseform** | Totalentreprise |
| **Opvarmet areal** | 5.700 m² |
| **Energiklasse** | Bygningsklasse 2015 |
| **Total energiforbrug** | 18,4 kWh/m²/år |
| **Energikilde** | El - fremskrivning |
| **Datagrundlag for LCA** | Arkitektmodel |
| **Certificering** | Svanemærket |
| **Projekthjemmeside** | Se link |




**Mat.:** 4,1
**Tek. inst.:** 0,9
**Drift:** 1,1
angivet i kg$CO_2$-ækv/m²/år

**2 etager**

**Boksmodul**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

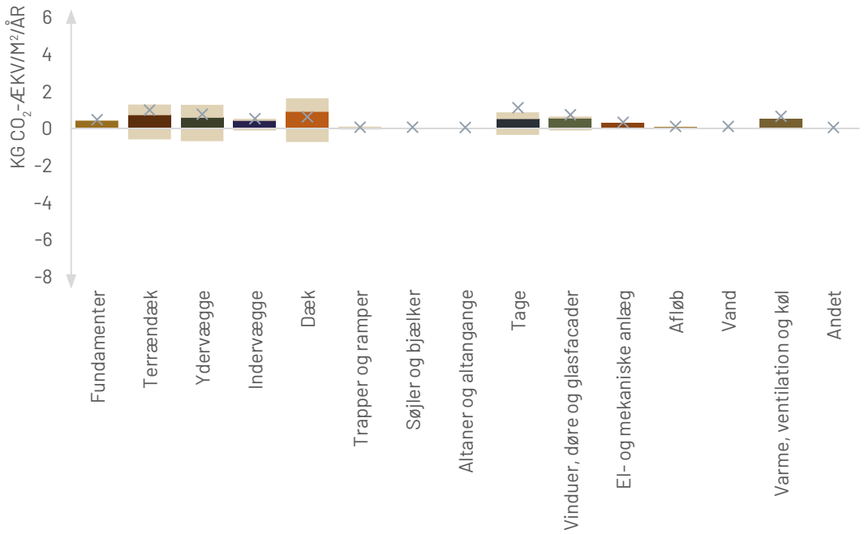
Gennem interviews med byggeriets parter fremgår følgende erfaringer ved brug af træ i det konkrete projekt.

**Brand**
Erfaringer fra første etape gjorde, at myndighederne kendte til brandløsningerne anvendt i første etape. Dette resulterede i en mere effektiv godkendelsesproces ift. brandkrav.

**Økonomi & Æstetik**
Tegnestuen ønskede at differentiere byggeriet fra Skråningen Etape I bl.a. ved at male facaden sort. Bygherre derimod fokuserede særligt på nedsat vedligehold og derfor blev der valgt Svanemærket, termobehandlet facadetræ. Desuden valgte man også en anden profilering på træet i forhold til første etape. Der blev ikke etableret vandrette lejlighedsskel, da man fra første etape fandt ud af, at disse ikke var salgbare.

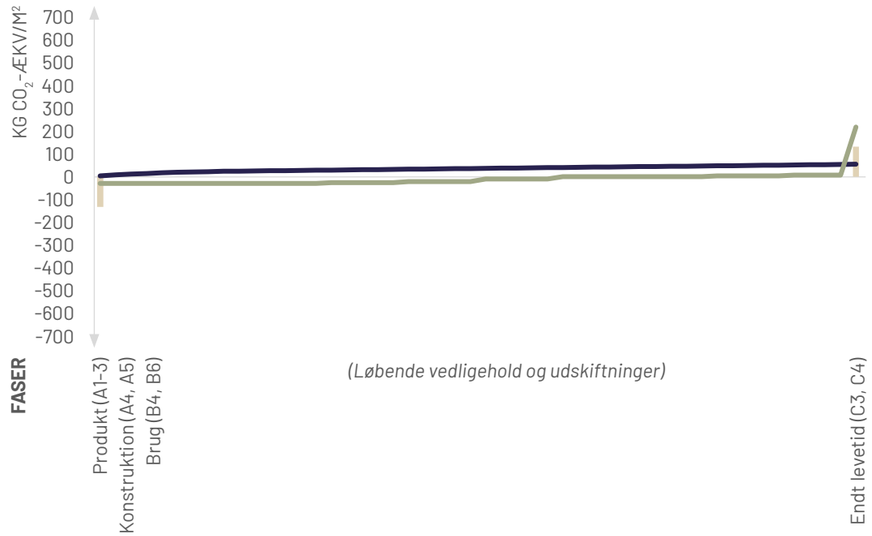
**Logistik**
Oprindeligt blev multisalen sparet væk pga. besvær med transporten. Den vedtages dog igen på grund af beboernes ønske. For at lette transporten anvendes limtræ til multisalen i stedet for ét samlet modul, hvor multisalen svarer til tre boksmoduler i et rum med dobbelt højde.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



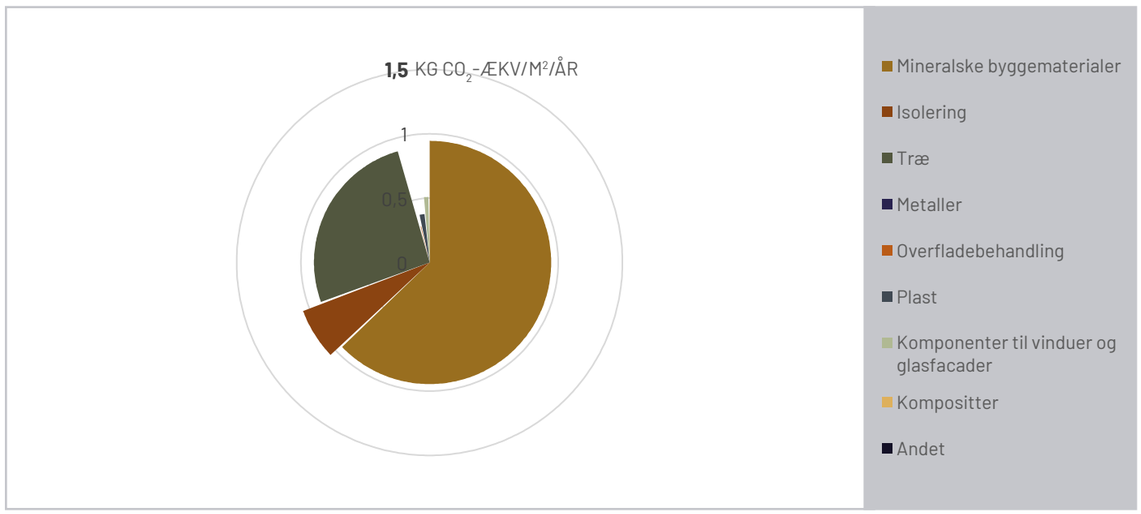

**Figur 35. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID




**Figur 37. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 36. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

## DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

| | |
|---|---|
| MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER** | PU skumplade i dæk<br>EPS isolering i terrændæk<br>Cementbunden spånplade i ydervægge<br>3-lags ruder i klimaskærm grundet store vinduesarealer i boligerne |
| MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER** | Materialeforbrug under gennemsnit på 362,2 kg/$m^2$ (gennemsnit på 684,6 kg/$m^2$) |

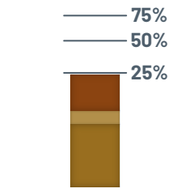
# GRØNTORVET ALMENBOLIG+

**Foto** Vandkunsten

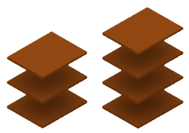
## BESKRIVELSE

Grøntorvet i Valby, København, er en del af Almenbolig+, ramme 5. I den forbindelse var der krav til, at byggeriet blev udført som trækonstruktion og rammebeløbet betød at man valgte præfabrikerede boksmoduler, da der her var mulighed for at få en god kvalitet til prisen. Der blev udpeget en følgegruppe af erfarne folk fra boligforeningerne, som sad med til råds i når der skulle vælges materialer på overflader og interiør. Lokalplanen satte dog krav til tegl på facaderne, som kombineres med træ. Boligrammen og involveringen af følgegruppen, medfører et materialevalg som giver en god totaløkonomi med lavt vedligehold og få udskiftninger.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Valby, Danmark |
| **Byggeår** | 2016-2019 |
| **Antal enheder** | 49 lejligheder |
| **Kategori** | Almene lejeboliger |
| **Arkitekt** | Vandkunsten |
| **Landskab** | Vandkunsten |
| **Ingeniør** | DEM og Tyrens |
| **Bygherre** | SAB & AKB for KAB |
| **Entreprenør** | BM Byggeindustri |
| **Entrepriseform** | Totalentreprise |
| **Opvarmet areal** | 5.367 $m^2$ |
| **Energiklasse** | Bygningsklasse 2020 |
| **Total energiforbrug** | 32,9 kWh/$m^2$/år |
| **Energikilde** | EI - fremskrivning |
| **Datagrundlag for LCA** | Arkitektmodel |
| **Certificering** | - |
| **Projekthjemmeside** | Se link |




**Mat.:** 3,9
**Tek. inst.:** 0,9
**Drift:** 2,2
angivet i kg$CO_2$-ækv/$m^2$/år



**2-3 etager**

**Boksmodul**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

Gennem interviews med byggeriets parter fremgår følgende erfaringer ved brug af træ i det konkrete projekt.

**Brand**
Brandkrav var ikke vanskelige at overholde for de dele af bebyggelse der er under 2 etager. Boliger i tre etager blev inddelt ved at forsyne opholdsrummene på en enkelt etage med branddøre. Trappen i den enkelte bolig blev udført som en åben trætrappe.

**Akustik**
For at forbedre akustikken blev der anvendt neoprenklodser mellem boksmodulerne.

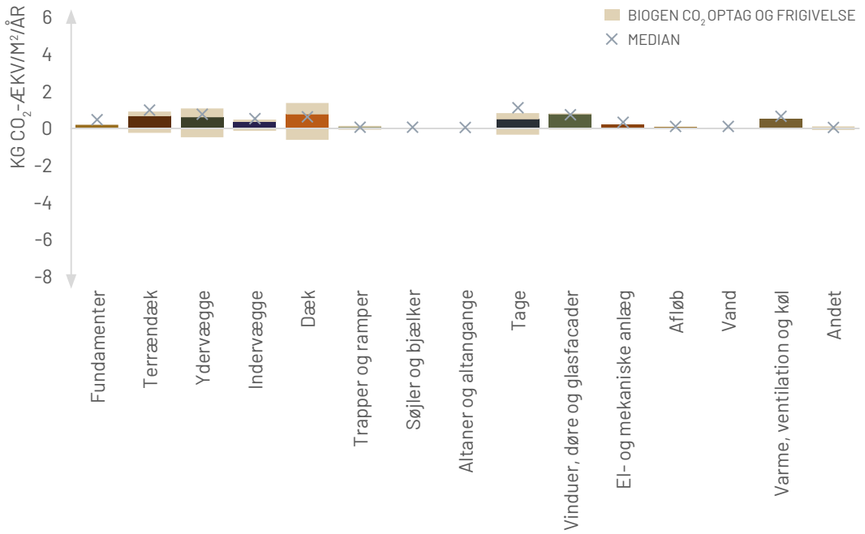
**Økonomi**
Den økonomiske ramme medvirkede til at man valgte præfabrikerede boksmoduler. Desuden satte økonomien også rammen for øvrige materialevalg på baggrund af både opførelses- og driftsomkostninger.

**Logistik**
Dimensionerne af boksmodulerne var begrænset af transportforhold. Derfor opbyggede tegnestuen kompetencer i at designe indenfor modulernes dimensioner.

**Æstetik**
Man ønskede at vælge materialer inden for et rammebeløb, som også tilfredsstillede beboerne. Derfor lavede tegnestuen et materialekatalog og faciliterede følgegruppemøder med beboerne.

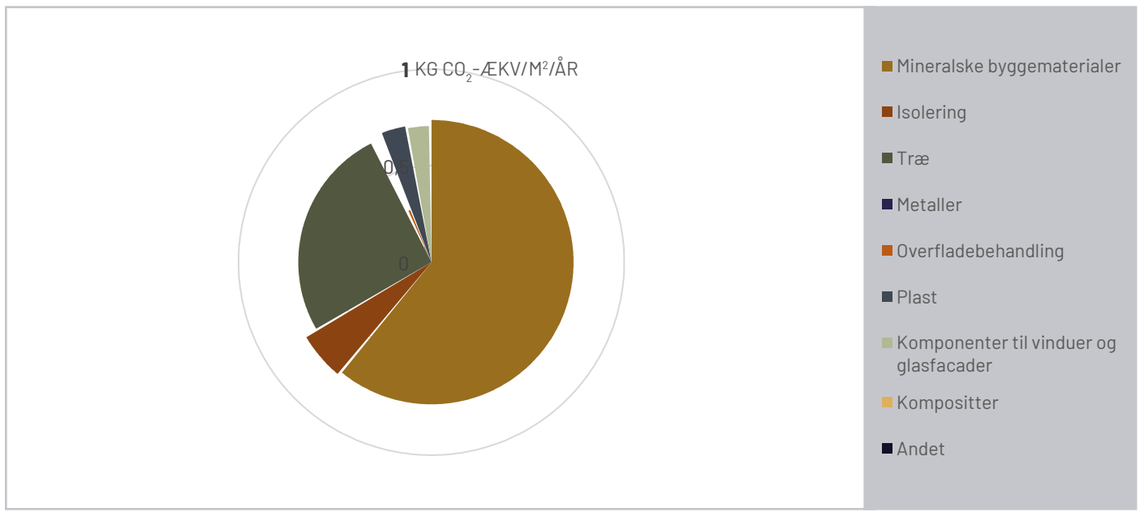
**Fugt**
Boksmodulerne blev leveret aflukkede og kunne stå på byggepladsen i op til 6 måneder uden at tage skade.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



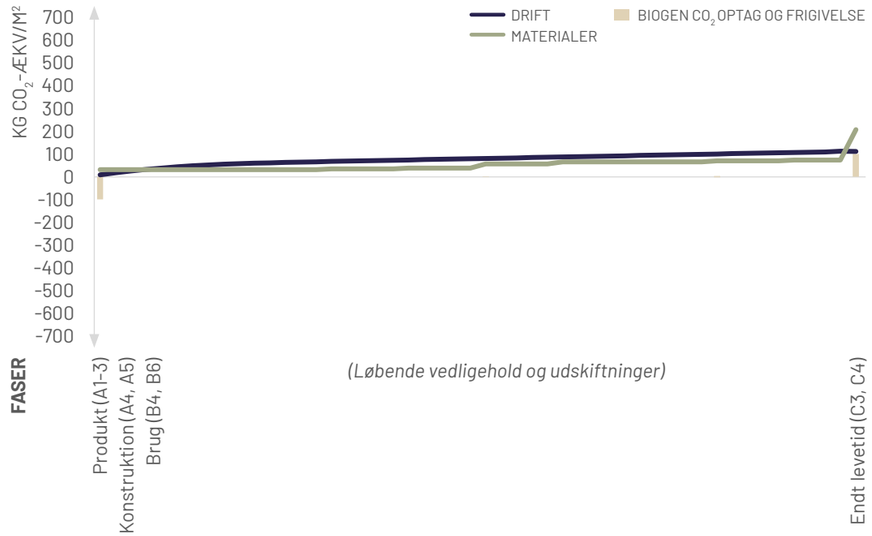

**Figur 38. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 39. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID




**Figur 40. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

## DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

| | |
|---|---|
| MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER** | Solcelleanlæg på tag<br>3-lags ruder i klimaskærm<br>Cementbunden spånplade i ydervægge<br>EPS isolering i terrændæk |
| MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER** | Små, kompakte boliger medfører lavt materialeforbrug<br>Materialeforbrug under gennemsnit på 278,4 kg/$m^2$ (gennemsnit på 684,6 kg/$m^2$) |

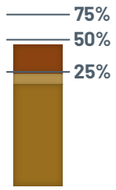
# ENGDRAGET

**Foto** Scandibyg

## BESKRIVELSE

Engdraget er en del af lokalplanen for Tidselbjerget, som er et ca. 60 hektar stort område uden for Slagelse. Ved udvikling af Engdraget blev der udarbejdet et bæredygtighedsnotat på baggrund af aktørinvolvering af naboer, kommende beboere, folk fra boligselskabet, mm. Bæredygtighedsnotatet præsenterede en beskrivelse af ønsker til bebyggelsen ift. miljømæssig, social og økonomisk bæredygtighed.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Slagelse, Danmark |
| **Byggeår** | 2018 |
| **Antal enheder** | 126 boliger, fælleshus |
| **Kategori** | Almene lejeboliger |
| **Arkitekt** | Arkitema |
| **Landskab** | Arkitema |
| **Ingeniør** | Fjerring |
| **Bygherre** | Slagelse boligselskab |
| **Entreprenør** | Scandibyg |
| **Entrepriseform** | Totalentreprise |
| **Opvarmet areal** | 13.292 $m^2$ |
| **Energiklasse** | Lavenergiklasse 2020 |
| **Total energiforbrug** | 25,0 kWh/$m^2$/år |
| **Energikilde** | El - fremskrivning og fjernvarme - fremskrivning |
| **Datagrundlag for LCA** | Arkitektmodel |
| **Certificering** | - |
| **Projekthjemmeside** | Se link |




**Mat.:** 6,4
**Tek. inst.:** 0,6
**Drift:** 1,8
angivet i kg$CO_2$-ækv/$m^2$/år

**2 etager**

**Boksmodul**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

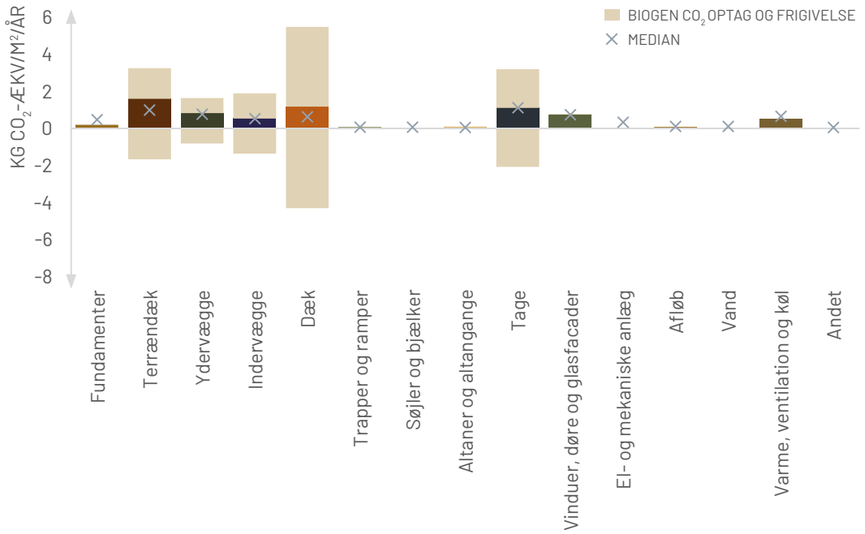
Gennem interviews med byggeriets parter fremgår følgende erfaringer ved brug af træ i det konkrete projekt.

**Brand**
Der var ikke behov for ekstra branddimensionering, da byggeriet er to etager. Kompetencerne for branddimensionering lå derfor hos Scandibyg.

**Økonomi**
Der blev valgt boksmoduler fra Scandibyg, da dette er en velkendt løsning og derved minimerer risikoen for byggeskader. Desuden bidrog det til en effektiv byggeproces på kun 13 måneder og gode kompetencer indenfor både akustik, fugt og statik hos Scandibyg.

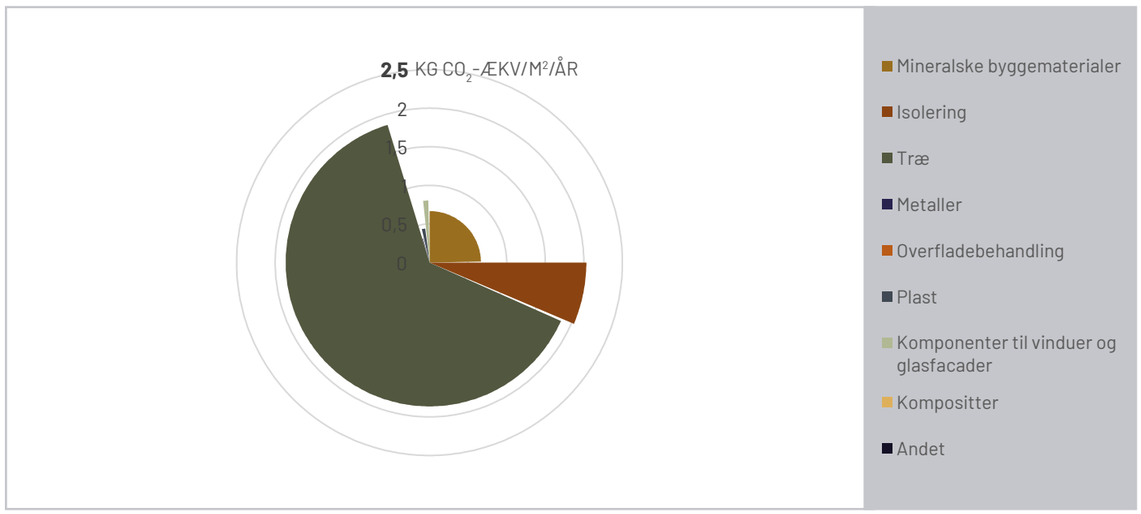
**Æstetik**
Alle løsninger blev valgt ud fra et standard tilbud fra Scandibyg. Materialer på overflader var tegnestuen med til at påvirke.

### KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



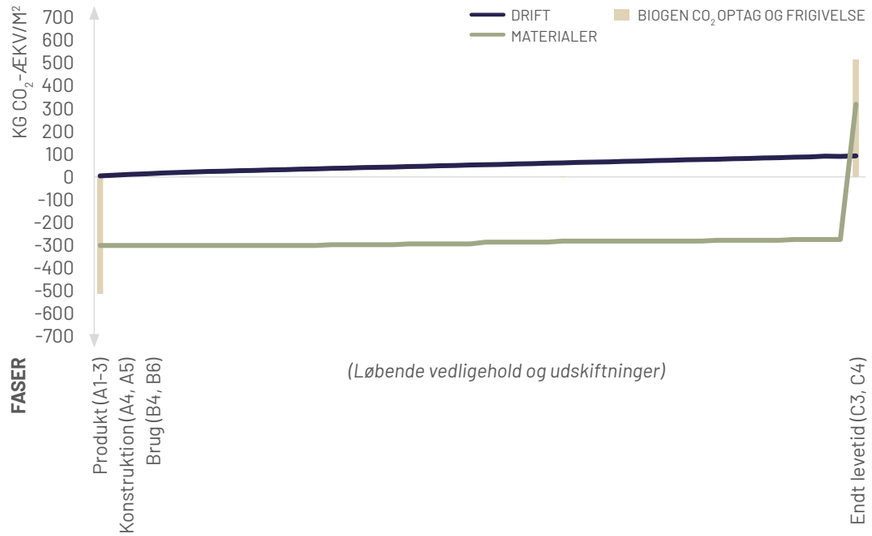

**Figur 41. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

### KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 42. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

### KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID




**Figur 43. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

### DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

| | |
|---|---|
| MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER** | EPS isolering i terrændæk<br>Trykfast mineraluld som isolering i tag |
| MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER** | Materialeforbrug under gennemsnit på 532,0 kg/$m^2$ (gennemsnit på 684,6 kg/$m^2$) |

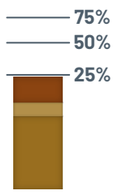
# SKADEMOSEN

**Foto** Adserballe & Knudsen

## BESKRIVELSE

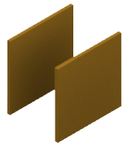
I dette projekt ønskede man at opføre billige og klimavenlige boliger. Byggeriet er en del af samme rammeaftale som Toppen og Skousbo I, hvortil byggesystemet BoligTræ blev udviklet. Byggesystemet BoligTræ blev udviklet med henblik på både at nedsætte klimaaftrykket samt at effektivisere byggeriet i produktion- og opførselsfasen. Samtidig var der fokus på, at alle bygninger blev udarbejdet i digitale modeller som giver mulighed for løbende optimering hen over rammeaftalens projekter. Skademosen indeholder 44 boliger mellem 30-115 $m^2$. Boligerne er fuldt udstyret, men har et begrænset antal skillevægge for størst mulig fleksibilitet.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Trekroner, Danmark |
| **Byggeår** | 2018-2019 |
| **Antal enheder** | 44 boliger |
| **Kategori** | Almene lejeboliger |
| **Arkitekt** | Vilhelm Lauritzen Arkitekter |
| **Landskab** | Thing Brandt Landskab |
| **Ingeniør** | Fjerring Holmsgaard A/S |
| **Bygherre** | Slagelse boligselskab Boligselskabet Sjælland |
| **Entreprenør** | Adserballe & Knudsen A/S |
| **Entrepriseform** | Totalentreprise |
| **Opvarmet areal** | 4.146 $m^2$ |
| **Energiklasse** | Lavenergiklasse 2020 |
| **Total energiforbrug** | 24,5 kWh/$m^2$/år |
| **Energikilde** | El - fremskrivning og fjernvarme - fremskrivning |
| **Datagrundlag for LCA** | Arkitektmodel |
| **Certificering** | - |
| **Projekthjemmeside** | Se link |




**Mat.:** 4,6
**Tek. inst.:** 0,9
**Drift:** 1,6
angivet i kg $CO_2$-ækv/$m^2$/år

**2 etager**



**Fladeelement (CLT)**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

Der blev ikke afholdt noget interview for denne bygning og derfor er der ikke indhentet nogle erfaringer.

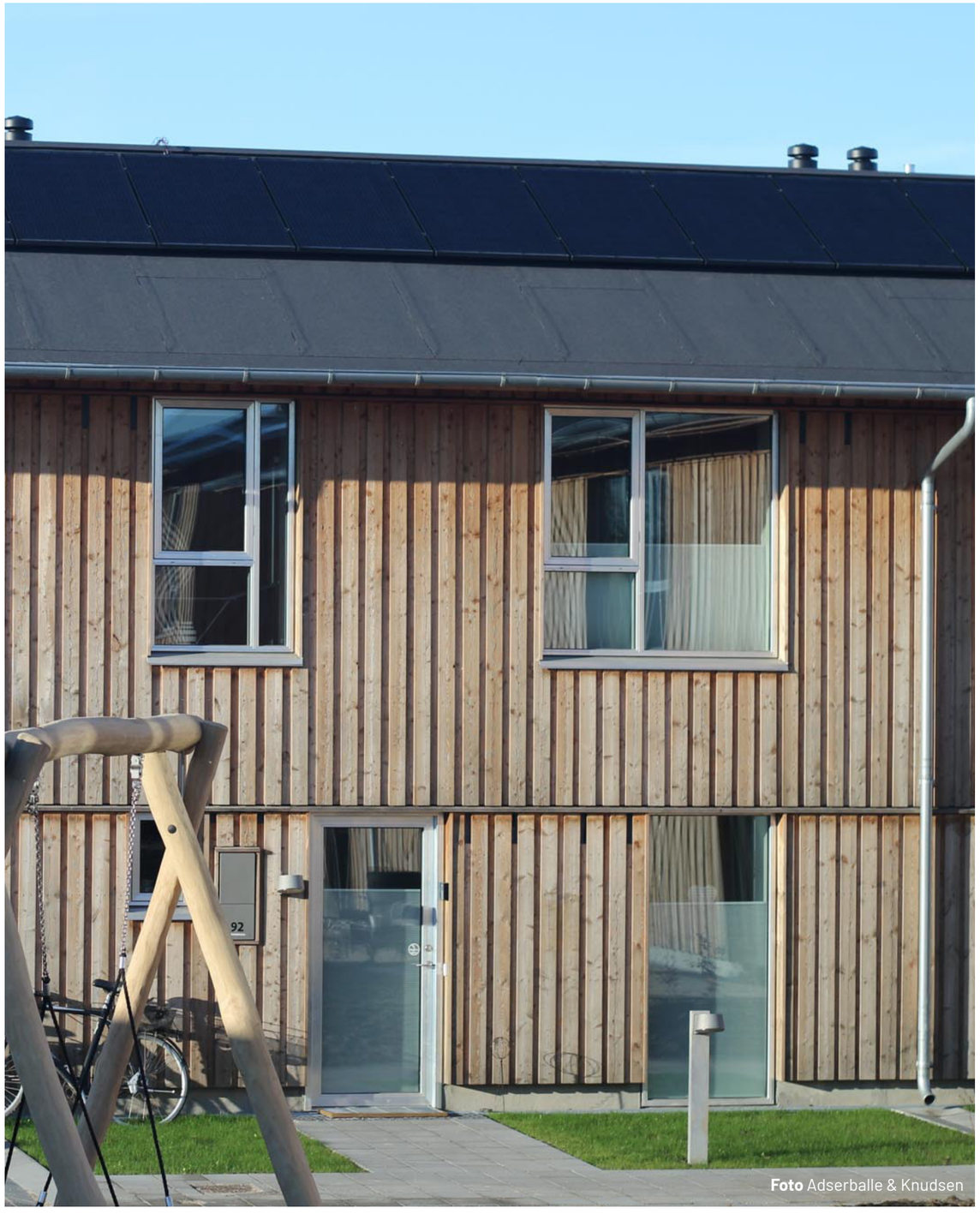
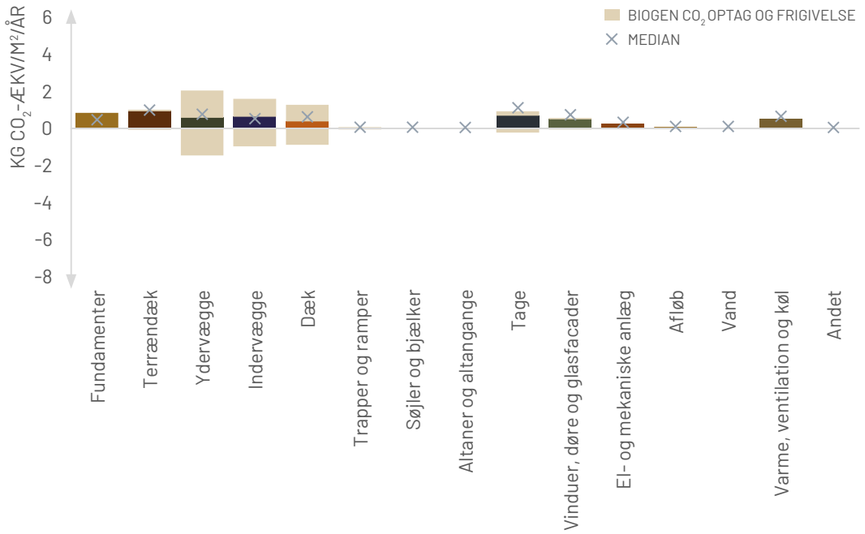


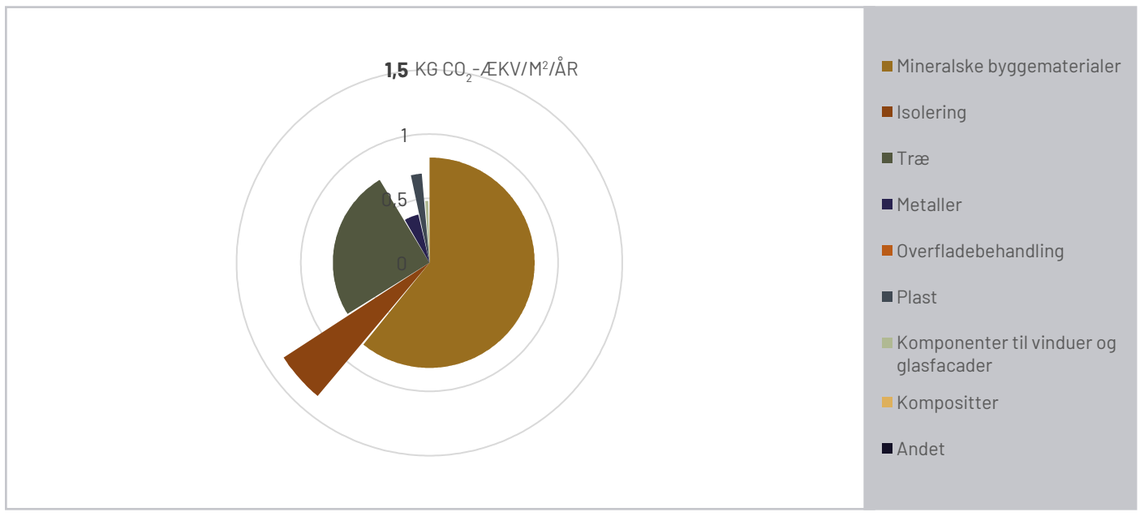
**Foto** Adserballe & Knudsen

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



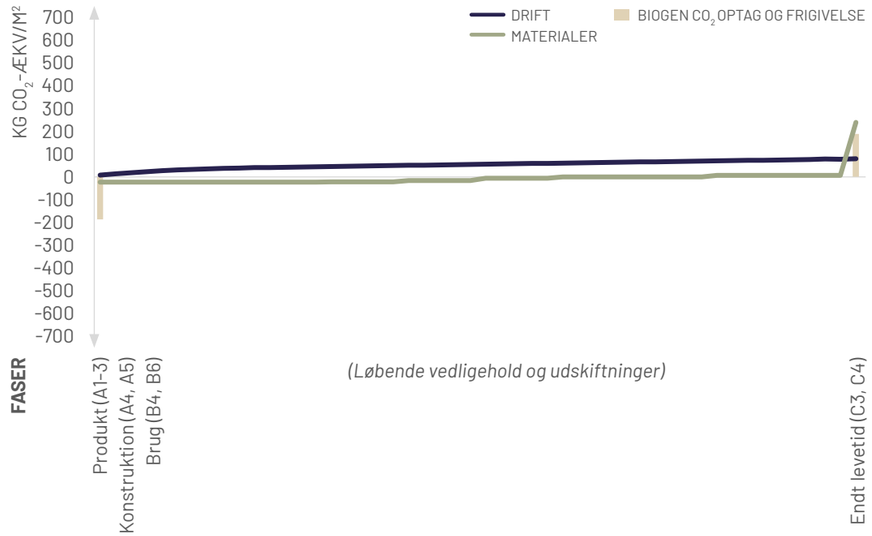

**Figur 44. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 45. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID




**Figur 46. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

## DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

| | |
|---|---|
| MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER** | EPS isolering i terrændæk<br>Tagmateriale af tagpap<br>Trykfast mineraluld som isolering i tag<br>Beton i terrændæk og fundament<br>Stål som pælefundament |
| MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER** | Materialeforbrug under gennemsnit på 461,7 kg/$m^2$ (gennemsnit på 684,6 kg/$m^2$) |

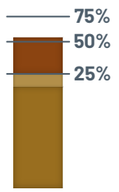
# LISBJERG BAKKE

**Foto** Vandkunsten

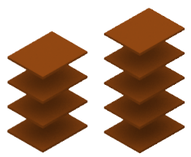
## BESKRIVELSE

Byggeriet Lisbjerg Bakke blev opført i et søjlebjælkesystem i limtræ ved navn Wood Stock, som er udviklet af Artelia (tidligere MOE) og Vandkunsten. Konkurrencebeskrivelsen fokuserede på, at byggeriet skulle være "fremtidens bæredygtige boliger" med fleksibilitet og klimatilpasning som nøgleord. Der blev lagt vægt på, at byggeriet kunne realiseres inden for den økonomiske ramme for alment boligbyggeri. For at overholde rammebeløbet blev projektet oprindeligt tegnet med stålfacader, men valget faldt i sidste ende på træfacader, da man ønskede, at byggeriet også æstetisk skulle indikere at det er et træbyggeri.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Lisbjerg, Danmark |
| **Byggeår** | 2018-2021 |
| **Antal enheder** | 40 boliger på 50-115 m², fælleshus |
| **Kategori** | Almene boliger |
| **Arkitekt** | Vandkunsten |
| **Landskab** | Vandkunsten |
| **Ingeniør** | Artelia (tidligere MOE) |
| **Bygherre** | AL2bolig |
| **Entreprenør** | Hustømrene |
| **Entrepriseform** | Tre storentrepriser |
| **Opvarmet areal** | 4.150 m² |
| **Energiklasse** | Lavenergiklasse BR2015 |
| **Total energiforbrug** | 30,4 kWh/m²/år |
| **Energikilde** | El - fremskrivning og fjernvarme - fremskrivning |
| **Datagrundlag for LCA** | Arkitektmodel |
| **Certificering** | DGNB Guld |
| **Projekthjemmeside** | Se link |




**Mat.:** 6,3
**Tek. inst.:** 0,8
**Drift:** 2,3
angivet i kg$CO_2$-ækv/m²/år



**3 - 4 etager**

**Træhybrid**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

Gennem interviews med byggeriets parter fremgår følgende erfaringer ved brug af træ i det konkrete projekt.

**Brand**
Facadebeklædningen afveg fra bygningsreglementet grundet kvalitet og manglende brandhæmmende behandling og derfor, som led i brandstrategien, blev der tilføjet et sprinkleranlæg.

**Akustik**
Dækkene blev udført i limtræ, hvor der blev tilføjet 9 cm armeret beton for at stabilisere konstruktionen og for at sikre lyddæmpning.

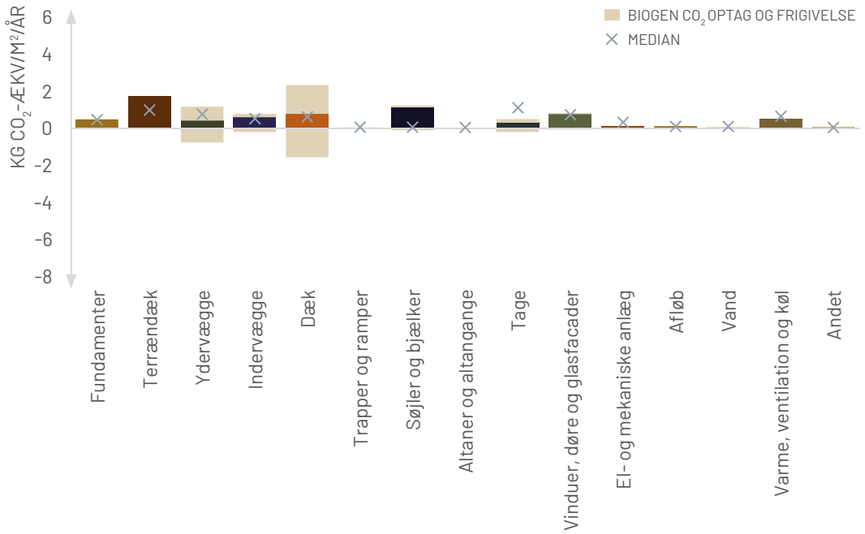
**Økonomi & Æstetik**
Konstruktiv træbeskyttelse blev anvendt som en del af byggeriets arkitektoniske formsprog og de overdimensionerede tagudhæng og vandnæser er med til at beskytte den ubehandlede rødgransfacade. Nogle steder erstatter stålbjælker træbjælkerne, hvilket giver fleksibilitet til at udforme facadekassetterne og placere af vindueshuller. LCC (life cycle costing) og LCA blev anvendt under udbuddet, hvor træ slår voldsomt ud i LCC. For at reducere prisen blev bygningen tegnet med stålfacader. Dog ønskede kommunen et "træhus, der ligner et træhus", hvorfor facaden vælges i træ. Pga. øgede omkostninger spares antallet af altaner væk, køkkener bliver til "gør-det-selv" og antallet af indvendige vægge blev reduceret. I projektet minimerede man desuden malede arealer for at reducere pris og vedligehold. Indvendig træbeklædning er behandlet med en lud af ringe kvalitet, som derfor desværre smitter af.

**Logistik**
Elementer og bygningsdele blev leveret og monteret samme dag. Bygningsafsnittene har en sådan størrelse, at det er logisk at bygge lodret.

**Fugt i byggefase**
Der blev anvendt mange forskellige former for trækonstruktioner samt hurtigtørrende pladsstøbt beton. Derfor var det nødvendigt at planlægge byggeprocessen grundigt og bygherre stiller krav til en fugtstrategi på baggrund af anbefalinger fra Byggeskadefonden.

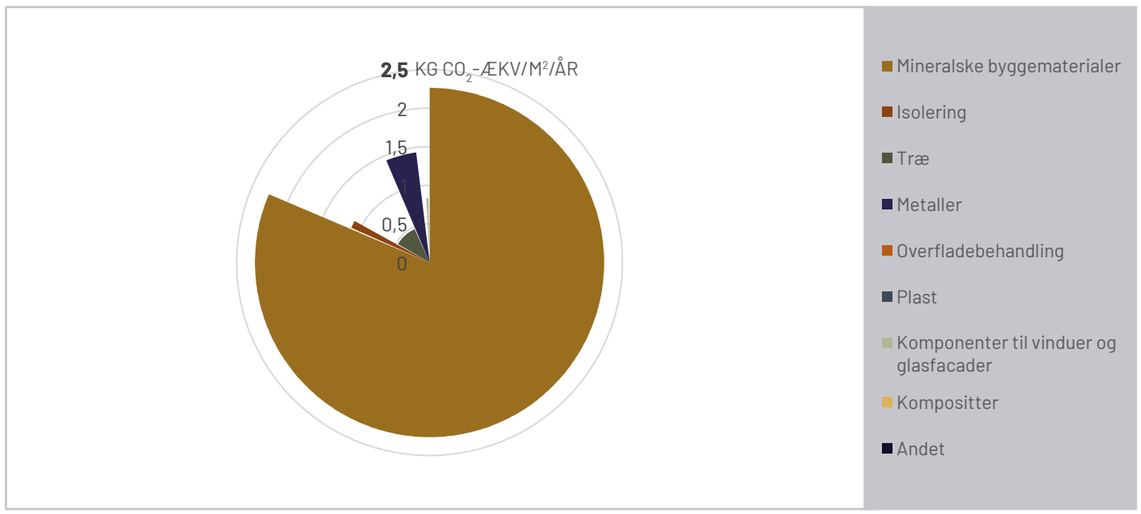
**Fugt i brug**
I projektteamet var der in-house kompentencer indenfor konstruktiv træbeskyttelse, f.eks. beskyttelse af facader ved overhæng og vandkanaler.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



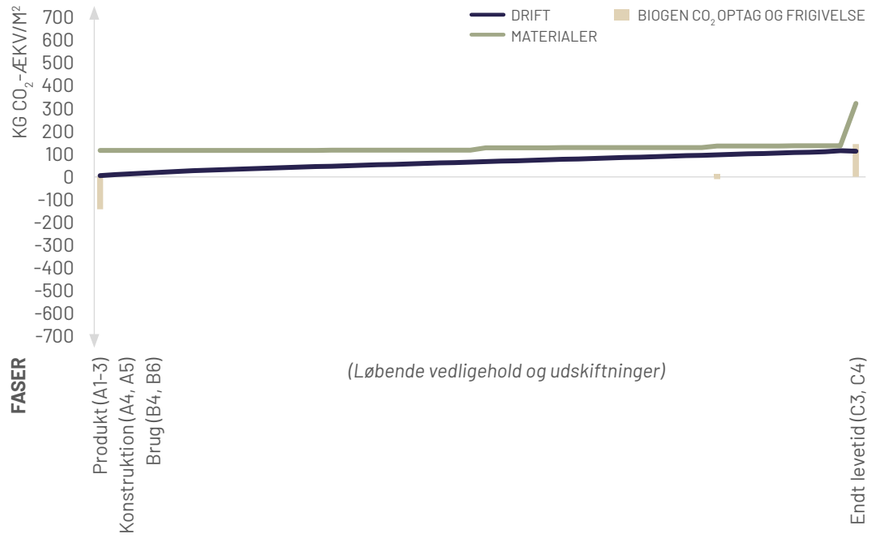

**Figur 47. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 48. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID




**Figur 49. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

## DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER**

- Beton i terrændæk
- EPS isolering i terrændæk
- 3-lags ruder i klimaskærm
- Stålbjælker som bærende konstruktion
- Materialeforbrug over gennemsnit på 892,4 kg/$m^2$ (gennemsnit på 684,6 kg/$m^2$)

MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER**

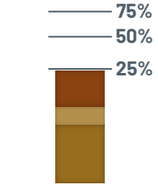
# STUDIO[HOME] LYNGBY

**Foto** Vandkunsten

## BESKRIVELSE

Alle PensionDanmarks byudviklingsprojekter og nye boligejendomme, der er igangsat efter tredje kvartal 2016, er bæredygtighedscertificeret til minimum DGNB Guld. Dette gælder også for Studio[Home] Lyngby. Det at byggerierne er ungdomsboliger har været medårsag til, at vælge boksmoduler som konstruktionsprincip.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Lundtofte, Danmark |
| **Byggeår** | 2020-2021 |
| **Antal enheder** | 478 boliger, fællesarealer |
| **Kategori** | Studieboliger |
| **Arkitekt** | Vandkunsten |
| **Landskab** | Vandkunsten |
| **Ingeniør** | Scandibyg, COWI |
| **Bygherre** | Pension Danmark |
| **Entreprenør** | Scandibyg |
| **Entrepriseform** | Totalentreprise |
| **Opvarmet areal** | 17.530 $m^2$ |
| **Energiklasse** | Lavenergiklasse BR2018 |
| **Total energiforbrug** | 30 kWh/$m^2$/år |
| **Energikilde** | EI - fremskrivning og fjernvarme - fremskrivning |
| **Datagrundlag for LCA** | Arkitektmodel |
| **Certificering** | DGNB Guld, Svanemærket |
| **Projekthjemmeside** | Se link |




**Mat.:** 3,7
**Tek. inst.:** 1,1
**Drift:** 2,2
angivet i kg$CO_2$-ækv/$m^2$/år

**3 etager**

**Boksmodul**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

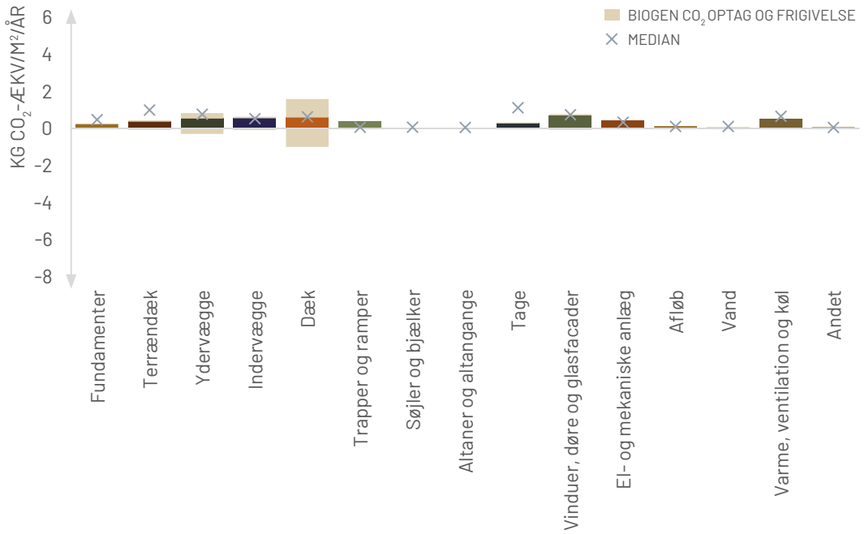
Gennem interviews med byggeriets parter fremgår følgende erfaringer ved brug af træ i det konkrete projekt.

**Brand**
Der blev anvendt en ekstern brandrådgiver, Tyréns, for at sikre at brandkravene blev overholdt. Dette medførte blandt andet, at der blev tilføjet ekstra trapper til flugtveje, brandglas i atrium og ekstra brandplader i lofter pga. PIR/PUR skum i taget.

**Økonomi**
Økonomien satte rammerne for valg af materialer og der blev derfor anvendt boksmoduler for at sænke prisen.

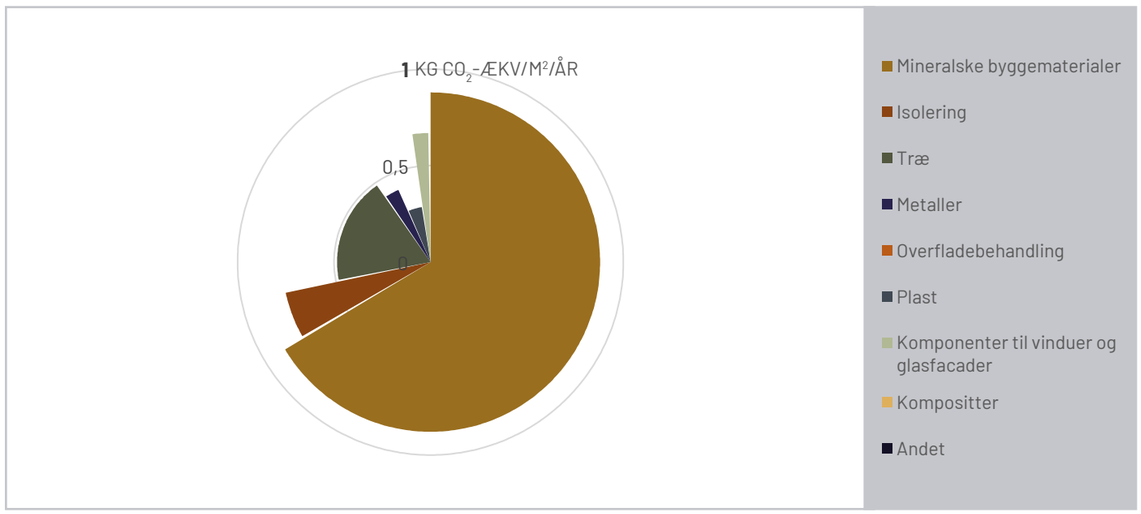
**Æstetik**
Arkitekterne ønskede at vise, at træ sagtens kan anvendes uden store omkostninger ift. vedligehold. Derfor blev der blandt andet integreret felter på facaden lavet i træ samt specialdesignede møbler i træ.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



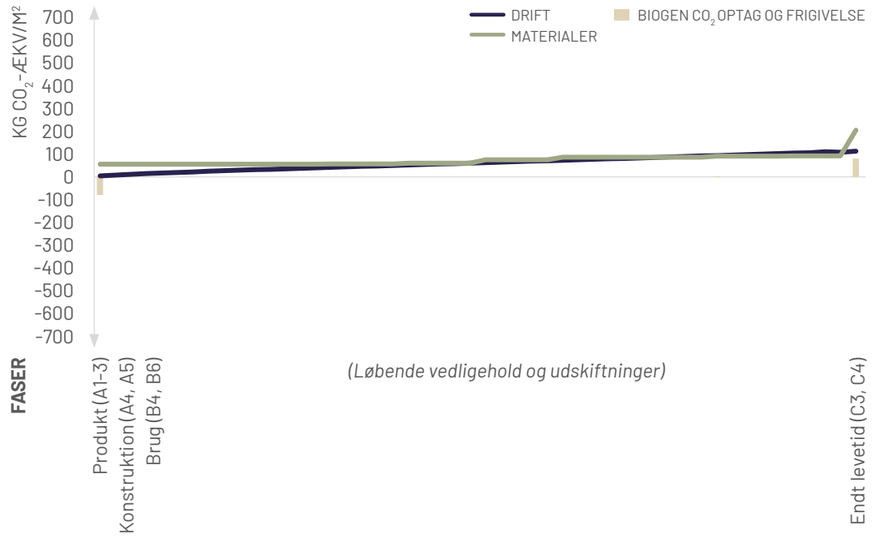

**Figur 50. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 51. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID




**Figur 52. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

## DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

| | |
|---|---|
| MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER** | Solcelleanlæg på tag<br>3-lags ruder i klimaskærm grundet stort glasareal i facaden<br>Skifer som facadebeklædning<br>EPS isolering i terrændæk |
| MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER** | Materialeforbrug under gennemsnit på 307,7 kg/$m^2$ (gennemsnit på 684,6 kg/$m^2$) |

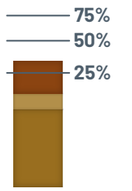
# STUDIO[HOME] BALLERUP

Foto Vandkunsten

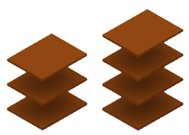
## BESKRIVELSE

Studio[Home] Ballerup er studieboliger i Ballerup bestående af otte boligblokke med tilhørende friarealer. Projektet havde fokus på at skabe gode rammer for fællesskab i et byggeri med lav klimapåvirkning. Alle boliger blev afleveret indflytningsklare med specialdesignede møbler, der er tilpasset en effektiv planløsning. Boligerne er opbygget af boksmoduler og projektet trækker på erfaringer fra projektet Studio[Home] Lyngby. Derfor blev der anvendt velkendte og efterprøvede løsninger for brand, akustik, osv.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Ballerup, Danmark |
| **Byggeår** | 2020-2021 |
| **Antal enheder** | 478 boliger, fællesarealer |
| **Kategori** | Studieboliger |
| **Arkitekt** | Vandkunsten |
| **Landskab** | Vandkunsten |
| **Ingeniør** | Scandibyg |
| **Bygherre** | Pension Danmark |
| **Entreprenør** | Scandibyg |
| **Entrepriseform** | Totalentreprise |
| **Opvarmet areal** | 10.813 $m^2$ |
| **Energiklasse** | Lavenergiklasse BR2018 |
| **Total energiforbrug** | 28 kWh/$m^2$/år |
| **Energikilde** | El - fremskrivning og fjernvarme - fremskrivning |
| **Datagrundlag for LCA** | Arkitektmodel |
| **Certificering** | DGNB Guld, Svanemærket |
| **Projekthjemmeside** | Se link |




**Mat.:** 4,8
**Tek. inst.:** 1,0
**Drift:** 2,0
angivet i kg$CO_2$-ækv/$m^2$/år



**2 - 3 etager**

**Boksmodul**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

Gennem interviews med byggeriets parter fremgår følgende erfaringer ved brug af træ i det konkrete projekt.

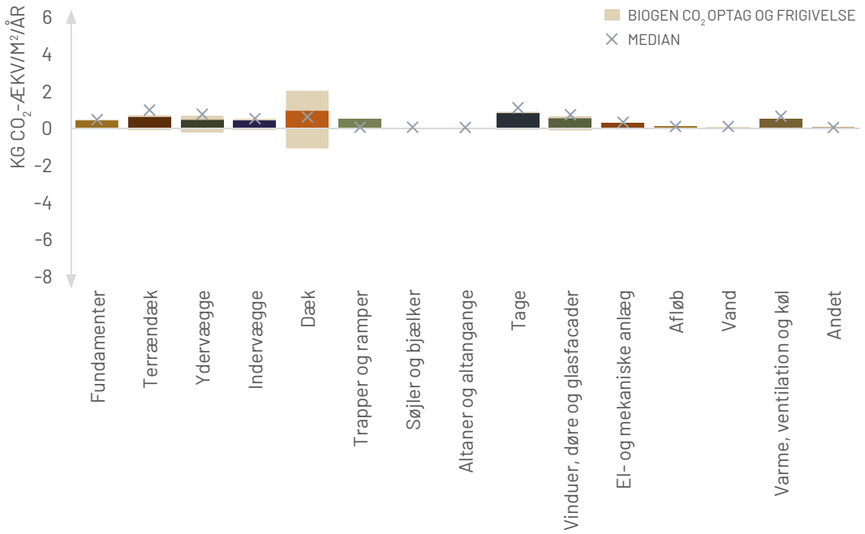
**Brand**
Brandstrategi fra Studo[Home] Lyngby blev genbrugt og de kendte løsninger gør godkendelsen lettere for både statik, brand og akustik. Byggeriet blev opført som boksmoduler med papiruldsisolering, facaden blev lavet i skifer med enkelte træområder og ståltrapper blev indsat til brandredning.

**Økonomi**
Brugen af prefabrikerede boksmoduler og erfaringer fra byggeriet Studio[Home] Lyngby var med til at optimere processen og omkostningerne i projektet.

**Æstetik**
Bygherren stillede krav til lavt vedligehold og derfor blev der valgt tegl som facademateriale med enkelte felter i træ.

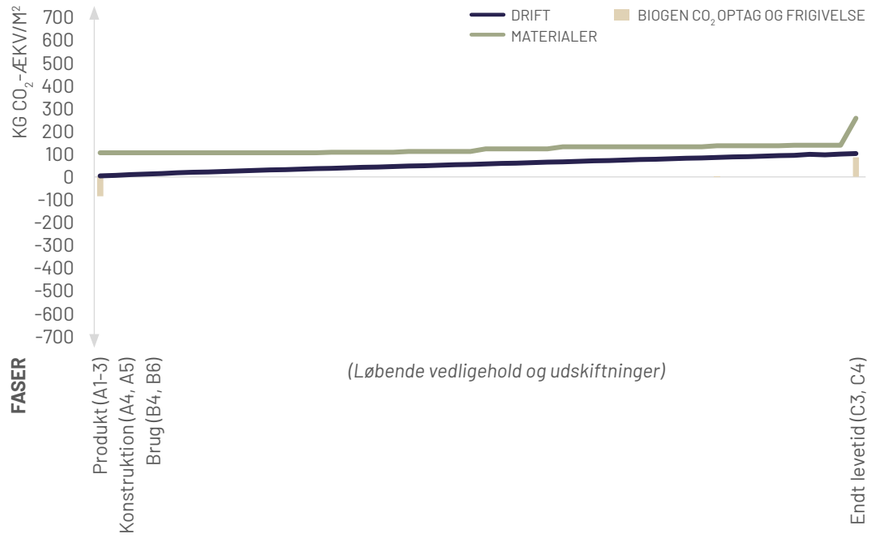
**Fugt i byggefase**
Som en del af Pension Danmark's bæredygtighedsprogram blev der stillet krav om fugtstrategi for at undgå indbygget fugt og reducere strømforbrug til optørring. Entreprenøren Scandibyg har opbygget kompetencer indenfor håndtering af fugt og der var dermed klare retningslinjer og arbejdsgange for håndtering af boksmodulerne under opførelsen.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



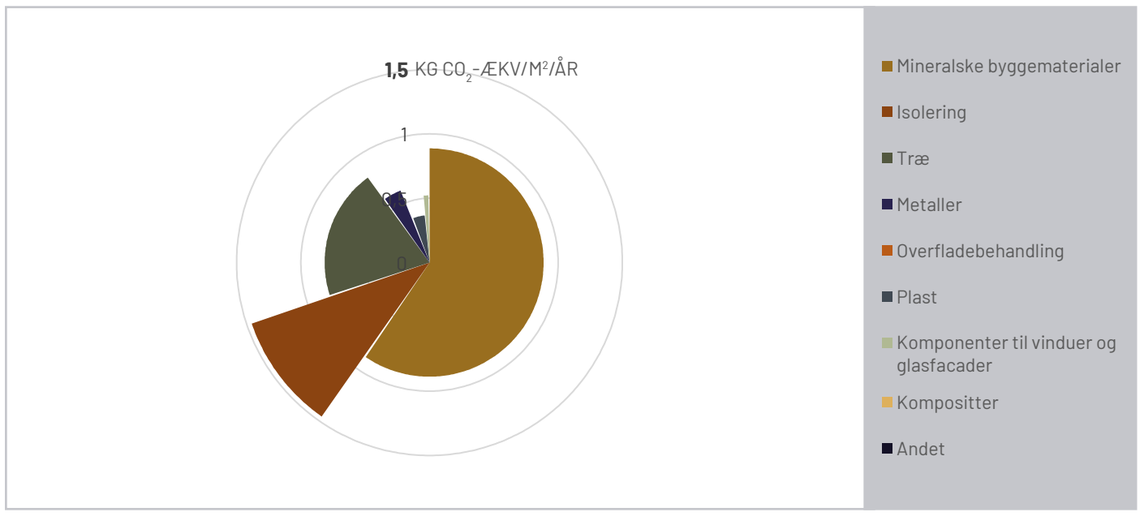

**Figur 53. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID




**Figur 55. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 54. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

## DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER**

Trykfast mineraluld som isolering i tag
Cementbunden spånplade i etagedæk og ydervægge
3-lags ruder i klimaskærm
EPS isolering i terrændæk
Solcelleanlæg på tag

MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER**

Materialeforbrug under gennemsnit på 341,8 kg/$m^2$ (gennemsnit på 684,6 kg/$m^2$)

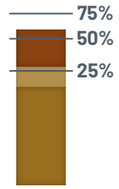
# KNUDRISRÆKKERNE

**Foto** Artelia (tidligere MOE)

## BESKRIVELSE

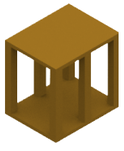
Byggesystemet i Knudrisrækkerne består af en lang række forskellige systemer kombineret. Der er et søjle-drager-system i træ i forhuset, trappetårne i beton, dæk i komposit af træ og beton, og et mellemhus lavet af CLT elementer. Byggeriet er stærkt inspireret af Lisbjerg Bakke, hvor ingeniørfirmaet Artelia (tidligere MOE) også var rådgiver. Det var derfor muligt at gøre brug af kendte løsninger og levere en pris, som holder sig indenfor rammebeløbet. I projektet blev der lagt vægt på at genbruge materialer fra den eksisterende bygning til de nye bygninger.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Aarhus, Danmark |
| **Byggeår** | 2020-2022 |
| **Antal enheder** | ca. 70 boliger, fælleslokaler i stueplan |
| **Kategori** | Almene boliger |
| **Arkitekt** | Kant Arkitekter |
| **Landskab** | VEGA Landskab Aps |
| **Ingeniør** | Artelia (tidligere MOE) |
| **Bygherre** | Boligkontoret Aarhus |
| **Entreprenør** | Q-construction |
| **Entrepriseform** | Totalentreprise |
| **Opvarmet areal** | 7.324 $m^2$ |
| **Energiklasse** | Lavenergiklasse BR2018 |
| **Total energiforbrug** | 31,5 kWh/$m^2$/år |
| **Energikilde** | El - fremskrivning og fjernvarme - fremskrivning |
| **Datagrundlag for LCA** | Ingeniørmodel |
| **Certificering** | DGNB Guld |
| **Projekthjemmeside** | - |




**Mat.:** **6,1**
**Tek. inst.:** **1,3**
**Drift:** **2,3**
angivet i kg$CO_2$-ækv/$m^2$/år

**5 etager**



**Træhybrid**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

Gennem interviews med byggeriets parter fremgår følgende erfaringer ved brug af træ i det konkrete projekt.

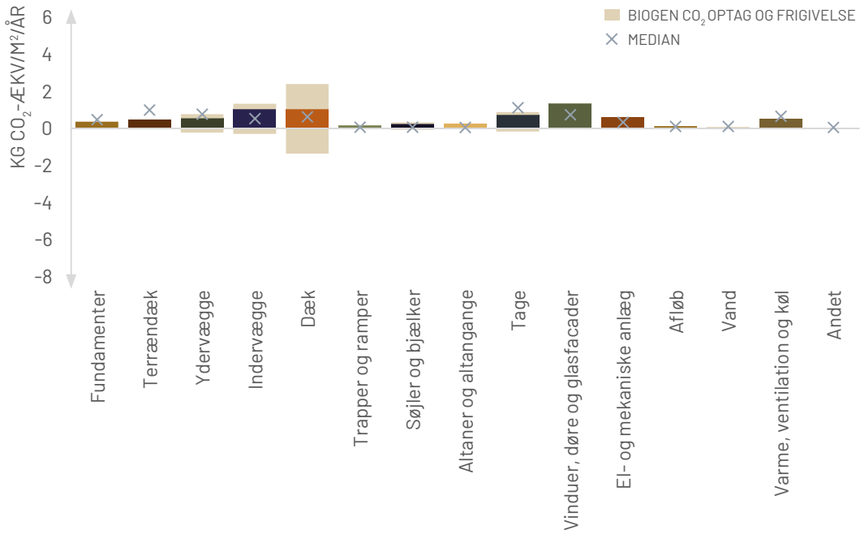
**Brand**
På daværende tidspunkt under projektets idéfase omfattede præaccepterede løsninger kun træbyggerier op til fire etager. Byggeriet, som er i fem etager, blev derfor vurderet ved komparativ analyse, hvor løsningen for at imødekomme brandkravene blev at etablere ekstra flugtveje og trappehuse i beton.

**Akustik**
De anvendte løsninger blev baseret på erfaringer fra tidligere byggerier, hvor lydmålinger fra byggeriet efter opførsel viser at projekter overholder lydkrav med op til 10dB bedre end lydkravene. Etagedækkene er såkaldte kompositdæk, der består af limede Brett-stabel-elementer med påstøbt beton. Dækkonstruktionen er, sammen med alle knudepunktsløsninger, et væsentligt element for at opnå gode måleresultater.

**Økonomi & Logistik**
For at bygningen kunne lukkes hurtigst mulig projekterede man elementerne så store som muligt. Dermed kunne antallet af kranhejs reduceres og også antallet af samlinger ved opførsel. Dette have også indflydelse på de økonomiske omkostninger i opførselsfasen.

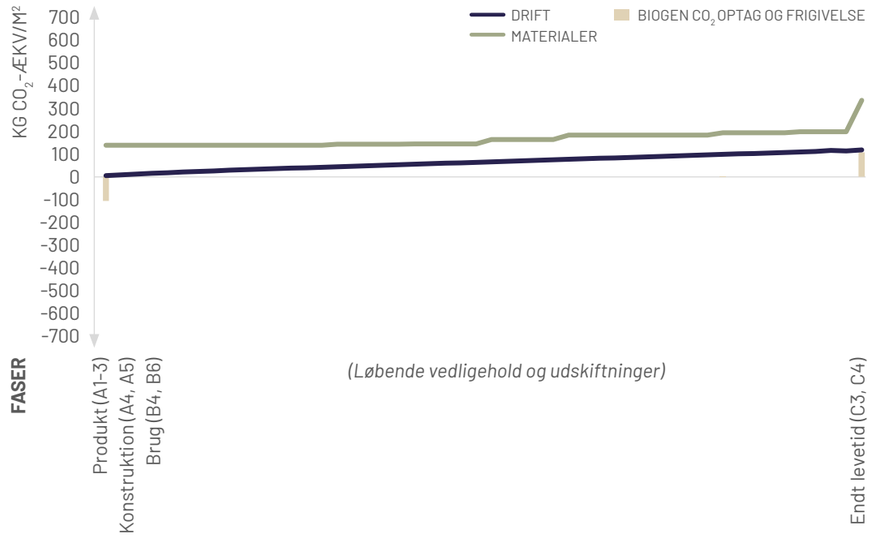
**Fugt i byggefase**
Der blev udarbejdet en fugtstrategi for at sikre byggeriet mod vejrliget under opførsel. Dog blev montagerækkefølgen ændret, hvilket besværliggjorde afdækning og medførte at dele af byggeriet fik store mængder vand. Som følge heraf måtte der udskiftes en del opfugtede gipsplader. For at følge udtørringsforløbet blev der løbende under byggeriet, hver fjortendes dag, udført fugtmålinger, især i de opfugtede områder. Ved byggeriets aflevering blev der gennemført indeklimamålinger og i den forbindelse kunne der ikke registreres skimmel relateret til byggeriet opførsel.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



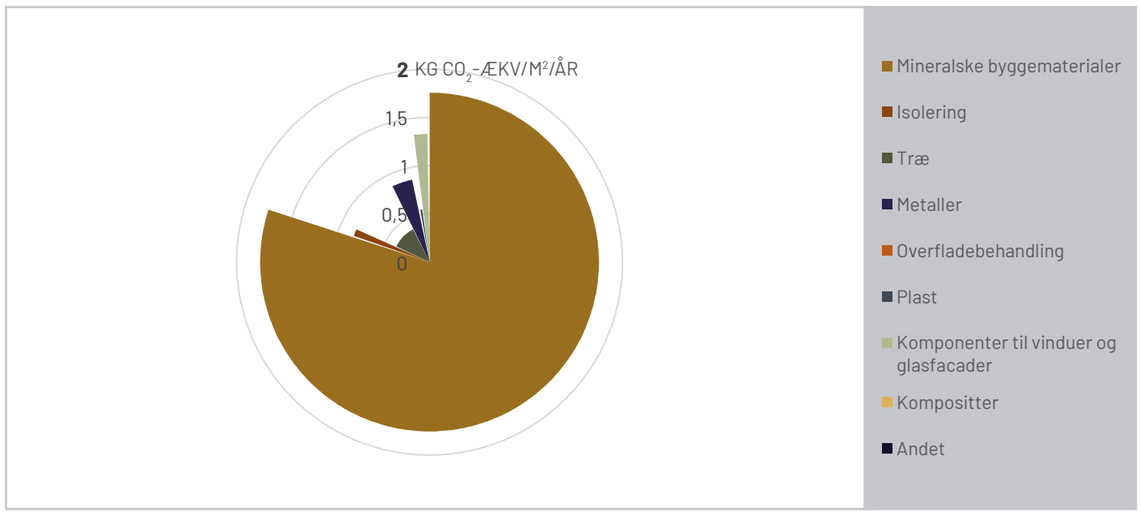

**Figur 56. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID




**Figur 58. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 57. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

## DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

| | |
|---|---|
| MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER** | Stort indervægsareal pga. mange små rum som bidrager til øget materialeforbrug<br>Solcelleanlæg på tag<br>Trappekerner i beton |
| MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER** | |

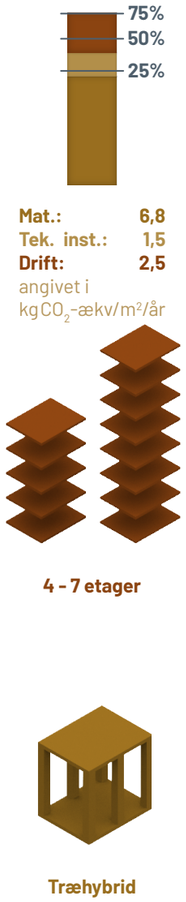
# UN17 VILLAGE KRONEN

**Foto** Artelia (tidligere MOE)

## BESKRIVELSE

Projektet UN17 Village søger at adressere alle FN's 17 verdensmål. I alt opføres fem store boligbyggerier med hver deres strategi for bæredygtighed. Målet er, at byggeriet certificeres til DGNB-Guld eller -Platin, DGNB-hjerte og WELL. Bygherre NREP ønsker fra starten at undersøge, hvordan man kan indarbejde mest mulig bæredygtighed til prisen. Derfor indeholder projektet forskellige bæredygtighedstemaer og bebyggelsestyper, som hver især nedsætter miljøpåvirkninger ved brug af forskellige strategier. Byggeriet 'Sundhedsboliger' er en ud af de fem bygninger. Her er præmissen, at det skal være et træbyggeri. Konstruktionsprincippet er en træhybrid mellem CLT, limtræsbjælker, betonvægge og trækassetter.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Ørestad, Danmark |
| **Byggeår** | 2020-2024 (forventet) |
| **Antal enheder** | 80 boliger |
| **Kategori** | Boligbyggeri, Erhverv |
| **Arkitekt** | Lendager, Sweco Architects |
| **Landskab** | SLA |
| **Ingeniør** | Artelia (tidligere MOE) |
| **Bygherre** | NREP |
| **Entreprenør** | CG Jensen |
| **Entrepriseform** | Totalentreprise |
| **Opvarmet areal** | 6.707 $m^2$ |
| **Energiklasse** | BR2018 |
| **Total energiforbrug** | 33,7 kWh/$m^2$/år |
| **Energikilde** | El - fremskrivning og fjernvarme - fremskrivning |
| **Datagrundlag for LCA** | Ingeniørmodel |
| **Certificering** | - |
| **Projekthjemmeside** | Se link |




**Mat.:** 6,8
**Tek. inst.:** 1,5
**Drift:** 2,5
angivet i kg$CO_2$-ækv/$m^2$/år



**4 - 7 etager**



**Træhybrid**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

Gennem interviews med byggeriets parter fremgår følgende erfaringer ved brug af træ i det konkrete projekt.

**Brand**
For at reducere usikkerheder, samt afdække forskellige teoretiske udfordringer, valgte bygherren at støtte brandforsøg hos Dansk Brand- og Sikringstekniske Institut (DBI) på facadeelementer i træ samt etagedæk i CLT. Resultatet af brandforsøget på CLT etagedækelementer viste at samlingsmetoden mellem dækelementerne havde den fornødne brandmodstand. Herudover viste forsøget også at limen i CLT elementerne havde den fornødne brandmæssige kvalitet. Brandforsøget på træfacadelementerne viste at man kan sikre mod brandspredning ved indbygning af simple ståludhæng som brandstop.

**Logistik**
Der er lavet en leveranceaftale med en svensk producent af massivtræselementer i Göteborg, som reducerer transportafstanden for elementerne.

**Æstetik**
For at kunne overholde brand- og lydkrav er det kun delvist muligt at have byggeriets træsøjler eksponeret.

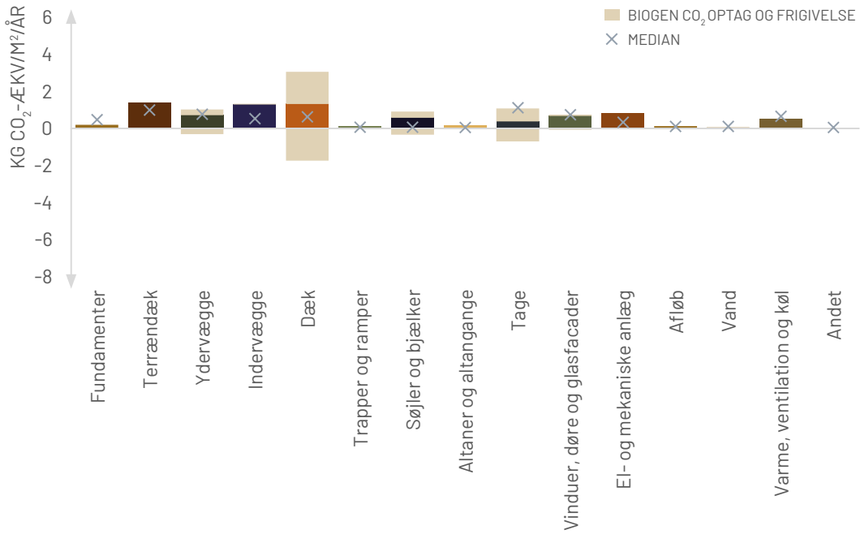
**Statik**
Beton anvendes de steder, hvor der er store vandrette laster, og træ anvendes, hvor der er simple lodrette laster. På den måde optimeres materialeforbruget.

**Akustik**
Der er mange vandrette lejlighedsskel i byggeriet og den lavfrekvente lyd forplanter sig i træet. Derfor laves der forsøg på DTU ift. løsninger for akustik, hvor der testes 20 forskellige løsninger for etagedæk ift. lydisolation og klimamæssige miljøpåvirkninger.

**Økonomi**
Der mangler generelt erfaring omkring træbyggeri blandt de store danske råhusmontører, hvorfor det er vanskeligt at lægge budget og tidsplan for råhusmontagen på store byggesager.

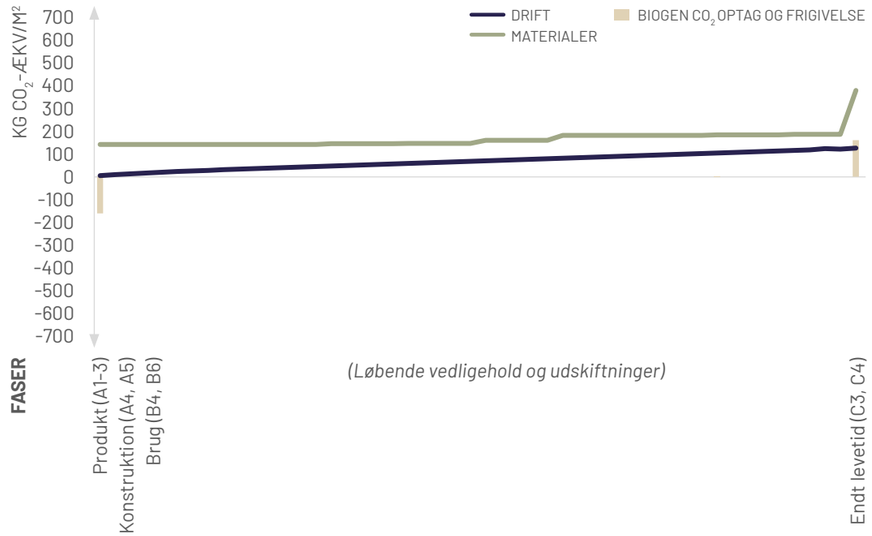
**Fugt i byggefase**
Den rådgivende ingeniør udarbejder en fugtstrategi, som godkendes af bygherre og entreprenørens forsikringsselskab.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



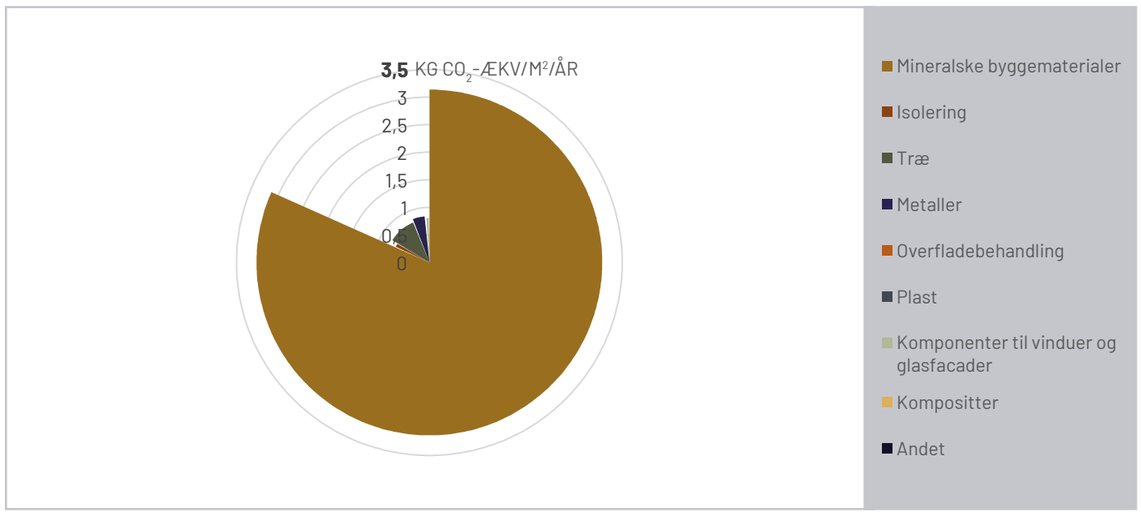

**Figur 59. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID




**Figur 61. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 60. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

## DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER**

- Beton i klassen C45/50 i terrændæk
- Solcelleanlæg på tag
- Beton i indervægge
- Stålsamlinger
- Materialeforbrug over gennemsnit på 949,2 kg/$m^2$ (gennemsnit på 684,6 kg/$m^2$)

MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER**

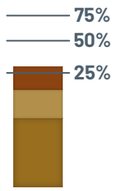
# TOPPEN

**Foto** Adserballe & Knudsen

## BESKRIVELSE

Toppen er en del af samme rammeaftale som Skademosen og Skousbo I, hvortil byggesystemet BoligTræ er udviklet. Byggesystemet BoligTræ er udviklet med henblik på både at nedsætte klimaaftrykket samt at effektivisere byggeriet i produktion- og opførselsfasen. Samtidig fokuseres der på at alle bygninger udarbejdes i digitale modeller som giver mulighed for løbende optimering hen over rammeaftalens projekter. Systemet BoligTræ giver mulighed for at variere planlægningsløsningen og skabe forskydninger. Byggeriet Toppen er tre etager højt og er opført i massive træelementer i tværlamineret træ.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Roskilde, Danmark |
| **Byggeår** | 2019-2021 |
| **Antal enheder** | 67 boliger |
| **Kategori** | Almene boliger |
| **Arkitekt** | Vilhelm Lauritzen Arkitekter |
| **Landskab** | Thing Brandt Landskab |
| **Ingeniør** | Holmsgaard A/S |
| **Bygherre** | Boligselskabet Sjælland |
| **Entreprenør** | Adserballe & Knudsen A/S |
| **Entrepriseform** | Totalentreprise |
| **Opvarmet areal** | 5.621 m² |
| **Energiklasse** | Lavenergiklasse BR2018 |
| **Total energiforbrug** | 26,3 kWh/m²/år |
| **Energikilde** | El - fremskrivning og ledningsgas - fremskrivning |
| **Datagrundlag for LCA** | Ingeniørmodel |
| **Certificering** | - |
| **Projekthjemmeside** | Se link |




**Mat.:** 4,3
**Tek. inst.:** 1,8
**Drift:** 1,5
angivet i kg$CO_2$-ækv/m²/år

**3 etager**

**Fladeelement (CLT)**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

Gennem interviews med byggeriets parter fremgår følgende erfaringer ved brug af træ i det konkrete projekt.

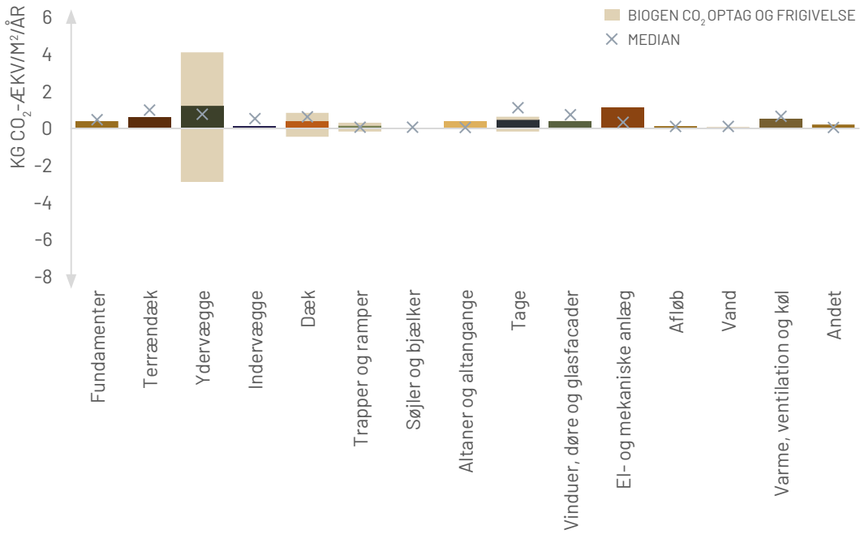
**Brand**
Bygherre ønskede at anvende papiruld som isoleringsmateriale, men dette er ikke muligt, da materialet ikke er Brandklasse A. Derfor faldt valget i stedet på mineraluld som isolering.

**Akustik**
Der blev anvendt fladelementer som etageadskillelse for at sikre lydisolation mellem boligerne. Lydisolation mellem vandrette lejlighedsskel var vanskelig at håndtere pga. store spænd i byggeriet. Derfor var det nødvendigt at anvende særlige systemlofter med nedhængte akustikpaneler for at afkoble lyden mellem etagerne. Disse fladeelementer har en anden grad af nøjagtighed end CLT elementerne og det var derfor nødvendigt at lave tilpasninger for at sikre sig, at CLT elementerne blev placeret nøjagtigt.

**Fugt i byggefase**
Udarbejdelsen af en fugtstrategi var et krav i konkurrencen. Der blev anvendt interrimsinddækning og lodret byggetakt. Desuden blev der anvendt fugtsensorere, dog fungerede disse kun som et supplement til et daglige fugteftersyn, da de blev placeret sporadisk i konstruktionen.

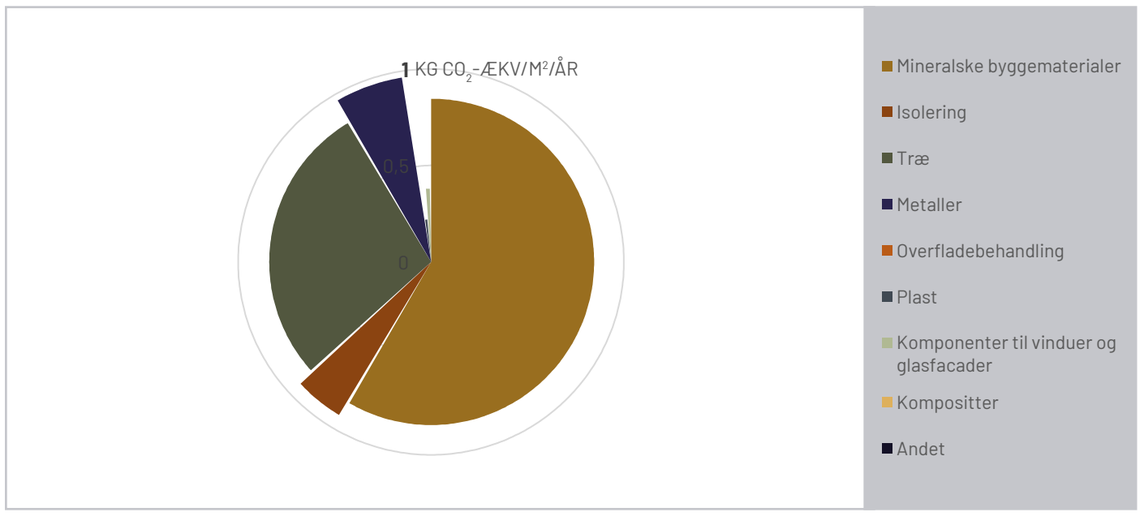
**Fugt i brug**
Der blev anvendt fugtmembraner monteret med klammehammer på undersiden af CLT elementerne. Elementerne blev monteret på plastikopsoklinger og påsvejst papmembraner i bunden. Derefter blev der sprayet flydende petun i kanten af membranen for at undgå, at elementerne suger vand op.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



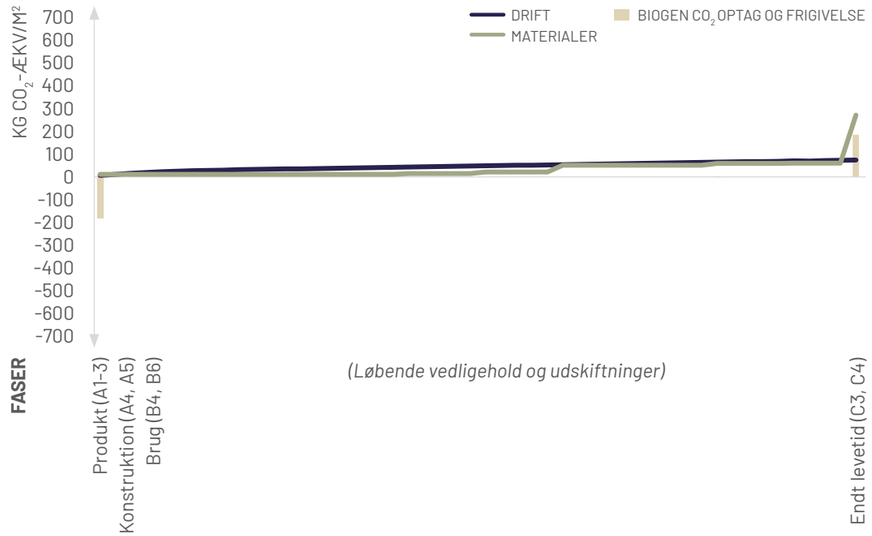

**Figur 62. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 63. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID




**Figur 64. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

## DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

| | |
|---|---|
| MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER** | Solcelleanlæg på tag<br>EPS isolering i terrændæk<br>3-lags ruder i klimaskærm<br>CLT elementer som bærende konstruktion i ydervægge<br>Mineraluld som isolering i ydervægge<br>Varmebehandlet træfacade |
| MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER** | Materialeforbrug under gennemsnit på 405,1 kg/$m^2$ (gennemsnit på 684,6 kg/$m^2$) |

# SKOUSBO I

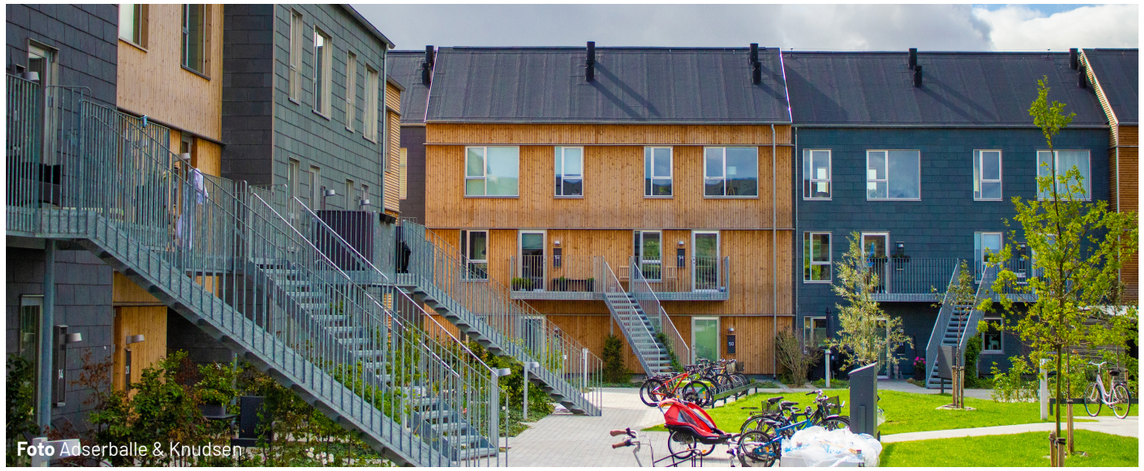
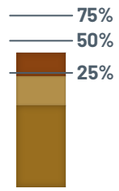


Foto Adserballe & Knudsen

## BESKRIVELSE

Dette byggeri er sammen med Skademosen og Toppen en del af samme rammeaftale, hvortil byggesystemet BoligTræ er udviklet. I byggeriet anvendes byggesystemet BoligTræ som bærende konstruktion. Byggesystemet BoligTræ er udviklet med henblik på både at nedsætte klimaaftrykket samt at effektivisere byggeriet i produktion- og opførselsfasen. Byggeriet er tre etager højt og opføres med vægge og dæk i CLT, hvor elementerne har facader i skiftevis træ og skifer. Der er desuden  lagt vægt på at anvende miljø- og allergivenlige materialer i byggeriet.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Roskilde, Danmark |
| **Byggeår** | 2017-2021 |
| **Antal enheder** | 34 boliger |
| **Kategori** | Almene boliger |
| **Arkitekt** | Vilhelm Lauritzen Arkitekter |
| **Landskab** | Thing Brandt Landskab |
| **Ingeniør** | Holmsgaard A/S |
| **Bygherre** | Boligselskabet Sjælland |
| **Entreprenør** | Adserballe & Knudsen A/S |
| **Entrepriseform** | Totalentreprise |
| **Opvarmet areal** | 2.534 $m^2$ |
| **Energiklasse** | Lavenergiklasse BR2018 |
| **Total energiforbrug** | 26,3 kWh/$m^2$/år |
| **Energikilde** | El - fremskrivning og ledningsgas - fremskrivning |
| **Datagrundlag for LCA** | Ingeniørmodel |
| **Certificering** | - |
| **Projekthjemmeside** | Se link |




**Mat.:** 5,1
**Tek. inst.:** 1,9
**Drift:** 1,5
angivet i kg$CO_2$-ækv/$m^2$/år

**3 etager**

**Fladeelement (CLT)**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

Gennem interviews med byggeriets parter fremgår følgende erfaringer ved brug af træ i det konkrete projekt.

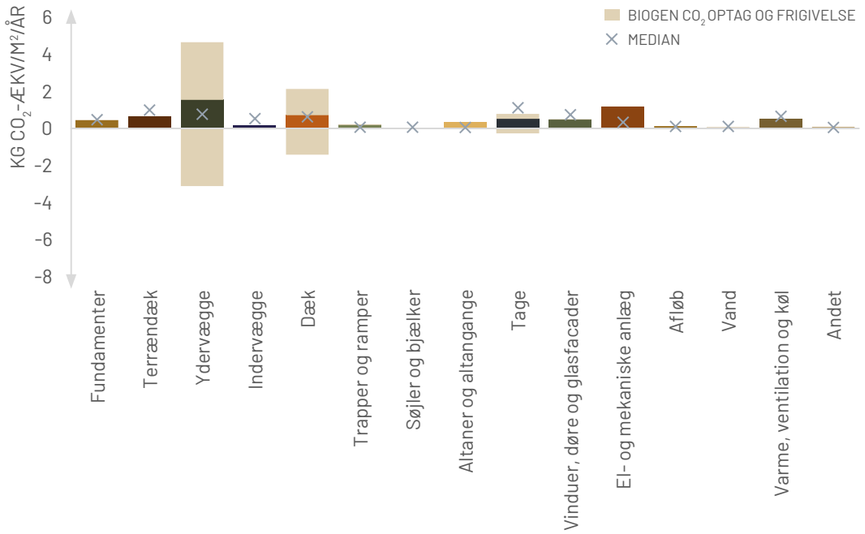
**Brand**
Bygherre ønskede at anvende papiruld som isoleringsmateriale, men dette var ikke muligt, da materialet ikke er Brandklasse A. Derfor faldt valget i stedet på mineraluld som isolering.

**Akustik**
Der blev anvendt fladelementer som etageadskillelse for at sikre lydisolation mellem boligerne.

**Logistik**
På baggrund af erfaringer fra Skademosen valgte entreprenøren at bruge CLT som dækløsning fremfor klassiske fladeelementer. Dette skyldes, at det koster ekstra arbejdstimer at montere CLT på fladeelementerne.

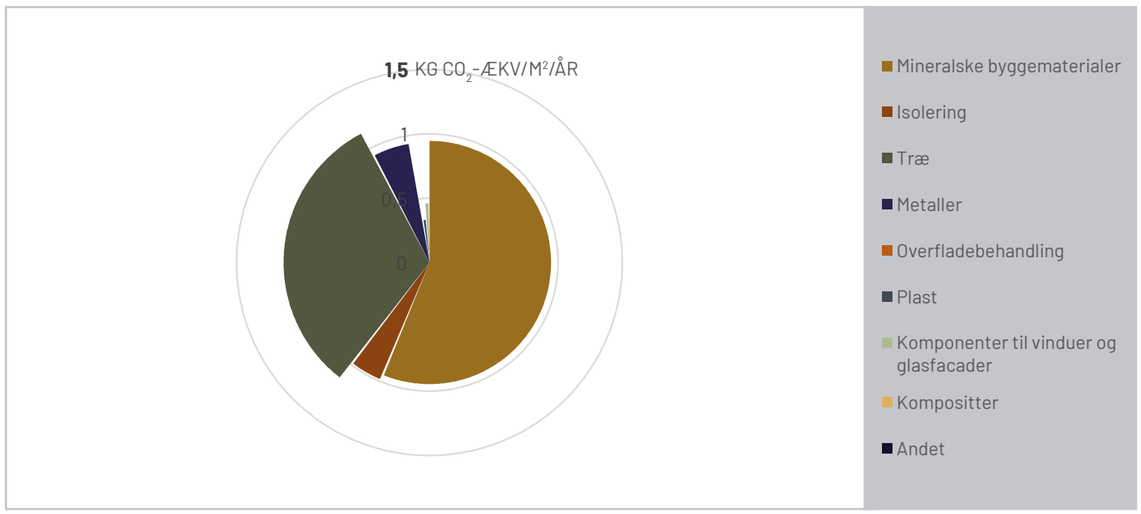
**Fugt i byggefase**
Terrændækket består af CLT dæk, dug og sand og man valgte ikke at anvende beton i byggeriet, for at undgå at der opstår fugtskader. Desuden er lettere at skille den valgte type dæk ad til rene materialefraktioner, end hvis der påstøbes hurtigtørende beton.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



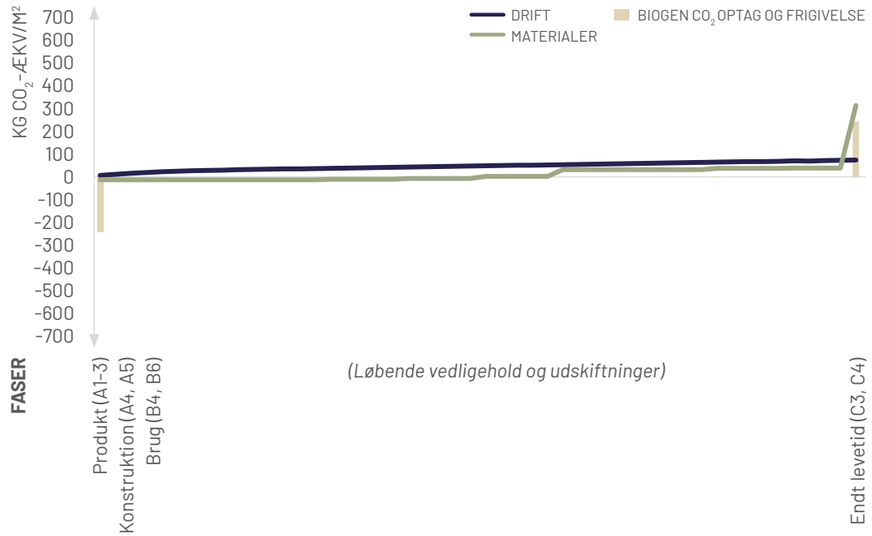

**Figur 65. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 66. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID




**Figur 67. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

## DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

| | |
|---|---|
| MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER** | Solcelleanlæg på tag<br>EPS isolering i terrændæk<br>3-lags ruder i klimaskærm<br>Mineraluld som isolering i ydervægge<br>CLT elementer som bærende konstruktion i ydervægge |
| MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER** | Materialeforbrug under gennemsnit på 479,4 kg/$m^2$ (gennemsnit på 684,6 kg/$m^2$) |

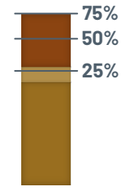
# STORKENS KVARTER

**Foto** Vandkunsten

## BESKRIVELSE

Projektet blev igangsat med et ønske om at samle medarbejdere, administration og maskiner fra det almene boligselskab Albertslund Syd. Dette blev opnået med fokus på byggeriets dimensioner og udformning. Byggeriet er relativt småt med én etage som har gjort det let at anvende træ som facade, konstruktion, gulve og indvendig beklædning.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Albertslund, Danmark |
| **Byggeår** | 2014-2016 |
| **Antal enheder** | 2 |
| **Kategori** | Kontor |
| **Arkitekt** | Vandkunsten |
| **Landskab** | Vandkunsten |
| **Ingeniør** | Wissenberg |
| **Bygherre** | Albertslund Boligselskab afd. Syd |
| **Entreprenør** | SB Entreprise A/S, Henning Carlsen VVS, ENCO A/S |
| **Entrepriseform** | Totalentreprise |
| **Opvarmet areal** | 1.036 m² |
| **Energiklasse** | Lavenergiklasse BR2015 |
| **Total energiforbrug** | 40,9 kWh/m²/år |
| **Energikilde** | El - fremskrivning og fjernvarme - fremskrivning |
| **Datagrundlag for LCA** | Arkitektmodel |
| **Certificering** | DGNB Guld |
| **Projekthjemmeside** | Se link |




**Mat.:** 6,4
**Tek. inst.:** 0,9
**Drift:** 3,3
angivet i kg $CO_2$-ækv/m²/år

**1 etage**

**Træskelet**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

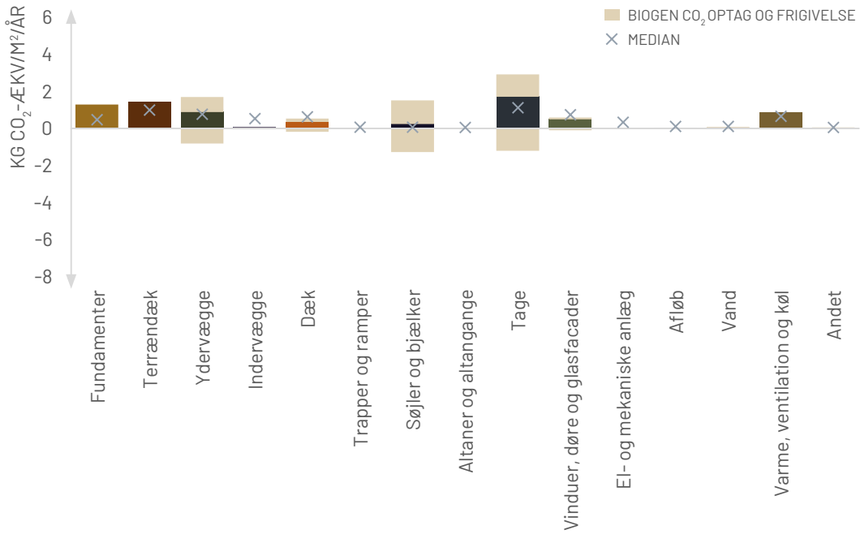
Gennem interviews med byggeriets parter fremgår følgende erfaringer ved brug af træ i det konkrete projekt.

**Brand**
Der blev ikke taget nogen særlige forholdsregler i forhold til brand, da der blev anvendt præaccepterede løsninger og byggeriet kun er én etage.

**Statik og økonomi**
Oprindeligt var byggeriet designet i præfabrikerede elementer, men fordi entreprenøren ønskede at opføre byggeriet i trækonstruktionen valgte man at ændre konstruktionstypen. Dette medførte fordyringer i projektet.

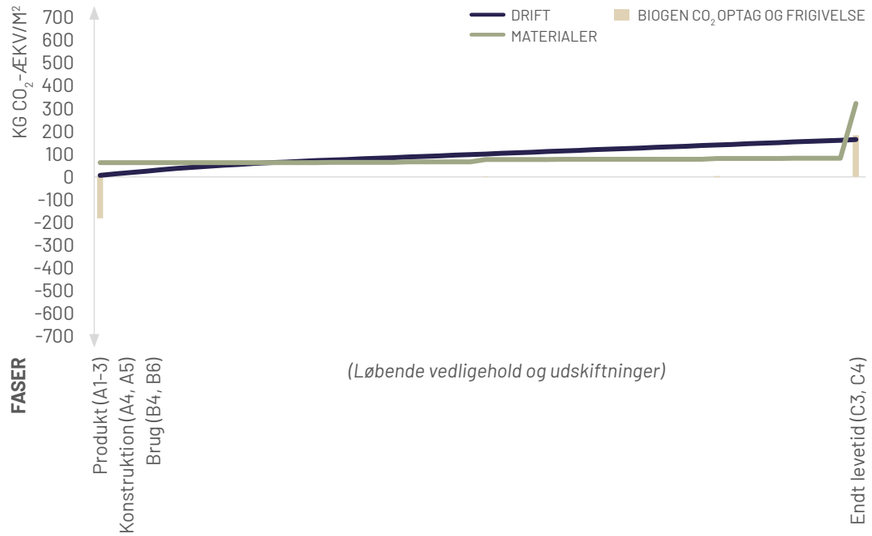
**Æstetik og fugt**
Vandkunsten ønskede at anvende genbrugsparketgulv fra et tilhørende boligbyggeri som vægbekldning, men tidshorisonten gjorde det umuligt. I stedet valgte bygherre, at der skulles anvendes nyt parketgulv på væggene for at bevare det påtænkte udtryk. Arkitekten havde kendskab til konstruktiv træbeskyttelse, hvorfor der blandt andet blev lavet store udhæng der beskytter facaden. Dog blev der ikke gjort brug af vandrette offerbræt nederst på facaden, som har medført udsatte områder. Der blev ikke anvendt en fugtstrategi løbende i projektet, da byggeriet følger gængs byggeskik.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



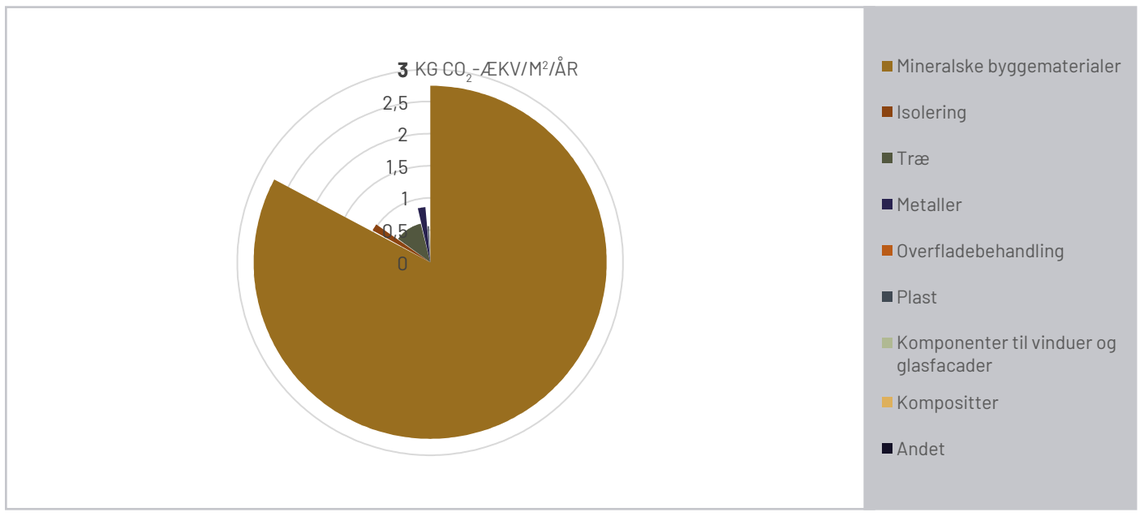

**Figur 68. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID




**Figur 70. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 69. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

## DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER**

- Stor hældning på tag og et plan bidrager til et øget materialeforbrug
- Materialeforbrug over gennemsnit på 1035,7 kg/$m^2$ (gennemsnit på 684,6 kg/$m^2$)
- Beton i terrændæk og fundament
- EPS isolering i terrændæk
- Stålplader som tagmateriale

MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER**

# LETHAL TIL STREET SPORT

**Foto** Vandkunsten

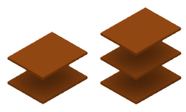
## BESKRIVELSE

Projektet blev igangsat af Lokale og Anlægsfonden (L&A) på baggrund af en generel efterspørgsel på lethaller (uisoleret hal til sportsformål). Derfor blev der givet et parallelopdrag til Vandkunsten og tre andre tegnestuer, hvor hver tegnestue fik midler til udvikling af et koncept til en lethal. Opdraget nævnte bæredygtighed som en parameter og af den grund valgte Vandkunsten at skitsere konceptet i CLT fremfor stål. De fire koncepter blev samlet i et katalog hos L&A, som gav 5 mio. kr. i tilskud til kommuner, der ville opføre en af disse lethaller. Gentofte Kommune ønskede en lethal og valgte Vandkunstens version, som derefter blev omdimensioneret til at passe til streetsport frem for den oprindelige idé med håndboldfaciliteter.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Gentofte, Danmark |
| **Byggeår** | 2015-2015 |
| **Antal enheder** | 1 |
| **Kategori** | Lethal |
| **Arkitekt** | Vandkunsten |
| **Landskab** | Vandkunsten |
| **Ingeniør** | Artelia (tidligere MOE) |
| **Bygherre** | Gentofte Kommune |
| **Entreprenør** | Lilleheden (leverandør) |
| **Entrepriseform** | Hovedentreprise |
| **Opvarmet areal** | 1.026 m² |
| **Energiklasse** | - |
| **Total energiforbrug** | - |
| **Energikilde** | - |
| **Datagrundlag for LCA** | Arkitektmodel |
| **Certificering** | - |
| **Projekthjemmeside** | Se link |

75%
50%
25%

**Mat.:** 3,2
**Tek. inst.:** -
**Drift:** -
angivet i kg$CO_2$-ækv/m²/år



**1 - 2 etager**

**Fladeelement (CLT)**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

Gennem interviews med byggeriets parter fremgår følgende erfaringer ved brug af træ i det konkrete projekt.

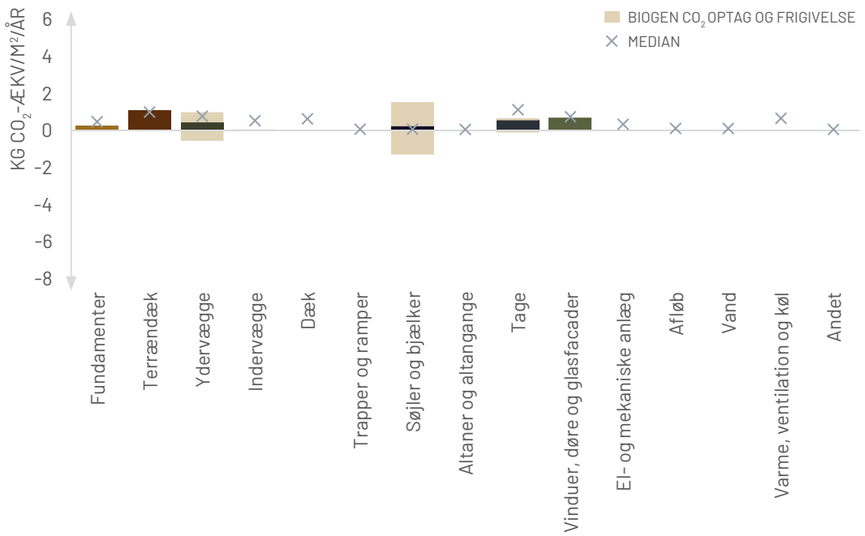
**Brand**
Branddimensioneringen for lethallen fokuserede på at integrere tiltag til at forhindre brandudvikling. Der blev derfor tilføjet alarmering for at sikre at det bliver opdaget, hvis der udbryder brand om natten. Derudover blev der dimensioneret for forskellige scenarier i tilfælde af evakuering.

**Statik**
Spærkonstruktionen på tværs af lethallen blev oprindeligt tegnet som to symmetriske spær samlet af et stålbånd, men grundet bæreevnen blev disse spær i stedet samlet i én del.

**Økonomi**
Ideen med projektet var at give mulighed for at opføre lethaller med lave omkostninger på 5000 kr per m². Hvis der var anvendt stål til de bærende dele kunne profilerne laves efter standard halmål, men Vandkunsten mente stadig, at kunne levere indenfor den økonomiske ramme ved brug af limtræsbjælker.

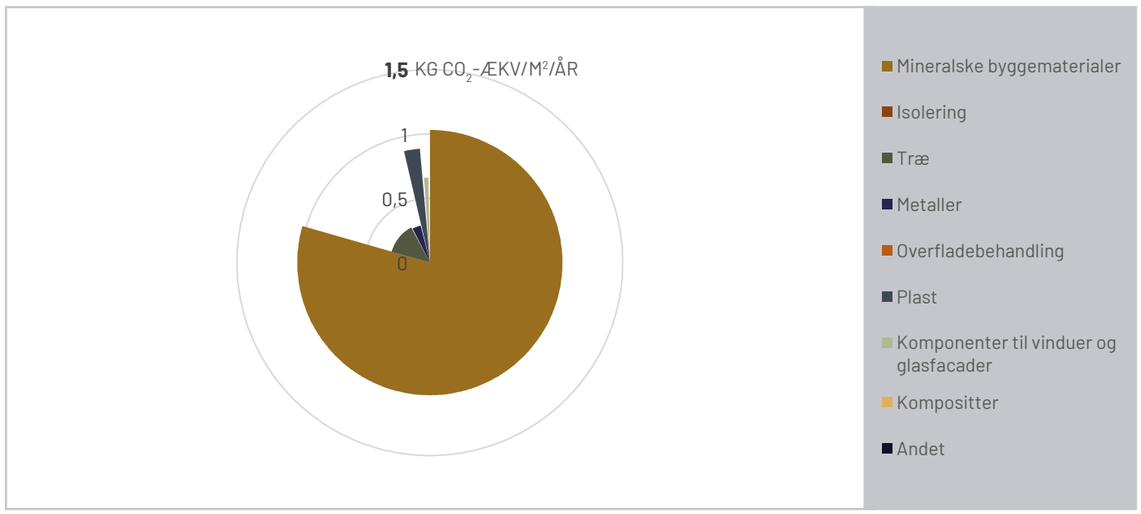
**Æstetik og fugt i brug**
I projektet har der været fokus på, at undgå uhensigtsmæssig fugt i bebyggelsen og mindske vedligehold. Tegnestuen gjorde derfor brug af principper for konstruktiv træbeskyttelse ved at designe bygningen med store tagudhæng samt integrere vandrette offerbræt nederst på facaden. Yderligere blev der valgt lærketræ på facaderne, som er et slidstærkt materiale.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



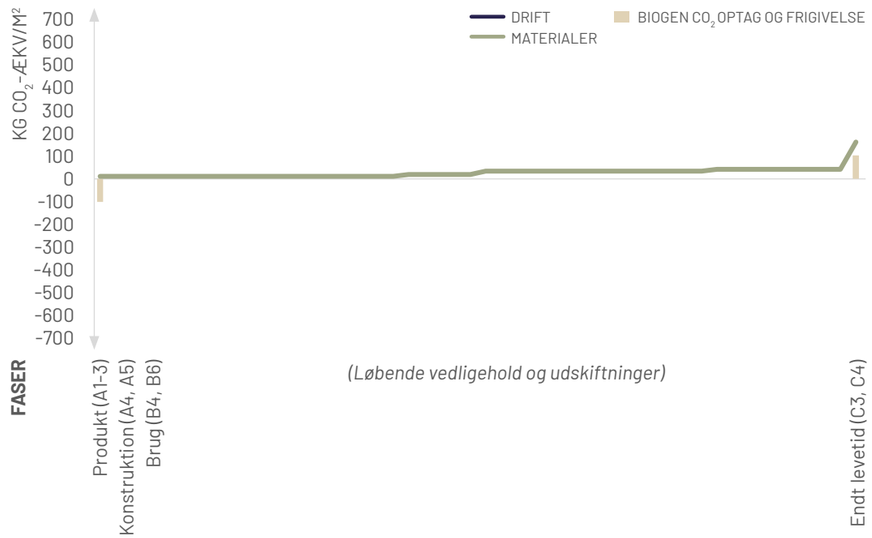

**Figur 71. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 72. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID




**Figur 73. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

## DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

| | |
|---|---|
| MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER** | Beton i terrændæk<br>3-lags ruder i klimaskærm<br>Polycarbonatplader som facademateriale<br>Tagmateriale af tagpap<br>Limtræsbjælker som bærende konstruktion |
| MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER** | Materialeforbrug under gennemsnit på 491,4 kg/$m^2$ (gennemsnit på 684,6 kg/$m^2$)<br>Enkel arkitektur samt en simpel og uisoleret konstruktionsopbygning |

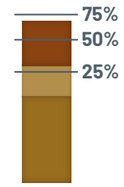
# KLUB SVANEN

Foto Vandkunsten

## BESKRIVELSE

Dette byggeri er del af et større projekt, hvor der skulle skabes to fritidsklubber i Albertslund Kommune, Klub Svanen og Bakkens Hjerte. Derfor dækker beskrivelsen såvel som erfaringerne begge projekter. I projektet efterspurgte Albertslund Kommune et øget fokus på bæredygtighed, hvilket tegnestuen Vandkunsten fortolkede ud i et byggeri med træ som det primære materiale. Udover i høj grad at anvende træ, er bygningerne også opført uden dampspærre og med papiruld som isolering.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Albertslund, Danmark |
| **Byggeår** | 2018-2022 |
| **Antal enheder** | 1 |
| **Kategori** | Fritidsklub |
| **Arkitekt** | Vandkunsten |
| **Landskab** | Vandkunsten |
| **Ingeniør** | Regnestuen |
| **Bygherre** | Albertslund Kommune |
| **Entreprenør** | Egen Vinding og Datter |
| **Entrepriseform** | Totalentreprise |
| **Opvarmet areal** | 470 m² |
| **Energiklasse** | BR2018 |
| **Total energiforbrug** | 38,5 kWh/m²/år |
| **Energikilde** | El - fremskrivning og fjernvarme - fremskrivning |
| **Datagrundlag for LCA** | Arkitektmodel |
| **Certificering** | - |
| **Projekthjemmeside** | - |




**Mat.:** 5,5
**Tek. inst.:** 2,0
**Drift:** 2,9
angivet i kg $CO_2$-ækv/m²/år

**1 etage**

**Træskelet**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

Gennem interviews med byggeriets parter fremgår følgende erfaringer ved brug af træ i det konkrete projekt.

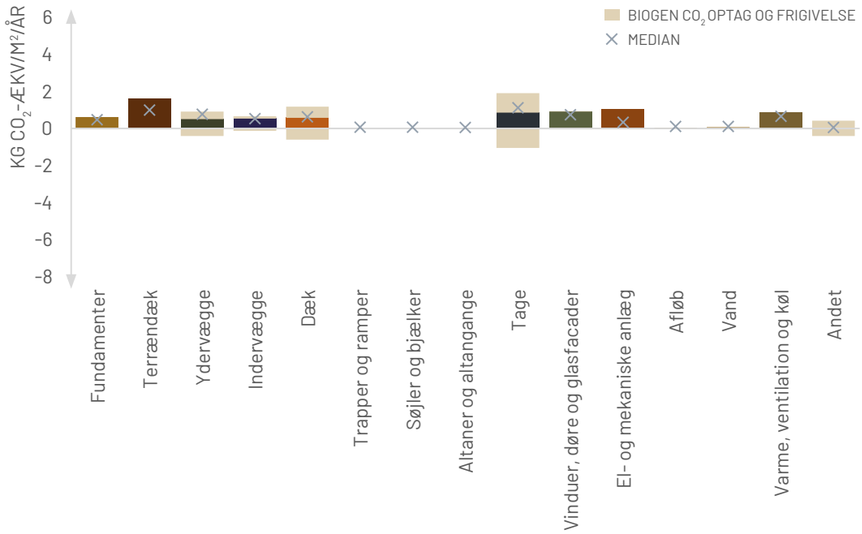
**Brand**
I projektet blev der lavet en brandstrategi og anvendt en ekstern rådgiver. Det var en fordel at tegnestuen havde kendskab til træets brandteknikske egenskaber, selvom projektering lå hos den eksterne brandrådgiver. Designet resulterede i større brandceller end i præaccepterede løsninger, hvilket besværliggjorde overholdelse af bygningsreglementet.

**Akustik**
Tegnestuen havde vanskeligt ved at finde referencebyggerier med samme formål og type materialer som byggeriet. Samtidig manglede der også værktøjer og erfaringer med beregning af akustik på træbyggerier. Dette gjorde det svært at overholde austikkrav, særligt trinlydsvandring, som også fordyrede projektet.

**Økonomi**
Projektet havde en brgrænset og forudbestemt økonomisk ramme, som byggeriet skulle leveres indenfor. Den begrænsede økonomiske ramme havde stor betydning i projektet, hvor bl.a. alle materialevalg blev gjort på baggrund af denne.

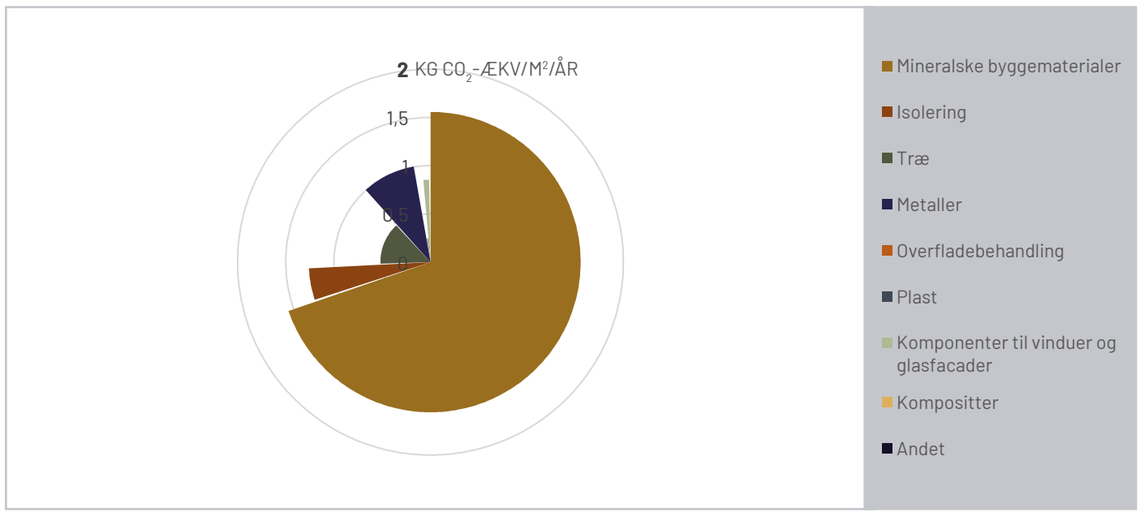
**Fugt i byggefase**
Tegnestuen foreslog at lave et åndbart byggeri af biobaserede materialer og uden dampspærre. Derfor valgte man også en entreprenør, som havde kendskab til denne type af byggerier og erfaringer ift. projektering og udførelse.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



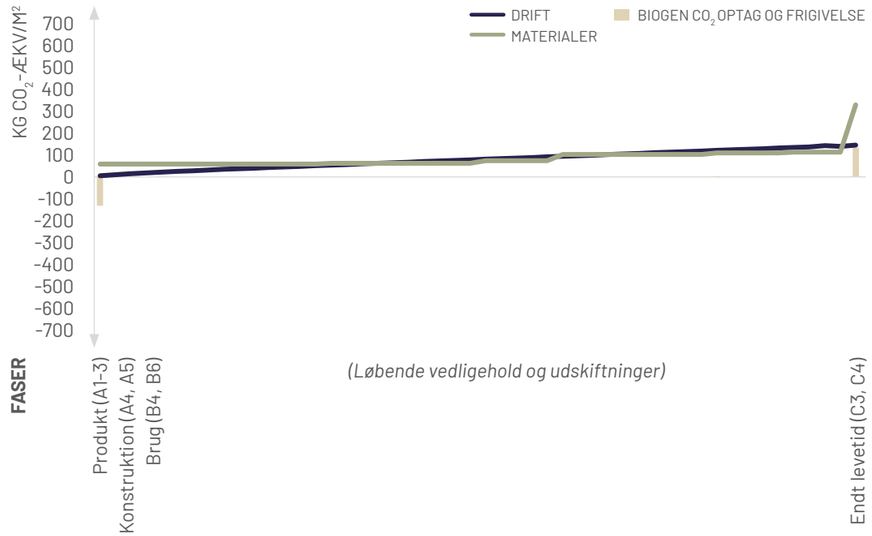

**Figur 74. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 75. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID




**Figur 76. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

## DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

| | |
|---|---|
| MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER** | Solcelleanlæg på taget<br>EPS isolering i terrændæk<br>Beton i terrændæk<br>3-lags ruder i klimaskærm<br>Stort vinduesareal i klimaskærm<br>Stålplader som tagmateriale |
| MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER** | |

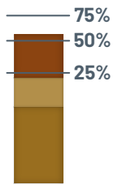
# BAKKENS HJERTE

Foto Vandkunsten

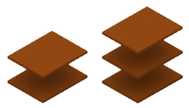
## BESKRIVELSE

Dette byggeri er del af et større projekt, hvor der skulle skabes to fritidsklubber i Albertslund Kommune, Klub Svanen og Bakkens Hjerte. Derfor dækker beskrivelsen såvel som erfaringerne begge projekter. I projektet efterspurgte Albertslund Kommune et øget fokus på bæredygtighed, hvilket tegnestuen Vandkunsten fortolkede ud i et byggeri med træ som det primære materiale. Udover i høj grad at anvende træ, er bygningerne også opført uden dampspærre og med papiruld som isolering.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Albertslund, Danmark |
| **Byggeår** | 2018-2022 |
| **Antal enheder** | 1 |
| **Kategori** | Fritidsklub |
| **Arkitekt** | Vandkunsten |
| **Landskab** | Vandkunsten |
| **Ingeniør** | Regnestuen |
| **Bygherre** | Albertslund Kommune |
| **Entreprenør** | Egen Vinding og Datter |
| **Entrepriseform** | Totalentreprise |
| **Opvarmet areal** | 1.038 m² |
| **Energiklasse** | BR2018 |
| **Total energiforbrug** | 38,2 kWh/m²/år |
| **Energikilde** | EI - fremskrivning og fjernvarme - fremskrivning |
| **Datagrundlag for LCA** | Arkitektmodel |
| **Certificering** | - |
| **Projekthjemmeside** | - |




**Mat.:** 4,9
**Tek. inst.:** 1,9
**Drift:** 2,8
angivet i kg$CO_2$-ækv/m²/år



**1 - 2 etager**

**Træskelet**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

Gennem interviews med byggeriets parter fremgår følgende erfaringer ved brug af træ i det konkrete projekt.

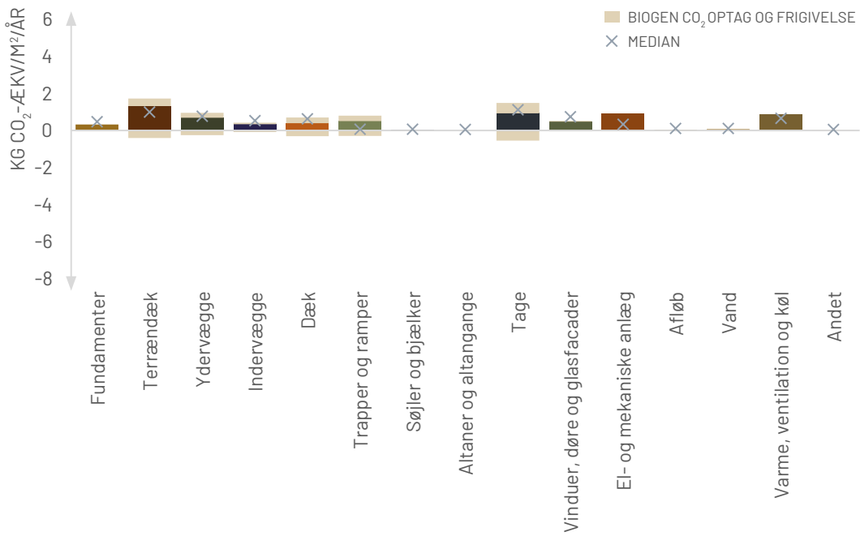
**Brand**
I projektet blev der lavet en brandstrategi og anvendt en ekstern rådgiver. Det var en fordel at tegnestuen havde kendskab til træets brandteknikske egenskaber, selvom projektering lå hos den eksterne brandrådgiver. Designet resulterede i større brandceller end i præaccepterede løsninger, hvilket besværliggjorde overholdelse af bygningsreglementet.

**Akustik**
Tegnestuen havde vanskeligt ved at finde referencebyggerier med samme formål og type materialer som byggeriet. Samtidig manglede der også værktøjer og erfaringer med beregning af akustik på træbyggerier. Dette gjorde det svært at overholde austikkrav, særligt trinlydsvandring, som også fordyrede projektet.

**Økonomi**
Projektet havde en brgrænset og forudbestemt økonomisk ramme, som byggeriet skulle leveres indenfor. Den begrænsede økonomiske ramme havde stor betydning i projektet, hvor bl.a. alle materialevalg blev gjort på baggrund af denne.

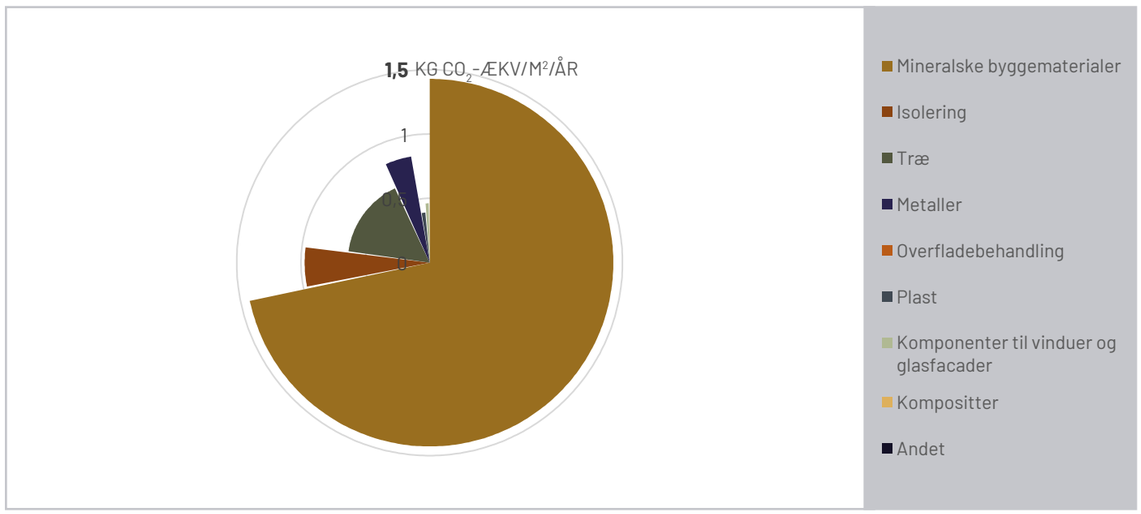
**Fugt i byggefase**
Tegnestuen foreslog at lave et åndbart byggeri af biobaserede materialer og uden dampspærre. Derfor valgte man også en entreprenør, som havde kendskab til denne type af byggerier og erfaringer ift. projektering og udførelse.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE




**Figur 77. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 78. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID

**Figur 79. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

## DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

**MEDFØRER HØJE PÅVIRKNINGER**

Solcelleanlæg på taget
Beton i terrændæk
Stålplader som facadebeklædning
EPS isolering i terrændæk
3-lags ruder i klimaskærm
Høj densitets træfiberisolering i tag

**MEDFØRER LAVE PÅVIRKNINGER**

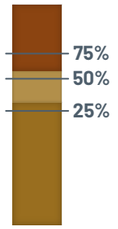
Materialeforbrug under gennemsnit på 427,5 kg/$m^2$ (gennemsnit på 684,6 kg/$m^2$)

**Foto** Lars Rex Christensen

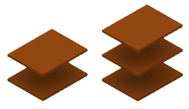
## BESKRIVELSE

Kulturhus Risbjerggård KUGA blev udviklet med henblik på at være et fyrtårnsprojekt for fremtidige byggerier i Hvidovre. Kulturhuset samler foreningslivet og de kommunale kulturtilbud i Hvidovre Kommune og skaber grobund for mere byliv. Ambitionen var at skabe synergi med de øvrige offentlige naboinstitutioner, biblioteket, medborgersalen og rådhuset på tværs af Hvidovrevej. Projektet bruger det eksisterende byggeri og tilføjer en nyopført tilbygning i træ. Der var ikke krav til, at byggeriet skulle opføres i træ, men tegnestuen Vandkunsten valgte dette materiale ud fra ønsket om at reducere klimaaftrykket.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Hvidovre, Danmark |
| **Byggeår** | 2017-2020 |
| **Antal enheder** | 1 |
| **Kategori** | Kulturhus |
| **Arkitekt** | Vandkunsten |
| **Landskab** | Vandkunsten |
| **Ingeniør** | WSP, DBI, Gade Mortensen, Bunch Bygningsfysik |
| **Bygherre** | Hvidovre Kommune |
| **Entreprenør** | Jakon, Tscherning |
| **Entrepriseform** | Hovedentreprise |
| **Opvarmet areal** | 2.886 $m^2$ |
| **Energiklasse** | BR 2018 |
| **Total energiforbrug** | 73,9 kWh/$m^2$/år |
| **Energikilde** | EI - fremskrivning |
| **Datagrundlag for LCA** | Arkitektmodel |
| **Certificering** | - |
| **Projekthjemmeside** | Se link |




**Mat.:** 7,7
**Tek. inst.:** 2,0
**Drift:** 4,1
angivet i kg$CO_2$-ækv/$m^2$/år



**1 - 2 etager**

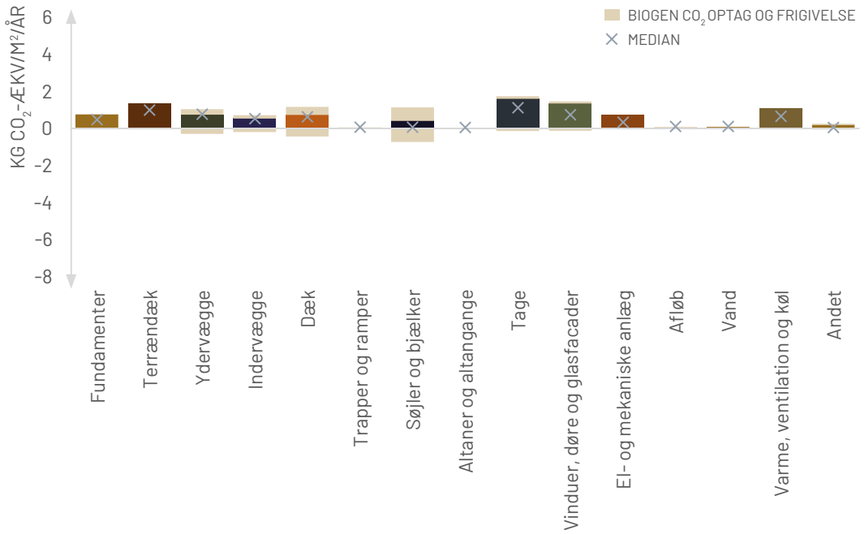
**Træhybrid**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

Der blev ikke afholdt noget interview for denne bygning og derfor er der ikke indhentet nogle erfaringer.

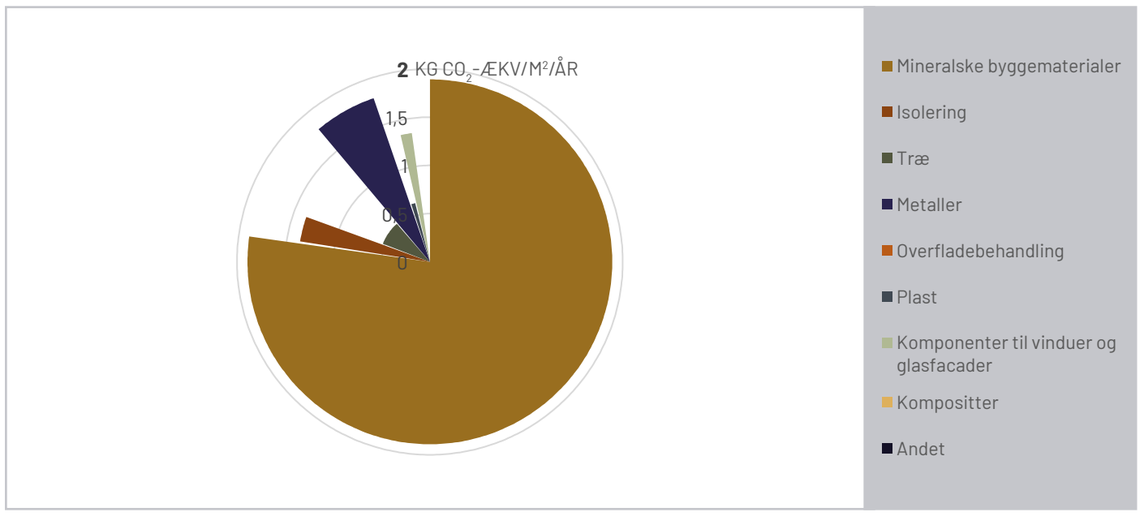
**Foto** Lars Rex Christensen

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



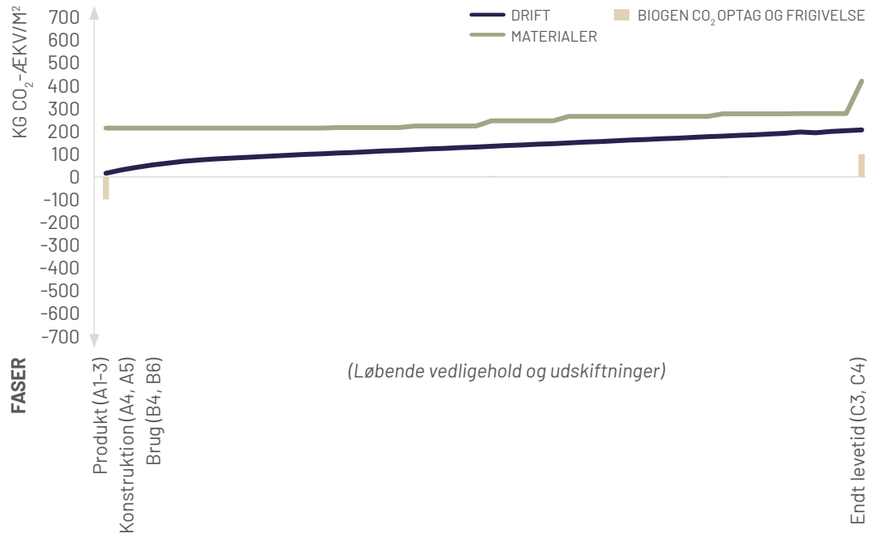

**Figur 80. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 81. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID




**Figur 82. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

## DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

| | |
|---|---|
| MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER** | Materialeforbrug over gennemsnit på 837,9 kg/$m^2$ grundet særlige behov i bygningen (gennemsnit på 684,6 kg/$m^2$)<br>Solcelleanlæg på taget<br>EPS isolering i terrændæk<br>Beton i terrændæk og fundament<br>Trykfast mineraluld som isolering i tag<br>Store vinduespartier i klimaskærm<br>Indvendige glasvægge |
| MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER** | |

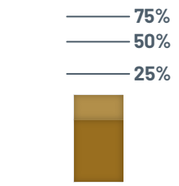
# OKSENØYA BO- OG BEHANDLINGSCENTER

Foto Arkitema

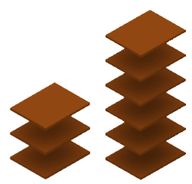
## BESKRIVELSE

Byggeriet er en del af en større områdeudvikling af en tidligere flyplads i Oksenøya, Norge, hvor der laves bo- og behandlingscenter, børnehave og skole. Bygherren Bærum Kommune er ambitiøs på miljøområdet, hvilket fremgår som krav til lokalplanen. Bygherre stillede ikke krav til CLT som konstruktionsprincip, men havde ønsket at bruge materialet. Desuden er bygningen en del af det norske innovationsprogram FutureBuilt og certificeres til BREEAM Outstanding. Designet af alle bygningskomponenterne er tilpasset til at kunne adskilles i fremtiden.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Oksenøya, Norge |
| **Byggeår** | 2019 - 2023 (forventet) |
| **Antal enheder** | 1 |
| **Kategori** | Bo- og behandlingscenter |
| **Arkitekt** | Arkitema |
| **Landskab** | Østengen og Bergo |
| **Ingeniør** | WSP, Erichsen og Horgen, Heiberg og Tveter AS, Brekke og Strand, Binderholz |
| **Bygherre** | Bærum Kommune |
| **Entreprenør** | Veidekke A/S |
| **Entrepriseform** | Totalentreprise |
| **Opvarmet areal** | 18.400 m² |
| **Energiklasse** | - |
| **Total energiforbrug** | - |
| **Energikilde** | - |
| **Datagrundlag for LCA** | Arkitektmodel |
| **Certificering** | BREEAM Outstanding, FutureBuilt |
| **Projekthjemmeside** | Se link |




**Mat.:** 4,0
**Tek. inst.:** 1,6
**Drift:** -
angivet i kg$CO_2$-ækv/m²/år



**2 - 5 etager**

**Fladeelement (CLT)**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

Gennem interviews med byggeriets parter fremgår følgende erfaringer ved brug af træ i det konkrete projekt.

**Brand**
En brandstrategi blev introduceret helt i forprojektet for at sikre bæreevne og undgå brandspredning mellem brandceller. CLT varetager som udgangspunkt bæreevnen ved brand, men beklædes med brandgips på grund af risiko for røgudvikling. Derfor forefindes kun en enkelt ubeklædt CLT-væg per boligenhed.

**Akustik & Æstetik**
Akustikkompetencer ligger hos ingeniørrådgiveren Bekke og Strand. Der påstøbes beton på CLT-dæk for at undgå lydtransmission mellem etager, trods ønsket om mest muligt synligt CLT. De indvendige vægge i CLT beklædes med isolering og gips, hvilket også resulterer i meget mindre synligt CLT end ønsket.

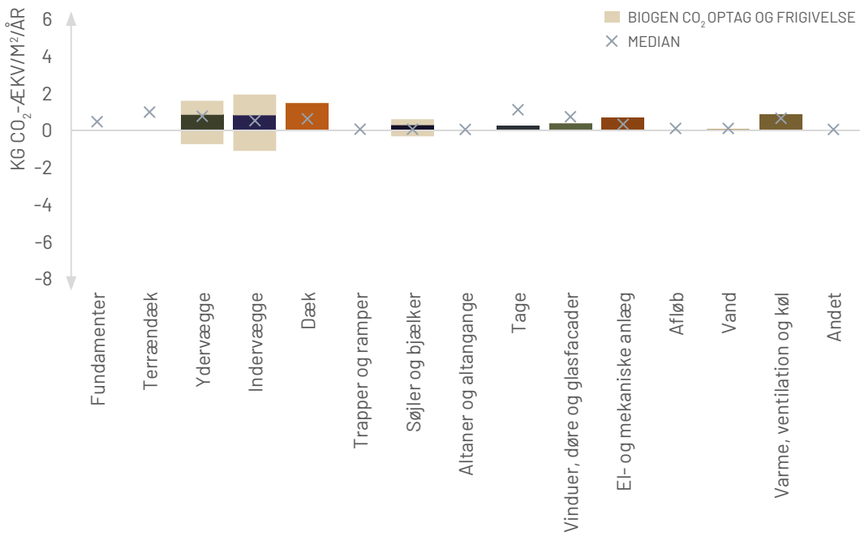
**Økonomi**
Rådgivere for dagslys, akustik, energi og bygningsfysik, og brand blev involveret fra starten af projektet for at mindske risiko for omprojektering.

**Logistik**
Fordi CLT elementer skal produceres med alle detaljer fra fabrikken har det været meget vigtigt grundigt at planlægge byggeriet tidligt. Dette medførte at en længere proces for projektering og det var vanskeligt at overholde deadlines til leverandøren. Derimod har det vist sig at monteringen af CLT elementerne er mere effektiv end for traditionel norsk bindingsværkskonstruktion.

**Fugt i byggefase**
Byggeriet bygges i faser og det viser sig at træet patinerer forskelligt grundet fugt. Det kan betyde at der ved færdiggørelse skal laves en fugtsanering.

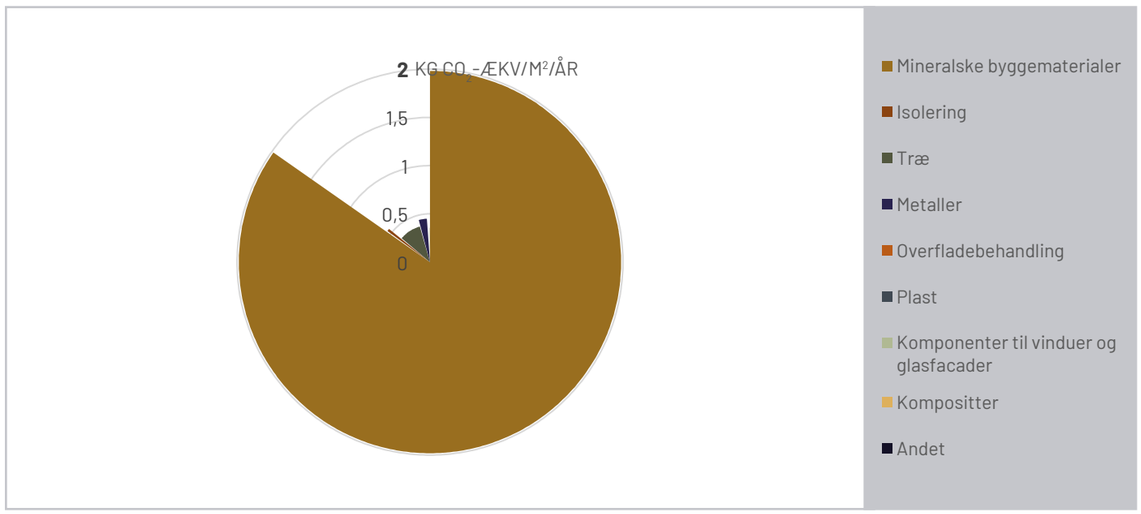
**Fugt i brug**
Udvendige spær overdækkes af aluminium for at beskytte mod fugt og at sikre materialets holdbarhed.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE




**Figur 83. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 84. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID

**Figur 85. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

## DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

| | |
|---|---|
| MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER** | Materialeforbrug over gennemsnit på 736,9 kg/$m^2$ (gennemsnit på 684,6 kg/$m^2$)<br>Beton i dæk<br>Solcelleanlæg på tag<br>Trykfast mineraluld som isolering i tag<br>Stålprofil som bærende konstruktion<br>3-lags ruder i klimaskærm |
| MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER** | |

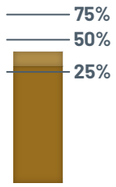
# OKSENØYA BØRNEHAVE

**Foto** Arkitema

## BESKRIVELSE

Byggeriet er en del af en større områdeudvikling af en tidligere flyplads i Oksenøya, Norge, hvor der laves bo- og behandlingscenter, børnehave og skole. Bygherren Bærum Kommune er ambitiøs på miljøområdet, hvilket fremgår som krav til lokalplanen. Bygherre stillede ikke krav til CLT som konstruktionsprincip, men havde ønsket at bruge materialet. Desuden er bygningen en del af det norske innovationsprogram FutureBuilt og certificeres til BREEAM Outstanding. Designet af alle bygningskomponenterne er tilpasset til at kunne adskilles i fremtiden.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Oksenøya, Norge |
| **Byggeår** | 2019 - 2022 |
| **Antal enheder** | 1 |
| **Kategori** | Børnehave |
| **Arkitekt** | Arkitema |
| **Landskab** | Østengen og Bergo |
| **Ingeniør** | WSP |
| **Bygherre** | Bærum Kommune |
| **Entreprenør** | Veidekke |
| **Entrepriseform** | Totalentreprise |
| **Opvarmet areal** | 3.650 $m^2$ |
| **Energiklasse** | - |
| **Total energiforbrug** | - |
| **Energikilde** | - |
| **Datagrundlag for LCA** | Arkitektmodel |
| **Certificering** | BREEAM Outstanding, FutureBuilt |
| **Projekthjemmeside** | - |




**Mat.:** 7,5
**Tek. inst.:** 0,9
**Drift:** -
angivet i kg $CO_2$-ækv/$m^2$/år

**2 etager**

**Fladeelement (CLT)**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

Gennem interviews med byggeriets parter fremgår følgende erfaringer ved brug af træ i det konkrete projekt.

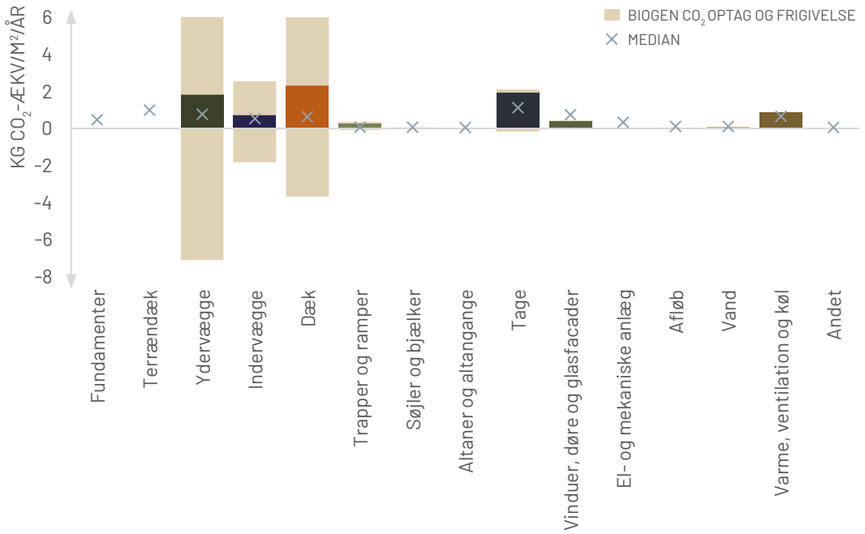
**Brand**
For at overholde brandkrav blev udvalgte vægge beklædt med gips. I projektet blev der desuden brugt en brandrådgiver, men oplevelsen er at der er stor forskel på kompetencerne hos brandrådgivere indenfor træbyggeri.

**Akustik**
I byggeriet blev der påstøbt beton på alle CLT dæk af for at imødekomme høje akustikkrav til institutioner. Desuden blev der etableret lydloft, som er en kombination af gips og absorbant. På væggene blev der monteret mineralud og gips.

**Økonomi**
Der kom ændringer ind sent i processen, som betød at planløsningen blev ændret og der derfor blev omprojekteret. Tegnestuen havde ikke kompetencer med at bygge i træ, hvorfor der blev aflagt ekstra ressourcer til den indledende projektering.

**Fugt i byggefase**
Der stilles krav til at sokler støbes 30 cm over terræn for at undgå kontakt mellem biologiske materialer og terræn. Det var en udfordring at afdække elementer under opførslen, da der var meget nedbør i perioden.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE

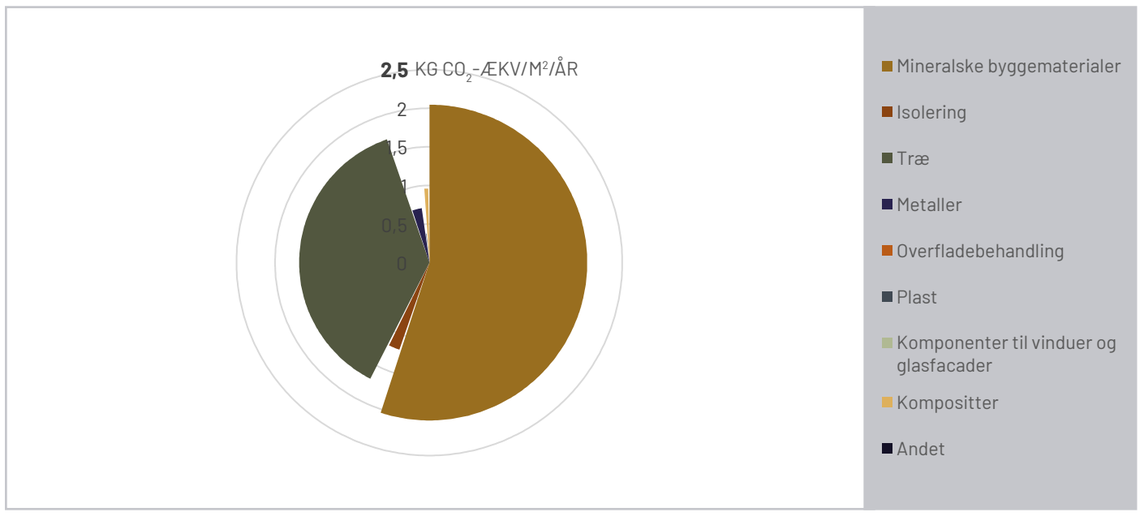



**Figur 86. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID

**Figur 88. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 87. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

## DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER**

- Materialeforbrug over gennemsnit på 1090,2 kg/$m^2$ (gennemsnit på 684,6 kg/$m^2$)
- Sedumtag som tagoverflade
- Trykfast mineraluld som isolering i tag
- Beton i dæk
- CLT som bærende konstruktion i etagedæk og tag

MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER**

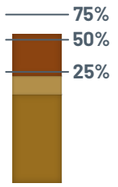
# ERLEV SKOLE

**Foto** Niels Nygaard

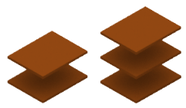
## BESKRIVELSE

I designet af Erlev Skole blev der lagt vægt på at skabe et visionært læringsmiljø med fokus på social bæredygtighed. Skolen indeholder et væld af forskellige rumtyper, som støtter op omkring aktivitetsbaserede undervisningsformer - gennem åbne fællesrum, typiske klasserum og små nicher. Erlev Skole blev opført som en limtræskonstruktion og er en af landets første træskoler.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Haderslev, Danmark |
| **Byggeår** | 2017-2020 |
| **Antal enheder** | 1 |
| **Kategori** | Skole |
| **Arkitekt** | Arkitema |
| **Landskab** | Arkitema |
| **Ingeniør** | Sloth Møller |
| **Bygherre** | Haderslev Kommune |
| **Entreprenør** | Ommen og Møller |
| **Entrepriseform** | Totalentreprise |
| **Opvarmet areal** | 6.014 m² |
| **Energiklasse** | BR2015 |
| **Total energiforbrug** | 24,6 kWh/m²/år |
| **Energikilde** | EI - fremskrivning |
| **Datagrundlag for LCA** | Arkitektmodel |
| **Certificering** | - |
| **Projekthjemmeside** | Se link |




**Mat.:** 5,7
**Tek. inst.:** 1,2
**Drift:** 2,7
angivet i kg $CO_2$-ækv/m²/år



**1 - 2 etager**

**Limtræ**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

Gennem interviews med byggeriets parter fremgår følgende erfaringer ved brug af træ i det konkrete projekt.

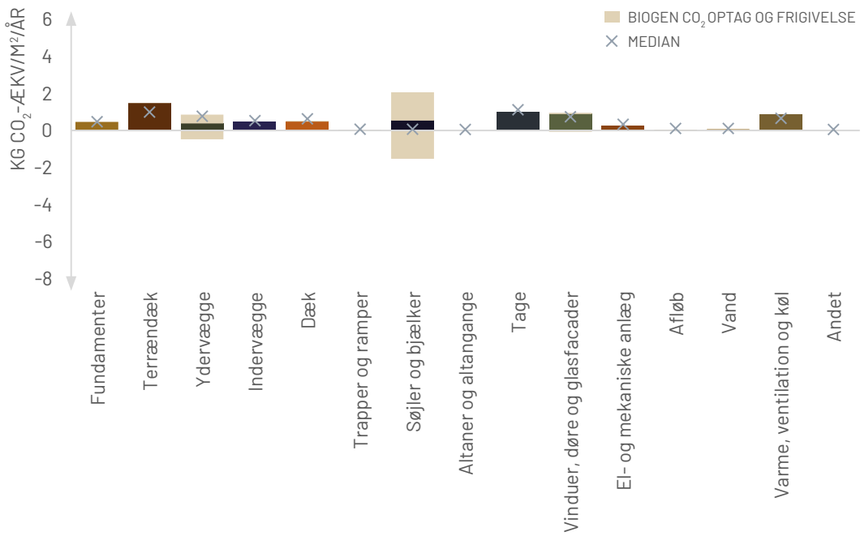
**Brand & Statik**
Alle konstruktive limtræsbjælker blev statisk overdimensioneret for at imødekomme brandkrav. Det var en udfordring at placere kabler og rør uden at svække limtræskonstruktionerne, hvilket krævede en del omprojektering. Alt invendigt træ blev imprægneret, mens at sprinkleranlæg udelades. I stedet blev der påsat gipsplader på en udvalgte vægge for at overholde brandkrav.

**Akustik**
Der blev brugt et letdæk for at overholde krav til lydisolation og blev påsat gips på en del trævægge, for at overholde akustikkrav. Der overføres potentielt lyd mellem rummene via limtræsbjælkerne, hvor nogle bjælker opdeles for at mindske lydtransmition.

**Økonomi**
Det endelige byggeri indeholder betydeligt mindre træ i sit æstetiske udtryk, end oprindeligt ønsket af bygherre. Dette skyldes, at mange løsninger i træ blev udskiftet med standardløsninger for at reducere omkostninger. Ingeniører og arkitekter samarbejder fra begyndelsen af projektet, hvilket hjalp processen.

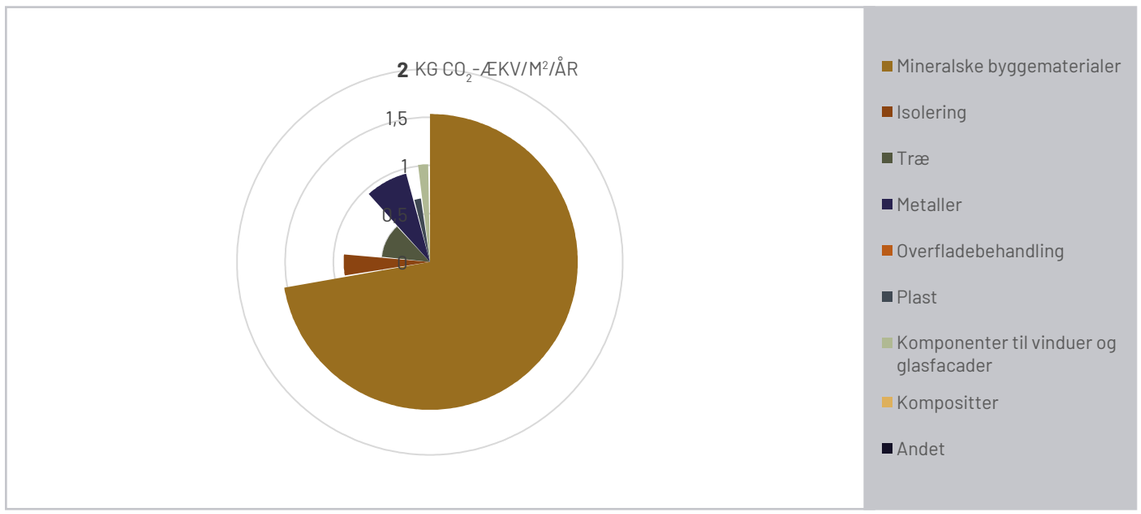
**Fugt i byggefase**
Alt træ blev gennemvædet under byggefasen, fordi der ikke blev anvendt en fugtstrategi og der var problemer med at overdække træet. Efterfølgende opstod der også problemer med optørring og vandskader og det var derfor nødvendigt at optørre, nedslibe og overfladebehandle på ny. Desuden var der i træfacadens accoya-behandling, som ætser skruer og derfor må der udvikles specialskruer. Derudover blev en del af facadematerialet ændret til stål for at øge holdbarheden.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



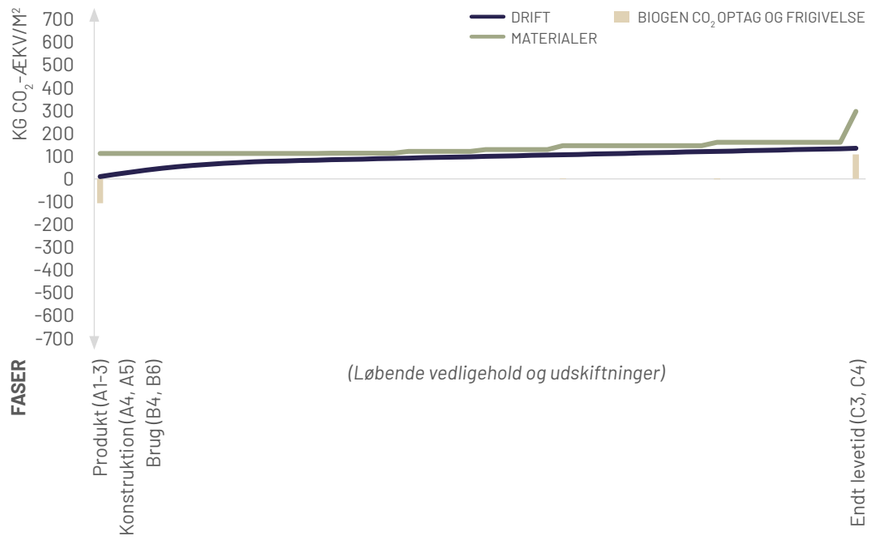

**Figur 89. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 90. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID




**Figur 91. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

## DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

| | |
|---|---|
| MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER** | Beton i terrændæk og fundament<br>Armering i betondæk<br>Tagmateriale af tagpap<br>Indvendige glasvægge<br>Solcelleanlæg på taget<br>3-lags rude i klimaskærmen |
| MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER** | |

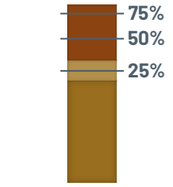
Materialeforbrug under gennemsnit på 592,9 kg/$m^2$ (gennemsnit på 684,6 kg/$m^2$)

Foto Arkitema

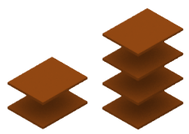
## BESKRIVELSE

Viborg Kommune havde som bygherre en vision om et bæredygtigt skolebyggeri og af den grund valgte Arkitema at designe bygningen med træ som bærende element. Dette blev også baseret på erfaringer fra Erlev skole, som var en af de første skoler i Danmark med træ som et gennemgående materiale. Denne skole er opbygget ligesom Erlev skole, hvor de bærende konstruktioner er i limtræ. Som en del af det overordnede ønske om et bæredygtigt byggeri, valgte man også at gå efter en DGNB Guld certificering, hvor tegnestuen selv besvarede kravene.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Overlund, Danmark |
| **Byggeår** | 2023 (forventet) |
| **Antal enheder** | 1 |
| **Kategori** | Skole |
| **Arkitekt** | Arkitema |
| **Landskab** | Arkitema |
| **Ingeniør** | OJ Rådgivende Ingeniør |
| **Bygherre** | Viborg Kommune |
| **Entreprenør** | - |
| **Entrepriseform** | Fagentreprise |
| **Opvarmet areal** | 12.967 $m^2$ |
| **Energiklasse** | BR2018 |
| **Total energiforbrug** | 29,2 kWh/$m^2$/år |
| **Energikilde** | El - fremskrivning og ledningsgas - fremskrivning |
| **Datagrundlag for LCA** | Arkitektmodel |
| **Certificering** | DGNB Guld |
| **Projekthjemmeside** | Se link |




**Mat.:** 6,5
**Tek. inst.:** 1,3
**Drift:** 3,5
angivet i kg $CO_2$-ækv/$m^2$/år



**1 - 3 etager**

**Limtræ**

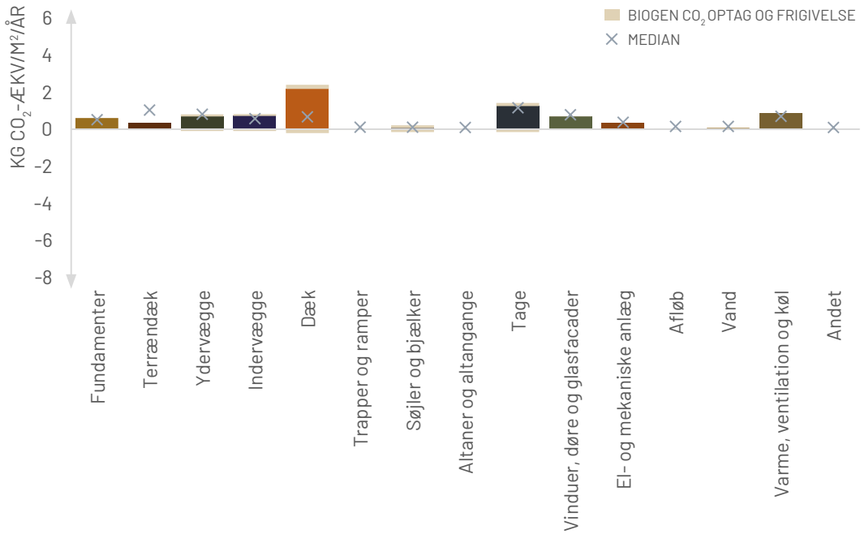
## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

Gennem interviews med byggeriets parter fremgår følgende erfaringer ved brug af træ i det konkrete projekt.

**Brand**
Der blev anvendt en intern brandrådgiver fra Arkitema til at sikre dimensionering ift. brand. Desuden blev byggeriet tredjepartskontrolleret. I dag bruger Arkitema i stedet COWI's rådgivere til at sikre at byggeriet overholder kravene til brand. Indvendigt beklædte man størstedelen af overfladerne (ca. 80%) med ikke-brandbare materialer for at overholde brandkrav.

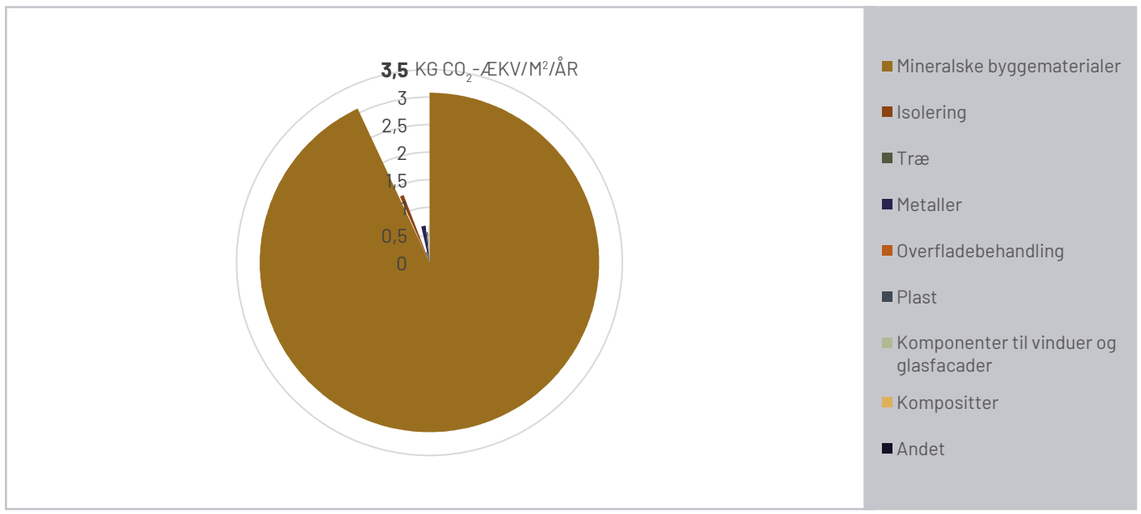
**Akustik**
Dæktykkelsen og kravene til lydisolation medvirkede til at der blev anvendt en øget grad af beton i bygningen. Dette skyldes særligt pga. en risiko for fordyringer, hvis der var anvendt træ i stedet.

### KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



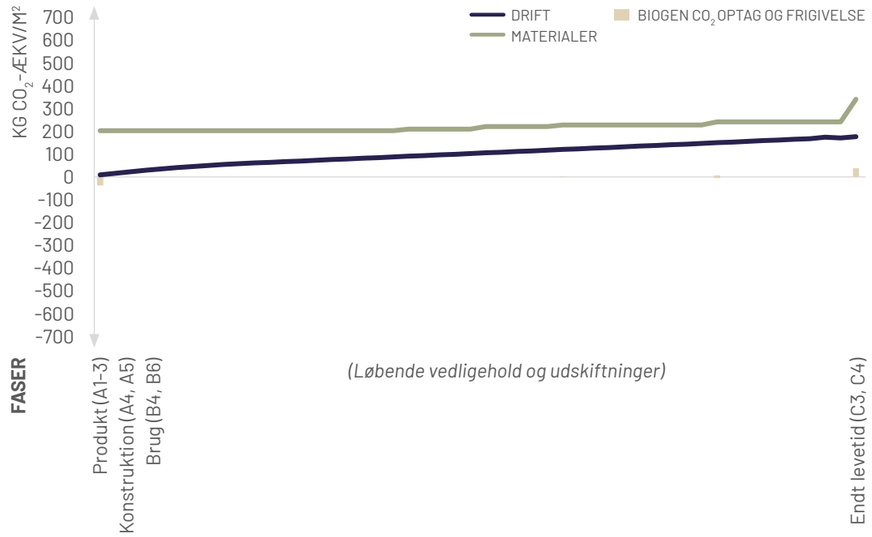

**Figur 92. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

### KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 93. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

### KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID




**Figur 94. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

### DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER**

Materialeforbrug over gennemsnit på 1228,9 kg/$m^2$ (gennemsnit på 684,6 kg/$m^2$)
Beton i terrændæk, fundament og etagedæk
EPS isolering i terrændæk
3-lags rude i klimaskærmen

MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER**

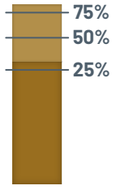
# SAMSØ ENERGIAKADEMI

Foto Arkitema

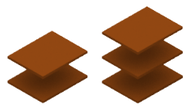
## BESKRIVELSE

Samsø Energiakademi blev bygget som demonstrationsprojekt for bæredygtige energiløsninger. Bygningen fungerer som konferencecenter, udstillingsrum, lejrskole og kontor. Projektet blev opført i 2007 og tilhørte derfor ikke en egentlig energiklasse, men pga. bygherres ønske om at bygge bæredygtigt, blev ambitionen at ligge 25% under den daværende BR95-ramme. Bygningen er opført i træ med biologisk isoleringsmateriale, uden damspærre, og som passivhus. Akademiets ydre er en zinkfacade med felter af sortmalede træplader. Bygningen har en pælekonstruktion og består af limtræsrammer, der lægger ovenpå tværgående betondragere. Dækket er løftet 20-30 cm over terræn.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Samsø, Danmark |
| **Byggeår** | 2007 |
| **Antal enheder** | 1 |
| **Kategori** | Erhverv |
| **Arkitekt** | Arkitema |
| **Landskab** | Arkitema |
| **Ingeniør** | Planenergi |
| **Bygherre** | Samsø Energiakademi |
| **Entreprenør** | - |
| **Entrepriseform** | Fagentreprise |
| **Opvarmet areal** | 600 m² |
| **Energiklasse** | Lavenergiklasse 2 jf. BR2008 |
| **Total energiforbrug** | - |
| **Energikilde** | - |
| **Datagrundlag for LCA** | Arkitektmodel |
| **Certificering** | - |
| **Projekthjemmeside** | - |




**Mat.:** 7,6
**Tek. inst.:** 3,5
**Drift:** -
angivet i kg $CO_2$-ækv/m²/år



**1,5 etager**

**Træhybrid**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

Gennem interviews med byggeriets parter fremgår følgende erfaringer ved brug af træ i det konkrete projekt.

**Brug**
For at brandsikre konstruktionen blev der anvendt gipsplader over papiruldsisolering og loftet blev beklædt med mineraluld og træbeton.

**Statik**
Det var vanskeligt at finde ud af om det var ingeniøren eller producenten af bjælkerne, som havde ansvaret for, at sikre limtræskonstruktionens bæreevne.

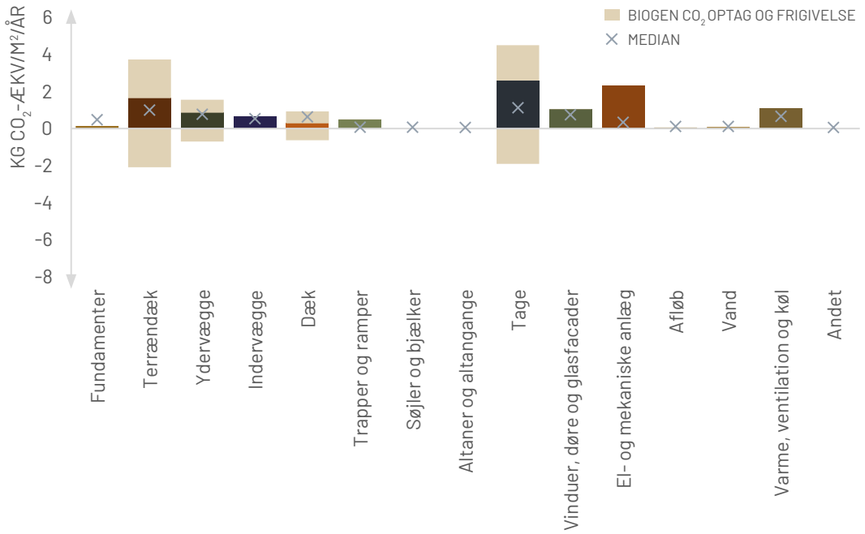
**Akustik**
Loftet lavet i træbeton med mineraluld på bagsiden sikrer en god indvendig akustik.

**Økonomi**
Optimering af detaljer og løsninger blev udført i samarbejde med lokale håndværkere, som hjalp processen.

**Fugt i byggefase**
For at sikre fugt i byggefasen samarbejdes på tværs i projektgruppen. Alle er enige om, at byggeriet skulle holdes tørt og overdækket hele vejen igennem.

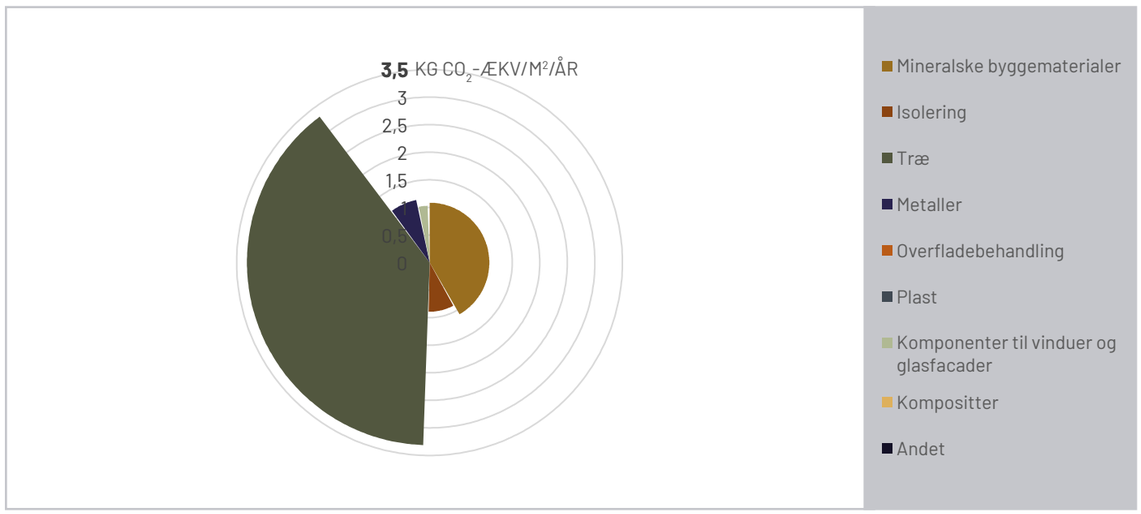
**Fugt i brug**
Overflader i zink blev brugt til at beskytte udvendigt mod fugt. Derudover er konstruktionen løftet fra terrænet, da terrænet i perioder står i vand.

### KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



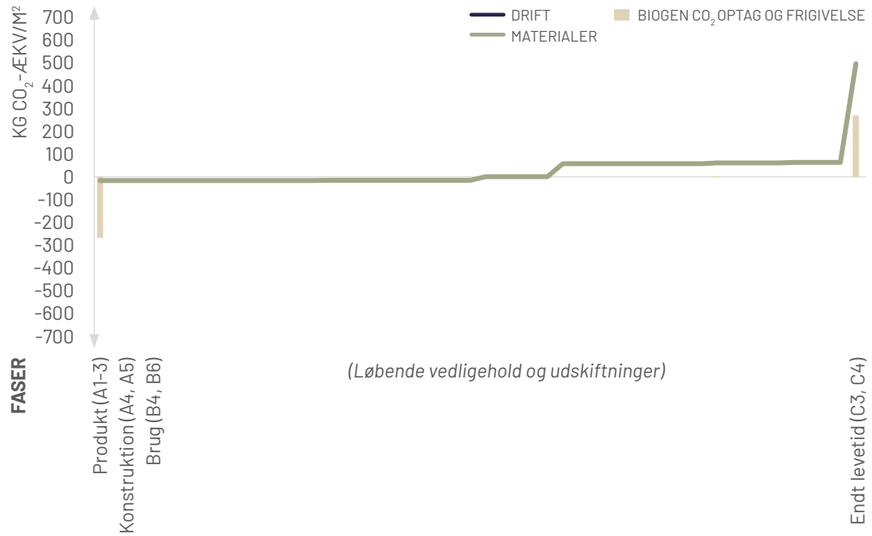

**Figur 95. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

### KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 96. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

### KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID




**Figur 97. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

### DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER**

Solcelleanlæg på tag
Cementbunden spånplade i tag og terrændæk
Patineret zink som facadebeklædning

MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER**

Materialeforbrug under gennemsnit på 550,9 kg/$m^2$ (gennemsnit på 684,6 kg/$m^2$)

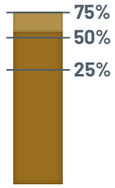
# TRONDHEIM CENTRAL STATION

Foto Arkitema

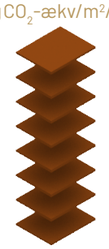
**BESKRIVELSE**

Trondheim Central Station er et stort byggeri og knudepunkt for togtrafikken i Midtnorge. Stationen skal bygges uden forstyrrelse af togdriften, hvilket stiller store krav til processen. Netop derfor indgår arkitekt, ingeniør og entreprenør i et tæt samarbejde allerede tidligt i designprocessen. Trondheim er kendt for gamle træbygninger og derfor blev det besluttet, at byggeriet skulle udføres i træ. Træ bliver det gennemgående materiale både i de bærende elementer og i de synlige dele af bygningen.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Trondheim, Norge |
| **Byggeår** | 2023 - 2025 (forventet) |
| **Antal enheder** | 1 |
| **Kategori** | Station |
| **Arkitekt** | Arkitema og PKA Arkitekter |
| **Landskab** | Arkitema |
| **Ingeniør** | - |
| **Bygherre** | Bane NOR Eiendom og Trøndelag Fylkeskommune |
| **Entreprenør** | Veidekke |
| **Entrepriseform** | - |
| **Opvarmet areal** | 10.000 $m^2$ |
| **Energiklasse** | - |
| **Total energiforbrug** | - |
| **Energikilde** | - |
| **Datagrundlag for LCA** | Arkitektmodel |
| **Certificering** | BREEAM-NOR Excellent |
| **Projekthjemmeside** | Se link |




**Mat.:** 9,5
**Tek. inst.:** 1,2
**Drift:** -
angivet i kg$CO_2$-ækv/$m^2$/år



**8 etager**

**Træhybrid**

**BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER**

Der blev ikke afholdt noget interview for denne bygning og derfor er der ikke indhentet nogle erfaringer.

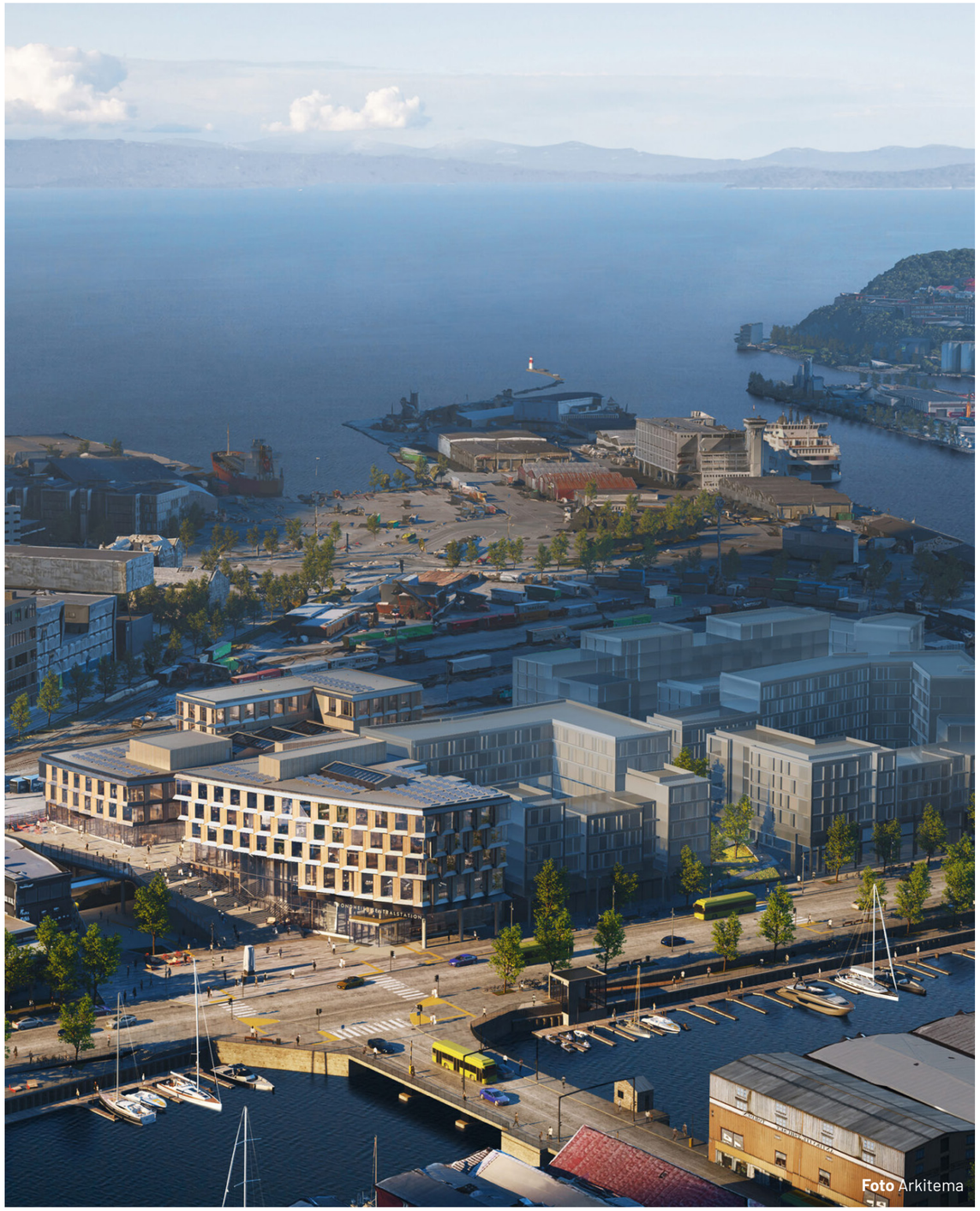
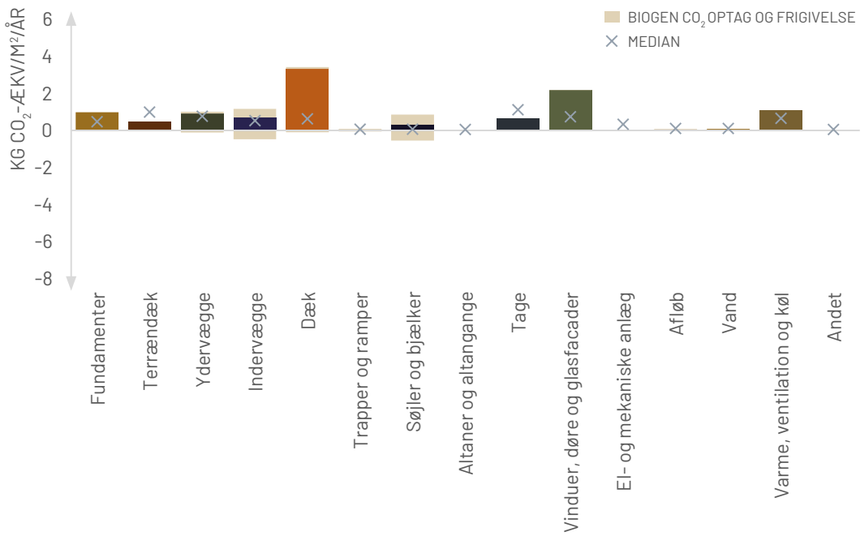


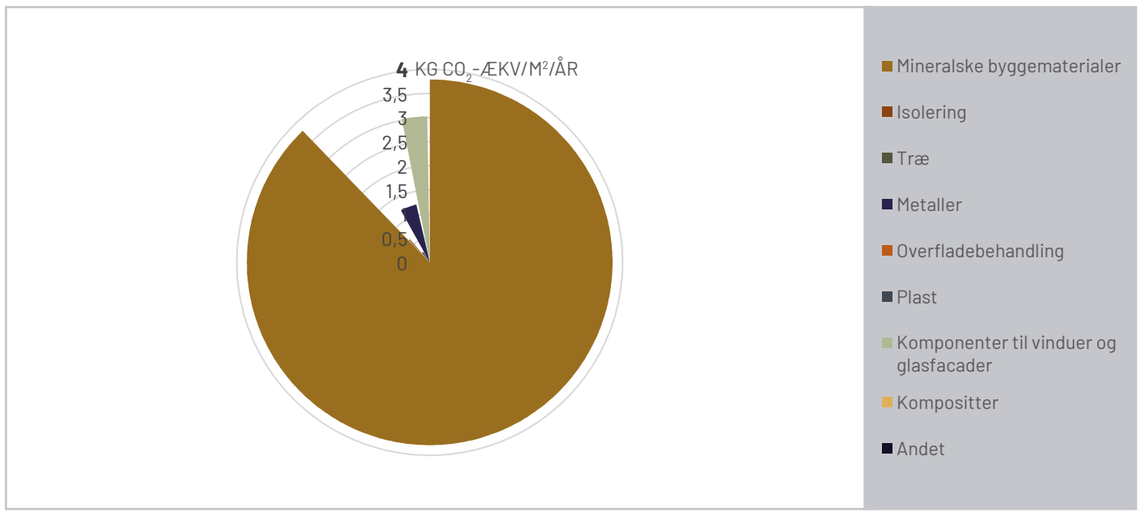
Foto Arkitema

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



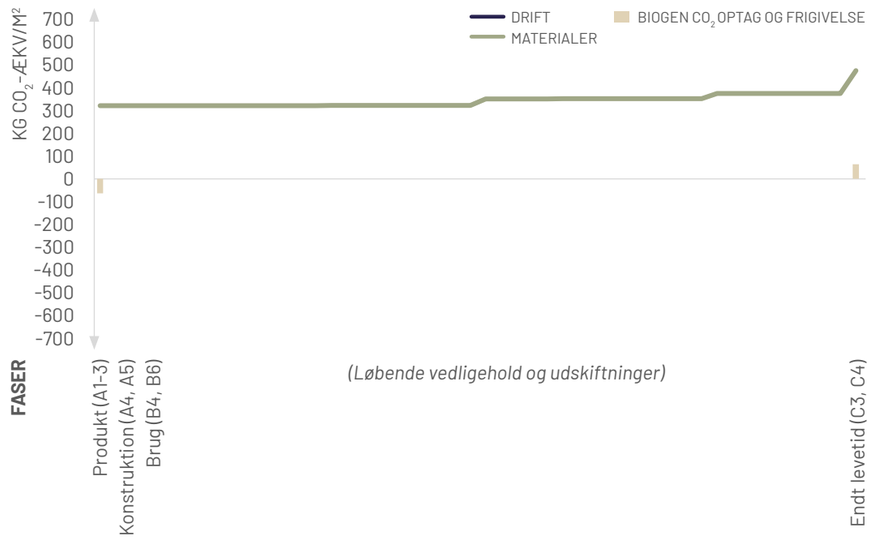

**Figur 98. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 99. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID




**Figur 100. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

## DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

**MEDFØRER HØJE PÅVIRKNINGER**

Materialeforbrug over gennemsnit på 1300,4 kg/$m^2$ grundet særlige behov i bygningen (gennemsnit på 684,6 kg/$m^2$)

3-lags ruder i klimaskærm

Beton huldæk i etagedæk og tagkonstruktion

Glaspartier i facaden samt indvendige glasvægge

Beton i terrændæk og fundament

Stålprofiler som bærende søjler

**MEDFØRER LAVE PÅVIRKNINGER**

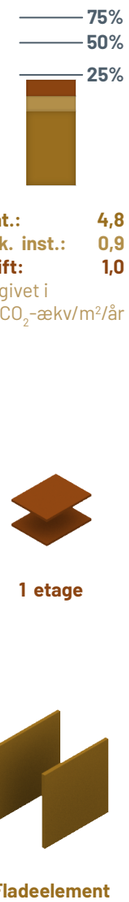
# FELDBALLE FRISKOLE

**Foto** Henning Larsen Architects

## BESKRIVELSE

I forbindelse med nedlæggelsen af Feldballe Folkeskole blev Feldballe Friskole oprettet. Ti år senere var elevtallet fordoblet og der blev derfor tilføjet en tilbygning til skolen. Feldballe Friskole ønskede at bygge bæredygtigt og med brug af så mange lokale og biobaserede materialer som muligt. I lokalområdet, som bl.a. inkluderer Friland Andelsforenig, fokuseres der på bæredygtighed i dagligdagen såvel som i byggeriet. Bygherre ønskede at tilbygningen bygges i halmelementer. Funktionelt bruges tilbygningen i dag primært af 8. og 9. klasser og som naturfagslokale.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Djursland, Danmark |
| **Byggeår** | 2021 |
| **Antal enheder** | 1 |
| **Kategori** | Skole, tilbygning |
| **Arkitekt** | Henning Larsen Architects |
| **Landskab** | - |
| **Ingeniør** | Reeholm & Bredahl |
| **Bygherre** | Feldballe Friskole |
| **Entreprenør** | Høgh & Sønberg |
| **Entrepriseform** | Hovedentreprise og selvbyg (forældresamarbejde) |
| **Opvarmet areal** | 259 m² |
| **Energiklasse** | BR2018 |
| **Total energiforbrug** | 17,4 kWh/m²/år |
| **Energikilde** | EI - fremskrivning |
| **Datagrundlag for LCA** | Arkitektmodel |
| **Certificering** | - |
| **Projekthjemmeside** | Se link |




**Mat.:** 4,8
**Tek. inst.:** 0,9
**Drift:** 1,0
angivet i kg $CO_2$-ækv/m²/år



**1 etage**

**Fladeelement**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

Gennem interviews med byggeriets parter fremgår følgende erfaringer ved brug af træ i det konkrete projekt.

**Brand**
Halmelementerne er brandcertificerede og da tilbygningen kun er i en etage har der ikke været problemer med branddimensionering.

**Akustik**
Der blev anvendt ventilationspanelerne anvendt i byggeriet, som er støjdæmpende når det ventileres ved at reducere vejstøj udefra og lydabsorberende når der ikke ventileres. På lofterne blev der brugt træfiberisolering frem for mineraluld til akustik. Dette medførte øgede omkostninger, men blev prioriteret på grund af ønsket om et bedre indeklima.

**Æstetik**
Et vigtigt projekt parameter var at opnå en høj kvalitet i det arkitektoniske udtryk med anvendelse af biobaserede byggematerialer. Størrelsen og formen på halmelementerne definerede en indvendig rytme for vindueslysningerne.

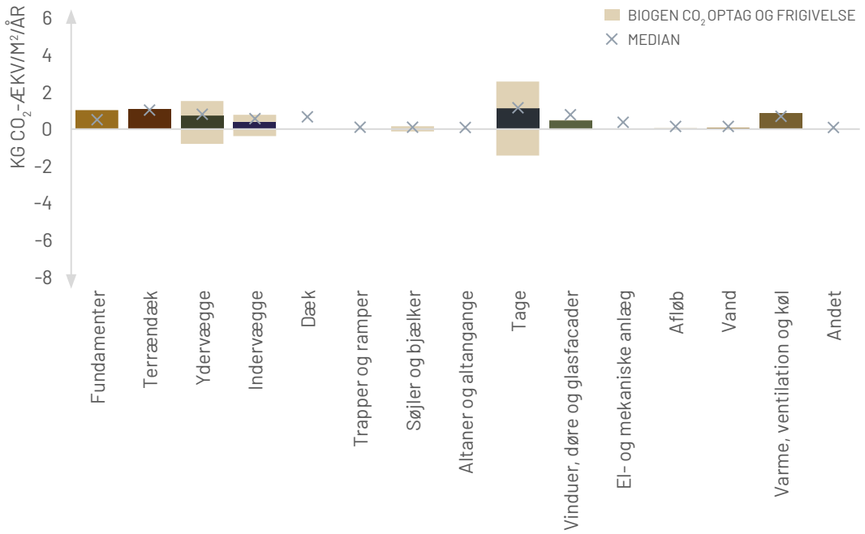
**Økonomi**
Lokale selvbyggere bidrog, hvor det er muligt, for at reducere omkostninger. Oprindeligt ønskede man at opbygge terrændækket af træfiberplader, massivt træ og træfiberisolering. Det ville dog skulle ventileres på jordskruer efter vejledning fra BUILD. Løsningen fravælgs pga. pris og manglende kompetencer. Hovedentreprise-formen gør, at man ikke kan tage en anden entreprenør ind som fagentreprise og derfor lægges en sokkel ud og elementerne sættes herpå.

**Logistik**
Råhuset består af halmelementer der blev lavet som bygherreentreprise og monteret som forældrearbejde på stedet i løbet af fem dage.

**Fugt i byggefase**
Der blev anvendt en fugtstrategi, herunder både arbejdsprocedure- og udbudskontrolplan. Elementerne blev fragtet overdækket og der udføres fugtmålinger ved afsendelse og modtagelse.

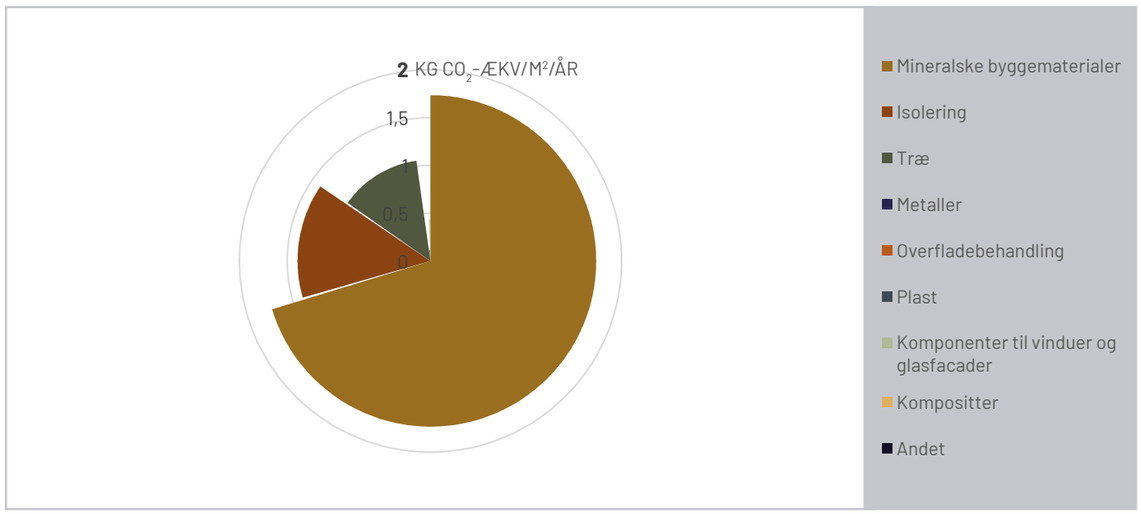
**Fugt i brug**
Der blev brugt naturlig ventilation i bygningen.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



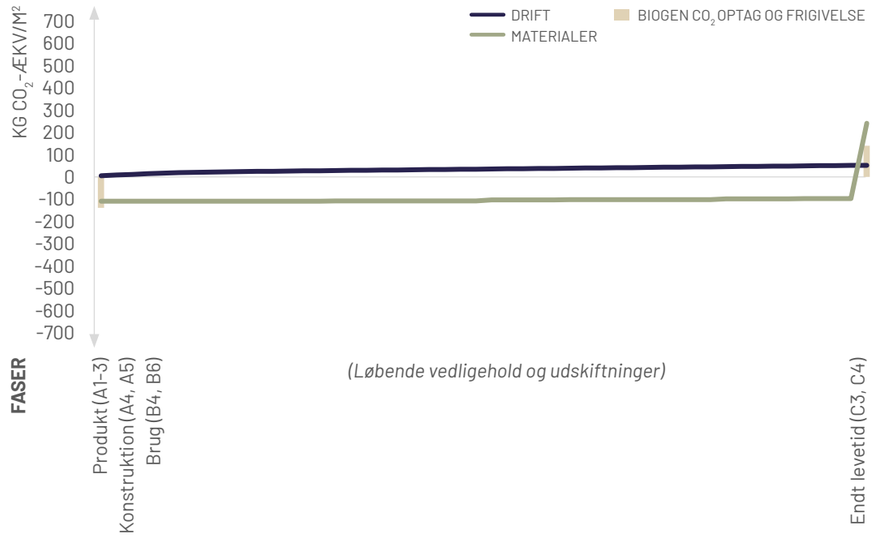

**Figur 101. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 102. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID




**Figur 103. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

## DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER**

- Beton i terrændæk og fundament
- EPS isolering i terrændæk
- Træfiberisolering i tag

MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER**

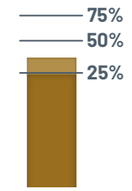
# ROSA DAGINSTITUTION

Foto Lendager

## BESKRIVELSE

Byggeriet er en tilbygning til en eksisterende daginstitution. Bygherren, Københavns kommune, ønskede at bygge i CLT for at oparbejde kendskab til materialet. Lendager rådgiver til brug af CLT, hvor det giver mening rent konstruktivt. Der fokuseres i projektet på brug af træ samt at genbruge så meget som muligt. Alle materialer i det eksisterende byggeri er sunde og i god stand og derfor blev der foretaget tidlige studier af, hvordan de eksisterende materialer kunne genbruges i bygningen. Træfacaderne på den gamle bygning kunne dog ikke genbruges i den nye bygning pga. brandkravene, samt tvivl om hvorvidt brandimprægnering udvaskes over en årrække.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | København S, Danmark |
| **Byggeår** | 2023-2024 (forventet) |
| **Antal enheder** | 1 |
| **Kategori** | Daginstitution |
| **Arkitekt** | Lendager |
| **Landskab** | Lendager |
| **Ingeniør** | Søren Jensen |
| **Bygherre** | Københavns Kommune |
| **Entreprenør** | - |
| **Entrepriseform** | Hovedentreprise |
| **Opvarmet areal** | 2.475 m² |
| **Energiklasse** | Lavenergiklase 2020 |
| **Total energiforbrug** | - |
| **Energikilde** | Fjernvarme |
| **Datagrundlag for LCA** | Arkitektmodel |
| **Certificering** | - |
| **Projekthjemmeside** | - |




**Mat.:** 7,1
**Tek. inst.:** 0,9
**Drift:** -
angivet i kg $CO_2$-ækv/m²/år

**2 etager**

**Fladeelement (CLT)**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

Gennem interviews med byggeriets parter fremgår følgende erfaringer ved brug af træ i det konkrete projekt.

**Brand**
For at byggeriet overholder brandkravene har det været nødvendigt at lave en del brandbeskyttelsestiltag i fibergips. Derudover er der lavet udgange fra alle rum for at overholde krav til bygninger i høj anvendelseskategori.

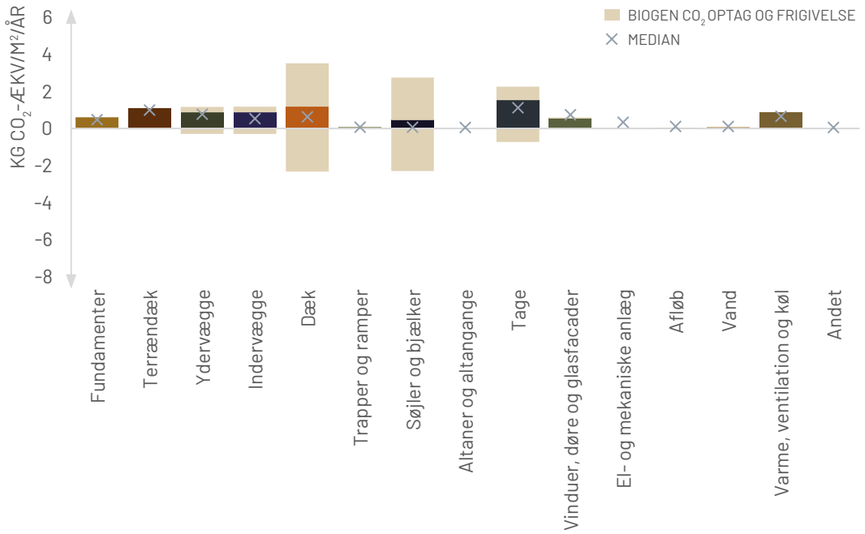
**Akustik**
Intentionen er at lave etagedæk i CLT, hvor der monteres system-akustiklofter for at imødekomme krav til rumklang. Dette vil også have en effekt på trinlydsforplantningen mellem etagerne.

**Æstetik**
Der ønskes hvide vægge og ensartethed på tværs af stuerne, men tegnestuen foreslår at gøre stuerne unikke og anvende forskellige genbrugsmaterialer til de enkelte rum.

**Økonomi**
Bygherre giver ekstra økonomi undervejs pga. øgede materialepriser. Desuden modtager projektet 1,3 mio. kr. i pulje fra Realdania med puljen SoBB (Sammen om Bæredygtigt Byggeri) som sætter fokus på igangsætning af bæredygtigt byggeri i kølvandet på Corona-pandemien.

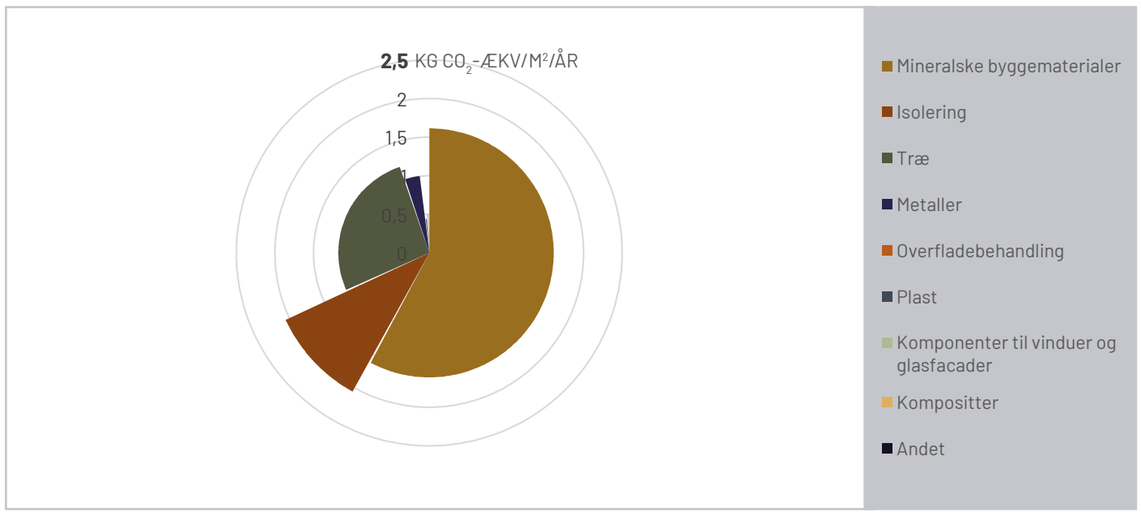
**Fugt i byggefase**
Projektet er endnu i en tidlig fase og der er endnu ikke udarbejdet en fugtstrategiplan. Det er dog planlagt at der skal laves en fugtstrategi.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



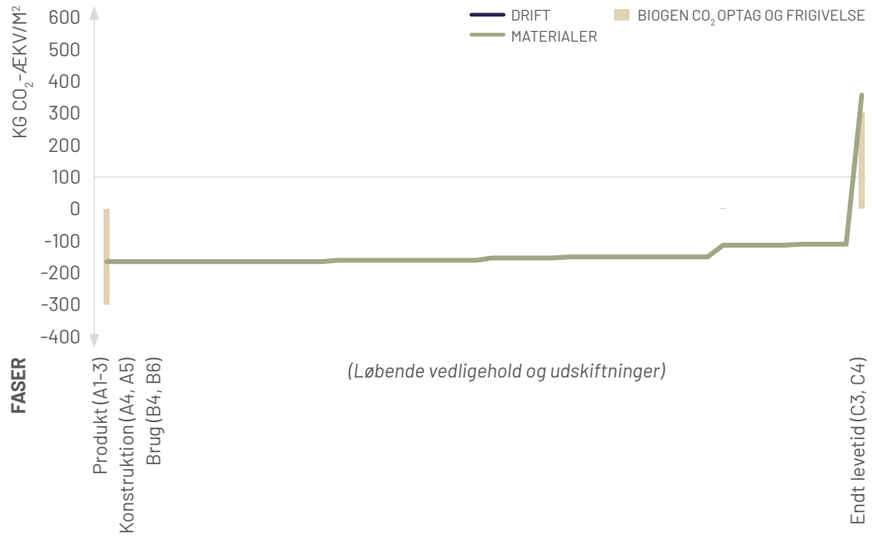

**Figur 104. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 105. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID




**Figur 106. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

## DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER**

- EPS isolering i terrændæk
- Træfiberisolering i taget
- CLT elementer som bærende konstruktion i etagedæk
- Stålplader som tagoverflade

MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER**

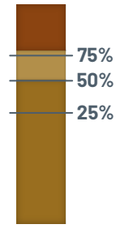
# KAROLINELUND BØRNEHAVE

**Foto** Artelia (tidligere MOE)

## BESKRIVELSE

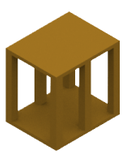
Bygherre ønskede at bygge klimavenligt, hvorfor valget faldt på et træbyggeri. Opgaven blev udbudt i omvendt licitation med DGNB-certificering som konkurrenceparameter. Børnehaven er Danmarks første daginstitution certificeret med DGNB Platin og byggeriet lever op til en række kriterier inden for bæredygtighed, bl.a. indenfor energioptimering, totaløkonomi og materialevalg. Bygningen har søjle-bjælkekonstruktion med limtræsbjælker, som bærer den grønne tagflade.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Aalborg, Danmark |
| **Byggeår** | 2016 - 2017 |
| **Antal enheder** | 1 |
| **Kategori** | Daginstitution |
| **Arkitekt** | Bjerg Arkitektur |
| **Landskab** | By+Land |
| **Ingeniør** | Artelia (tidligere MOE) |
| **Bygherre** | Aalborg Kommune |
| **Entreprenør** | Lund & Staun |
| **Entrepriseform** | Totalentreprise |
| **Opvarmet areal** | 851 m² |
| **Energiklasse** | BR2015 |
| **Total energiforbrug** | 39,7 kWh/m²/år |
| **Energikilde** | EI - fremskrivning og fjernvarme - fremskrivning |
| **Datagrundlag for LCA** | Ingeniørmodel |
| **Certificering** | DGNB Platin |
| **Projekthjemmeside** | - |




**Mat.:** 9,2
**Tek. inst.:** 1,9
**Drift:** 2,9
angivet i kg $CO_2$-ækv/m²/år

**1 etage**



**Træhybrid**

## BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER

Gennem interviews med byggeriets parter fremgår følgende erfaringer ved brug af træ i det konkrete projekt.

**Brand**
Alle bygningsdele er klassificeret R60 og er indrettet som en brandsektion opdelt i brandceller.

**Økonomi**
I byggeprocessen var der et tæt samarbejde mellem entreprenør og rådgivende ingeniør, da konstruktionen blev bygget på stedet.

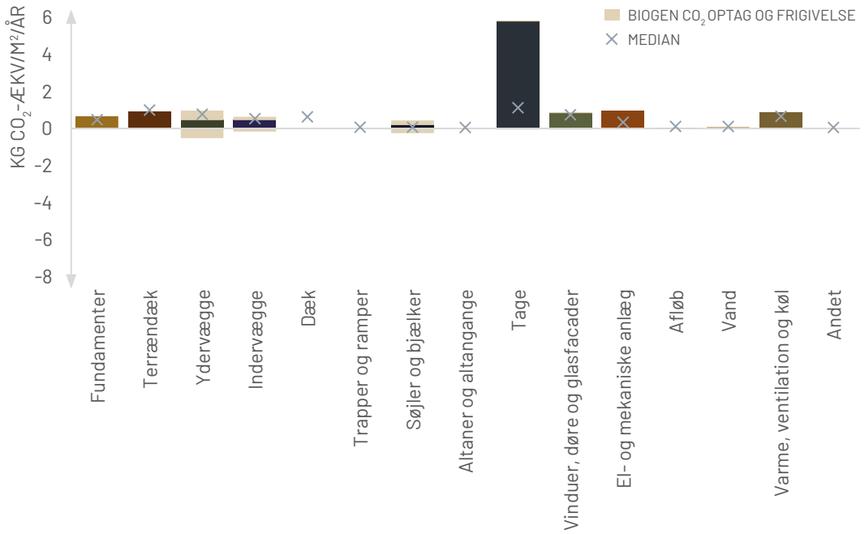
**Akustik**
Der blev i detailfasen udarbejdet lydplaner og akustikkrav. Da bygningen stod færdig blev dette målt for at sikre at kravene blev overholdt.

**Æstetik**
Facaden er lavet i thermowood med en estimeret holdbarhed på 50 år. Dette blev valgt for at opnå en patiering af facaden.

**Statik & Logistik**
Byggeriet består af tre volumener som er koblet sammen af et fælles tag. Dette gav statiske udfordringer, da taget ikke relaterer sig til de indre bygninger og det var nødvendigt med yderligere understøtning. Der fandtes ikke standardløsninger til konstruktionen i limtræ og træleverandøren lavede ikke beregninger på et helt system af bjælker. Af den grund brugte projektteamet mange timer på at løse statiske detaljer, især i grænsefladen mellem arkitekter og ingeniører. Entreprenøren havde tømrerkompetencer i organisationen, og man valgte derfor at opføre konstruktionen på stedet. Planløsningen var desuden vanskelig at få til at gå op, da det var vanskeligt at aflæse hvilke vægge der er bærende, fordi de statiske laster er fordelt over søjler.

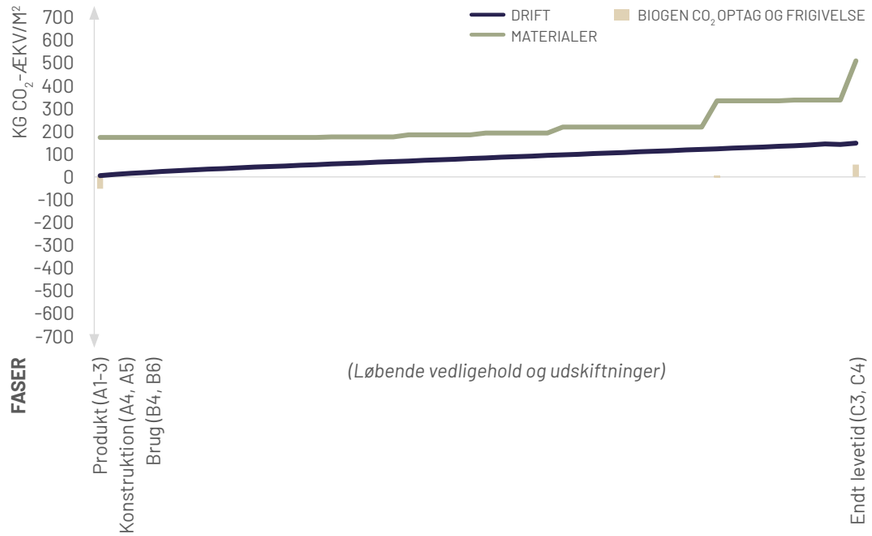
**Fugt i byggefase**
Der blev udarbejdet en plan for måling af fugtindholdet i bygningen samt sat krav til godkendelse af fugtindholdet i konstruktionstræet inden indpakning.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



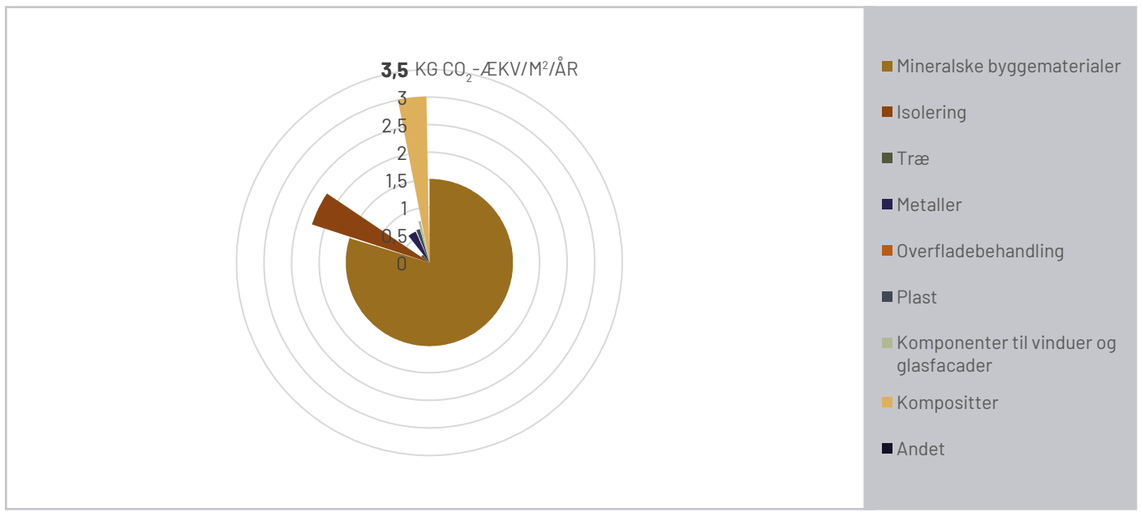

**Figur 107. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID




**Figur 109. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 108. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

## DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

| | |
|---|---|
| MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER** | Sedumtag<br>EPS isolering i terrændæk<br>Solcelleanlæg på tag<br>Beton i terrændæk og fundament<br>Tagmateriale af tagpap<br>Byggeriet er kun en etage, hvilket medfører et stort areal for klimaskæm, terrændæk og fundament |
| MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER** | |

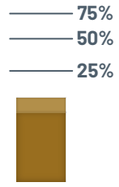
# SKOLEN FOR LIVET

**Foto** Sophia Lydolph / EcoCocon Danmark

**BESKRIVELSE**

Skolen for Livet blev bygget med et ønske og en vision om en bæredygtig skolebygning. Skolen er opført i præfabrikerede halmelementer som bærende elementer. Derudover har byggeriet også ventilationsvinduer, indervægge af pudsede lersten og sedumtag.

| | |
|---|---|
| **Beliggenhed** | Stege, Danmark |
| **Byggeår** | 2018 |
| **Antal enheder** | 1 |
| **Kategori** | Skole |
| **Arkitekt** | Ønskeøen |
| **Landskab** | - |
| **Ingeniør** | - |
| **Bygherre** | Skolen for Livet |
| **Entreprenør** | - |
| **Entrepriseform** | - |
| **Opvarmet areal** | 534 m² |
| **Energiklasse** | - |
| **Total energiforbrug** | - |
| **Energikilde** | - |
| **Datagrundlag for LCA** | Arkitektmodel |
| **Certificering** | - |
| **Projekthjemmeside** | - |




**Mat.:** 4,4
**Tek. inst.:** 0,9
**Drift:** -
angivet i kg $CO_2$-ækv/m²/år

**2 etager**

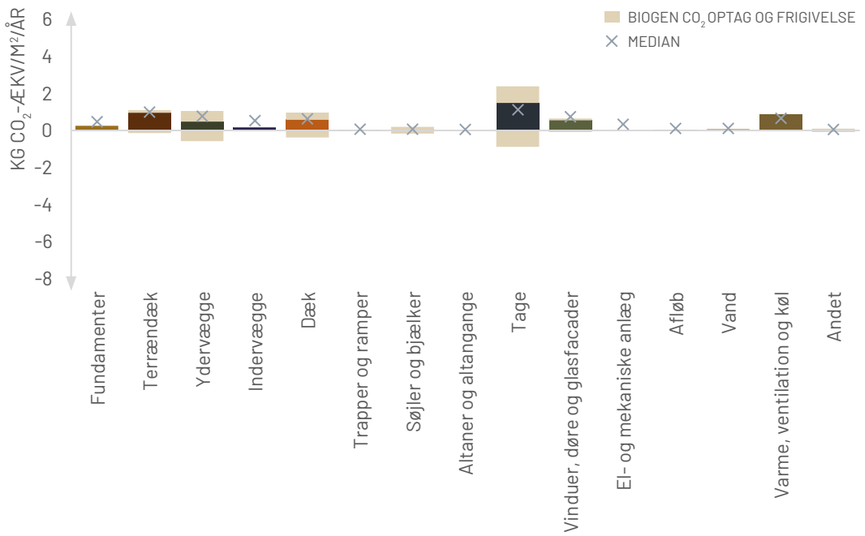
**Fladeelement**

**BRUG AF TRÆ: PARTERNES ERFARINGER**

Der blev ikke afholdt noget interview for denne bygning og derfor er der ikke indhentet nogle erfaringer.

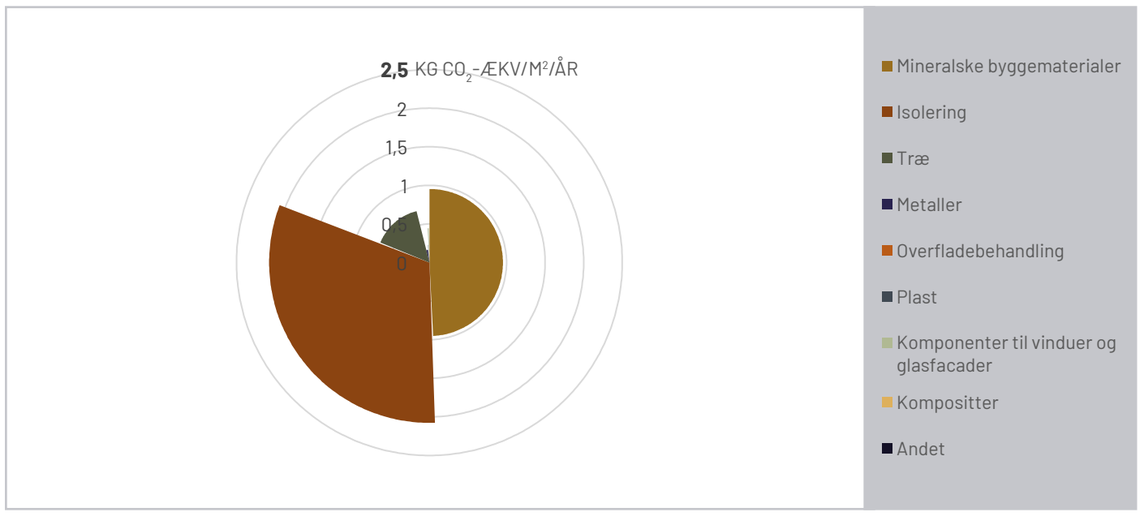
**Foto** Sophia Lydolph / EcoCocon Danmark

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE




**Figur 110. $CO_2$-regnskab over byggeriets bygningsdele**
Den vandrette akse viser bygningsdelsgrupperne, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg, afløb, vand, varme, ventilation og køl samt andet. Bemærk at tekniske installationer er baseret på generiske værdier. Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år. Lys brun indikerer indholdet af biogen $CO_2$ i bygningsdelen jf. -1/+1 metoden. Krydserne markerer medianværdien for bygningsdelen for alle bygningscases.

## KLIMAPÅVIRKNINGER OG MATERIALEFORDELING




**Figur 111. Materialefordeling og udledt $CO_2$**
Cirkeldiagrammet viser fordelingen af materialer målt i kg for materialegrupperne mineralske byggematerialer, isolering, træ, metaller, overfladebehandling, plast, komponenter til vinduer og glasfacader, kompositter og andet for byggeriet i procent. Ud af aksen ses udledning af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$/år fordelt over materialekategorierne. Bemærk at aksens skala varierer.

## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER TID

**Figur 112. $CO_2$-regnskab over byggeriets livscyklusfaser**
Den vandrette akse viser fordelingen af livcyklusfaser i byggeriet over 50 år. I år 0 forekommer udledninger fra produktions- og opførselsfasen (hhv. A1-A3 samt A4 og A5). Mellem år 1-49 forekommer udledninger fra brugsfasen (B4 og B6). I år 50 forekommer udledninger fra bortskaffelsesfasen (C3 og C4). Den lodrette akse viser udledningen af drivhusgasser angivet i kg $CO_2$-ækv./$m^2$ fordelt over materialer og drift. Det biogene $CO_2$ indhold er vist som søjler svarende til optag og frigivelse af biogen $CO_2$ i løbet af betragtningsperioden jf. -1/+1 metoden.

## DETALJER FOR BYGNINGENS KLIMAPÅVIRKNING

| | |
|---|---|
| MEDFØRER **HØJE PÅVIRKNINGER** | Træfiberisolering i taget<br>EPS isolering i terrændæk<br>3-lags ruder i klimaskærm |
| MEDFØRER **LAVE PÅVIRKNINGER** | Enkel arkitektur og simpel konstruktionsopbygning<br>Materialeforbrug under gennemsnit på 514,8 kg/$m^2$ (gennemsnit på 684,6 kg/$m^2$) |

**Andersen et al., 2021**
Andersen, C., Stranddorf, L. K., Wittchen, A., Rasmussen, F. N., & Birgisdóttir, H., Klimapåvirkninger fra 20 træbyggerier - LCA på 20 eksisterende træbygninger, 2021, BUILD 2021:27

**CEN, 2012**
CEN, DS/EN 15978 Bæredygtighed inden for byggeri og anlæg – Vurdering af bygningers miljømæssige kvalitet – Beregningsmetode, 2012

**CEN, 2013**
CEN, DS/EN 15804:2012+A1 Bæredygtighed inden for byggeri og anlæg - Miljøvaredeklarationer - Grundlæggende regler for produktkategorien byggevarer, 2013

**CEN, 2014**
CEN, DS/EN 16449 Træ og træbaserede produktioner - Beregning af det biogene carbonindhold i træ og omdannelsen til carbondioxid, 2014

**CEN, 2019**
CEN, DS/EN 15804:2012+A2:2019 Bæredygtighed inden for byggeri og anlæg - Miljøvaredeklarationer - Grundlæggende regler for produktkategorien byggevarer, 2019

**IPCC, 2022**
IPCC, Climate Change 2022: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. http://www.ipcc.ch.

**LCAbyg, 2023**
www.LCAbyg.dk

**MOE, 2022**
MOE, Oplæg til defaultværdier for installationer: etageboliger, kontorbyggerier, skole og daginstitutioner, 2022

**Rasmussen et al., 2020**
Rasmussen T., Rasmussen B., Andersen H., Birgisdottir H., Nielsen J., Jermiin L., Harrestrup M., Hansen T. & Cornelius T., Anvendelse af træ i byggeriet: Potentialer og barrierer, 2020, BUILD 2020:25

**Reduction Roadmap, 2023**
www.reductionroadmap.dk

**Teknologisk Institut & Sweco, 2022**
Teknologisk Institut & Sweco, Oplæg til defaultværdier for installationer: enfamiliehuse, rækkehuse, 2022

**Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen & COWI, 2020**
Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen & COWI, Opdaterede emissionsfaktorer for el og fjernvarme, 2020

**Videncenter om Bygningers Klimapåvirkning, 2022**
Videncenter om Bygningers Klimapåvirkninger, LCA ifølge klimakravene: Introduktion til LCA i henhold til klimakravene i bygningsreglementet

**Wittchen & Rasmussen, 2021**
Wittchen, A. & Rasmussen, T., Erfaringer fra 20 træbyggerier - Eksisterende træbyggerier, 2021, BUILD 2021:28

**Zimmermann et al., 2019**
Zimmermann, R.K., Kanafani, K., Rasmussen1, F.N., Birgisdóttir, H. Early Design Stage Building LCA using the LCAbyg tool: Comparing Cases for Early Stage and Detailed LCA Approaches, IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 323 012118, 2019