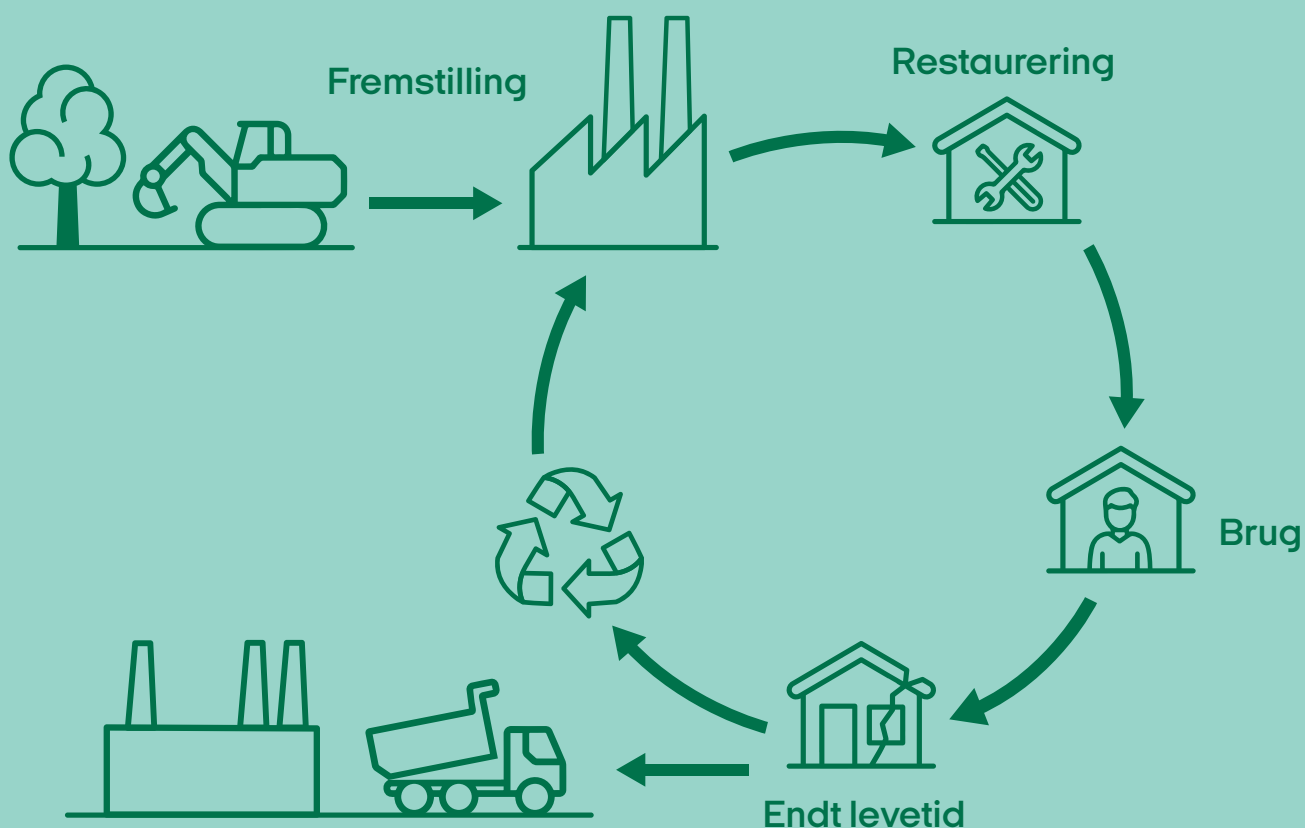


Livscyklusvurderinger for historiske ejendomme

– Realdania By & Bygs erfaringer med LCA på restaureringer og transformationer



Livscyklusvurderinger for historiske ejendomme

– Realdania By & Bygs erfaringer med LCA på restaureringer
og transformationer

Indhold

- 5 **Forord**
- 6 **INTERVIEW**
LCA flytter ind i værktøjskassen til restaureringer
- 12 **INTERVIEW**
Historiske bygninger krævede tilpasning af metode
- 18 **INTERVIEW**
LCA sætter streg under klimafordel ved restaurering
- 24 **TEMA 1**
Restaureringer
- 26 **Case 1**
Romerhuset:
Tilbageføring af Utzons gårdhavehus
- 30 **Case 2**
Statshusmandsbrug i Skovbølling:
Beskeden og smuk tidslomme
- 34 **Case 3**
PH's eget hus:
Superisolerende materiale muliggør bevaring
- 38 **Case 4**
Højgården på Sejerø:
Stråtag er smukt men ikke nødvendigvis det mest klimavenlige
- 42 **Case 5**
Edvard Heibergs eget hus:
Nordens første funkisvilla ført tilbage til udgangspunktet
- 46 **TEMA 2**
Transformationer
- 48 **Case 6**
Hindsgavl Slot:
Genbrugstegl gavner både klima og æstetik
- 52 **Case 7**
Højergård:
Historisk marskgård transformeret til madlejrskole
- 56 **Case 8**
Dyrehave Mølle:
Velbevaret kulturmiljø med nye funktioner





Forord

At restaurere en historisk bygning er en balancegang, hvor bevaringsværdier, æstetik, nutidig anvendelse, økonomi og klima- og miljøhensyn skal vejes op mod hinanden på et kvalificeret grundlag.

Realdania By & Byg iværksatte som led i selskabets handlingsplan for samfundsansvar for 2019-2021 en række initiativer, hvoraf flere har haft til formål at afsøge veje til at nedbringe CO₂-aftrykket i arbejdet med selskabets portefølje af historiske ejendomme.

Det er erfaringerne fra arbejdet med gennemførelse af retrospektive livscyklusanalyser på restaurering og transformation, som er emnet for denne publikation. I det byggebranchen og forskningen hidtil primært har været rettet mod nybyggeri, blev dette arbejde indledt med et tæt samarbejde med BUILD Aalborg Universitet om udvikling af en metode, som dels var velegnet til en portefølje af historiske ejendomme og dels kunne inspirere andre ejere, der deler ambitionen om at bidrage til reduktion af CO₂-udledninger.

For Realdania By & Byg er missionen og det primære formål fortsat at sikre bevaringsværdierne i ejendommene - og fremadrettet med et så lille CO₂-aftryk som muligt.

Realdania By & Byg har i de sidste knap tyve år erhvervet og restaureret eller transformeret ca. 60 historiske ejendomme - og har senest gennemført livscyklusvurderinger - LCA - af hovedparten af disse projekter på grundlag af data fra egne arkiver og fra miljøvaredeklarationer.

Denne publikation sætter fokus på, hvordan LCA er brugt til at analysere klimaftrykket ved Realdania By & Bygs restaureringer og transformationer, og hvordan læring fra arbejdet kan indgå i nye projekter.

Derudover præsenteres otte historiske ejendomme og deres bevaringsværdier, hvordan de er restaureret med sigte for en nutidig brug og i nogle tilfælde transformeret til helt nye funktioner. Med afsæt i de konkrete livscyklusvurderinger sættes fokus på nogle af de bygherreovervejelser, som data om CO₂-aftrykket kan give anledning til.

En overordnet konklusion er, at det er mere klimavenligt at restaurere eller transformere en ældre bygning frem for at bygge et helt nyt hus - og med en mere og mere CO₂-neutral energiforsyning vil det også være svært for et energirigtigt nybyggeri at indhente denne forskel i den løbende opvarmning.

Men selvom restaurering som udgangspunkt er klimavenligt, er det værd at bruge LCA til at kaste et kritisk blik på de enkelte restaureringsvalg.

Realdania By & Byg
Juni 2022



“Hvis du kan levetidsforlænge en bygningsdel alene med godt håndværk, betyder det meget i den store klimasammenhæng”

LCA flytter ind i værktøjskassen til restaureringer

INTERVIEW

med udviklingschef Anne Mette Rahbæk, Realdania By & Byg

Arbejdet med livscyklusvurderinger af historiske ejendomme betyder bl.a., at Realdania By & Byg fremadrettet vil stille krav til entreprenører og rådgivere. Samtidig bliver LCA en fast del af selskabets restaureringspraksis.

Livscyklusvurderinger er nu blevet et fast element i værktøjskassen hos Realdania By & Byg, når bygninger i porteføljen skal restaureres. Beslutningen følger i kølvandet på livscyklusvurderinger (LCA) af op mod 50 historiske ejendomme, som klart dokumenterer klimagevinsten ved at restaurere bygninger i stedet for at rive ned og bygge nyt.

Arbejdet med livscyklusvurderingerne af de eksisterende ejendomme har samlet set været med til at belyse et område, der tidligere rent datamæssigt har været dunkelt.

"Baggrunden for at gå i gang med livscyklusanalyser af vores historiske ejendomme var, at debatten om brugen af LCA og andre analysemetoder, der i dag indgår i de fleste certificeringsordninger, har været meget fokuseret på nybyggerier," siger Anne Mette Rahbæk, udviklingschef i Realdania By & Byg.

"Vil man som bygningsejer agere klimavenligt i forhold til den eksisterende boligmasse, har der hidtil ikke fandtes ret mange data om, hvad der bedst kan betale sig at gøre ud fra en be-

tragtning om CO₂-aftryk. Da vores portefølje af historiske ejendomme er så bredt sammensat af byggerier fra forskellige tidsaldre og materialesammensætninger, synes vi, det var spændende og relevant at skaffe nogle data om CO₂-aftrykket for forskellige typer restaureringer og transformationer," forklarer udviklingschefen.

Analysen afslører CO₂-tunge tiltag

Ejendommene i Realdania By & Bygs portefølje har alle gennemgået restaureringer og i nogle tilfælde egentlige transformationer, og de omfatter bl.a. Poul Henningsens eget hus, Hindsgravl Slot, Odense Adelige Jomfrukloster og Arne Jacobsens sommerhus. Restaureringer og transformationer har fundet sted i årene fra Realdania By & Bygs begyndelse i 2003 og fremefter. Ved en transformation ændres brugen af bygningen, mens en restaurering bevarer den oprindelige funktion. I begge tilfælde bringes bygningen i god vedligeholdsmæssig stand.

Livscyklusvurderingerne er blevet gennemført efter et forløb med et stort fokus på at drage læringer på tværs af organisationen, som er blevet understøttet af interne workshops. Her har medarbejderne kunnet dele viden og erfaringer undervejs i livscyklusvurderingerne og drøfte de enkelte bygningers CO₂-aftryk. Arbejdet med livscyklusvurderingerne ligger i forlængelse af Realdania By & Bygs strategi



om bæredygtighed og handlingsplan for samfundsansvar, og det kommer til at påvirke Realdania By & Bygs fremtidige restaureringer og transformationer på flere måder.

"Nu kan vi allerede i vores indledende analyser se, hvilke bygningsdele der er særligt CO₂-tunge. Det er typisk dæk og tag, der virkelig boner ud. Det betyder, at hvis man f.eks. står med en transformation af en bygning og overvejer at bryde betondækket op, så ved vi fra de retrospektive analyser, at det er meget CO₂-tungt, og at det derfor klimamæssigt kan betale sig at lade det eksisterende betondæk ligge," siger Anne Mette Rahbæk.

Nye forventninger til byggebranchen

En anden erkendelse under arbejdet med livscyklusvurderingerne er føringen af rør og ledninger, som bør tages nøje med i overvejelserne fremadrettet. Det spiller ind i et større perspektiv, hvor et byggematerialers CO₂-aftryk altid bør vurderes op imod dets levetid set i forhold til LCA'ens 50-årige betragtningsperiode.

"Hvis levetiden af rørføringer er lavere end det dæk, de støbes ind i, er det så en god løsning? Det samme gælder for ledningsføringer. Det er noget af det, vi kommer til at tale meget mere om fremadrettet," siger Anne Mette Rahbæk. Udviklingschefen påpeger, at byggebran-

chen som mange andre brancher er inde i en omstillingsperiode drevet fremad af det globale fokus på klimaforandringer.

Men allerede nu er det bygget ind i Realdania By & Bygs restaureringspraksis, at rådgivere og entreprenører skal fremlægge dokumentation for klimaafttrykket af de benyttede byggematerialer samt for mængderne, der bruges under byggeriet.

"Vi forventer, at byggebranchen og anlægs-entreprenørerne i løbet af relativt kort tid vil komme med i forhold til at kunne håndtere og levere de oplysninger i takt med, at miljøvare-

deklarationerne på byggematerialer [EPD] bliver mere udbredte fra materialeproducenterne. Vi ser allerede nu, at entreprenørerne er blevet meget tydelige på at angive materialemængder, når de afgiver tilbud," siger Anne Mette Rahbæk.

Spild og sjusk koster penge og CO₂

Den klare angivelse af mængden af materialer fra entreprenørerne er i sig selv med til at mindske spild ude på byggepladserne - både når materialer som f.eks. gipsplader bliver til overs, men også spild ved byggesjusk, hvilket er endnu et punkt, der har overrasket undervejs i livscyklusvurderingerne.



"CO₂-beregningerne gør det pludselig meget tydeligt, hvor dyrt byggesjusk er CO₂-mæssigt. En ting er, at det koster penge, men du får også en form for dobbelt bundlinje, som belaster CO₂-regnskabet rigtig meget. Det understreger betydningen af det gode håndværk, og det gælder også ved vedligehold. Hvis du kan levetidsforlænge en bygningsdel med fem år alene med godt håndværk, betyder det meget i den store klimasammenhæng," siger Anne Mette Rahbæk.

I det hele taget fylder byggeriet godt i CO₂-regnskabet på verdensplan, hvor 39% af klimapåvirkningen stammer fra byggeriet ifølge World Green Building Council. Det gælder også i Danmark, hvor 10% af CO₂-udledningen stammer fra bygge- og anlægsprocessen, og 20% kommer fra energiforbruget i bygninger. Data om det løbende vedligehold af ejendom-

ene vil inden længe indgå i Realdania By & Bygs LCA-beregninger sammen med CO₂-udledningen fra det løbende varmeforbrug, som i alle ejendomme og med tiden skal lede til et mere komplet billede af bygningernes CO₂-udledning.

Derfor vil Realdania By & Byg fremadrettet også fokusere på drift og energiledelse.

"Det er godt at fokusere på det indlejrede CO₂-aftryk, men samtidig vigtigt også at være opmærksom på energieffektivisering i bygningen. Her har vi opsamlet erfaringer på tværs af vores portefølje, og vi kommer fremadrettet til at følge mere op på, hvilke løsninger der virker, og om de gør det over det hele. Med energirapporterne i hånden kan vi handle på det, hvis en bygning ligger over det forventede energiforbrug," siger Anne Mette Rahbæk.

Erfaringerne med LCA på de mange historiske ejendomme bruges fremadrettet i nuværende og kommende restaureringer, for eksempel af arkitekten Poul Erik Thyrrings eget hus ved Herning [foregående sider], Gelsted Station [t.v.] og Ejner Ørnsholts eget hus i Naskov [herunder].





“Der var en ressourcebevidsthed i de gamle byggerier, som vi kan tage med os videre”

Historiske bygninger krævede tilpasning af metode

INTERVIEW

med post.doc. Freja Nygaard Rasmussen, BUILD Aalborg Universitet

En tilpasset tilgang til livscyklusvurderinger med få velovervejede justeringer af den videnskabelige LCA-metode blev nøglen til at udregne CO₂-aftrykket fra restaureringer og transformationer af de historiske ejendomme i Realdania By & Bygs portefølje.

Hvordan adskiller en livscyklusvurdering for restaurering af en ejendom sig fra én for et nybyggeri? Hvilke fravalg og særlige forbehold skal der tages, når man forsøger at beregne CO₂-aftrykket for en restaurering eller en ombygning af eksisterende bygninger sammenlignet med at bygge med helt nye mursten fra bunden af?

For post.doc. Freja Nygaard Rasmussen, BUILD Aalborg Universitet, var det nogle af spørgsmålene, der skulle besvares for at kunne fastlægge metoden og modellen, der ligger bag livscyklusvurderingerne (LCA) for de historiske ejendomme i Realdania By & Bygs portefølje.

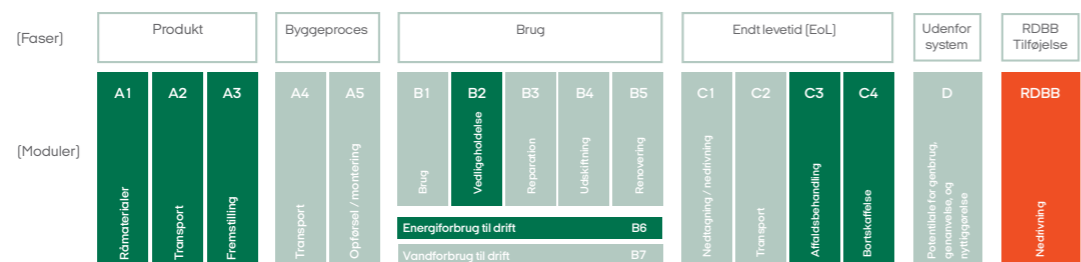
“En restaureringscase er et særligt tilfælde, fordi man er bundet af nogle overordnede arkitektoniske greb, der ikke bare kan ændres ved. Derfor er en del af arbejdet gået med at kortlægge alle de forskellige restaureringstiltag, der er blevet benyttet efter købet af ejendommene, og hvilken betydning de har sammenlignet med de typiske klimapåvirkninger fra et nybyggeri,” siger Freja Nygaard Rasmussen.

De omkring 60 ejendomme repræsenterer et historisk spænd på omkring 500 år med dertil hørende forskelle i byggeskik og arkitektur. Mange af ejendommene er fredede. Freja Nygaard Rasmussens arbejde blev gennemført i 2019-20, hvor hun tog udgangspunkt i fire konkrete cases fra porteføljen af historiske ejendomme. Arbejdet udgør grundlaget for de livscyklusvurderinger, som Realdania By & Byg efterfølgende har udført for hovedparten af ejendommene. LCA'erne har bekræftet, at der i stort omfang kan restaureres og ombygges på eksisterende byggerier, før CO₂-aftrykket når op på samme niveau som et nybyggeri.

I Realdania By & Bygs arbejde med at udføre livscyklusvurderingerne er hver enkelt ejendom blevet grundigt kortlagt ud fra mængde og type af de materialer, der er blevet benyttet under restaurering eller transformation af ejendommen. Herefter er CO₂-aftrykket blevet beregnet med programmet LCAByg, som indeholder miljøvaredeklarationer for en lang række forskellige byggematerialer.

Tilpasning af LCA

LCAByg er udviklet af Institut for Byggeri, By og Miljø ved Aalborg Universitet, og programmet medregner alle faser i en bygnings livscyklus. Det gælder bl.a. udvinding, transport og produktion af byggematerialer og videre



Figur 1: Realdania By & Bygs LCA-model rummer de mørkegrønne og det røde modul – her vist på basis af den generelle LCA-model. B2 "Vedligeholdelse" er valgt i stedet for B4 "Udskiftning", som anvendes ved nybyggeri, og det røde modul "Nedrivning" [af gamle materialer] er Realdania By & Bygs egen tilføjelse til modellen. Modulerne under fasen "Brug" har ikke fra starten indgået i livscyklusvurderingerne, da de kræver indsamling af data på årsbasis, men de vil løbende blive indarbejdet.

over selve byggeriet af ejendommen og frem til brugsfasen, bortskaffelse og evt. genbrug eller genanvendelse af materialer. Generelt er der skelet til LCA-metoden fra certificeringssystemet DGNB [Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen], som er hyppigt benyttet i den danske byggebranche. Metoden har mange ligheder med den, der optræder i Bygningsreglementets klimakrav, som gælder fra 2023.

Dette valg er truffet ud fra en overvejelse om, at Realdania By & Byg ejer bygningen fremadrettet og derfor kan monitorere, hvad der sker med den. Selskabet står selv for at kalke facader og andet vedligehold og kan derfor regne med, at det rent faktisk bliver udført. Når bygningerne vedligeholdes korrekt, kan de holde meget længere - derfor udskiftningen mellem de to moduler.

Nicheprodukter gav udfordringer

Hensynet til den oprindelige arkitektur og byggestil i de historiske ejendomme har betydet, at mange af de restaureringsmæssige indgreb med fokus på energieffektivitet i ejendommene er blevet rettet mod mindre synlige elementer som loftsrum eller dæk mod kældere. Der er også blevet foretaget afvejninger af, i hvilke tilfælde det bedst har kunnet svare sig at udskifte et vindue eller i stedet bevare det gamle vindue af kernetræ og sætte et nyt forsatsvindue på.

Da flere af ejendommenes restaureringsindgreb er unikke, har en del af øvelsen gået ud på at acceptere, at der ikke altid kan indhentes nøjagtige branchedata for CO₂-aftrykket af dem alle.

"Der findes tal for mange gængse industrielle produkter som mineraluld, beton, mursten osv., men mange af nicheprodukterne er det svært at finde data for på komponentniveau. Det gælder f.eks. nøje udarbejdede kopier af vinduer til meget gamle bygninger, som jo ikke er noget, der bliver fremstillet i stort antal," siger Freja Nygaard Rasmussen.

“Det stod hurtigt klart, at restaureringer og vedligehold er mere omkostningstungt målt i håndværkertimer, end det er målt på klimabelastningen”

"Vi kan se, at DGNB's metode er den, der rent faktisk bliver brugt ude i byggebranchen. Den er et godt kompromis mellem, hvad der praktisk kan lade sig gøre under en livscyklusvurdering, og så den mere omfattende udgave af en LCA, der følger standarderne til punkt og prikke," siger Freja Nygaard Rasmussen.

Der er sket flere justeringer af indholdet i enkelte af modulerne i de faser, der normalt hører med til en LCA som standard. Dette for, at de dels passer til livscyklusvurderinger af restaureringer og transformationer - i stedet for nybyggerier - og samtidig afspejler det faktum, at Realdania By & Byg ejer, vedligeholder og drifter ejendommene i fremtiden. For eksempel er der foretaget en justering i brugsfasen, hvor modulet B4 "Udskiftning" er erstattet af B2 "Vedligeholdelse".



Freja Nygaard Rasmussen lavede de første fire livscyklusvurderinger for Realdania By & Byg af bl.a. Bakkekammen 40, Holbæk [øverst] og Det Harboeske Enkefrukloster i København [nederst].

Blandt de indledende LCA'er, som BUILD stod for, var Det Harboeske Enkefrukloster, Erik Christian Sørensens eget hus i Gentofte og Meldahls Rådhus i Fredericia.

Nedrivning gav ekstra CO₂-regning

I LCA-modellens fase "Udenfor system" finder man modulet omhandlende potentialet for genbrug af bygningsdele efter endt levetid, som gerne må beregnes og angives, men som ikke kan medtages i den endelige livscyklusvurdering. Det skyldes risikoen for, at potentialerne tæller dobbelt, hvis også en fremtidig bygherre medregner gevinsten ved genbruget, samt at en potentiel CO₂-besparelse i sagens natur ikke er noget, man kan være sikker på at opnå i praksis. Et andet modul, der rapporteres separat, er nedrivningen af ældre bygningsdele under de restaureringer eller transformeringer, der er udført på ejendommene. Modulet er en tilføjelse foretaget af Realdania By & Byg for at tilpasse livscyklusvurderingerne de historiske ejendomme. De konkrete tilpasninger i forhold til en standard-LCA fremgår af figur 1 (side 14).

Nedrivningen af alle de materialer, der fjernes som følge en restaurering, får en dobbeltrolle i CO₂-regnskabet.

For eksempel vil træ, der bortskaffes og forbrændes under en restaurering, udlede CO₂ til atmosfæren, som den nuværende bygherre står med ansvaret for.

"I virkeligheden burde CO₂-udledningen forbundet med bortskaffelsen tilhøre den tidligere bygherre, men det ender som et lidt sjovt spørgsmål om ansvarsfordelingen. Man kan godt overveje, om det nu er rimeligt, at den nuværende bygherre skal bøde for både CO₂-udledningen af det, der bortskaffes fra ejendommen, og for den fremtidige bortskaffelse af det nye, der sættes ind i den. Men på den anden

side er det jo en reel beslutning, som bygherren i dag træffer nu og her og derfor må tage ansvar for," siger Freja Nygaard Rasmussen.

Oprindelig byggeproces udelades

I Realdania By & Bygs livscyklusvurderinger er CO₂-aftrykket for denne "dobbelt nedrivning" da også taget med og er blot med til at understrege, at restaurering og transformation selv med den ekstra omkostning i CO₂-regnskabet samlet kan være bedre for klimabetendelsen end nybyggeri. Livscyklusvurderingerne viser dog også, at klimafordelen i høj grad afhænger af, hvordan ejendommen varmes op.

For at kunne lave livscyklusvurderinger af de historiske ejendomme er selve opførelsen af ejendommene udeladt fra modellen, da det er omstændeligt at fremskaffe gyldige data om byggeprocessen, der i nogle tilfælde ligger flere hundrede år tilbage i tiden. Det er en bevidst beslutning fremfor at forsøge at indsætte estimater for den oprindelige bygherres udledning under opførelsen af byggeriet.

"Man kan godt hævde, at man kunne tage nogle antagelser om CO₂-udledningen fra opførelsen med for at få det fulde billede af en bygnings CO₂-aftryk. Men hvordan kan information om udledninger fra for hundredvis af år siden hjælpe på vores beslutninger i dag? Derfor har vi valgt at fokusere på de indgreb, der sker ved selve restaureringen, for at kunne lære af det til andre lignende projekter," siger Freja Nygaard Rasmussen.

Energiledelse ind i planerne

Selvom arbejdet begyndte med kortlægningen



af CO₂-aftrykket fra de forskellige restaureringsindgreb, har fokus med tiden flyttet sig til også at handle om ejendommens energiforbrug.

"Det stod hurtigt klart, at restaureringer og vedligehold er mere omkostningstungt målt i håndværkertimer, end det er målt på klimabelastningen. Energiforbruget betyder til gengæld en hel del for CO₂-aftrykket i de her bygninger. Realdania By & Byg fik et klart vink med en vognstang om, at man bør fokusere på energiledelse som en del af vedligeholdelsesplanerne fremover og monitorere det for f.eks. at finde ud af, hvor man kan sætte ind for at sænke CO₂-aftrykket fra varmforsyningen uden at give køb på komfort eller arkitektoniske greb," siger Freja Nygaard Rasmussen.

Gennemgangen af ejendommene har givet forskeren et indblik i tidligere tiders byggeskik, som på nogle måder kan inspirere nutidens bygherrer.

"I dag er det arbejdskraften, og ikke materialerne, der er dyre. Før i tiden var det omvendt, og det kan ses i de forskellige typer bygningsdesign, der er udtænkt for at beskytte sårbare dele af bygningen, så den holdt i mange år, hvis man sørgede for at vedligeholde den godt. Det udgør en stor forskel til i dag, hvor der er stort fokus på minimalt vedligehold af boligerne, og hvor de som udgangspunkt ikke er designet til, at materialer og elementer kan genbruges direkte i et næste byggeri. Der var en ressourcebevidsthed i de gamle byggerier, som vi kan tage med os videre."



“En ny mursten udleder cirka 56 gange så meget CO₂, som det koster at rense en gammel mursten og genbruge den”

LCA sætter streg under klimafordel ved restaurering

INTERVIEW

med projektleder Troels Frey Andersen, Realdania By & Byg

Livscyklusvurderinger af restaureringer og transformationer af Realdania By & Bygs historiske ejendomme har krævet et solidt detektivarbejde i form af interviews og dyk i arkivet. Resultaterne bekræfter det klimakloge i at bevare så meget som muligt i stedet for at bygge nyt.

Så mange mursten i den gamle slotsbygning her. Så meget maling i den arkitekttegnede villa dér.

En granskning af arkiverne blev den første tidskrævende opgave for projektleder i Realdania By & Byg Troels Frey Andersen, da han begyndte arbejdet med livscyklusvurderinger [LCA] af cirka 60 historiske ejendomme i Realdania By & Bygs portefølje.

Formålet var at kortlægge den CO₂-udledning, som er en konsekvens af hver enkelt restaurering eller transformation. Arbejdet med livscyklusvurderingerne begyndte i september 2020 – i første omgang med fokus på selve istandsættelsen og siden også på vedligehold og løbende opvarmning af ejendommene.

“Jeg stod med en liste på omkring 60 bygninger, hvoraf hovedparten var restaureret - nogle af dem for over 15 år siden. Derfor var første skridt at kigge vores arkiver igennem for tilbudslistes, arbejdsbeskrivelser og tegninger for at finde frem til mængden af materialer

brugt i en bygningsdel, eksempelvis en kubikmeter isolering og kvadratmeter tagpap i taget. På den måde har jeg dannet et overblik over alle tilførte materialer i bygningen. Det er den del af livscyklusvurderingen, der er gået mest tid med,” siger Troels Frey Andersen.

LCA for byggerier indeholder normalt fem faser: udvinding af råstoffer og fremstilling af byggematerialer, byggefasen, brugen af byggeriet, endt levetid og til sidst en fase, der betragter faktorer udenfor system. I Realdania By & Bygs LCA-model er der sket et par justeringer af indholdet i enkelte af modulerne i faserne, så de både passer til livscyklusvurderinger af restaureringer og transformationer - i stedet for nybyggerier - og samtidig afspejler det faktum, at Realdania By & Byg ejer, vedligeholder og drifter ejendommene i fremtiden. Men bortset fra justeringerne er Troels Frey Andersen gået til værks efter samme fremgangsmåde som ved en standard-LCA.

CO₂-aftrykket for et byggemateriale som eksempelvis en mursten finder man i de såkaldte EPD'er (Environmental Product Declaration), også kaldet miljøvaredeklarationer. Opgaven med at finde retvisende EPD'er blev endnu en del af det tidskrævende, indledende detektivarbejde. EPD'er findes i varierende detaljegrader, der kan give usikkerheder i livscyklusvurderingerne, hvilket vi skal komme tilbage til.

Usikre mængder og materialer

Når man har miljøvaredeklarationen for et konkret byggemateriale, f.eks. isolering, og kender mængden brugt under restaureringen eller transformationen, er det i princippet enkelt at finde det samlede CO₂-aftryk for materialet. Men op mod 50 ejendomme er blevet restaureret og transformeret fra 2003 og frem, og Troels Frey Andersen har i praksis måttet gå kritisk til oplysningerne fra arkivet for at tage højde for usikkerheder.

”Der kan være udført ændringer, som ikke er dokumenteret i processen, f.eks. brug af en anden type isolering. Jeg har måttet interviewe alle projektlederne på de enkelte restaureringer for at finde ud af, hvornår der er gjort noget andet end det registrerede. Derfor kan der være usikkerheder om materialer og mængder på enkelte ejendomme, som dog samlet set gerne skulle udligne sig på tværs af hele porteføljen,” siger Troels Frey Andersen.

En anden usikkerhed finder man som nævnt i forbindelse med EPD’erne, der findes i produktspecifikke, branchespecifikke og generiske udgaver. De produktspecifikke EPD’er indeholder de meste retvisende oplysninger om et materiales eller produkts CO₂-aftryk og udarbejdes af producenten bag det enkelte produkt, f.eks. tegl.

De branchespecifikke EPD’er er mindre nøjagtige men repræsenterer stadig et relativt nøjagtigt CO₂-aftryk, som en del af byggebranchen er blevet enige om i fællesskab ud fra et gennemsnit. Til sidst finder man de generiske miljøvaredeklarationer, som er de

mindst nøjagtige, men nogle gange også de eneste tilgængelige for et produkt eller en materialetype.

Miljøvaredeklarationer på vej frem

Når Troels Frey Andersen ikke har kunnet opstøve danske produkt- eller branchespecifikke EPD’er, har han tyet til den tyske database Ökobaudat, der indeholder generiske miljøvaredeklarationer baseret på data fra Tyskland. Denne type ender af og til med at blive det bedst muligt alternativ.

”Det koster jo nogle penge for producenterne at fremstille EPD’erne, og derfor er det ofte kun de store spillere på markedet, der har dem for deres produkter. Men der er sket meget, bare siden jeg begyndte på livscyklusvurderingerne, og flere og flere spillere kommer hele tiden til. På den måde er byggesektoren langt fremme i skoene, fordi det er en af de få brancher med CO₂-mærker på produkterne,” siger Troels Frey Andersen.

Livscyklusvurderingerne er udført med programmet LCAByg, som giver mulighed for at opstille og beregne forskellige scenarier - f.eks. CO₂-aftrykket ved brug af genbrugsmursten sammenlignet med helt nye mursten. Beregningerne er gennemført udelukkende med fokus på det globale opvarmningspotentiale angivet i CO₂-ækvivalenter. Miljøpåvirkninger som nedbrydning af ozonlaget er altså ikke taget med.

Klimavenlige genbrugstegl er dyre

Livscyklusvurderingerne anskuer CO₂-regnskabet for et byggeri over en periode på 50 år. Det kan umiddelbart undre i begyndelsen, fortæller Troels Frey Andersen.

”Det kan virke lidt misvisende, for vi er alle klar over, at bygninger som regel ikke bliver revet ned efter 50 år men i nogle tilfælde kan holde i flere hundrede år. Men man skal jo lægge snittet et sted, og ved at fastsætte en betragtningsperiode på 50 år signalerer man, at det handler om at få folk til at reducere CO₂-niveauet nu og her,” siger Troels Frey Andersen.

“Det er ikke i sig selv overraskende. Men det nye er, at der nu bliver sat tal på det, så vi kan se forskellen. Det bekræfter os i, at det er sund fornuft at bevare så meget som muligt i et byggeri.”

En af de konkrete erfaringer fra livscyklusvurderingerne er, at selvom der rent klimamæssigt er store gevinster ved at bruge genbrugstegl frem for nye tegl, kan det være vanskeligt at retfærdiggøre for pengepungen.

”En ny mursten udleder cirka 56 gange så meget CO₂, som det koster at rense en gammel mursten og genbruge den. Så hvorfor gør

man ikke det noget mere? Dels er det meget dyrere end at købe nye mursten, og dels kræver det, at man har benyttet kalkmørtel i stedet for cementmørtel, fordi sidstnævnte ikke kan renses af uden at ødelægge stenen. Men hvis det er muligt, er der virkelig noget at hente i CO₂-regnskabet,” siger Troels Frey Andersen.

Stor klimastraf ved nybyggeri

I alt taler livscyklusvurderingerne deres tydelige sprog, når det kommer til sammenligningen mellem restaureringer og transformationer.

”Transformationerne udleder generelt mere CO₂ end restaureringerne, fordi der skal laves mere arbejde. Det gælder f.eks. de gamle stalde på Hindsgavl Slot, som er blevet restaureret og omdannet til hotelfløj. Det boner meget ud CO₂-mæssigt, fordi vi har ændret brugen af staldene så radikalt,” siger Troels Frey Andersen.

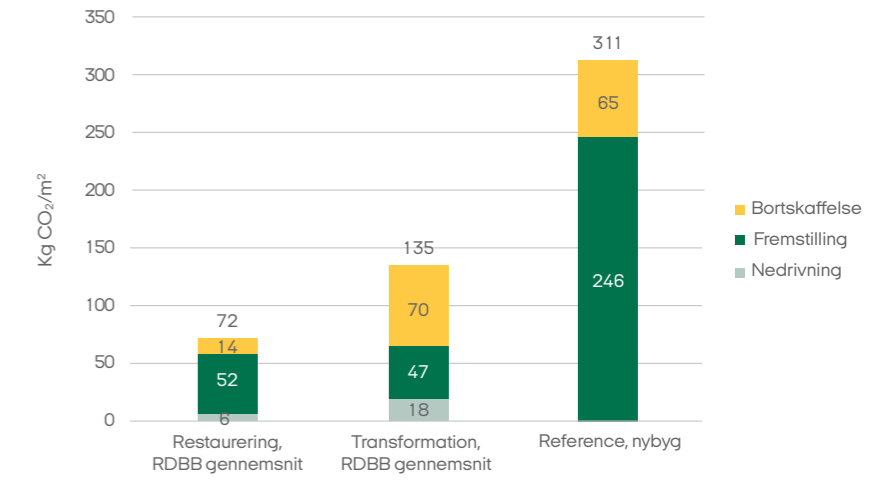
Det samlede resultat viser et markant skel mellem restaureringer, transformationer og nybyggeri. Mens en transformation i gennemsnit udleder knap dobbelt så meget CO₂ per kvadratmeter som en restaurering, er CO₂-aftrykket i gennemsnit cirka fire gange højere ved et nybyggeri.

”Det er ikke i sig selv overraskende. Men det nye er, at der nu bliver sat tal på det, så vi kan se forskellen. Det bekræfter os i, at det er sund fornuft at bevare så meget som muligt i et byggeri,” siger Troels Frey Andersen.

Genbrugsmursten i hotelfløjen "Kostalden", der er transformeret fra sin tidligere landbrugsfunktion på Hindsgavl Slot.



Diagrammet viser den gennemsnitlige CO₂-udledning fra materialer i henholdsvis restaurering, transformation og nybyggeri.



Miljøvaredeklarationer [EPD]

EPD [Environmental Product Declaration] er en slags LCA for et enkelt byggemateriale, der f.eks. kan omfatte CO₂-udledningen forbundet med produktion og transport af materialet. Gyldige EPD'er er verificeret iht. de internationale standarder EN15804 og ISO14025. Læs mere på www.epddanmark.dk.

Restaureringer

At restaurere en bevaringsværdig bygning og samtidig gøre den egnet som ramme om en nutidig anvendelse er en balancegang, hvor miljø og klima bør indgå i en samlet afvejning, der også omfatter hensyn som bevaring, æstetik, samspil med omgivelserne, funktion, komfort og økonomi. Her kan livscyklusvurderinger skærpe blikket på klimadimensionen ved at klargøre den samlede CO₂-udledning, der er forbundet med restaureringen, med de enkelte valg og med alternativerne.

På de følgende sider præsenteres nogle af Realdania By & Bygs historiske ejendomme og restaureringen af dem – og nogle af de erfaringer og overvejelser, som de senere gennemførte livscyklusanalyser giver anledning til.





CASE 1

Romerhuset: Tilbageføring af Utzons gårdhavehus

Restaurering af Jørn Utzons Romerhus handlede blandt andet om at genskabe oplevelsen af et sammenhængende rumforløb med ensartet gulvbelægning. I den anledning blev der også nedlagt ny isolering, og det giver anledning til overvejelser om isoleringsmaterialets klimabelastning – både i materialet selv og i dets påvirkning af varmekonsumet på sigt.

Romerhuset på Baggesensvej i Helsingør indgår i en bebyggelse af 60 gårdhavehuse, tegnet af den verdenskendte danske arkitekt Jørn Utzon og opført i årene 1957-1961. Husene blev i folkemunde døbt Romerhusene, da deres udformning kan minde om det gamle Roms atriumhuse, og de er et eksempel på et eksperimenterende byggeri, der har givet inspiration til mange af de boliger, der blev bygget til den danske familie i 60'erne og 70'erne.

Med Romerhusene skabte Utzon et nordisk gårdhavehus, der brød med den sædvanlige forestilling om familieboligen som et fritliggende hus på egen grund. Husene er anlagt i et sammenhængende forløb men forskudt i forhold til hinanden, så et Romerhus opleves mere som et fritliggende hus end et rækkehus.

Det var med ønsket om at sikre og bevare huset som et betydende eksempel på den særlige byggestil, der kendetegnede efterkrigsårene i Danmark, at Realdania By & Byg købte huset i 2011 for at restaurere det på en måde, der bevarer husets originale kvaliteter for eftertiden.

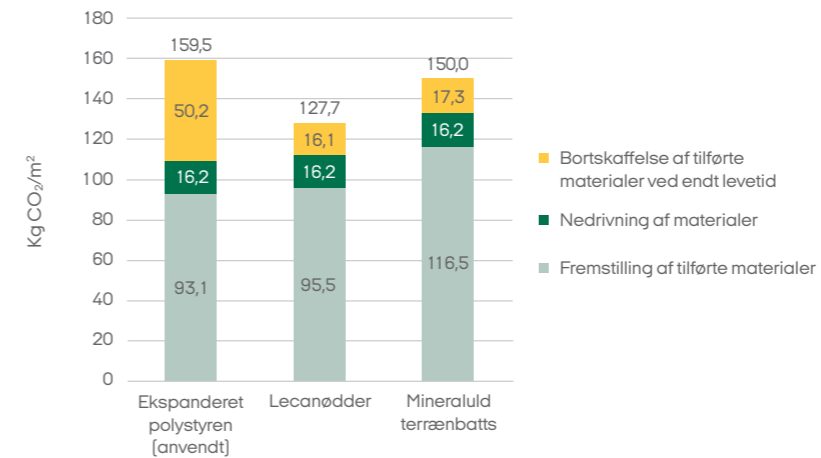
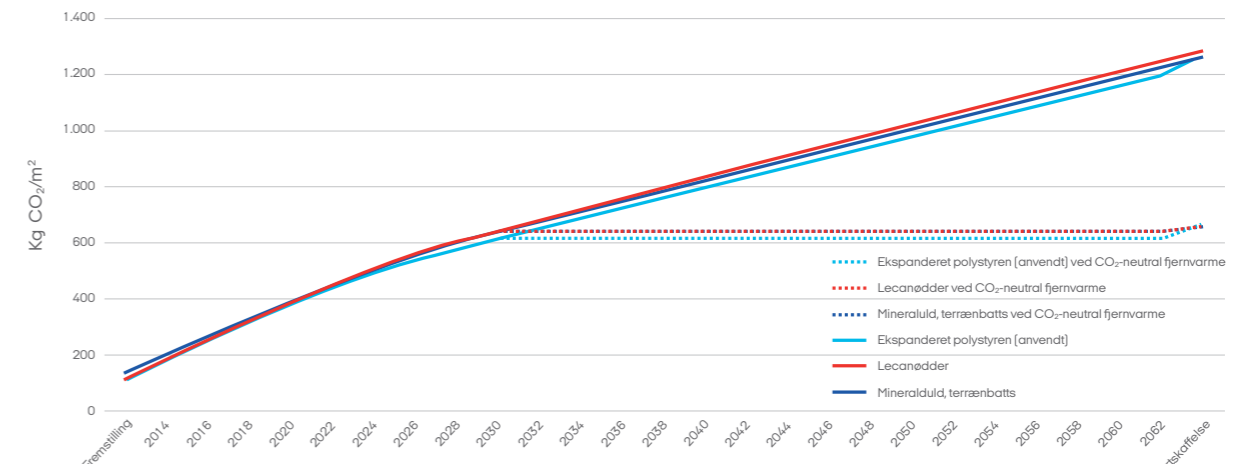
Sammenhængende gulvflader

Restaureringen handlede især om at genskabe Romerhusets oprindelige rumligheder på grund af en række forstyrrelser, der havde svækket oplevelsen af huset. Ikke mindst var ankomsten og dermed førstehåndsindtrykket forstyrret af husets gulv, der fremstod som en spættet mosaik i forskellige materialer som linoleum, vinyl, kork, stavparket, betongulv og gulbrune fliser.

De enkelte restaureringstiltag har derfor især været rettet mod at forenkle de indre fladers udtryk, og i detaljeringen er der tilstræbt ekstremt enkle og gentagne løsninger. For at føre Romerhuset tilbage til de tanker, Utzon udformede huset efter, blev de meget forskelligartede gulvflader erstattet af en sammenhængende gulvbelægning, der understreger husets oprindelige samlede rumforløb. Gulvfladen i alle rum på nær bad og bryggers er udført i linoleum, som også var husets oprindelige gulvbelægning. Inden en ny belægning kunne tilføres huset, var det dog nødvendigt med en større indgriben i gulvkonstruktionen.



← Før og efter: Det har været centralt i restaureringen af Romerhuset at genskabe oplevelsen af én stor sammenhængende gulvflade, som understreger husets samlede rumforløb.



↑ Nederst: CO₂-udledning pr. kvadratmeter af den samlede restaurering af Romerhuset og fremtidig bortskaffelse ved brug af forskellige isoleringsmaterialer i terrændækket, opdelt i faser. Polystyren er "bedst" i fremstillingen men taber i det lange løb med bortskaffelsen – særligt når man ikke medregner den løbende opvarmning af huset.

↑ Øverst: CO₂-aftrykket af både restaureringen af Romerhuset og mange års drift ved forskellige isoleringsalternativer: Ekspanderet polystyren er det bedste valg, indtil dagen hvor det bliver bortskaffet. Så er mineraluld lidt bedre. De stiplede linjer viser udviklingen ved en evt. CO₂-neutral fjernvarme fra 2030. Efter 50 år vil løsningen med polystyren da have udledt ca. 1 ton CO₂ mere end mineraluld.

Romerhusene er en af de første boligbebyggelser i Danmark, der er født med gulvvarme, som ledes via kobberør indstøbt i beton-terrændækket. Kobberørene løb i en streng gennem alle rum uden adskillelse, hvorved alle rum i princippet får den samme temperatur. Men da Realdania By & Byg overtog huset, efter at det havde stået tomt i fem år, viste det sig, at der var rum, som ikke lod sig varme op, og det tydede på, at der var kobberør, som var tæret op og dermed utætte. Der var derfor ikke rigtig noget valg, og fordi det samtidig var nødvendigt at understøbe nogle yder- og skillevægge og betondækket i stuen, som var knækket, gav det god mening at bryde alle gulvene op.

Små forskelle på isoleringsmaterialer

Netop udskiftningen af husets terrændæk og samtidig isolering under gulvet, hvor gulvvarmen og elinstallationerne endvidere blev forbedret, er den CO₂-mæssigt mest belastende del af restaureringen af Romerhuset.

Beton til terrændækket udgør 29,3 kg CO₂ pr. m², mens isolering med polystyren [EPS] udgør 64,5 kg CO₂ pr.

m² svarende til over halvdelen af den samlede restaurerings CO₂-aftryk. Polystyren er mindre CO₂-tungt i fremstillingen men mere CO₂-tungt efter endt levetid end Leca-nødder og mineraluld, men materialet er velafprøvet og beskytter også mod fugt, og i det lange løb, i driftsfasen, ligger de forskellige mulige isoleringsmetoder mere tæt, fordi polystyren er det af materialerne, der isolerer mest effektivt. Men forskellene er marginale, og hvis man med tiden finder en CO₂-venlig måde at bortskaffe materialer på, kan polystyren vise sig at være det bedste valg.

Realdania By & Bygs restaurering af Romerhuset omfattede blandt andet også genetablering af et portrum og garage, som havde været inddraget til ekstra værelse, tilbageførelse af gårdhaven til dens oprindelige udseende, udskiftning af alle el-installationer, fjernelse af uoriginalt inventar og modernisering af badeværelset med hvide flader, der passer til resten af huset. Det originale køkkeninventar er bevaret og restaureret.



CASE 2

Statshusmandsbrug i Skovbølling: Beskeden og smuk tidslomme

Statshusmandsbrugene tilbød i mellemkrigstiden en særlig mulighed for, at folk af små kår på landet kunne skabe sig et bedre liv, og ejendommen ved Haderslev er et meget velbevaret eksempel. I restaureringen vejer husets to forskellige tag CO₂-mæssigt tungest - og det ene materiale mere end det andet.

I Skovbølling nord for Haderslev ligger et velbevaret husmandssted, hvor tiden har fået lov til at stå stille. Der har kun været foretaget få ændringer gennem årene, så ejendommen, der er opført i 1934 som statshusmandsbrug, fremstår i den originale stil og uden moderniseringer, som ellers netop er en trussel mod bevarelsen af denne bygningstype. Helt frem til Realdania By & Bygs overtagelse i 2010 havde gården været beboet af den oprindelige bygherre, Christian Mink.

Realdania By & Byg har købt det fredede statshusmandsbrug, fordi det er et typisk eksempel på de husmandssteder, der blev opført med statsstøtte i mellemkrigsårene. Ideen med statshusmandsbrugene var at lade staten yde både økonomisk og arkitektfaglig bistand til landboer af små kår, som dermed fik mulighed for at skabe sig et bedre liv med egen bolig og en selvfor-synende jordlod.

Bedre Byggeskik og dansk identitet

Ejendommens udformning og de anvendte materialer er karakteristisk og tidstypisk for statshusmandsbrugene. Det er opført i Bedre Byggeskik-stilen, som havde til formål at højne og udvikle den almindelige danske bygningskultur. I Sønderjylland var Bedre Byggeskik-stilen tilmed en måde at indføre en dansk hjemstavnsstil på og dermed markere løsrivelsen fra Tyskland efter genforeningen i 1920.

Realdania By & Byg restaurerede ejendommen i 2011-12 med fokus på at vise, hvordan man kan balancere bevaring og moderne komfortkrav for på den måde at sikre huset og dette stykke kulturarv for eftertiden.

Arbejdet omfattede istandsættelse af stuehuset, ombygning af mellembygningen, nyetablering af el-, vand- og varmeinstallationer samt etablering af jordvarmeanlæg og biorensningsanlæg. Også haveanlægget blev gen-etableret som et eksempel på en dansk bondehave med både pryd-, nytte- og frugthave.

Tagrestaurering fyldte mest

Det var restaurering af taget, der udgjorde den CO₂-mæssigt tungeste del af restaureringen af statshusmandsbruget i Skovbølling – ca. 26,7 kg CO₂ pr. m² ud af 87,4 kg CO₂ pr. m² for hele restaureringen. På andenpladsen kom terrændæk med ca. 17,5 kg CO₂ pr. m².



Stuehusets tag blev lagt med nye cementvingetagsten i samme profil som de oprindelige. Det var ellers den oprindelige plan så vidt muligt at genbruge stenene og tilkøbe genbrugssten, i det omfang de ikke kunne bruges, men det viste sig ved nedtagningen, at stenene ikke var egnede til at blive afrenset og lagt op igen. Hvis det havde været muligt at lægge taget udelukkende med genbrugssten, ville det have sparet knap 4,2 kg CO₂ pr. m² bygningsareal.

Et gammelt cementstøberi i nærheden, der stadig havde de gamle forme liggende, påtog sig opgaven med at fremstille nye tagsten. De blev slæmmet og indfarvet med rødt farvestof, så de kom til at ligne de oprindelige rødindfarvede sten.

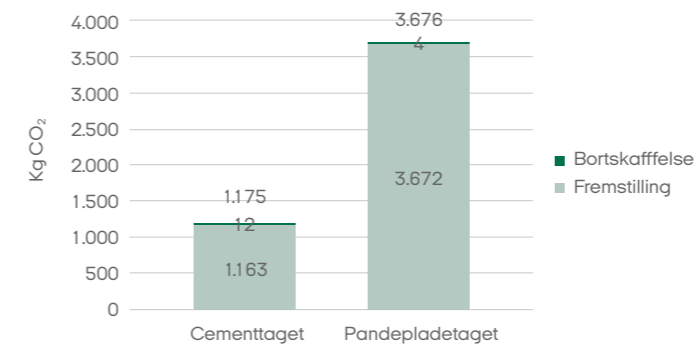
Taget fik fast undertag med tagpap på brædder, og undertaget blev lagt på de gamle spær, der var i så god stand, at det ikke var nødvendigt med reparationer eller opretning. Taget blev isoleret med mineraluld, så det nu opfylder moderne komfortkrav.

Også bliktaget på mellembygningen og avlsbygningen trængte til fornyelse, og her blev der lagt nye pandeplader på det istandsatte tagværk.

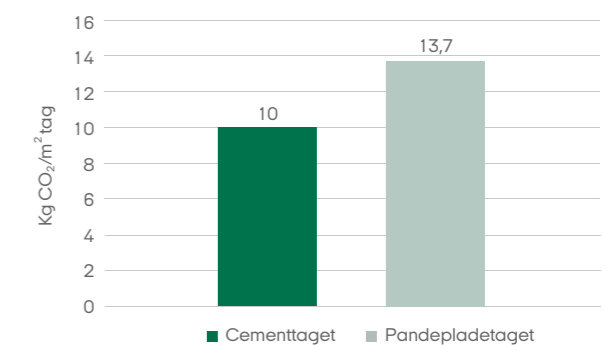
Pandeplader udleder mest

Restaureringen af taget på statshusmandsbruget giver anledning til at se på klimabelastningen af de forskellige typer tag. Pandepladerne er 37% mere CO₂-tunge på et givet areal end cementtagstenene, og det er i begge tilfælde selve fremstillingen af materialer, der koster langt mest i klimaregnskabet sammenlignet med den senere bortskaffelse af materialerne.

Ud fra hensynet om at bevare en særlig bygningskultur har bygningerne fået de tag, som svarer til det oprindelige, men hvis man som bygningsejer står med valget mellem forskellige materialer og gerne vil prioritere klimaet, kan det være værd at lægge mærke til, at der kan være stor forskel på materialernes CO₂-aftryk.



↑ CO₂-udledning for hhv. 118 kvadratmeter cementtagsten på stuehuset og 268 kvadratmeter pandepladetag på de øvrige bygninger. Her medregnes alene de to materialer og ikke den underliggende tagkonstruktion med spær, tagpap mv.



↑ Forskellen i CO₂-belastning for de to typer tagbeklædning pr. kvadratmeter tag.



CASE 3

PH's eget hus: Superisolerende materiale muliggør bevaring

Restaureringen af PH's eget hus i Gentofte handlede ikke mindst om, hvordan man kunne gøre det muligt at varme huset op inden for en almindelige økonomi uden at ødelægge husets bevaringsværdier. En af løsningerne blev materialet aerogel, som er CO₂-tungt i fremstillingen, men hvor et tyndt lag er nok til at isolere effektivt.

Poul Henningsens eget hus i Gentofte nord for København er bygget i 1937 som et oprør mod datidens normer - både hvad angår arkitektur, planløsning og materialer.

Den kendte arkitekt, lysmager, revyforfatter og samfundsrevser opførte sit hus i præfabrikerede HK-betonbyggsten og med døre og vinduer i jern malet med rød blymønje. Indvendigt er huset på den stærkt skrånende grund anlagt i hele elleve niveauer med små trapper imellem og gennemkig og åbne forbindelser, der stod i stærk kontrast til tidens traditionelle indretning med adskilte rum og funktioner. Selvom huset også i dag fremstår meget ukonventionelt, har det været en forløber for danskernes foretrukne familiebolig, parcelhuset.

Da Realdania By & Byg overtog huset i 2014 for at restaurere det og bevare det for eftertiden, var det ikke mindst nødvendigt at gøre noget radikalt ved isoleringen, så huset i dag og i fremtiden kan bebos af en familie inden for en almindelig økonomi. Udfordringen var at gøre dette under behørig hensyntagen til husets bevaringsværdier. Løsningen blev en utraditionel isolering i kombination med tilføjelse af forsatsvinduer og modernisering af opvarmningsmåden.

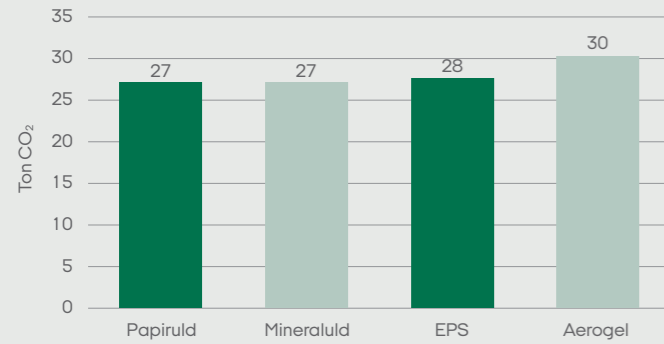
Aerogel

Ydervæggene i PH's hus var kun isoleret med to cm kork, og i kombination med vinduer med jernrammer og enkeltlagsglas uden forsatsruder betød det, at huset havde svært ved at holde varmen inde, og der opstod kuldebroer og træk. Men hvis den tynde kork skulle udskiftes med et tilpas tykt lag mineraluld, ville det ødelægge husets indvendige proportioner.

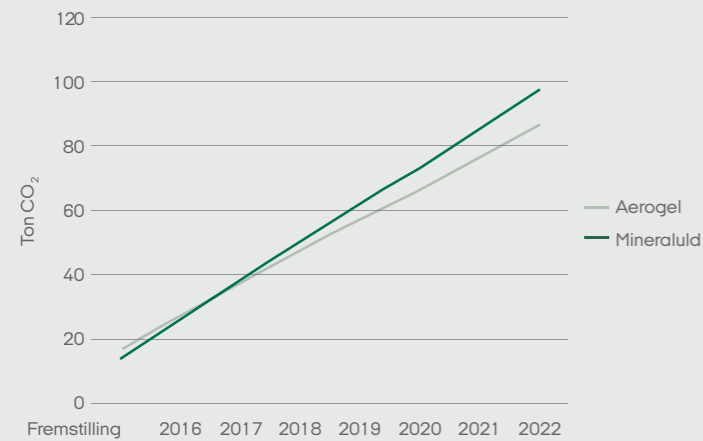
Løsningen på det dilemma blev et særligt, superisolerende materiale kaldet aerogel, som blandt andet kendes fra rumfart. To lag aerogel fylder 2 cm - samme tykkelse som PH's korklag, og da 2 centimeter aerogel isolerer lige så godt som 15 cm mineraluld, blev det muligt at isolere huset, uden at det gik ud over arkitekturen.

Udover at aerogel er væsentligt dyrere end andre isoleringsmaterialer, udleder det også markant mere CO₂, faktisk ca. 30 gange så meget som mineraluld. Til gengæld kræves meget mindre energi til efterfølgende opvarmning af huset på grund af den høje isoleringsevne, og derfor vender billedet hurtigt, når præmissen er, at isoleringslaget uanset materiale skal have en bestemt tykkelse af hensyn til husets bevaringsværdier. På den måde har valget af aerogel i PH's hus vundet i CO₂-regnskabet allerede cirka to år efter restaureringen.

Med en mere bæredygtig energikilde end naturgas ville der dog gå længere tid, før CO₂-tabet var indhentet - og en sådan er på vej, for i 2024 bliver ejendommen tilsluttet fjernvarmenettet.



↑ **CO₂-udledningen af restaureringen af PH's hus ud fra en livscyklusvurdering.** Søjlen "Aerogel" afspejler den faktiske restaurering, mens de andre søjler viser, hvad CO₂-aftrykket af restaureringen ville have været, hvis der var indsat 2 cm af et andet isoleringsmateriale.

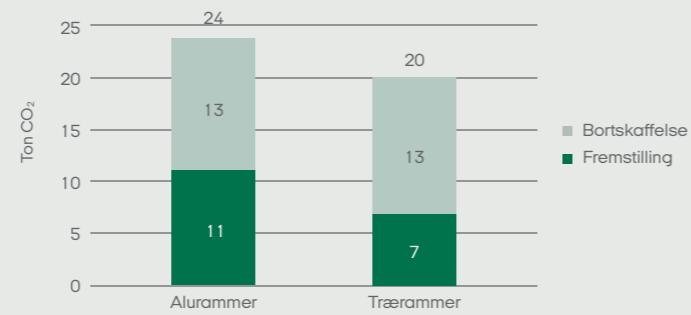


↑ **CO₂-udledningen ved brug af 2 cm aerogel vs. 2 cm mineraluld**
Brugen af aerogel har tjent sig ind CO₂-mæssigt ca. to år efter restaureringen af PH's hus, fordi boligen er isoleret bedre, og der dermed udledes mindre CO₂ ved opvarmning.

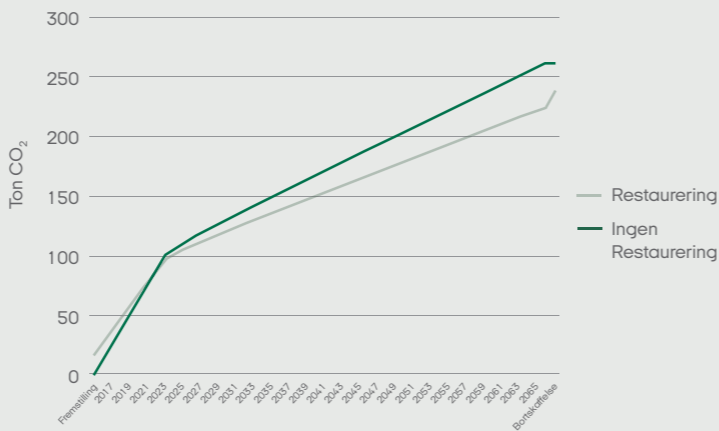
Vinduesrestaurering og gulvvarme

Et andet vigtigt greb i restaureringen handlede om de karakteristiske jernvinduer. De havde kun ét lag glas og ingen forsatsruder, og de var medtagne, med kondens og rust til følge.

Restaureringen af vinduerne omfattede både udskiftning af nogle senere tilkomne ruder med trukket glas og tilføjelse af forsatsrammer af aluminium på vinduernes inderside. Ligesom PH's vinduer er forsatsvinduerne præfabrikerede, og de bidrager til at formindske varmetabet væsentligt.



↑ **CO₂-udledningen af hele restaureringen af PH's hus ved brug af alurammer vs. trærammer.** Denne graf viser forskellen på at tilføje forsatsvinduer af aluminium og – som et tænkt eksempel – af træ.



↑ **CO₂-udledning under og efter restaurering vs. ingen restaurering**
Denne graf viser, hvordan den samlede restaurering af PH's hus er en CO₂-gevinst på sigt i forhold til, hvis der ikke var gjort noget (knækket på kurverne markerer overgangen fra naturgas til fjernvarme i 2024).

CO₂-mæssigt ville forsatsvinduer af træ have været bedre end de valgte af aluminium, som udleder godt fire gange så meget CO₂. I alt koster aluminiumsvinduerne ca. 4,7 kg CO₂ mere pr. m² bygningsareal.

Endelig omfattede energirenoeringen af PH's hus, at gulve og lofter blev isoleret med mineraluld, samtidig med at der blev lagt gulvvarme ned sammen med nye elinstallationer, som er tilgængelige via små gulvbokse, og husets eksisterende radiatorer blev restaureret og forsynet med moderne termostater, som styres via små tablets i de enkelte rum.



← Her sættes isoleringsmætter af aerogel op på væggene i PH's hus.



↑ PH's eget hus på den skrånende grund i Gentofte.



CASE 4

Højgården på Sejerø: Stråtag er smukt men ikke nødvendigvis det mest klimavenlige

Den egnstypiske gård Højgården på Sejerø er gennemgribende restaureret – blandt andet med et nyt stråtag. Naturmaterialer som tækkerør er i princippet CO₂-neutrale, men blandt andet transport af materialet fra dyrkningsstedet til tækkemanden betyder, at stråtag ikke altid er det mest klimavenlige valg.

Højgården fra 1873 ligger smukt på sit højedrag på Sejerø i det sydlige Kattegat. Den firlængede gård er et sjældent eksempel på en ganske særlig egnsbyggeskik - sidebåndsbindingsværk - der var fremherskende i Vestsjælland frem til 1900-tallet. Højgården repræsenterer ovenikøbet en særlig lokal variant med indvendige sidebånd, som får gården til at se ud som om, den kun var bygget af stolper og tavler. Byggestilen med sidebåndsbindingsværk stammer helt tilbage fra vikingetiden og er dermed den ældste form for bindingsværk i Danmark.

Realdania By & Byg overtog Højgården i 2017 og gik herefter i gang med at restaurere bygningen for at bevare de særlige lokale byggetraditioner. Tilgangen har været mest mulig genbrug og reparation, og at alt, hvad der overhovedet kunne bevares, skulle bevares. Ellers kunne resultatet være blevet fersk, og gården kunne ende med at ligne en nyopført bygning. Samtidig er genbrug generelt et klimavenligt valg.

Men desværre stod langt det meste af den oprindelige sidebånds konstruktion ikke til at redde. Det oprindelige

træværk blev genbrugt, hvor det var muligt, og de omkring 90 procent, der måtte bortskaffes, blev udskiftet med tømmer af fyr som det oprindelige. Også lerklining i felterne mellem bindingsværket, kaldet tavlene, måtte udskiftes, og her blev der klinet med en blanding af ler, halmstrå og økologisk kørnemælk. Denne metode, som er mest muligt tro mod det oprindelige, er ifølge livscyklusvurderingen også et meget mere klimavenligt valg, da almindeligt murstenstavler ville udlede næsten tyve gange så meget CO₂.

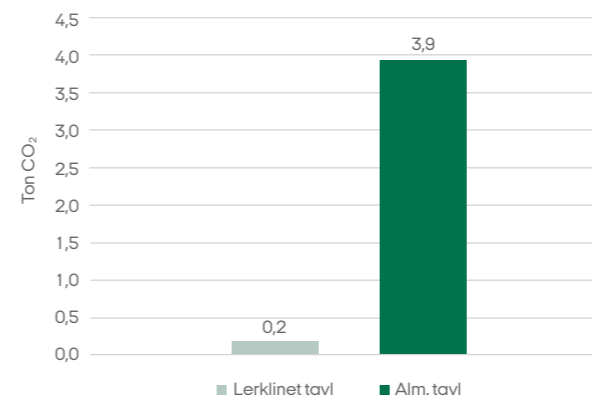
Stråtaget

Udover at restaurere sidebåndsbindingsværket som det helt særlige egnstypiske træk, blev Højgården også forsynet med et nyt stråtag, som blev lagt efter lokale håndværkstraditioner. Et tag bestående af pandeplader af blik og eternit, som havde erstattet gårdens oprindelige stråtag, blev nu skiftet ud med et stråtag, hvor de store flader består af tækkerør, og hvor rygningen er af ålegræs holdt sammen af såkaldte kragetræer i egetræ. Derudover er der brugt 16 kg ståltråd til det 384 m² store tag.

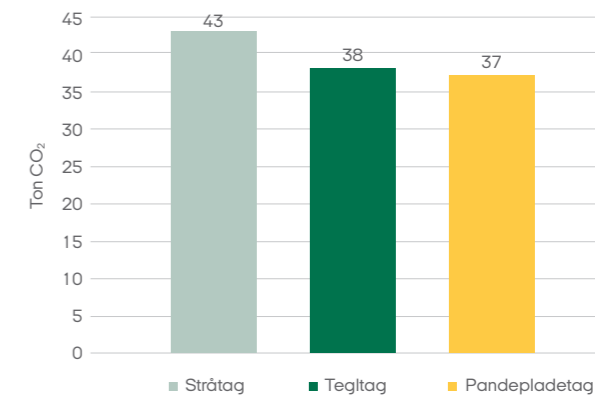
Da tækkerør og ålegræs er naturens eget materiale, er der ingen CO₂-udledning fra produktion - tværtimod er der en betydelig negativ CO₂-udledning i al den tid, hvor planterne lever og suger CO₂ til sig. Men når strået ligger på taget, udleder det løbende en hel del CO₂ i brugsfasen, da det "brænder sammen", og ligeledes når det engang bliver bortskaffet. Som udgangspunkt bliver al den CO₂, som strået har suget til sig, med tiden udledt i atmosfæren igen.

→ Stråtaget på Højgården – med rygning af ålegræs, holdt sammen af kragetræer.

↓ Højgårdens karakteristiske sidebåndsbindingsværk.



Forskellen i CO₂-belastning ved at kline med ler på et træskelet mellem bindingsværksbåndene og at bruge almindeligt tavl bestående af mursten og kalkmørtel. Beregningen er baseret på de 42 m² tavl, som det har været nødvendigt at udskifte på Højgården.



LCA for hele restaureringen af Højgården på Sejerø med stråtaget sammenlignet med andre typer tag. Ifølge livscyklusvurderingen bliver der ledt fem ton CO₂ mere ud end med tegltag, når man går ud fra den generiske tyske EPD for tegltag. Der kan dog være meget stor forskel på forskellige typer tag, og ved brug af andre, produktspecifikke EPD'er, kan billedet være helt omvendt.

Transport vejer tungt

Alligevel viser LCA'er, at stråtag ikke nødvendigvis er det mest CO₂-venlige valg. En EPD [miljøvaredeklaration] for stråtag peger nemlig i en anden retning. Det handler blandt andet om, at der lægges en hel del CO₂-udledning til under transporten af tækkerørene, når disse kommer fra fjerne lande. Tækkerørene på Højgården kommer fra Rumæniens sortehavsområde, og i andre tilfælde kommer tækkerør fra Danmark, andre østeuropæiske lande eller helt fra Kina. Dertil kan komme lidt ekstra CO₂-udledning fra supplerende materialer, særligt en eventuel brandsikring af stråtaget.

En faktor, som dog taler til stråtags fordel er, at stråtag i sig selv isolerer bedre end for eksempel tegltag, og det betyder, at der skal mindre CO₂-udledende isoleringsmateriale til.

Men alt i alt afhænger det af omstændighederne, hvilken type tag, der er mest klimavenlig, og et tegltag bygget af danskproducerede teglsten kan være bedre for klimaet end et stråtag, hvor tækkerørene er importeret langvejs fra.

Usikkerhed ved brug af EPD'er

Denne case er imidlertid også et eksempel på, at der kan være faktorer i EPD'erne, som kan være svære at gennemskue til bunds, og de kan være baseret på gennemsnitsberegninger af vidt forskellige transportsituationer, som gør, at den angivne CO₂-belastning ikke nødvendigvis bare kan overføres på et konkret projekt.

De EPD'er, som Realdania By & Byg har taget udgangspunkt i, viser, at stråtag udleder 28,5 kg CO₂ pr. kvadratmeter tag fra vugge til grav, og at et tegltag til sammenligning udleder en hel del mindre: godt 16 kg CO₂ pr. kvadratmeter tag. Forskellen i isoleringsbehov kan dog kraftigt reducere forskellen mellem tagtyperne, og CO₂-tallet for stråtaget er endvidere behæftet med usikkerhed, fordi det langt hen ad vejen er baseret på en leverandørspecifik EPD, som det ikke har været muligt at få afklaret beregningsgrundlaget bag i alle detaljer, særligt i forhold til "fremstillingsproces".

Der kan imidlertid også være andre miljømæssige grunde til at vælge stråtag end CO₂-hensynet, da et naturmateriale som tækkerør ikke indeholder kemiske stoffer.



CASE 5

Edvard Heibergs eget hus: Nordens første funkisvilla ført tilbage til udgangspunktet

Edvard Heibergs eget hus var kontroversielt i sin arkitektur og farvesætning. Med Realdania By & Bygs restaurering er huset nøje ført tilbage til det oprindelige udtryk og arkitektens oprindelige intentioner. Blot blev funkishusets vinduer en udfordring, der vidner om, at når noget skal laves om, koster det både penge og CO₂.

Arkitekten, kritikeren og debattøren Edvard Heibergs eget hus fra 1924 betragtes som den første funkisvilla i Norden – en bygning, hvor den internationale modernismes ideer er blevet konsekvent forfulgt, og som mange i samtiden rynkede på næsen af. Heiberg var politisk engageret og drevet af ønsket om større lighed mellem samfundsklasser og mellem kønnene, og han så en mission i at skabe gode, sunde og rationelle boliger for alle.

Huset, der ligger i Virum nord for København, på en grund med udsigt over Lyngby og Bagsværd Søer, tjente som både tegnestue og bolig for Heiberg og hans familie. Funkisvillaen skilte sig blandt andet ud ved det enkle og skarpskårne udtryk uden pynt og historiske detaljer, med et køkken, der var indrettet med øje for funktion og med lemme til spisestuen - og med de for perioden helt usædvanlige hjørnevinduer. Ligesom PH var Heiberg inspireret af de udenlandske strømninger, hvor funktionen kommer før formen, hvilket han yderligere understregede med en meget utraditionel farvesætning.

Realdania By & Byg overtog villaen i 2006 og gik i gang med en restaurering, der havde til formål at tilbageføre

og bevare Heibergs hus så tæt på sit originale udtryk som muligt. For at kunne gøre dette blev der forud for selve restaureringen gennemført grundige bygnings- og farvearkæologiske undersøgelser.

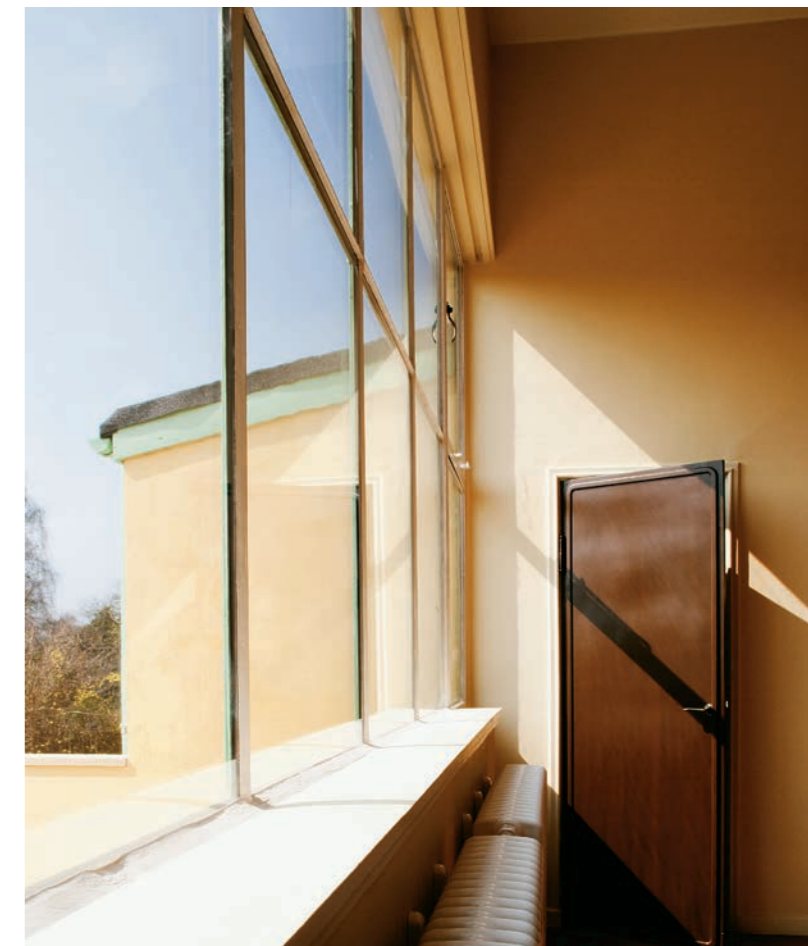
Selvom huset havde været forskånet for store indgreb gennem tiden, var der behov for et omfattende restaureringsarbejde. Realdania By & Byg gennemførte facadearbejder og malede samtlige facader op på ny. Også de indvendige overflader blev eftergået fra en ende af, afrenset og genmalet i originale farver og malingstyper. Køkkenet er delvist tilbageført, med plads til moderne bekvemmeligheder, og jernbetonbalkonen, som på et tidspunkt var blevet forstærket med bærende søjler, blev forankret, så søjlerne kunne fjernes, og den kunne genvinde sit oprindelige "svævende" udtryk.

Vanskeligheder med vinduerne

Også husets vinduer og døre blev eftergået. Her havde en tidligere ejer opsat nye forsatsvinduer i aluminium, som Realdania By & Byg valgte at udskifte med et nyt forsatssystem, der var specialudviklet i et forsøg på at skabe en prototype af forsatsvinduer til jernvinduer i funkishuse. Men desværre blev de for upræcise i tilvirkningen, da det var baseret på håndværk frem for en industriel produktion, som kunne have givet større nøjagtighed og mere gennemarbejdede løsninger for opnåelse af tæthed og en pålidelig åbne-/lukkemekanisme. Da de nye forsatsvinduer ikke fungerede efter hensigten, blev de bortskaffet, og det blev helt fravalgt at energioptimere villaen med forsatsruder.



← Hjørnevinduerne var noget af det mest kontroversielle i husets modernistiske arkitektur. Vinduerne i Heibergs eget hus bød på udfordringer i forbindelse med restaureringen.



→ Vinduerne i Heibergs eget hus bød på udfordringer i forbindelse med restaureringen.

Disse erfaringer rigere opsatte Realdania By & Byg i stedet nye termoruder i husets eksisterende vinduesrammer af jern. De nye ruder fungerer og passer udmærket i rammerne, da ruderne kun er otte millimeter tykke, men alligevel har de den ulempe, at deres vægt med tiden kan skævvride rammerne.

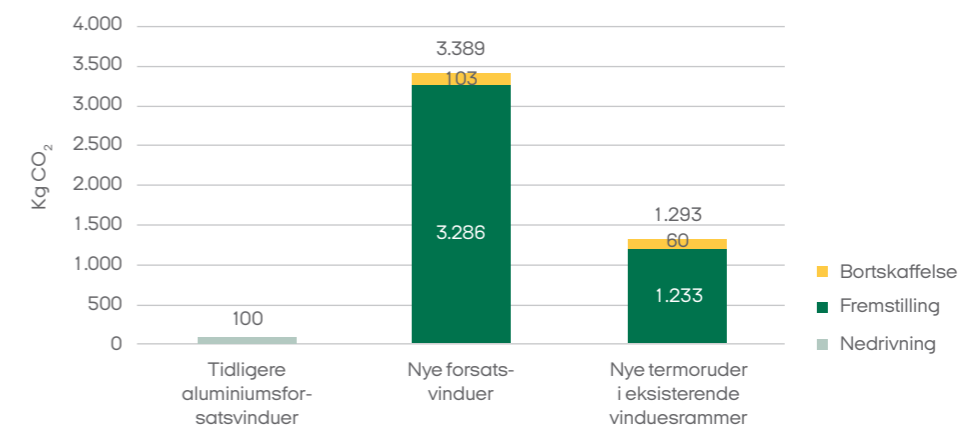
Arbejdet med vinduerne er et eksempel på ting, som kan drille, når man restaurerer gamle huse, der samtidig skal fungere i en moderne tid, og det er således også et eksempel på noget af den vigtige læring, det kan give at forsøge sig frem i balancegangen mellem bevaring og nyttiggørelse.

Udover at en sådan erfaring koster ekstra penge, koster det også på CO₂-regnskabet. Her viser livscyklusvurde-

ringen, at det langt overvejende er produktionen af de senere fravalgte nye forsatsvinduer, som koster, mens bortskaffelse af både de gamle og de nye forsatsvinduer har haft meget begrænset betydning.

Vinduesrestaureringen af Edvard Heibergs villa kostede samlet set ca. 27,6 kg CO₂ pr. m² boligareal, hvoraf de ca. 19,5 kg var resultatet af forsøget med at udvikle en prototype for forsatsvinduer, som ikke lykkedes efter hensigten.

Den samlede CO₂-udledning ved restaureringen af Heibergs hus var ifølge livscyklusvurderingen på ca. 64,8 kg pr. m².



CO₂-belastningen ved vinduesrestaureringen af Heibergs Villa. Den midterste søjle er den CO₂-mæssige pris for Realdania By & Bygs erfaringer med forsøget, der gik ud på at udvikle særlige forsatsvinduer til dette og andre funkishuse.

Transformationer

Nogle af Realdania By & Bygs istandsættelsesprojekter går et skridt videre end til at restaurere en bygning ved for eksempel at tilbageføre den til et originalt udtryk og højne komforten for nutidige brugere: "Transformationer" er de projekter, som fundamentalt ændrer bygningens funktion – samtidig med at dens bevaringsværdier fastholdes. Transformationer belaster generelt klimaet mere end restaureringer, men alternativet til at transformere en bygning er ofte endnu mere CO₂-tungt – nemlig at rive ned og bygge nyt.

På de følgende sider præsenteres nogle af de projekter, hvor Realdania By & Byg helt har ændret historiske bygningers funktion for at muliggøre en nutidig og bæredygtig anvendelse – og nogle af de erfaringer og overvejelser, som livscyklusanalyserne her giver anledning til.





CASE 6

Hindsgavl Slot:

Genbrugstegl gavner både klima og æstetik

Avlsgården på Hindsgavl Slot er fuldstændig transformeret fra landbrugsbygninger til tidssvarende hotel- og konferencefaciliteter med værelser og en stor kombineret arrangementssal og restaurant. Det samlede projekt har udledt en del CO₂, men brugen af genbrugsmursten har været en gevinst både æstetisk og CO₂-mæssigt.

Hindsgavl Slot er et helstøbt arkitekturhistorisk bygningsanlæg, der står som et vidnesbyrd om de danske herregårdes rolle og udvikling gennem århundrederne. Historien begyndte for mere end 800 år siden med en kongeborg opført ud til Lillebælt, på Hindsgavlhalvøen ved Middelfart, og det nuværende slot blev opført i 1784-85 som herskabelig bolig for en adelsfamilie.

Hovedbygningen er især seværdig fra havesiden, hvor den ligger fantastisk i landskabet, ud mod vandet. På den modsatte side af slottet finder man den trefløjede avlsgård, der "spejler sig" i hovedhuset og dets tilbygninger, Kavalerfløjen og Fruerfløjen. Arkitekturen er klassicisme, men Hindsgavl rummer også barokke træk.

Gedigen ombygning

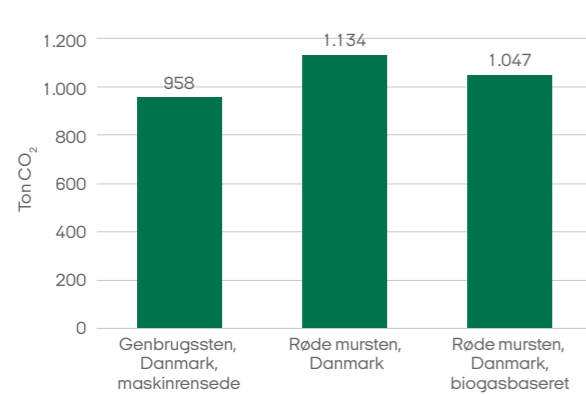
I dag er Hindsgavl en moderne hotel- og konferencevirksomhed med 121 værelser og to restauranter. Slottet er

derfor i høj grad - fortsat - med til at skabe liv på egnen. Stedet fik et boost med Realdania By & Bygs omfattende restaurering af slottet i 2003-2005 og ikke mindst den efterfølgende transformation af Avlsgårdens landbrugsbygninger til hotelværelser og konferencerum og med den gamle lade som kombineret arrangementssal og restaurant med højt til loftet.

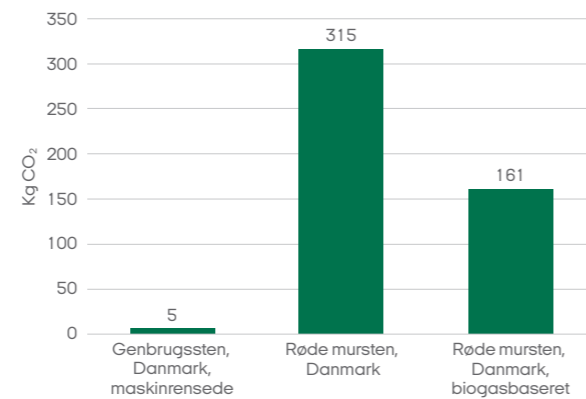
I 2006 blev Avlsgårdens to sidefløje, Kostalden og Svinestalden, således komplet revitaliseret som moderne hotelfløje. Transformationen krævede en gedigen ombygning af bygningernes indre, som betød, at projektet totalt set endte med at blive en af de mere CO₂-tunge istandsættelser i Realdania By & Bygs regi.

Stor CO₂-besparelse på genbrugssten

En positiv faktor i klimaregnskabet var dog beslutningen om at anvende brugte mursten i stedet for nye til de indvendige mure i den gamle kostald og svinestald. Ved produktion af mursten er det brændingen af teglet, der står for langt størstedelen af CO₂-udledningen, og der er derfor meget at spare i klimaregnskabet ved at bruge stenene igen. Faktisk viser Realdania By & Bygs livscyklusvurdering, at udledningen af CO₂ ved forskellige typer nye mursten svinger mellem 30 og 60 gange udledningen ved genbrugssten.



Den samlede CO₂-udledning ved transformationen af Avlsgården, som den er beregnet (med genbrugssten), og hvordan den ville have været, hvis der havde været brugt nye teglsten.



Forskellen på CO₂-udslip ved et ton mursten: genbrugte mursten som de anvendte på Hindsgavl og forskellige mulige nye mursten [inklusive fremstilling, bortskaffelse og affaldsbehandling].

Som alle, der overnatter i en af Avlsgårdens to hotelfløje, hurtigt kan fornemme, har genbrugsmurstenene også medført den æstetiske gevinst, at selvom det hele er nyindrettet, forekommer den historiske atmosfære intakt med et rått islæt i modsætning til slotsværelserne.

Udover transformationen af Avlsgården er Hindsgavl Slot løbende blevet restaureret, mens det har fungeret

som kursusvirksomhed. Realdania By & Byg har blandt andet gennemført en opgradering af køkken- og personalefaciliteterne med øje for ikke at ødelægge patinaen, hovedbygningens fornemme stuer og vestibule er istandsat, og der er lagt nyt tag på hovedbygningens to sidefløje, Kavalerfløjen og Fruerfløjen.



Genbrug af mursten

Mursten kan i princippet ikke blive for gamle, og alligevel bliver kun få genbrugt. Stenene skal renses enkeltvis, og det er kun sten, der har været muret med kalkmørtel, der kan renses. Da mange nyere huse er muret med cementmørtel, kan stenene ikke genbruges. Det skyldes, at cementmørtelen er stærkere end selve murstenen, og at stenen derfor vil knække ved rensning.



CASE 7

Højergård: Historisk marskgård transformeret til madlejrskole

Midt i den sønderjyske by Højer finder man et kulturmiljø bestående af en historisk marskgård, en tysk villa med jugendtræk og en ældre lade. Det hele har gennemgået en restaurering og transformation med fokus på at indpasse helt nyt indhold i bygningerne og fastholde anlæggets sjæl.

Højer by rummer en af Danmarks højeste koncentrationer af fredede og bevaringsværdige bygninger, og det er et af de få steder i Danmark, hvor man stadig kan se gårde og byhuse side om side. Lige midt i byen, ud til det centrale torv, finder man således Højergård – en klassisk marskgård i vestslesvigsk byggestil, opført som et længehus.

Bygningen har tidligere været en del af et større gårdanlæg, som i en periode har været firlænget. Nu udgøres Højergård af stuehuset fra 1823, en ældre lade fra 1700-tallet, en villa i tysk hjemstavnsstil fra 1906 og en nytilført sortmalet vognport fra 2019, som genskaber fornemmelsen af et firlænget anlæg omkring et centralt, grønt gårdrum. Mellem stuehuset og torvet er marskgårdens gamle have bevaret.

Bevaring og nyttiggørelse i ét

I 2017 overtog Realdania By & Byg marskgården med det formål at bevare den værdifulde, stedbundne bygningskultur og give bygningerne en ny og moderne anvendelse. Der er nu sikret liv og aktivitet i bygningerne året rundt og skabt nye arbejdspladser i byen, efter at marskgården er blevet hjemsted for ARLA Fondens

madlejrskole og mødested for lokale mad- og naturaktiviteter i Tønder Kommune. Projektet indgår i Tøndermarsk Initiativet, som Realdania, Tønder Kommune, A. P. Møller Fonden og Nordea-fonden står bag.

Restaureringen og transformationen af Højergård har handlet om at få alt det nye til at passe ind i de tre bygninger – stuehuset, villaen og lade – og samtidig fastholde de meget forskellige bygningers oprindelige ånd og stemning.

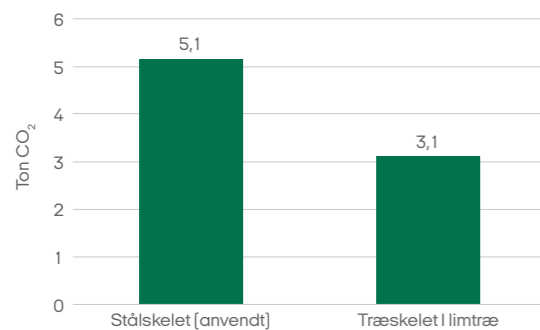
I stuehuset er al det originale inventar sat i stand, og væggene er malet med farver, der er afdækket gennem farvearkæologiske undersøgelser. Senere tilkomne nedhængte lofter, skillevægge og nyere termovinduer er fjernet, men der også bibeholdt nogle af de forandringer, der er sket gennem tiden, og som er med til at fortælle husets historie.

I den tyske villa, som rummer mange for tiden typiske jugendstildetaljer, er farver og bemalinger, vægdekorationer og loftsdekorationer nu i videst muligt omfang genskabt på baggrund af farvearkæologens fund.

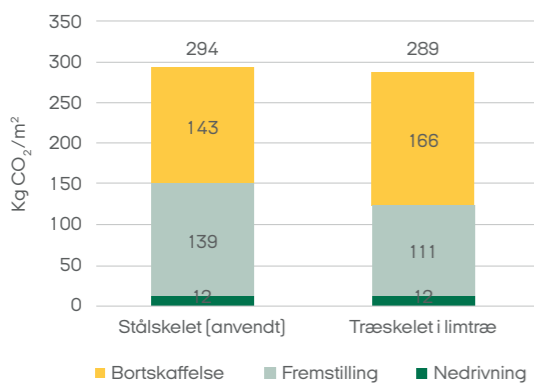
Nyt stålskelet muliggør bevaring af gamle mure

Endelig er gårdens ældste bygning, lade, blevet transformeret til et moderne skolekøkken, der i dag kan rumme 60 elever. Lade, som er opført i vestslesvigsk byggestil med rødflammede teglsten, rummer en fortælling om egnen, om gården og om landbruget i Tøndermarsken.

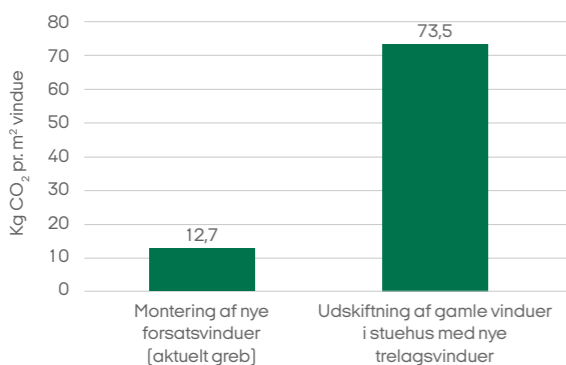
En nænsom transformation af den gamle lade er ikke mindst lykkedes ved at give bygningen rygstøtte.



CO₂-belastningen ved at montere et stålskelet i laden på Højergård for at bevare de gamle mure sammenlignet med et 50 % større træskelet.



Samlet CO₂-udledning ved restaureringen af laden på Højergård ved brug af aktuelt og alternativt korset til afstivning af bygningen.



Grafen viser forskellen på CO₂-udledningen ved monteringen af nye forsatsvinduer med trærammer i stuehuset og en tænkt udskiftning af de gamle vinduer med nye trelagsvinduer inkl. udskiftning af trærammer. De viste tal er pr. m² vinduesareal.

På indersiden af murene er laden simpelthen blevet afstivet med moderne, skjulte stålstivere – en slags korset. På den måde har det været muligt at bevare de gamle ydermure med alle deres historiske spor og slitage, uden at murene skulle bære vægten af tagkonstruktionen og andre bygningselementer.

Nu rummer bygningen to undervisningskøkkener med højt til loftet. Rummet går nemlig helt til kip, hvor den vældige tagkonstruktion med synlige bindbjælker fra 1700-tallet vidner om bygningens fortid som en stor og rummelig lade.

Det skjulte stålskelet er en tilføjelse, som ud fra en livscyklusvurdering koster ca. 13,1 kg. CO₂ pr. m², når det beregnes på laden isoleret set. Et alternativ kunne have været et skelet i træ, som ville have kostet ca. 7,9 kg. CO₂ pr. m². Den besparelse vil dog skulle vejes op imod, at det af hensyn til bæreevnen ville have været et 50 % større korset.

Vinduesrenovering kontra moderne energiruder

En anden restaureringsmæssig overvejelse handlede om stuehusets vinduer. De var 70 år gamle og ikke længere funktionelle. Normalt skal man i dag bruge tre-lags termovinduer, når man skal bygge nyt eller renovere, men der gælder andre regler for fredede ejendomme.

Løsningen blev at reparere de gamle vinduer og montere nye forsatsruder bag dem. Her viser livscyklusvurderingen, at restaureringen i sig selv kun udleder en syvendedel af den CO₂, som nye tre-lags-vinduer ville have kostet. Det er erfaringen, at opvarmningen fungerer fint, men hvor bæredygtig løsningen er på sigt, vil blive tydeligere, når data om varmemeforbruget kommer med i LCA'en.



Den tyske villa rummer mange historiske dekorationer, der så vidt muligt er genskabt efter farvearkæologiske undersøgelser.



Ladens indre er transformeret på en måde, der muliggør, at de gamle ydermure med deres patina og historiske spor kan bevares i mange år fremover.



CASE 8

Dyrehave Mølle:

Velbevaret kulturmiljø med nye funktioner

Dyrehave Mølle er restaureret, og tilhørende bygninger er transformeret til erhverv og moderne boliger. Den samlede istandsættelse har været forholdsvis CO₂-tung men kan til dels ses som et alternativ til at bygge nye boliger.

I mere end 160 år har Dyrehave Mølle ved Nyborg Fjord været et vartegn for byens borgere og besøgende. Blandt de få tilbageværende møller i Danmark er Dyrehave Mølle sjældent intakt og velbevaret. I over 100 år har den samme familie passet godt på møllen og de tilhørende bygninger.

Til møllen hører også et stuehus, en garagebygning og en magasinbygning. Sammen med en stor have udgør det hele et helstøbt, førindustrielt kulturmiljø.

Efter Realdania By & Bygs køb af anlægget i 2018 har den fredede mølle fået nyt liv, og de øvrige bygninger er renoveret og omdannet til nye funktioner.

Selve møllen er ind- og udvendigt restaureret, og mekanikken er sat i gang, så vingerne atter kan dreje, og der kan males mel i møllen – i hvert fald museumsmel.

Transformeret til beboelse og erhverv

Garagebygningen, som før rummede stald, bageovn og vognporte, er transformeret til et dobbelthus med to udlejningsboliger. De gamle ydermure er bevaret, mens de store porte er omdannet til vindues- og dørpartier, hvor de gamle portblade i træ er bevaret udenpå som store

”skodder”. Indvendigt er bygningen afstivet med en form for korset, så de gamle mure ikke skal bære vægten af tag og andre bygningselementer.

Også den tidligere møllerbolig, stuehuset, er omdannet til et moderne dobbelthus, der ligeledes udlejes til beboelse.

Endelig er den toetages magasinbygning omdannet til erhvervsformål. Den er sammen med møllen udlejet til Kongens Fadebur, som driver historiefremstilling gennem bl.a. madoplevelser, rundvisninger og andre arrangementer. Der er indrettet reception for besøgende til stedet, og derudover benytter Kongens Fadebur et nyt lokale på 1. sal med mulighed for arrangementer samt tekøkken og toiletfaciliteter. Et nyt møllelaug skal formidle møllen og stå for rundvisninger, og selve møllen er åben for besøgende i dagtimerne.

Stor men udskudt CO₂-udledning

Restaureringen af Dyrehave Mølle med tilhørende bygninger er en af de mest CO₂-tunge i Realdania By & Bygs ejendomsportefølje med en vurderet udledning på ca. 179 kg CO₂ pr. kvadratmeter. Til gengæld sker ca. 80 % af udledningen først i forbindelse med en fremtidig bortskaffelse, og det positive er, at en sådan ”udskydelse” modvirker accelerationen i klimaforandringerne, til forskel fra hvis det meste udledning skete i materialefremstillingen.

Svikstillingen - den hævede trækonstruktion rundt om møllen - er skiftet ud med en helt ny i træ. Bortskaffelsen af den gamle har udledt ca. 118 kg CO₂ pr. m² af møllens



Garagebygningen før og efter transformationen.



etageareal, mens fremstillingen af en ny svikstilling har sparet ca. 91 kg CO₂ pr. m² pga. træets vækst. Når den nye en gang skal bortskaffes, vil der igen blive udledt 118 kg CO₂ pr. m², hvilket giver en samlet udledning på 145 kg CO₂ pr. m². I dette regnskab indgår imidlertid "dobbelt nedrivning", hvor det kan diskuteres, om bortskaffelsen af den gamle svikstilling i stedet burde henhøre til en tidligere bygherres LCA. Den skulle under alle omstændigheder bortskaffes før eller siden.

Træfiberisolering

Også transformationen af de øvrige bygninger har kostet i CO₂-regnskabet. Garagebygningen og stuehuset, der begge er omdannet til moderne dobbelthus, har fået henholdsvis tag- og loftsisolering med træfibre, så boligerne kan varmes bedre op.

Fremstillingen af træfiberisoleringen i de to bygninger udgør -36 kg CO₂ pr. m² [beregnet ud fra arealet af de to bygninger til sammen] og den fremtidige bortskaffelse 55 kg CO₂ - altså en samlet udledning fra materialet på 19 kg CO₂ pr. m². Men med til det samlede billede hører naturligvis den CO₂-besparende effekt, som isoleringen får i den løbende drift, når boligen varmes op.

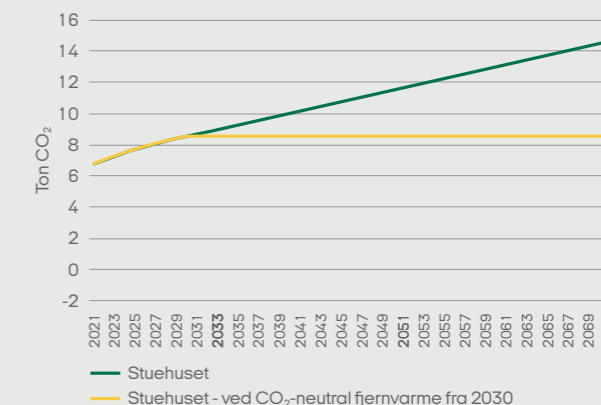
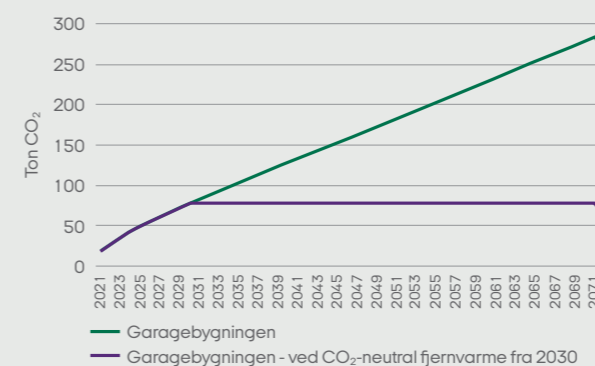
Hvis man lægger den præmis til grund, at de to bygninger under alle omstændigheder skulle fungere som bolig og varmes op over de kommende år, vil der over årene kom-

me en større og større CO₂-gevinst, som dog svinder den dag, hvor træfiberisoleringen bortskaffes.

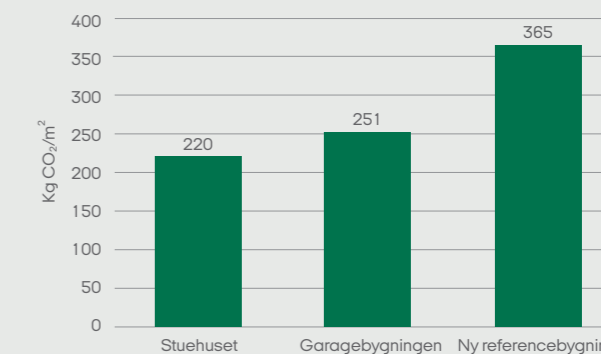
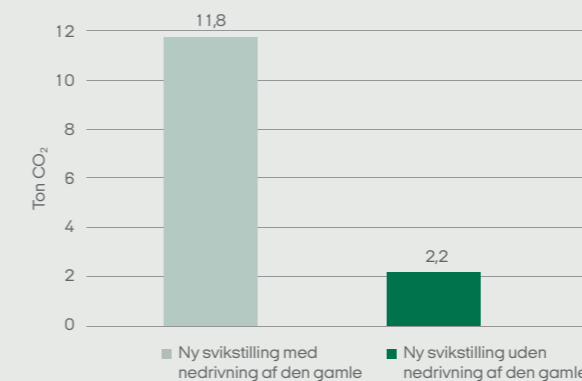
For garagebygningen, som aldrig har været isoleret, ender det under alle omstændigheder med en CO₂-gevinst. For stuehuset, som tidligere har været isoleret med et tyndt lag granulat, ender det med en en CO₂-gevinst på cirka 4 ton ved den nuværende fjernvarmeforsyning. Hvis fjernvarmen bliver CO₂-neutral fra 2030, vil tiltaget resultere i en merudledning af 1,5 ton CO₂ i LCA'en for garagebygningen - men jo på en positiv baggrund, hvor man også kan sige, at det reducerede varmeforbrug har bidraget til den grønne omstilling af fjernvarme. Og hvis man den dag om mange år har opfundet en CO₂-neutral måde at bortskaffe træ på, vil træfiberisoleringen ende som en ren gevinst.

Alternativ til nyt boligbyggeri

Garagebygningen ville naturligvis næppe været blevet en bolig uden Realdania By & Bygs transformation, og derfor er CO₂-besparelsen for denne isoleret set teoretisk. En så omfattende transformation kan med rette bedre sammenlignes med nybyggeri, og da projektets overordnede formål har været at bevare et sammenhængende kulturmiljø omkring Dyrehave Mølle, har den omfattende transformation været det rigtige valg i denne sammenhæng, uagtet at CO₂-aftrykket er højere end ved andre projekter.



Disse to grafer viser CO₂-besparelsen ved at isolere stuehuset og garagebygningen med træfibre. Isolering af garagebygningen vedbliver med at være en CO₂-mæssig gevinst, mens stuehuset ender som en omkostning, hvis der kommer CO₂-neutral fjernvarme i 2030, da det har haft en vis loftsisolering i forvejen.



Graf, der illustrerer problematikken omkring "dobbelt nedrivning": CO₂-belastningen ved at udskifte svikstillingen på Dyrehave Mølle, hvor både nedrivningen af den gamle og den nye svikstilling regnes med, og en alternativ LCA, hvor kun den nye indgår.

CO₂-udledning pr. kvadratmeter ved transformation af stuehuset og garagebygningen til boliger sammenlignet med nybyggeri [gennemsnit af 12 undersøgte rækkehuse i rapporten "Klimapåvirkning fra 60 bygninger" af Harpa Birgisdóttir m.fl.]. Sammenligningen tager alene højde for materialerne og medregner ikke varmeforbruget, hvor et energirigtigt nybyggeri vil mindske forskellen i CO₂-udledning på sigt. Realdania By & Bygs beregninger viser dog, at billedet kun kan vende på langt sigt, hvis det ikke lykkes at lave CO₂-neutral fjernvarme, og man heller ikke med tiden opfinder en mere klimavenlig måde at bortskaffe materialer på.

Realdania By & Bygs historiske ejendomme



År: 1504 og senere

1 Odense Adelige Jomfrukloster

År: 1542-2007

2 Nørre Vosborg, Vemb

År: 1580

3 Taarnborg, Ribe

År: 1586 og senere

4 Oluf Bagers Mødrene Gård, Odense

År: 1663-1669

5 Det Harboeske Enkefruekloster, København

År: 1690

6 Priors Hus, Ærøskøbing

År: 1742 og senere

7 Fæstningens Materialgård, København

År: 1757-1770

8 Poul Egedes Hus, Ilimanaq, Grønland

År: 1767

9 Værftgården Nørre Sødum, Møgeltonder

År: 1775

10 Stines Hus, Lolland

År: 1777-1779

11 Digegevrens Hus, Tønder

År: 1784-1785

12 Hindsgavl Slot, Middelfart

År: 1795

13 Bent Madsens Gård, Dreslette

År: 1823

14 Højergård, Højer

År: 1827

15 Gammelby Mølle, Fredericia

År: 1838

16 Kochs Tinghus, Store Heddinge

År: 1843-1845

17 Kornerups Rådhus, Vordingborg

År: 1853

18 Bindebølls Rådhus, Thisted

År: 1858

19 Søetatens Pigeskole, København

År: 1858

20 Skagen Grå Fyr, Skagen

År: 1858

21 Dyrehave Mølle, Nyborg

År: 1860

22 Meldahls Rådhus, Fredericia

År: 1860

23 Riises Landsted, Frederiksberg

År: 1865

24 Kalines Hus, Læsø

År: 1871

25 Højgården, Sejersø

År: 1880

26 Tvedes Rådhus, Sorø

År: 1892

27 Ambergs Rådhus, Esbjerg

År: 1898

28 Støberihallerne, Præstø

År: 1901

29 Familien Jensens Gård, Korup

År: 1905

30 Havnemesterboligen, Skagen

År: 1906

31 Villaen, Højer

År: 1907-1908

32 J.F. Willumsens Hus, Hellerup

År: 1908

33 Gelsted Station, Gelsted

År: 1910

34 Amtmandsboligen, Hjørring

År: 1913

35 Rosenhuset, Hellerup

År: 1917

36 Bakkekammen, Korup

År: 1917

37 Ballonhangaren, København

År: 1918

38 Ejnar Ørnsholts eget hus, Nakskov

År: 1918

39 Landsted af Kay Fisker, Snekkersten

År: 1924

40 Edvard Heibergs Hus, Virum

År: 1929/1931

41 Arne Jacobsens Hus, Charlottenlund

År: 1934

42 Statshusmandsbrug, Skovbølling

År: 1936

43 Kay Fiskers egen lejlighed i Vestersøhus, København

År: 1936

44 Arne Jacobsens sommerhus, Gudminderup

År: 1937

45 PH's Hus, Gentofte

År: 1939

46 Viggo Møller-Jensens Hus, Kgs. Lyngby

År: 1951

47 Arne Jacobsens Hus, Klampenborg

År: 1952

48 Varmings Hus, Gentofte

År: 1953

49 Clemmensens Hus, Gentofte

År: 1954

50 Esken, Fårevæjle

År: 1955

51 Erik Chr. Sørensens Hus, Charlottenlund

År: 1956

52 Bertel Udsens Hus, Lyngby

År: 1956-1959

53 Jarmers Plads, København

År: 1958

54 Gunnløgssons Hus, Rungsted Kyst

År: 1958

55 Knud Friis' Villa, Brabrand

År: 1960

56 Romerhuset, Helsingør

År: 1963

57 Exners Hus, Skodsborg

År: 1967

58 Glasalstrup, Hasselager

År: 1969

59 Poul Erik Thyrrings Hus, Herning

Fotos

Kurt Rodahl Hoppe: Side 2 th., 10, 15 øv., 22, 34, 37 ned., 38, 40 øv., 40 ned., 48, 50, 52, 55 øv., 55 ned, 63

Helene Høyer Mikkelsen: Side 8-9, 17 ned.th., 56, 58, 59 tv., 59 th.

Jan Knudsen: Side 3, 30, 32, 33

Mikkel Meister: Side 6, 18, 23

Per Munkgård Thomsen / Lars Degnbol: Side 4, 44, 45

Jens Markus Lindhe: Side 2 tv., 28 tv., 28 th.,

Anders Sune Berg: Side 11, 17 øv.th.,

Lars Gundersen: Side 16 tv.

Kira Ursem: Side 42,

Jørgen Jensen: Side 51

Andreas Trier Mørch/www.arkitekturbilleder.dk: Side 26

Aalborg Universitet: Side 12

Skalflex: Side 37 øv.

Realdania By & Byg: Side 15 ned.



**Livscyklusvurderinger for historiske ejendomme
– erfaringer og læringer fra Realdania By & Byg**

Realdania By & Byg A/S, 2022

ISBN: 978-87-93746-59-6

Skribent/journalist – interviewartikler side 6-23: Mikkel Meister

Øvrig tekst og redaktion: Realdania By & Byg

Layout, illustrationer og tryk: OAB-Tryk ApS, Odense

Realdania By & Byg

Jarmers Plads 2, 1551 København V
Nørregade 29, 5000 Odense C

Tlf.: 70 11 06 06

info@realdaniabyogbyg.dk

www.realdaniabyogbyg.dk

At restaurere en historisk bygning er en balancegang, hvor bevaringsværdier, æstetik, nutidig anvendelse, økonomi og klima- og miljøhensyn skal vejes op mod hinanden på et kvalificeret grundlag.

Her kan livscyklusvurderinger skærpe blikket på klimadimensionen ved at klargøre den samlede CO₂-udledning, der er forbundet med restaureringen, med de enkelte valg og med alternativerne til disse valg.

Realdania By & Byg har i de sidste knap tyve år erhvervet og restaureret eller transformeret ca. 60 historiske ejendomme – og har senest gennemført livscyklusvurderinger – LCA – af hovedparten af disse projekter på grundlag af data fra egne arkiver og fra materialeproducenterne.

Gennem tre interviewartikler og otte konkrete cases sætter denne publikation fokus på, hvordan LCA er brugt til at analysere klimaaftrykket ved Realdania By & Bygs restaureringer og transformationer, og hvordan læring fra arbejdet kan indgå i nye projekter.