



# DET VEDLIGE- HOLDELSESFRI HUS

Fornyelse fortolker fortiden





AF BIRGITTE KLEIS

# DET VEDLIGE- HOLDELSESFRI HUS

Fornyelse fortolker fortiden

# INDHOLD

<b>MiniCO2 Husene</b>	
Seks huse – seks erfaringer	5
Perspektiv og potentiale	6
<b>Forudsætning og ambition</b>	
Du behøver ikke røre en finger	9
<b>Huset</b>	
Jernalderhus gentænkt	15
Beskrivelse af huset	17
Tindrende klar plan	18
<b>Materialer og metoder</b>	
Hus af krydsfiner – på to dage	23
Glas lever omtrent evigt	24
Vinduer af kompositmateriale	25
Ventileret hus på stolper	25
Snusfornuftig bygbarhed og serieproduktion	27
Generelt om LCA	30
<b>Husets CO2-profil</b>	32



# MINI CO2 HUSENE



## MINICO2 HUSENE

På en grund lidt vest for Nyborg har Realdania Byg udviklet og opført seks nye enfamiliehuse. De hedder MiniCO2 Husene og har det til fælles, at de alle er enfamiliehuse, de er mellem 135 og 150 kvadratmeter store, og de opføres inden for en almindelig økonomi, sådan at de nu er klar til at blive solgt til helt almindelige familier. Nok så vigtigt har de seks huse også det til fælles, at de alle søger at reducere byggeriets CO<sub>2</sub>-aftryk, men de adskiller sig fra hinanden ved at gøre det på hver sin måde. Det er ikke gjort før herhjemme.

Nyt er det også at målrette hvert hus en særlig parameter i forhold til, hvor vidtgående det er muligt at reducere CO<sub>2</sub>-udledningen. I hvert enkelt projekt skrues altså op for et afgrænset felt, mens de øvrige parametre holdes inden for gældende bygningsregler. Det betyder, at det bliver muligt at vurdere vægten af de forskellige parametre, målt op mod hinanden. CO<sub>2</sub>-udledning falder i forskellige perioder i en bygnings levetid, nemlig i forbindelse med anlæg, drift og vedligehold. Der udledes med andre ord både CO<sub>2</sub>, når huset bygges, og når

mennesker bor i det og bruger vand, varme og el. Derudover udledes CO<sub>2</sub>, når huset løbende vedligeholdes, og når det undergår væsentlige bygningsændringer i løbet af hele dets levetid, og endelig betyder det også noget for CO<sub>2</sub>-regnskabet, når huset efter endt brug skal bortskaffes.

### SEKS HUSE – SEKS ERFARINGER

Ambitionen i de to såkaldte Vedligeholdelsesfri Huse er, som navnet antyder, at opføre huse, der ikke kræver vedligeholdelse i de første 50 år, og

5 kg

0,5 kg

3,5 kg

0,5 kg

#### DET VEDLIGEHOLDELSFRI HUS vs. REFERENCEHUSET

CO<sub>2</sub>-udledningen fra materialeforbruget til konstruktionens livscyklus i Det Vedligeholdelsesfri Hus er mindre end Referencehusets (3,5 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/år mod 5 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/år i en periode på 50 år). Både i Det Vedligeholdelsesfri Hus og i Referencehuset beløber udskiifningen af materialer sig regnet over 50 år til ca. 0,5 kg af den samlede CO<sub>2</sub>-belastning fra huset (se side 32).

som ydermere har en levetid på ikke mindre end 150 år. Levetid er en meget væsentlig faktor, når man taler om at reducere CO<sub>2</sub>-udledning, for hvis et hus kan stå i 150 år, svarer det til to-tre gange levetiden for et almindeligt enfamiliehus – og dermed lige så mange gange sparet CO<sub>2</sub>.

Det er ambitiøst og skal lykkes ad to veje; den ene vej er velkendt, idet huset opføres af traditionelle materialer, som har været afprøvet og bevist deres værd gennem århundreder, mens den anden vej bryder ny grund ved at opføre huset af dagens og morgendagens materialer og knytte dem sammen på nye måder.

Upcycle House retter fokus mod anlægsfasen og undersøger, hvor meget CO<sub>2</sub>, der kan spares ved udelukkende at bruge genbrugsmaterialer eller helst upcycledede materialer til opførelsen.

Det Foranderlige Hus tager fat på den udfordring, at et hus typisk gennemlever mange ombygninger i løbet af dets levetid, i takt med at familien vokser, og nye behov opstår. Hver gang materialer udskiftes, og der bruges energi på selve ombygningen, udledes CO<sub>2</sub>. For at imødegå det, er Det Foranderlige Hus meget tilpasningsdygtigt og kan f. eks. ved hjælp af skydedøre ændre funktioner og indretning, uden brug af destruktive metoder med byggerod til følge.

Endelig er der i Kvotehuset lagt op til, at det er beboerne, der skal i spil. Erfaringer viser, at netop de er den helt store joker, når det gælder CO<sub>2</sub>-udled-

*“Hvis vi skal kunne håndtere klimaforandringer, er vi nødt til at finde ud af, hvad nyt byggeriet kan bidrage med. Hidtil har vi været gode til at få styr på energi til opvarmning, men det er måske problematisk at fokusere for meget på én parameter, fordi man risikerer at glemme de øvrige forhold i byggeriet, som også udleder CO<sub>2</sub> – byggeri er jo en enormt kompleks proces. Her kan MiniCO<sub>2</sub> Husene måske være et værdifuldt bidrag.”*

Jørgen Søndermark, Realdania Byg

ning, og de kan alt efter adfærd påvirke energiforbruget med en faktor 3, både op og ned. Kongstanken er, at Kvotehuset på tre niveauer opfordrer beboerne til en fornuftig adfærd i CO<sub>2</sub>-mæssig forstand. Dels gennem sit design, dels via sin iboende teknologi og dels ved - ganske kontroversielt - at introducere en kvote, der sætter en grænse for den mængde af CO<sub>2</sub>, som beboerne kan udlede pr. måned. Det skal forstås som en slags budgetkonto, der skal hjælpe beboerne med at fastsætte en ramme for energiforbruget, og når kvoten er brugt, gør husets tekniske systemer opmærksom på det. Tanken er på denne måde at skabe eftertanke og skære unødigt overforbrug væk.

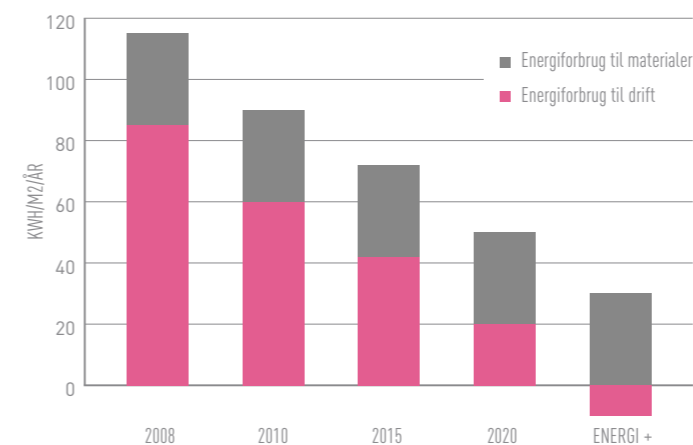
Mens de fem første huse altså er eksperimenter, som i ekstrem grad undersøger hvert sit aspekt af CO<sub>2</sub>-udledning, er det ambitionen i det sjette og sidste hus at samle og balancere erfaringerne og resultaterne fra alle de foregående huse, for så på almindelige kommerциelle vilkår og inden for en almindelig økonomisk ramme at udvikle et MiniCO<sub>2</sub> Typehus med mindst muligt CO<sub>2</sub>-fodaftryk og bredest mulig arkitektonisk appel.

## PERSPEKTIV OG POTENTIALE

Det er Realdania Bygs håb, at projektet vil række ud over de seks konkrete huse, og dermed vil komme andre end de seks familier, der vælger at købe husene, til gode. Erfaringerne er derfor i samarbejde med SBi efterfølgende blevet ekstraheret ud af den konkrete kontekst og brugt til at udpege generelt anvendelige veje for byggeriet til at reducere CO<sub>2</sub>-fodaftrykket. De gode ideer er samlet i to såkaldte ‘arkivskabe’, der stilles til rådighed for den danske byggebranche. Det ene arkiv rummer alle de konkrete ideer til, hvordan man sparer CO<sub>2</sub>, mens det andet samler alle de ekstra kvaliteter og værdier, der er opstået i kølvandet på tankerne om at reducere CO<sub>2</sub>: Væksthus, svalekammer, fleksibilitet, holdbare materialer og ikke at forglemme den ekstra tid, som boligejerne får til rådighed, når de bor i et hus, hvor der ikke skal males vinduer eller skiftes tagsten de første 50 år.

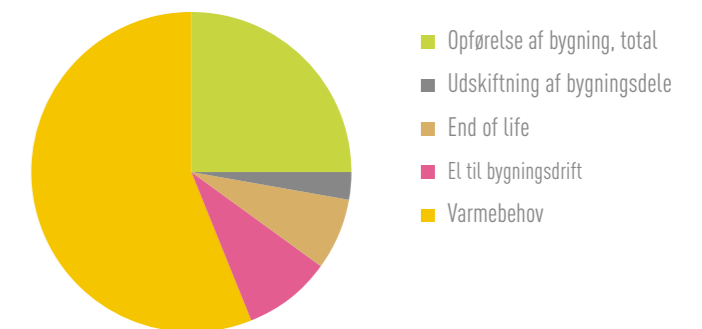


Fordeling af energiforbrug i et typisk parcelhus



Udvikling over tid i fordelingen af energiforbrug fra henholdsvis materialer og drift. Figuren viser, at mens energiforbruget til boligernes opvarmning er støt faldende, er energiforbruget bundet i de byggematerialer, huset er bygget af, konstant. Det er forventeligt, at CO<sub>2</sub>-udledningen vil følge et tilsvarende forløb. Det er denne del, som dette projekt har fokus på.

Fordeling af CO<sub>2</sub>-udledning i et typisk parcelhus



Fordelingen af CO<sub>2</sub>-udledning i et typisk parcelhus. Figuren viser, at med det nye bygningsreglement, der træder i kraft i 2015, udgør den del af et parcelhus' CO<sub>2</sub>-udledning, som er knyttet til byggematerialer (opførelse, udskiftning af bygningsdele og nedrivning), knap 40 %.



# FORUDSÆTNING OG AMBITION

## DU BEHØVER IKKE RØRE EN FINGER

Det er lidt af et drømmescenarie at kunne bygge et hus, hvor boligejeren i princippet ikke skal røre en finger for at holde det ved lige de første 50 år. Sådant hus er nu opført under overskriften Det Vedligeholdelsesfri Hus, og navnet må virke besnærende på de boligejere, der bander over at skulle bruge mangen en sommer på at male vinduer, tjære træværk og spule taget fri for mos og alger.

I Det Vedligeholdelsesfri Hus kan beboerne med god samvittighed lægge sig i hængekøjen med en god bog, sommer efter sommer, uden at skulle

gribe en pensel eller frygte for vandskader efter skybrud. De kan bo i huset år efter år uden at skulle male vægge, høvle gulve eller ødelægge vægoverflader, når nye installationer skal lægges ind i huset. Det er ikke nødvendigt, for udvendigt er alle forgængelige materialer beskyttet af uforgængelige, og indvendigt er alle vægge forsynet med overflader, der patinerer snarere end slides, ligesom alle installationer er tilgængelige. Livet leves med andre ord nemt i Det Vedligeholdelsesfri Hus. Ud over sparet tid og penge er huset også med til at reducere udslippet af store mængder CO<sub>2</sub>, eftersom byggematerialerne ikke skal skiftes efter få

### FAKTA

LCA bruges til at vurdere et materiale eller en bygningsdels indvirkning på miljøet i hele levetiden fra råmateriale, over produktion og drift til den endelige bortskaffelse, og i analysen undersøger man syv forskellige faktorer, hvoraf CO<sub>2</sub> er den vigtigste, fordi den har afgørende betydning for klimaforandringer og global opvarmning.

Life Cycle Costing kan bruges til at beregne en bygnings samlede omkostninger i hele dens levetid, og her er det f.eks. muligt at analysere, om det giver økonomisk mening at skifte en komponent mange gange i løbet af bygningens levetid, eller om det er en bedre ide at bruge komponenter af bedre kvalitet fra begyndelsen, selv om det giver en større udgift i anlægsfasen.



“Vi har arbejdet på at finde materialeoverflader, som kan stå af sig selv i mange år uden vedligeholdelse, og som er til at holde ud at se på i mange år. Når de holder i 150 år, så skal de jo have en arkitektur og en rumlig kvalitet, der kan danne en attraktiv ramme om et liv i hele den lange periode. Da det er svært at spå om, hvad folk synes om 50 år ude i fremtiden, er der faktisk også lagt op til en form for foranderlighed i huset – beboerne vil kunne fjerne vægge eller flytte dem og sætte dem op i en anden takt.”

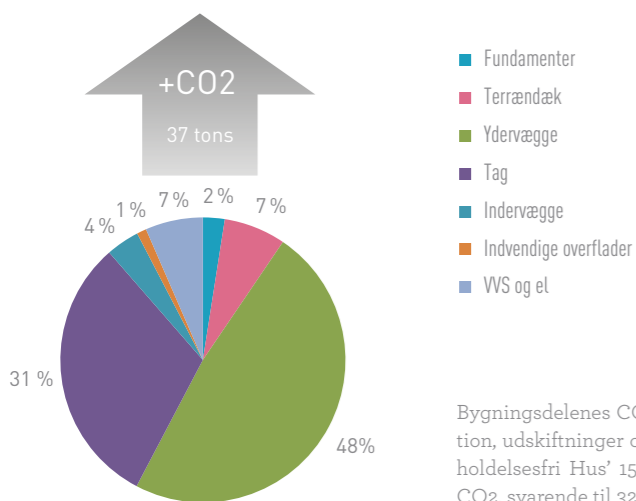
Frants Frandsen, Realdania Byg

år, men kan holde husets levetid ud – og i øvrigt genbruges, når huset engang skal bortskaffes.

At huset er vedligeholdelsesfrit er dog ikke ensbetydende med, at alt er fuldstændig fastlåst og ikke kan ændres i løbet af dets lange levetid. Det ville harmonere dårligt med tidens tendens til at udtrykke personlige værdier og holdninger gennem valg og ændringer i boligen; det ville faktisk

heller ikke gavne CO<sub>2</sub>-regnskabet, hvis huset var fastlåst, og det dermed var nødvendigt at foretage destruktive indgreb i konstruktionen. Huset har derfor taget den udfordring på sig både at være vedligeholdelsesfrit og til en vis grad foranderligt, idet det er forberedt til, at der kan indrettes flere eller færre værelser, ligesom det i princippet er muligt at forlænge eller forkorte huset, efter behov.

Det Vedligeholdelsesfrie Hus, tradition:  
CO<sub>2</sub> fordelt på husets samlede levetid i 150 år





*“Den bedste historie i dette projekt er, at vi har bygget et hus, der ikke bare holder realkreditlånets tid ud, men fem gange så længe. Og selv om vi griner lidt af, at ingen af os lever længe nok til at opleve, om det holder stik, så ved vi fra bygningshistorien, at det sagtens kan lade sig gøre.”*

Jimmy Vinter Gravgaard, Enemærke & Petersen





# HUSET

**JERNALDERHUS GENTÆNKT**  
Stik imod vante forestillinger har arkitekterne bag Det Vedligeholdelsesfri Hus valgt at tegne et træhus og ikke et tungt muret hus eller et hus af beton. Et kig bagud i det bygningshistoriske arkiv dokumenterer da også, at det sagtens kan lade sig gøre at opføre bygninger af træ med lang levetid. Tag f.eks. de hjemlige herregårdes gamle ladebygninger, teglværkernes tørrehaller eller hele den nordiske bygningsmasse af træ, som alle stadig står efter flere hundrede år. Arkitekterne har imidlertid kigget endnu længere tilbage i bygningsarven og fundet inspiration i det arketyperiske

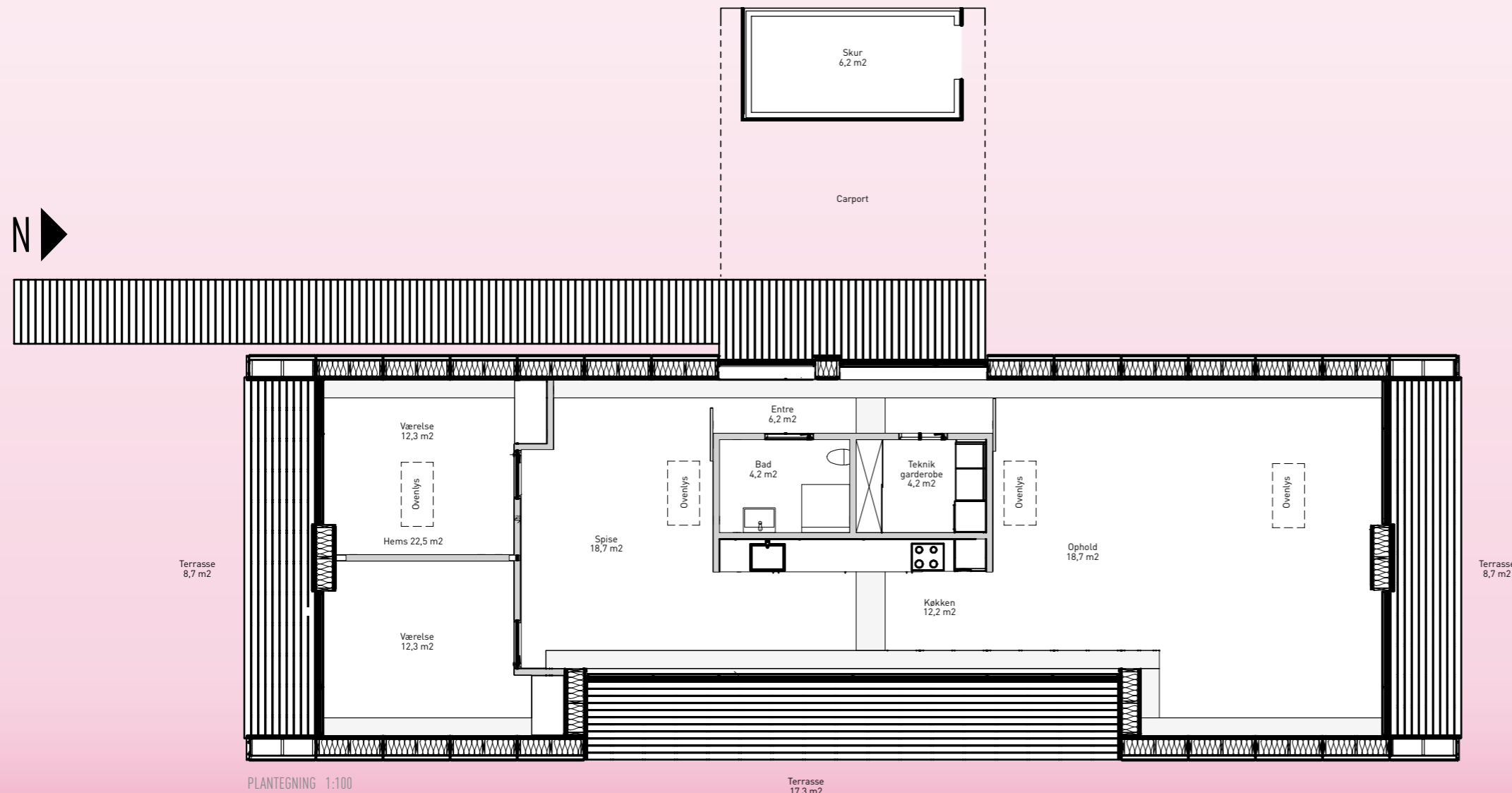
længehus, som kendes tilbage fra jernalderen. Dets byggetekniske særkende var et stort stråttækt tag, hvis udhæng beskyttede væggene af for-gængelige byggematerialer. Længehuset var oprindeligt ét stort rum, åbent til kip, hvor køerne holdt til i den ene ende og beboerne i den anden, adskilt af et ildsted i midten. Fra dette udgangspunkt har arkitekterne lagt en række styrende parametre fast for arbejdet med at udvikle Det Vedligeholdelsesfri Hus: Huset skulle have en klimaskærm, der ikke kunne nedbrydes; alle nedbrydelige materialer skulle placeres i et fuldt skærmet og ventileret miljø; alle ind-

vendige materialer skulle kunne vedligeholdes alene med almindelig plejende rengøring; tekniske installationer skulle udføres som 'plug-in-elementer', der kunne udskiftes uden drastiske og destruktive indgreb i huset og sidst, men ikke mindst, skulle husets arkitektur være multianvendelig og langtidsholdbar.

Det hus, der nu er opført, er såvel arkitektonisk som konstruktivt da også en moderne gendigtning af et længehus; en enkel og klart aflæselig bygningskrop under et saddeltag med 40 graders hældning. Ikke desto mindre er det i sit formsprog, materialer og detaljer et umiskendeligt nutidigt hus.



Præfabrikeret modulopbygget hus  
– der let kan udbygges, ombygges og skilles ad.



## BESKRIVELSE AF HUSET

Huset er på 156 m<sup>2</sup> og er i ét plan med køkken/alrum, bad og 2 værelser. Hertil kommer 2 hemse og et teknikrum. Huset er konstrueret i selv bærende moduler i form af trækassetter på punktfundamenter af beton. Kassetterne er isoleret med skumplader/mineraluld i dækket og med mineraluld i væg- og tagarealer. Facadebeklædningen på modulerne er hærdet glas. Vinduer og døre ligger tilbagetrukket under udhæng. Gulvoverflader, vægge og lofter fremstår i træ, og indervægge er opbygget i gips.

## OVERORDNEDE PRINCIPPER

Effektiv klimaskærm, der ikke nedbrydes, og som skærmer hele bygningen (genbrugsglas).

Alle nedbrydelige materialer bruges i fuldt afskærmet og beskyttet miljø.

Bygningen udføres, så den er fleksibel i tidløs arkitektur (langtidsholdbar arkitektur).

Materialer til aptering vælges primært, så alm. rengøring også er plejende (gulve, vægge mv.).

Al teknik udføres som "plug-in"-moduler, der kan skiftes uden drastiske indgreb i bygningens hovedkonstruktioner (holder ikke 150 år).

Huset er bygget og isoleret, så det opfylder Lavenergi 2015-krav til nybyggede huse.

“De fleste vil nok tænke på et muret stenhus eller et betonhus, når opgaven lyder at bygge et vedligeholdelsesfrit hus. Vores postulat er, at et træhus – hvis det bliver bygget rigtigt med de rigtige detaljer og den rigtige udformning – kan holde meget længe. Det er her blevet til en moderne fortolkning af længehuset, et træhus, der er fuldt ventileret og fuldt afskærmet med glas – som jo er uforgængeligt.”

Rolf Kjær, Arkitema

## TINDRENDE KLAR GRUNDPLAN

Huset er 156 kvadratmeter og ligger på langs af grunden med en overdækket indgang placeret mod øst og præcist i midten af husets længderetning. Den centrale ankomst slår tonen an til planløsningen, som er symmetrisk og fuldkommen enkel. Fra entreen, som afgrænses af husets eneste faste element, en lukket boks med skydedøre i hver ende, er der adgang til et åbent køkken- og spiserum, som optager

den midterste del af huset. Boksen, der indeholder badeværelse og et kombineret garderobe- og teknikrum, lægger dermed ryg til køkkenet. Det åbne fællesrum er husets centrale mødested, og herfra er der adgang til to identiske værelser mod nord og til en stor stue mod syd. Over de to værelser tilbyder en hems overblik over hele huset, og antallet af værelser kan blive til tre og fire ved at inddrage dele af eller hele opholdsrummet, alternativt reduceres til et enkelt eller slet ingen,

hvis ambitionen er at skabe stemning som i et New Yorker-loft.

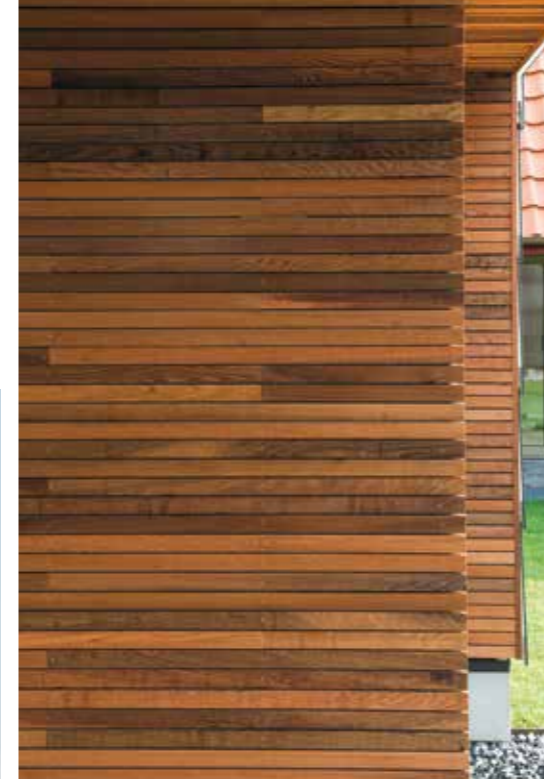
Husets indre er en træ-æske, der opleves som ét stort sammenhængende rum, åbent til kip og møbleret af lave lukkede bokse. Fire ovenlys lader himmellys sive ned langs de skrå loftflader og understreger dermed rummets højde. Dagslyset i huset kommer fra indgangspartiet, fra de rumhøje vindues- og dørpartier i gavlene og ikke mindst fra et godt 10 meter langt glasparti, der spænder ud i hele det kombinerede køkken- og spiserums længde.

Fra værelserne og stuen er der direkte adgang til terrasser i gavlene, der ligger som nicher i ly af bygningskroppen, mens det kombinerede køkken- og spiserum åbner op ud til et stort delvist overdækket trædæk, der vender mod vest.



Huset er placeret i én stor faskine, som tagvandet løber direkte ned i, og siver ned i jorden. Tagrender og nedløbsrør hører til de bygningsdele med et kortere liv. Derfor er de fjernet – alt vand løber fra taget i rustfrie stålrender mellem glaspladerne.

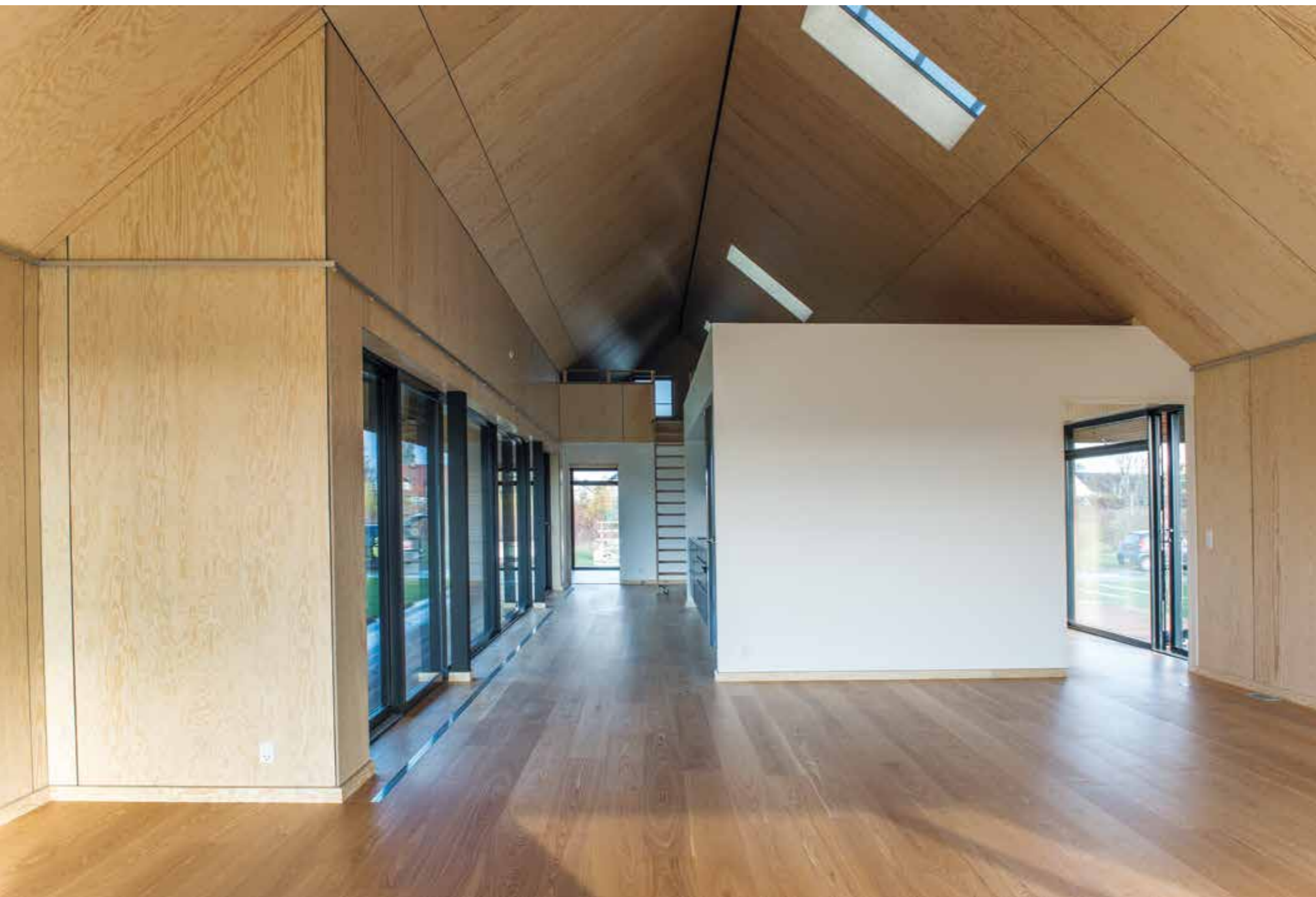




*“Når en glasplade har en levetid på minimum 150 år, betyder den CO<sub>2</sub>, der udledes i produktionen, ikke ret meget i det samlede regnskab. Vi kan se på historiske bygninger, at glas holder, indtil det bliver smadret. Her er der brugt hærdede glasplader, som kun dårligt kan smadres, og derfor forestiller vi os, at man om 150 år vil kunne tage glaspladerne ned og genbruge dem på et andet hus.”*

Rolf Kjær, Arkitema





# MATERIALER OG METODER

## HUS AF KRYDSFINER – PÅ TO DAGE

Husets konstruktion er en god historie. Det er nemlig skruet sammen – i bogstavelig forstand – ved hjælp af en skruemaskine og samlet på blot to dage! Grunden til, at det kan lade sig gøre, er, at den bærende konstruktion består af 18 selv bærende rammer af limet, stærkt krydsfiner, der er præfabrikeret på entreprenørens byggefabrik i Glostrup og derefter fragtet på lastbil til byggegrunden i Nyborg. Elementernes lave vægt og den forholdsvis korte vej mellem fabrik og byggeplads er vigtige faktorer, når det gælder om at reducere CO<sub>2</sub>, for transport af tunge byggematerialer over lange afstande batter som bekendt også godt i CO<sub>2</sub>-regnskabet.

Præfabrikation i en tør fabriksal rummer mange fordele, blandt andet at gentagelsen i produktionen af moduler og samlinger giver et rationelt byggeforløb, der resulterer i færre fejl og reducerer risikoen for, at der opstår kuldebroer og kondens i konstruktionen. Det selv bærende system af 122 cm brede rammer er produktudviklet af arkitekterne og yderligere optimeret i samarbejde med entreprenøren. Rammerne er samlet på fabrikken ved hjælp af specialfremstillede stålbeslag, som gør konstruktionen momentstiv og vindstabil. Målet har været at skabe husets ydre og indre rammer i ét greb for

på den måde at etablere et helt åbent bygningsvolumen uden søjler, bjælker eller trækbånd, og samtidig sikre fuld fleksibilitet i indretningen af huset.

De enkelte komponenter i rammerne er ens, hvad enten de bruges til gulve, vægge eller lofter, og kun samlingerne varierer, afhængig af om det er en vinkelret sammenskæring mellem gulv og vægge eller en vinklet sammenskæring mellem vægge og loft og kip. Rammerne er produceret som en integreret enhed og består udvendigt af en vejrbestandig facadeplade og indvendigt af såkaldt skrællet fyr, som skaber et homogent udtryk i gulve, vægge og lofter. Overfladen er oliebehandlet og akustisk reguleret ved hjælp af små borede profilhuller. Mellem de to lag er der isoleret med en kombination af højeffektiv skumisulering yderst og mineraluldsulering inderst; en løsning, der har resulteret i, at rammerne ikke er så dybe, og at der dermed kommer mere dagslys ind i huset, eftersom vindueslysningerne i sagens natur heller ikke er ret dybe.

Selve arbejdet med at sammenføje rammerne på byggepladsen har som sagt udgjort den mindste del af byggeprocessen. Efter ankomsten med lastbil er rammerne i løbet af to dage blevet skubbet på plads på punktfundamenter. Derpå er de samlet ved hjælp af false, der griber fat i



“Vi er godt klar over, at et ventilationsanlæg ikke holder i 150 år, så derfor er det lavet som et plug-in-element. Faktisk er alle installationer placeret i en brønd langs ydervæggen, og det betyder, at man ikke behøver at foretage destruktive indgreb i husets vitale dele, hvis installationerne skal skiftes. Her tager vi både hensyn til CO<sub>2</sub>, foranderlighed og vedligeholdelsesfrihed.”

Rolf Kjær, Arkitema

hinanden, således at det har været muligt at skrue rammerne helt tæt sammen uden brug af fugemateriale, som hverken i forhold til CO<sub>2</sub> eller levetid kan anbefales; det forvitrer nemlig og skal skiftes længe før, de 50 år er gået.

#### GLAS LEVER OMTRENT EVIGT

Det siger næsten sig selv, at et sådant hus ikke kan tåle at stå ubeskyttet. Det gør det da heller ikke, for i stedet for et egentlig tag er huset beskyttet af en “glashud”, der vokser ud over taget og

hele huset, og som klimaskærm – i ordets egentlige forstand – yder en effektiv beskyttelse af husets konstruktion. At der netop er valgt glas, skyldes, at det er stærkt, omtrent uforgængeligt og sagtens kan leve i 150 år, og det betyder i sidste ende, at CO<sub>2</sub>-regnskabet ikke ender med en rød bundlinje. I CO<sub>2</sub>-mæssig sammenhæng er glas nemlig kostbart at producere fra nyt, men hvis man derimod som i Det Vedligeholdelsesfri Hus bruger glasplader produceret af kasseret glas, som ellers vil ende på lossepladsen, giver det et anderledes godt regnskab. Dertil kommer, at glasset fuldt ud kan genbruges i nye byggerier efter endt levetid i Det Vedligeholdelsesfri Hus.



Glaspladerne er 8 mm tykke og består af syret glas, som er gennemfarvet i en mørk grå nuance. De er lagt med overlæg på samme måde, som man lægger skiffer, og er monteret på rustfri stålhafter med 5 cm afstand ned til facadepladen. Klimaskærmen danner en sammenhængende flade, som ikke gennembrydes af aftrækshætter og således er sikret lang levetid, fordi man undgår utætheder i samlinger mellem tagflade og udluftningshætter. Heller ikke ved tagets tre ovenlys brydes glasfladen; her er der blot monteret transparente glasplader, så lyset kan strømme ind, og regnen holdes ude. Glasinddækningen fortsætter ned over husets lodrette facader både på gavlene og på de godt 22 meter lange facader mod øst og vest, men dækker naturligvis ikke vinduer og døre, som i sagens natur skal kunne åbnes. Et gammelt ordsprog siger, at man ikke skal kaste med sten, når man selv bor i glashus – i dette tilfælde vil det nok snarere hedde: man skal helst ikke kaste med sten, når naboen bor i glashus! Men faktisk kan glashuden tåle det meste; den består nemlig af hærdet glas, der desuden har mat overflade, som gør, at huset ikke blænder nabobygningerne, når solen skinner.

#### VINDUER AF KOMPOSITMATERIALE

Som en logisk konsekvens af den overordnede ide med at beskytte nedbrydelige bygningsdele konstruktivt er alle vinduer og døre trukket tilbage fra facadeflugten og placeret i dybe

overdækkede nicher, som yder effektiv beskyttelse mod vind og vejr og reducerer UV-påvirkningen fra solen, der ellers nedbryder både fuger og termoruder. Eneste undtagelse fra dette princip er placeringen af indgangspartiet, som til gengæld er beskyttet af en overdækning, der samtidig giver tørskoet adgang til husets depot. Døre og vinduespartier er kendetegnet ved slanke rammer, der lader meget dagslys komme ind i huset. De er produceret af kompositmaterialet GRP, Glass Reinforced Polyester, som ud over at være slagfast og stærkt også har en lav varmetransmission med en u-værdi på 0,9 og er støbt på en måde, så der ikke opstår kuldebroer. Vinduesystemet er produktudviklet af arkitekterne, omend til et andet projekt, og i første omgang overvejede de, om huset – som jo i sin grundtanke er et træhus – skulle have vinduer af træ.

“Intentionen har været at skabe nogle stærke rammer af krydsfiner, som udgør hele konstruktionen, så vi undgår søjler og bjælker inde i huset. Det er en ganske enkel byggeteknik, som samler huset ramme for ramme. Det ligger også i husets filosofi, at man kan bygge ud og indskrænke over tid, hvilket er med til at gøre det langtidsholdbart, fordi det betyder, at en familie godt kan se sig selv bo i huset, hvis børneflokkens udvides. Vi forestiller os, at man kan bestille flere rammer og forlænge huset, eller omvendt, skrue dem af og få et mindre hus. Enhver, der har en skruemaskine, vil kunne øge eller formindske husets størrelse.”

Thomas Carstens, Arkitema





som livscyklusanalysen af huset i øvrigt også har vist.

Selv om forbilledet måske er forhistorisk, er den væsentligste hensigt med dette greb dog at sikre huset mod fremtidige vejrforhold, hvor voldsomme regnskyl og øgede vandmængder formodes at blive en realitet. Et træhus skal hæves op, så det er beskyttet mod vand og jordfugt nedefra, og når huset hæves, betyder det samtidig, at det bliver ventileret hele vejen rundt, både under bygningen og op under glasfacaden, så bunden altid er tør. Spalten mellem krydsfiner og glas fungerer nemlig som en skorsten, der trækker luft ind for neden og leder den rundt om huset. Luften vil desuden kunne bruges i husets kombinerede varmepumpe og ventilationsanlæg og dermed bidrage til opvarmningen. Man kan sige, at denne løsning faktisk skaber Danmarks største luftsolfanger, udført på et enfamiliehus. Når det handler om at få frisk luft inde i huset, sker det ganske simpelt ved at åbne vinduer og døre, selv om ventilationsanlægget selvfølgelig også bidrager.

Ligesom alle andre huse skal også Det Vedligeholdelsesfri Hus kunne komme af med brugt luft og fugt, og da det af gode grunde ikke kan foregå

Entreområdet er en del af den 'boks', som rummer de tekniske og de våde rum. Man ankommer derfor til huset i et rum med normal loftshøjde, for først derefter at blive præsenteret for husets imponerende højloftede rum.

via aftrækshætter i taget eller facaden, har man i stedet fundet på en ganske smart løsning: Ventilationen med indblæsning og udluftning føres via en installationskanal under huset ned i jorden og op i haven ved skuret. Af samme årsag er der kulfilter i emhætten i køkkenet, så der ikke er behov for aftræk til det fri.

### SNUSFORNUFTIG BYGBARHED OG SERIEPRODUKTION

På spørgsmålet om, hvorvidt Det Vedligeholdelsesfri Hus er højteknologisk og avanceret eller lavpraktisk og snusfornuftigt, må svaret være ja til begge dele. Det skal forstås sådan, at huset rummer højteknologiske komponenter og gennemprojekterede, præfabrikerede bygningsdele, der er særligt udviklede til netop dette hus – de er bare sat uhyre simpelt sammen, næsten som byggeklodser.

Takket være et samarbejde mellem arkitekter og entreprenøren, som har draget nytte af hinandens særlige kompetencer, er det lykkedes at udvikle løsninger, som dels er i tråd med husets intentioner, dels har øget den praktiske bygbarhed og dermed understreget, at det absolut er muligt at bygge et præfabrikeret hus inden for en almindelig økonomisk ramme – ved hjælp af fælles sund fornuft.

Et eksempel er de udfordringer, der knytter sig til ambitionen om at samle huset af færdige præfabrikerede elementer i løbet af blot to dage. På grund af rammernes størrelse og vægt kunne de risikere at knække under transporten, og det ville kræve, at rammerne skulle transporteres i mindre dele og derefter samles i et telt på byggepladsen, hvorved hele ideen med at bygge af industrielt fremstillede komponenter ville gå tabt. I stedet har man valgt at montere en standardspærfod på rammerne, som sikrer den nødvendige momentstivhed



Ovenlyspartierne er faste og kan ikke åbnes. Til gengæld skyller himmellyset ind i huset uden risiko for, at der opstår skader over tid, for ovenlyset er som resten af huset beskyttet af den ydre kappe af hærdet glas.

under transporten, og hvis spærfoden ikke skulle bruges i huset efterfølgende, er den blevet afmonteret på byggepladsen. Til gengæld har den fået lov at blive siddende i den del af huset, hvor hemsens er indrettet over værelserne, for her har den fortsat en praktisk funktion. De ideer og erfaringer om præfabrikation og udvikling af nye byggesystemer, der ligger indlejret i Det Vedligeholdelsesfri Hus' genetiske kode, peger på det oplagte i at serieproducere tilsvarende huse rundt omkring i landet, og eksemplet dokumenterer til fulde, at det kan lade sig gøre at bygge inden for en økonomisk ramme, som helt almindelige familier har råd til.

*“Vores bidrag til projektet har især handlet om at øge bygbarheden. Ideen med et industrielt fremstillet produkt går jo fløjten, hvis man skal stå og lave halvfabrikat og så samle det i et telt på byggepladsen. Vi har derfor foreslået nogle produktive ændringer, som betyder, at når vi går i gang med montagen af huset, så tager det halvanden dag, før der står en ydre ramme, som vi så bare skal beklæde.”*

Jimmy Vinter Gravgaard, Enemærke & Petersen



*“Vi bruger 40 cm CO2-neutralt materiale i rammekonstruktionen og kun 8 mm CO2-tungt materiale til glasset, som tilmed er genbrugsglas og evigt holdbart. Det er et godt princip, synes jeg.”*

Thomas Carstens, Arkitema







## GENERELT OM LCA

En livscyklusanalyse (LCA) af en bygning sammenregner miljøpåvirkninger fra husets log, dets materialers livsfaser. Skemaet nedenfor viser de processer, som typisk indgår i en LCA. Ofte forenkles en LCA, således at mindre betydende livsfaser og processer ignoreres, så det kun er de markerede, der medregnes.

En LCA kan medregne flere forskellige former for miljøpåvirkninger, f.eks. emissioner af ozonnedbrydende stoffer, belastning fra næringssalte, giftstoffer eller ressourceforbrug. I MiniCO<sub>2</sub>-husenes LCA er fokus udelukkende rettet mod bidraget til global opvarmning, som måles i kg CO<sub>2</sub>.

CO<sub>2</sub>-udledninger i en bygnings livscyklus stammer dels fra byggematerialernes livscyklus og dels fra energiforbruget i løbet af bygningens levetid. Byggematerialernes livscyklus inkluderer udvinding af råstoffer samt produktion og transport af materialet, og processer udleder CO<sub>2</sub>. Den samlede udledning kaldes materialets indlejrede CO<sub>2</sub>. Dertil kommer bortskaffelsen (End of Life) af materialet, når det udskiftes, eller når bygningen rives ned. Hvis materialet forbrændes udledes yderligere CO<sub>2</sub>, og hvis det genanvendes, indgår det som materiale i et nyt kredskøb.

Hvis der er materialer, som efter endt brug kan genanvendes, f.eks. metaller, der kan smeltes om og genbruges, tilfører genanvendelsen en lille CO<sub>2</sub>-gevinst til regnskabet, fordi det genanvendte metal erstatter nyt metal produceret af råstoffer. I LCA skelnes dog skarpt mellem miljøpåvirkninger fra forskellige produktsystemer. Det betyder, at miljøgevinsten ved genanvendelse for de fleste materialers vedkommende er størst, hvis genbrugte/genanvendte materialer forbliver i et produktsystem, snarere end hvis potentielt genbrugelige/genanvendelige materialer sendes ud af produktsystemer til mulig brug andre steder.

Det er normal praksis, at bortskaffelsen af huset og dets materialer forventes at foregå ud fra nutidig praksis, selvom det i praksis vil foregå langt ude i fremtiden. Der kan altså ikke tages højde for ikke-kommercielle og endnu ikke udviklede teknologier til brug for bortskaffelsen.

Eftersom alle bygningens livsfaser regnes med i en LCA, sammenregnes CO<sub>2</sub>-udledninger fra både produktion,

drift og bortskaffelse af huset som en enhed bestående af mange forskellige byggematerialer.

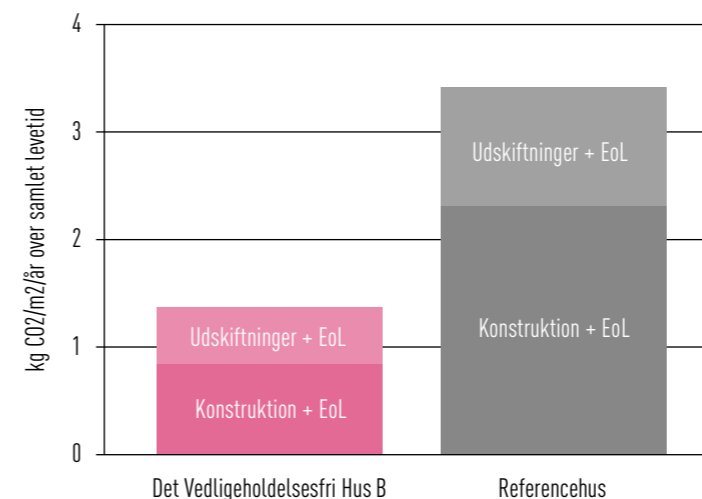
I løbet af bygningens levetid vil der løbende være materialer, der skal udskiftes, og produktion af disse nye materialer samt bortskaffelsen af udtjente materialer inkluderes i det samlede CO<sub>2</sub>-regnskab.

Bygningernes driftsmæssige energiforbrug til opvarmning og el i løbet af den samlede levetid indgår ikke i LCA, men Det Vedligeholdelsesfri Hus er konstrueret, så det lever op til 2015 kravene for nybyggeri.

## LIVSCYKLUSANALYSE AF DET VEDLIGEHOLDELSFRI HUS

Livscyklusanalysen af Det Vedligeholdelsesfri Hus er udført som en sammenligning med CO<sub>2</sub>-belastningen af et almindeligt parcelhus, med en forventet livscyklus på 120 år. Det Vedligeholdelsesfrie Hus er imidlertid opført af materialer og ved hjælp af en kendt konstruktionsteknologi, som fordrer en forventet levetid på mindst 150 år. Derfor er forskellen i levetid søgt lineært ekstrapoleret fra 120 år i referencehuset til 150 år i Det Vedligeholdelsesfri Hus.

Husets særkende:  
Vedligeholdelsesfri og lang levetid



## CO<sub>2</sub> BELASTNING OVER 120 ÅR

Referencehusets samlede CO<sub>2</sub>-aftryk, altså konstruktion, vedligehold og bortskaffelse over 120 år er 3,5 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/år, mens CO<sub>2</sub> aftrykket i Det Vedligeholdelsesfri Hus i samme periode udgør 1,5 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/år.

Vedligeholdelsesandelens CO<sub>2</sub>-aftryk udgør i referencehuset ca. 1,2 kg/m<sup>2</sup>/år, mens den i Det Vedligeholdelsesfri Hus udgør ca. 0,6 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/år. Det er altså to gange mere CO<sub>2</sub>-belastende at vedligeholde referencehuset målt over en periode på 120 år.

## CO<sub>2</sub> BELASTNING OVER 150 ÅR

Hvis referencehuset skulle kunne leve i 150 år, ville dets samlede CO<sub>2</sub> belastning udgøre ca. 4,4 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/år mod 2,0 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/år i Det Vedligeholdelsesfri Hus.

Vedligeholdelsesandelens CO<sub>2</sub>-aftryk udgør i referencehuset 2,2 kg/m<sup>2</sup>/år i dette tilfælde, mens den i Det Vedligeholdelsesfri Hus udgør 0,6 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/år. Det er altså ca. fire gange mere CO<sub>2</sub>-belastende at vedligeholde referencehuset målt over en periode på 150 år.

Det vedligeholdelsesfri Hus er konstrueret til at kunne stå i 150 år og samtidig sikre et minimum af vedligehold over husets samlede levetid, som altså forventes at være 30 år længere end Referencehusets 120 år. Kigger man på CO<sub>2</sub>-belastningen fordelt over husets samlede levetid, er tallet for Det Vedligeholdelsesfri Hus ca. 1,5 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/år og for Referencehuset næsten 3,5 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/år. Dette er illustreret i figuren. Heraf fremgår også, hvor stor en del af belastningen, der skyldes udskiftningen af materialer.

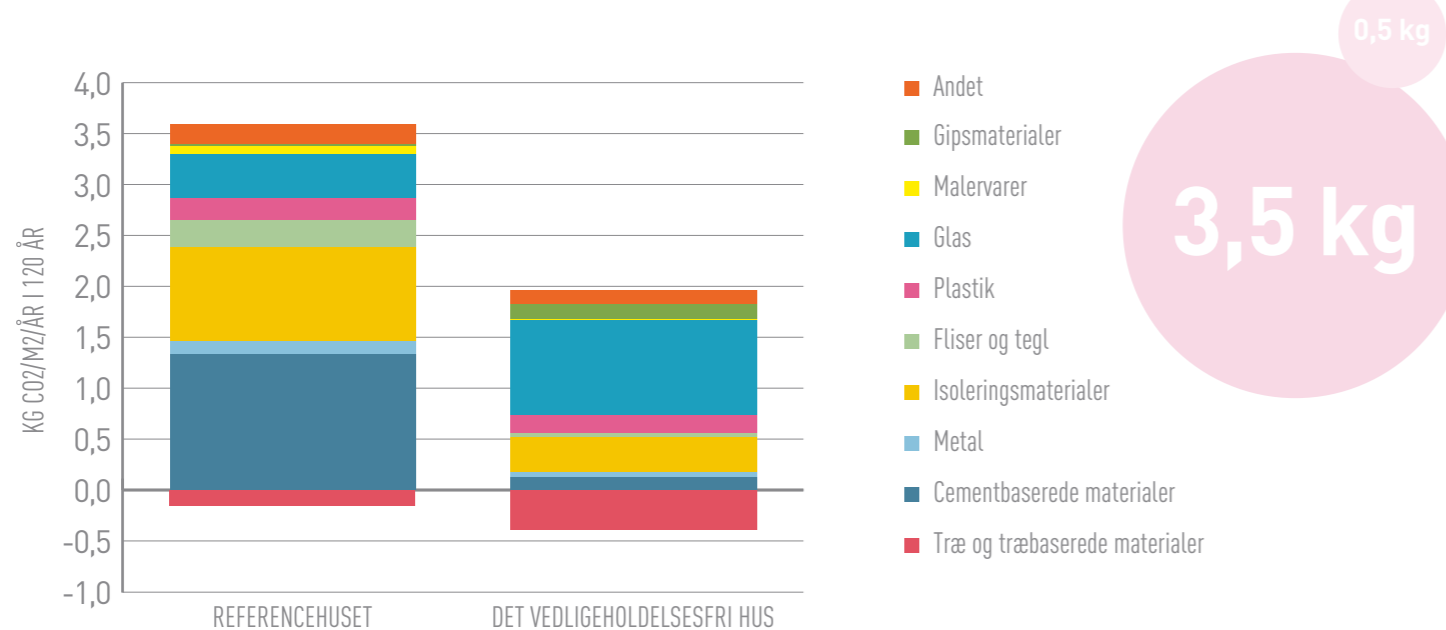
Selvom Det Vedligeholdelsesfri Hus er konstrueret til et minimum af vedligehold, vil der stadig være nogle grundlæggende komponenter i byggeriet, som skal udskiftes næsten på linje med udskiftningerne i Referencehuset. Det gælder især udskiftningen af lavenergiruder som, på trods af en længere levetid end i referencehuset, står for en stor del af belastningen fra udskiftningerne i Det Vedligeholdelsesfri Hus. Til gengæld sikrer den lange forventede levetid i Det Vedligeholdelsesfri Hus, at belastningen fra den oprindelige konstruktion af huset kan fordeles over en længere årrække end ved Referencehuset.

0,5 kg

5 kg

# HUSETS CO2-PROFIL

CO2-udledning for hhv. Referencehuset og Det Vedligeholdelsesfri Hus fordelt på materialer



De enkelte materialers bidrag til den samlede udledning fra materialeproduktion, udskiftninger og bortskaffelse over en periode på 120 år kan aflæses af figuren for henholdsvis et typisk parcelhus og Det Vedligeholdelsesfri Hus.

'Referencehuset' er et typisk parcelhus på 145 m<sup>2</sup>, der er bygget og isoleret, så det opfylder Lavenergi 2015-krav til nybyggede huse.

Se præsentationen af Referencehuset, bemærkninger og uddybninger til grafer, tal og resultater og se ikke mindst de samlede livscyklusvurderinger (LCA-analyser) for alle seks huse i projektet. De offentliggøres på [www.rdbyg.dk/udgivelser/rapporter](http://www.rdbyg.dk/udgivelser/rapporter).

## KONKLUSION

Det sparede vedligehold viser sig at have relativ beskeden indflydelse på det samlede CO<sub>2</sub> regnskab. Det skyldes, at de dele som kunne kræve vedligehold eller udskiftning – døre, vinduer, indvendige overflader mv. – er relativt 'lette' i

CO<sub>2</sub>-sammenhæng. Det er dog værd at huske, at et lavt vedligehold på disse dele for husejeren betyder færre ærgrelser og penge sparet til håndværkere og materialer!

I såvel Det Vedligeholdelsesfri Hus som i Referencehuset beløber udskiftningen af materialer sig regnet over 50 år til ca. 0,5 kg af den samlede CO<sub>2</sub>-belastning fra huset. Når den CO<sub>2</sub> besparende effekt af lavt vedligehold ikke bliver mindre end på Referencehuset, skyldes det, at Referencehuset faktisk er ganske godt allerede: Det er opført i tegl, som er stort set vedligeholdelsesfrit, og desuden er de øvrige CO<sub>2</sub>-tunge bygningselementer som fundamenter, glas og mineraluldsisolering sjældent vedligeholdelseskrævende. Resultaterne viser dog samtidig, at hvis konstruktion og design, som de er udført i Det Vedligeholdelsesfri Hus, fører til en forlænget levetid af huset som helhed, vil de medføre et gunstigt CO<sub>2</sub>-regnskab på grund af det bevidste materialevalg. Ikke mindst hvis den forlængede levetid betyder, at man kan spare opførelsen af et helt nyt hus.

## Tak til...

Arkitekt: ARKITEMA ARCHITECTS

Ingeniør: SLOTH MØLLER A/S

Entreprenør: ENEMÆRKE & PETERSEN A/S

Videnspartner: STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT AAU

Samt alle håndværkere og andre, der var med til at skabe og udfordre projektet.

Det Vedligeholdelsesfrie Hus – fornyelse fortolker fortiden

© Realdania Byg 2014

ISBN 978-87-92230-67-6

Tekst og redaktion: Realdania Byg og Birgitte Kleis

Layout: Bjørk&Glad og Thomas Vandal Nielsen, OAB-Tryk A/S

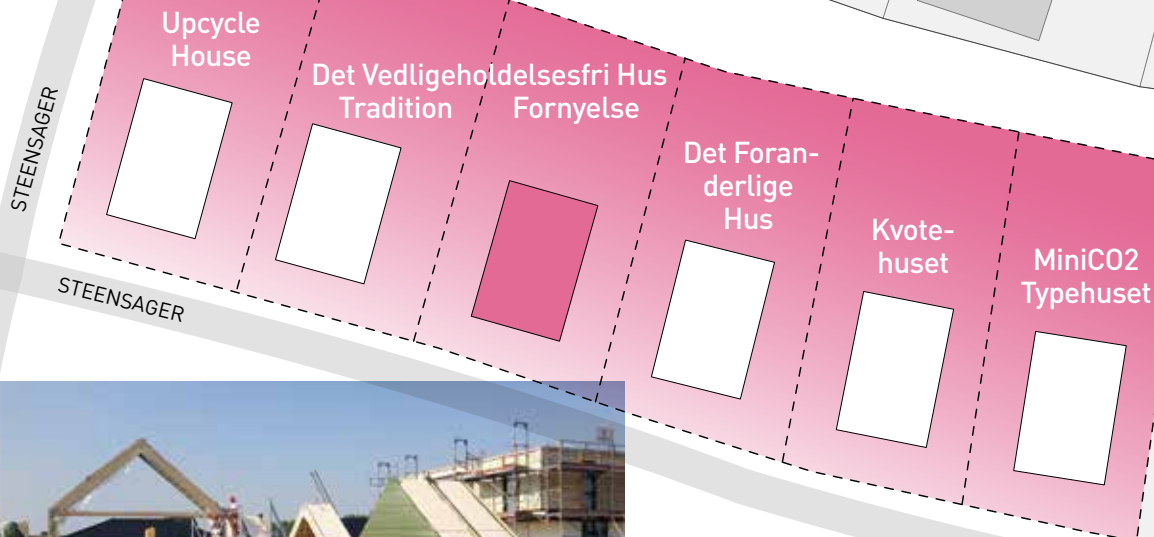
Fotos og illustrationer: Fotograf Jesper Ray Manley, Arkitema Architects samt Realdania Byg

Forsidefoto: Fotograf Jesper Ray Manley

Bogen er sat med ArcherPro-Book og trykt af Clausen Grafisk ApS

Realdania Byg er et helejet Realdaniaselskab

# MINI CO2 HUSENE



## MINICO2 HUSENE

I Nyborg blev i løbet af 2013 og 2014 seks nye parcelhuse opført, som hver på sin måde har fundet metoder til, hvordan man kan reducere ressourceforbruget og dermed begrænse CO<sub>2</sub>-udledningen i forskellige faser af en ejendoms levetid. Det drejer sig om CO<sub>2</sub>-udledning i såvel anlægsfasen som i hele husets levetid og om CO<sub>2</sub>-udledning i forbindelse med større ombygningsprojekter og almindelig vedligeholdelse.

Det sjette hus høster erfaringerne fra de fem første huse, og giver et samlet kommercielt bud på det mindst mulige CO<sub>2</sub>-fodaftryk i et typehus.



9 788792 230676