



DET VEDLIGE- HOLDELSESFRI HUS

Murværk holder





AF BIRGITTE KLEIS

DET VEDLIGE- HOLDELSESFRI HUS

Murværk holder

INDHOLD

MiniCO2 Husene	
Seks huse – seks erfaringer	6
Perspektiv og potentiale	6
Tradition i live	
Huset, der kan stå ude om natten	9
Guld fra arkivet	9
Ét hus – ét materiale	
Skåret af en klump ler	14
Beskrivelse af huset	17
Ramme om livet	18
Konstruktioner, der holder	
Flet en mur	22
Udhængstaget er husets beskytter	23
Tegl ude og inde	24
Træ oppe og nede	27
Generelt om LCA	28
Livscyklusanalyse – går regnskabet op?	31
Husets CO2-profil	32






MINICO2 HUSENE

På en grund lidt vest for Nyborg har Realdania Byg udviklet og opført seks nye enfamiliehuse. De hedder MiniCO2 Huseene 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 CO₂-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 CO₂-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.

CO₂-udledning falder i forskellige perioder i en bygnings levetid, nemlig i forbindelse med anlæg, drift og vedligehold. Der udledes med andre ord både CO₂, når huset bygges, og når mennesker bor i det og bruger vand, varme og el. Derudover udledes CO₂, når huset løbende vedligeholdes, og når det undergår væsentlige bygningsændringer i løbet af hele dets levetid, og endelig betyder det også noget for CO₂-regnskabet, når huset efter endt brug skal bortskaffes.



5 kg

0,4 kg

0,6 kg

5 kg

DET VEDLIGEHOLDELSSESFRI HUS vs. REFERENCEHUSET

CO₂-udledningen fra materialeforbruget til konstruktionens livscyklus i Det Vedligeholdelsesfri Hus ligger på linje med Referencehusets (5 kg CO₂/m²/år i en periode på 50 år). I Det Vedligeholdelsesfri Hus beløber udskiftningen af materialer sig regnet over 50 år til ca. 0,4 kg af disse 5 kg CO₂ mod ca. 0,6 kg af de 5 kg i Referencehuset (se side 32).

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 som ydermere har en levetid på ikke mindre end 150 år. Levetid er en meget væsentlig faktor, når man taler om at reducere CO₂-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 CO₂.

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 CO₂, 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 CO₂. For at imødegå det, er Det Foranderlige Hus meget tilpasningsdygtigt og kan f. eks. ved hjælp af skydedøre ændre funktioner og indretning, uden

“Hvis vi skal kunne håndtere klimaforandringer, er vi nødt til at finde ud, 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 CO₂ – byggeri er jo en enormt kompleks proces. Her kan MiniCO₂ Husene måske være et værdifuldt bidrag.”

Jørgen Søndermark, Realdania Byg

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 CO₂-udledning, og de kan alt efter adfærd påvirke energiforbruget med en faktor 10, både op og ned. Kongstanken er, at Kvotehuset på tre niveauer opfordrer beboerne til en fornuftig adfærd i CO₂-mæssig forstand. Dels gennem sit design, dels via husets iboende teknologi og dels ved – ganske kontroversielt – at introducere en kvote, der sætter en grænse for den mængde af CO₂, 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. Hensigten 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 CO₂-udledning, er det ambitionen i det sjette og sidste hus at samle og balancere erfaringerne og resultaterne fra alle de

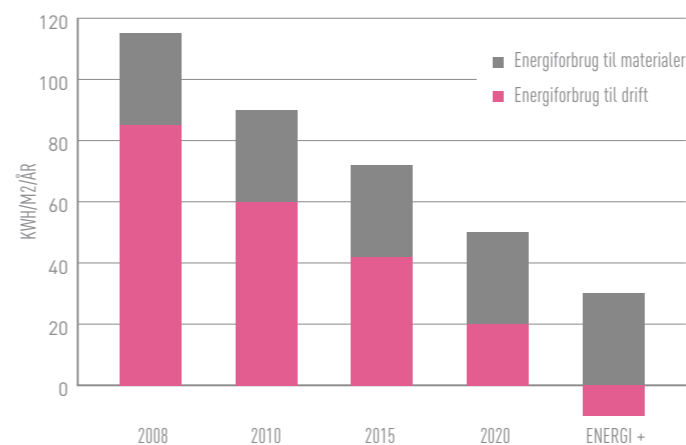
foregående huse, for så på almindelige kommercielle vilkår og inden for en almindelig økonomisk ramme at udvikle et MiniCO₂ Typehus med mindst muligt CO₂-fodaftryk og bredest mulig arkitektonisk appel.

PERSPEKTIV OG POTENTIALE

Det er Realdania Bygs håb, at projektet vil række ud over de seks konkrete huse, og at det 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 CO₂-fodaftrykket. De gode ideer er samlet i to såkaldte ‘arkivskabe’, der stilles til rådighed for den danske byggebranche. Det ene arkiv rummer alle konkrete ideer til, hvordan der kan spares CO₂, mens det andet samler alle de ekstra kvaliteter og værdier, der opstår i kølvandet på tankerne om at reducere CO₂: 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.

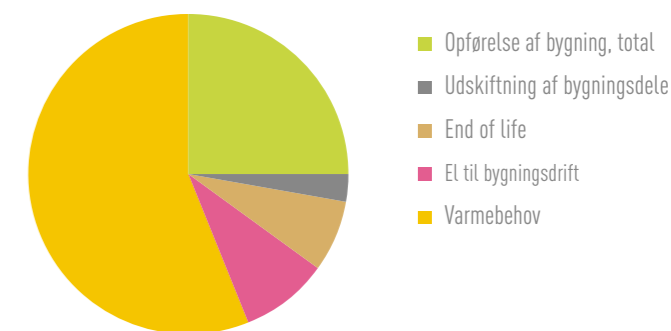


Fordeling af energiforbrug i et typisk parcelhus



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 CO₂-udledningen vil følge et tilsvarende forløb. Det er denne del, som dette projekt har fokus på.

Fordeling af CO₂-udledning i et typisk parcelhus



Fordelingen af CO₂-udledning i et typisk parcelhus. Figuren viser, at med det nye bygningsreglement, der træder i kraft i 2015, udgør den del af et parcelhus' CO₂-udledning, som er knyttet til byggematerialer (opførelse, udskiftning af bygningsdele og nedrivning), knap 40 %.



TRADITION I LIVE

HUSET, DER KAN STÅ UDE OM NATTEN

Et hus af mursten under et tegltag med udhæng, dét ved man, hvad er. Det er arketyperen på en bolig, hvor familien bliver boende et helt langt liv og ser børnene vokse op.

Mange boligejere vil formodentligt instinktivt bruge ord og begreber som solidt og robust over for vind og vejr, gode materialer og godt indeklima, tryghed og atmosfære, ånd og historie, når de skal forsøge at indkredse kvaliteterne i et muret hus. Med til den vante forestilling hører nok også billedet af husherren på stigen sommer og vinter med værktøjet i hånden, når huset løbende skal vedligeholdes, eller når bygningsdele ad åre skal udskiftes.

Mens første del af beskrivelsen passer præcist på Det Vedligeholdelsesfri Hus, hører ligheden op, når det kommer til behovet for vedligeholdelse. Som navnet afslører, er huset nemlig tænkt og tegnet, så det mindst kan leve i 150 år og udført på en sådan måde, at boligejeren ikke behøver at gøre noget for at holde klimaskærmen ved lige de første 50 år af dets levetid. Det kan lade sig gøre, fordi der konsekvent er gjort brug af traditionelle materialer og byggetekniske metoder, som har bevist deres holdbarhed gennem århundreder.

GULD FRA ARKIVET

Forlægget ligger lige for; et kig rundt i byer og landsbyer overbeviser let om, at det sagtens kan lade sig gøre at bygge et hus, der holder i 150 år, sådan som det er målet i Det Vedligeholdelsesfri Hus. Hvad enten det drejer sig om gamle gårde rundt om i landskabet, brokvarterernes boligbebyggelser eller statelige skolebygninger, slotte, herregårde og kirker, er det muligt at finde eksempler på bygningsværker, der har levet i langt mere end 100 år – snarere 500 år. Tænk bare på Nyboder i København, der blev påbegyndt i 1631, og som stadig i dag danner ramme om mange menneskers daglige liv. Tænk på byggeforeningshusene, der skød op i anden halvdel af 1800-tallet for at forbedre boligstan-



“Kongstanken er denne: Hvad nu, hvis man kan bygge et hus, der ikke kræver vedligehold i 50 år? Og hvad nu, hvis man samtidig kan bygge et hus, der kan leve i 150 år? Alle kan finde ud af at bygge et hus, der holder meget længe, ved at bruge dyrere og bedre materialer, men det har jo ingen gang på jord i den virkelige økonomiske verden. Udfordringen har derfor været at bygge et hus med lang levetid inden for en almindelig økonomisk ramme. Løsningen ligger her i byggeteknikken og i at genopdage gamle dyder som f. eks. at bygge med udhæng.”

Jørgen Søndermark, Realdania Byg

darden i de tæt bebyggede byer. Eller tænk på Foreningen Bedre Byggeskik, som fra 1915 tegnede enfamiliehuse, der blev opført af enkle materialer og ved hjælp af håndværksmæssigt gode løsninger, som den dag i dag holder såvel teknisk som arkitektonisk. En fællesnævner er, at de alle er opført af tegl – af ler, der er hentet op af jorden, formet til mursten og brændt for derefter at blive muret op ved hjælp af mørtel, sådan som huse er blevet bygget i omtrent 1000 år.

Der har med andre ord ikke været grund til at opfinde den dybe tallerken på ny, da Det Vedligeholdelsesfri Hus blev udtænkt og udformet. I stedet har bygherre og rådgivere hentet gemt – og måske glemt – viden ud af

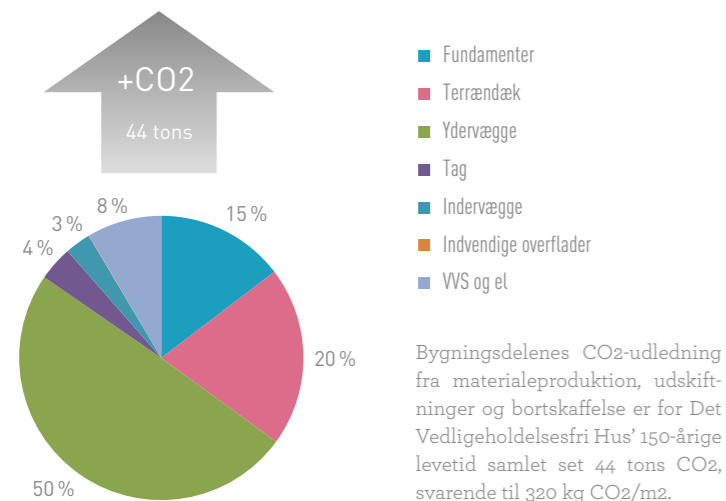
“Vi har genopdaget og løftet teknikker og viden fra det traditionelle murede byggeri i Danmark over i en ny og moderne bolig. Vi har med andre ord videreført traditionen, men også givet plads til og mulighed for, at nye teknologier kan tages i brug. Det er jo væsentligt, at huset er rummeligt over for nye boligformer, nye beboere, nye kulturer, nye fortællinger, erindringer og hukommelser. Også om 150 år.”

Karsten Gori, LETH & GORI

det righoldige bygningshistoriske arkiv, der er lige ved hånden. Byggeteknikken i Det Vedligeholdelsesfri Hus kan således betragtes som konsekvens af en evolutionsproces, der har udviklet og efterprøvet konstruktioner og byggematerialer gennem man-

ge generationer. Husets fremtoning understreger dets iboende pointe: En enkel bygningsform, opført ved hjælp af byggeteknik, der er rodfæstet i holdbart håndværk og med simple, afprøvede detaljer, skaber fundamentet for 150 års levetid.

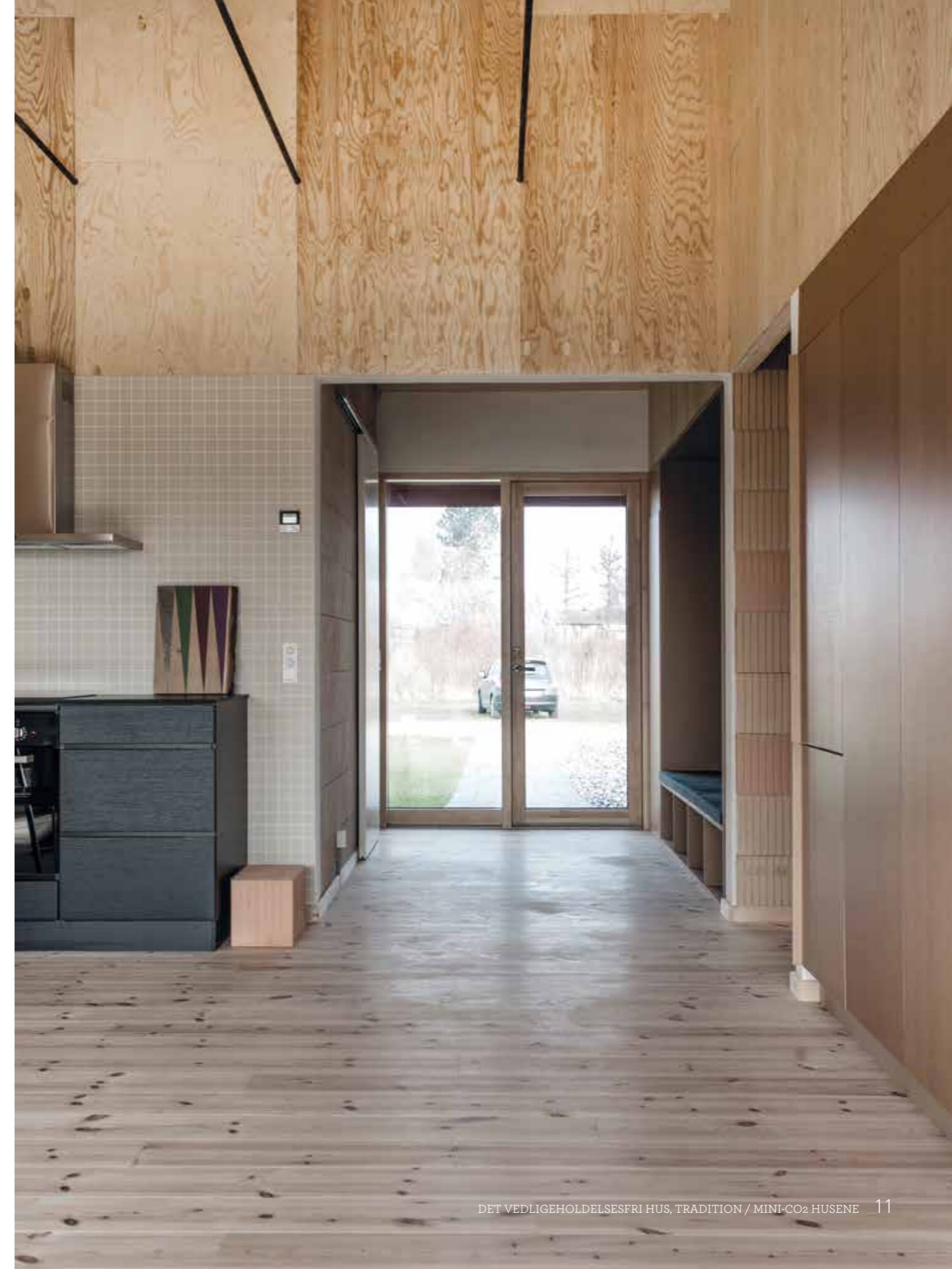
Det Vedligeholdelsesfrie Hus, tradition:
CO₂ fordelt på husets samlede levetid i 150 år



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 CO₂ er den vigtigste, fordi den har afgørende betydning for klimaforandringer og global opvarmning.

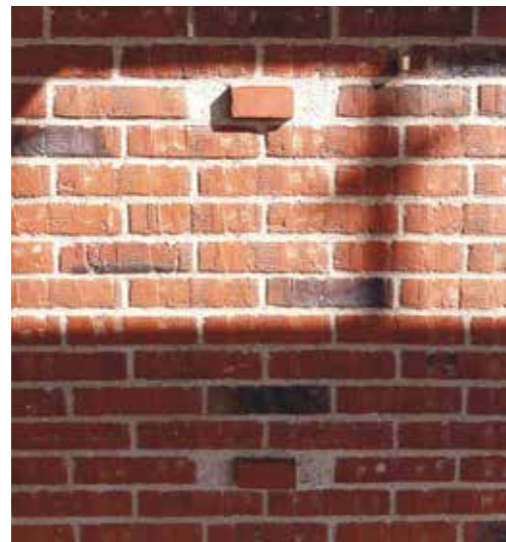
Life Cycle Costing kan bruges til at beregne en bygningens samlede omkostninger i hele dens levetid, og her er det f.eks. muligt at analysere, om det giver økonomisk mening at skifte en komponent mange gange i løbet af bygningens levetid, eller om det er en bedre ide at bruge komponenter af bedre kvalitet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





“I gamle dage brugte man de materialer, som fandtes lokalt i omgivelserne, og de teknikker, man havde lært af tidligere mestre. Der var tale om stedbundne løsninger, som var selvforklarende og ofte meget smukke og ikke mindst fornuftige ud fra en miljømæssig betragtning. Vi har arbejdet med at integrere nogle af de gamle skikke og materialer i Det Vedligeholdelsesfri Hus, for vi ved, at en tagkonstruktion af almindelig hanebåndspær, der er gennemluftet og har et ordentligt udhæng, betyder, at man undgår råd og svamp. Vi ved også, at udhænget samtidig beskytter facaden mod vind og vejr, og det betyder, at facaden holder længere.”

Frants Frandsen, Realdania Byg



ÉT HUS – ÉT MATERIALE

SKÅRET AF EN KLUMP LER

Arkitekternes udgangspunkt har været et forsøg på at minimere kompleksiteten i husets konstruktioner mest muligt og reducere antallet af materialer, så det ideelt set kun består af ét materiale, nemlig tegl. I de første skitser udforskede arkitekterne de formmæssige friheder, som det lille teglstensmodul åbner op for, hvilket resulterede i et irregulært bygningsvolumen, og arkitekterne endte derfor med at fravælge den udfordrende og nyskabende formverden til fordel for praktisk bygbarhed og lang levetid.

Derfor står Det Vedligeholdelsesfri Hus, der i dag er opført, som en lerklump, skåret præcist til som ved hjælp af ståltråd. En kvadratisk og tung bygningskrop med facader af røde teglsten, under et helvalmet tegltag. Huset hviler på en plint, der fungerer som overdækket veranda, beskyttet af tagets vældige udhæng

hele vejen rundt om huset. En søjle i hvert hjørne støtter udhænget og definerer verandaens præcise afgrænsning. Mens tagets homogene teglflade står helt ren og uden gennembrydninger, opdeles facadens tunge murstensfag af glasdøre og facadehøje vinduespartier, mod nord og øst i form af smalle vinduer og døre, mod syd og vest i form af kombinerede glaskydedøre og vinduespartier, placeret symmetrisk i facaden.

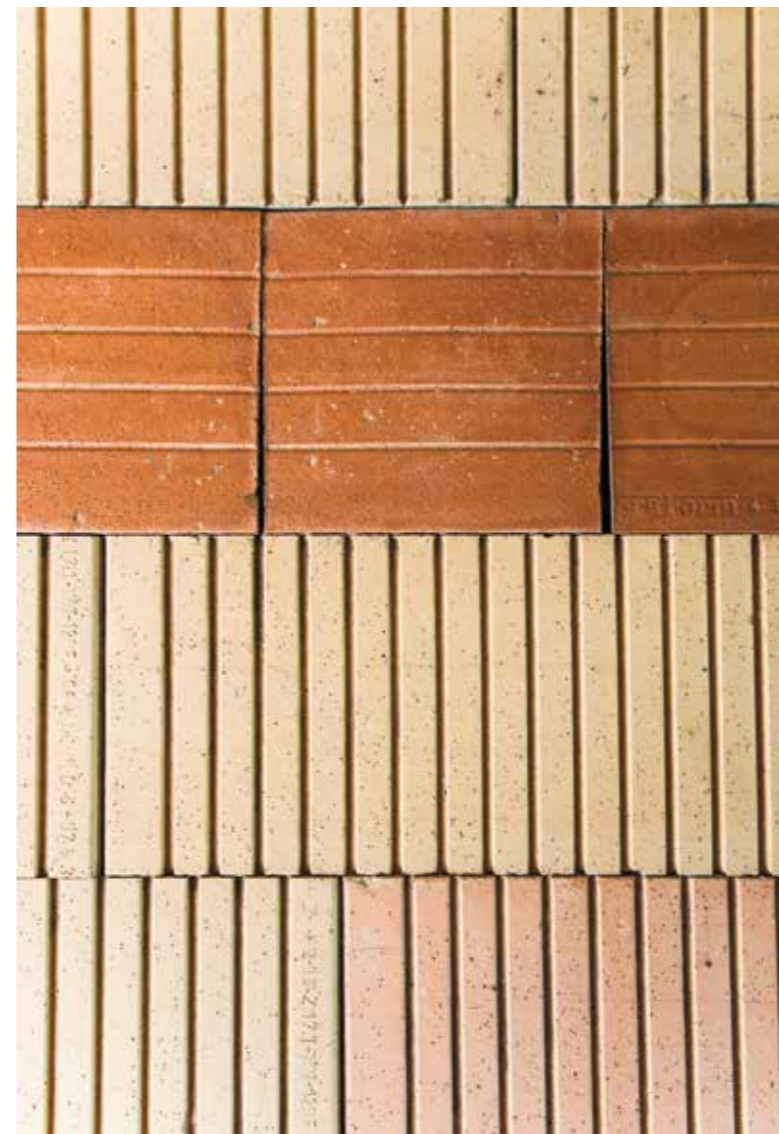
Huset synes at have aner tilbage i Bedre Byggeskik, og det er ikke helt tilfældigt. For at indkredse præcist, hvori kvaliteten i husene består, har arkitekterne nemlig gennemført en research blandt eksisterende bygningsværker for at finde eksempler på enkle bygninger, som ikke råber højt, men som har stået i mange år med stor kvalitet. Arkitekterne fandt, at i de bedste eksempler fra tiden med Bedre Byggeskik ligger kvalitetene i husets karakter, med det store enkle tag, belagt med tegl, facadens rytme og fag og forholdet mellem mur og vinduesåbninger. Frem for alt i enkelheden, som arkitekterne tog fat i under arbejdet med at udforme Det Vedligeholdelsesfri Hus.

Resultatet er et hus, der virker genkendeligt; et 'rigtigt' hus med stejl tagrejsning og facader i blank mur. Det betyder ikke, at Det Vedligeholdelsesfri Hus er en arkitektonisk anakronisme eller en kopi af fortidens byggestil, ført op til dato. Det er derimod et hus, der fortolker sin fortid og forholder sig til sin samtid og fremtid ved hjælp af langtidsholdbar arkitektur.

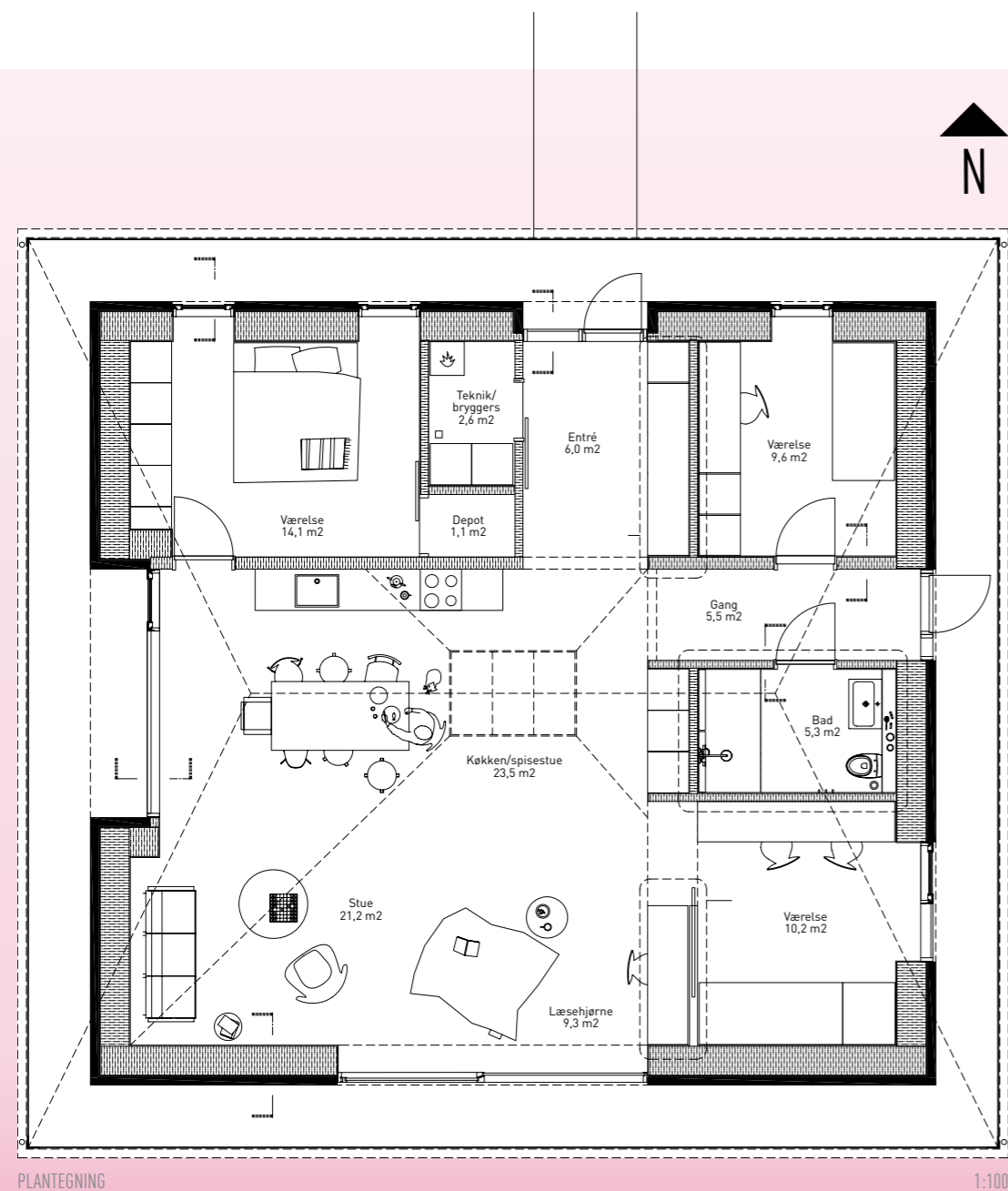
“Det virker som om, at et Bedre Byggeskik-hus tager imod sine besøgende – næsten som en person, der kigger på dem med sine vinduesøjne. Det rummer en enorm kvalitet i materialet, som i princippet kunne være hevet op af jorden lige rundt omkring det. Sådan et hus ligner jo omgivelserne med sine teglmure og granitsokler og kalken i fugerne. Det ejer en skønhed, der er rundet af robusthed og lang levetid.”

Karsten Gori, LETH & GORI

Det Vedligeholdelsesfri Hus, der i dag er opført som en lerklump, skåret præcist til som ved hjælp af ståltråd. En kvadratisk og tung bygningskrop med facader af røde teglsten, under et helvalmet tegltag. Huset hviler på en plint, der fungerer som overdækket veranda, beskyttet af tagets vældige udhæng hele vejen rundt om huset.



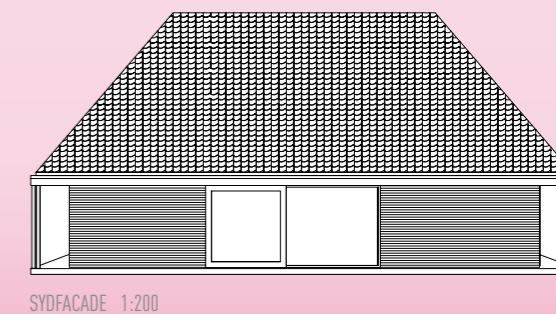
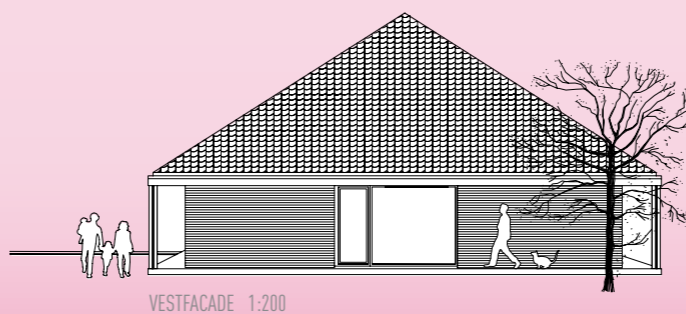
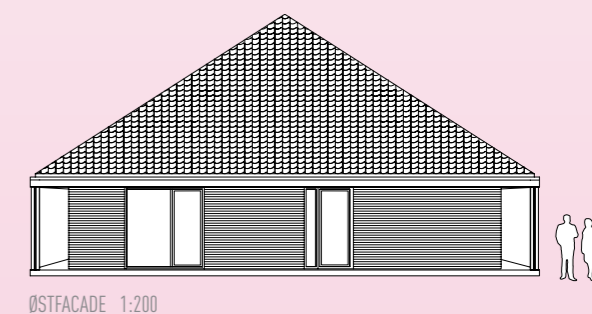
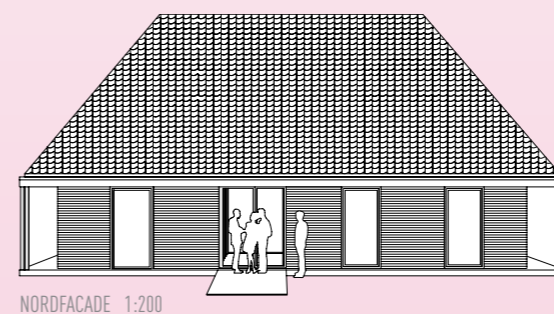
Alle indre skille vægge er opført af teglblokke. Ud over at være et æstetisk valg er det af flere årsager også udtryk for sund fornuft. Dels går det stærkt at mure op med teglblokke på grund af deres størrelse, hvilket giver en fornuftig økonomi, dels medvirker teglblokkenes termiske masse til at opretholde en stabil temperatur. Nok så vigtigt skaber teglblokkene et sundt indeklima, fordi de med deres kapillarstruktur og overfladebehandling af allergivenlig puds fungerer som et naturligt klimaanlæg, der kan optage fugt, når luftfugtigheden er høj, og afgive den igen til rummene, når den er lav.



BESKRIVELSE AF HUSET

Huset er på 114 m² (brutto 136 m²) og er i ét plan med køkken/alrum, bad og 3 værelser. Hertil kommer et teknikrum. Huset er bygget med fletmurværk bestående af teglblokke som bagvæk og almindelige teglsten i facaden. Opbygningen af ydervæggen overflødigger en mellemliggende isoleringskerne.

Taget er beklædt med vingefalstagsten og er konstrueret uden gennembrydninger af ovenlys e.l. Taget skaber et udhæng rundt langs hele husets facade. Indvendigt er huset beklædt med trægulv og -loft. Indervægge fremstår til dels som pudsede teglblokke og til dels som rå teglblokke.





RAMME OM LIVET

Husets plan er omtrent kvadratisk og organiseret i en korsform med indgang og entré placeret mod nord, hvorfra der er direkte adgang til et kombineret bryggers og teknikrum. Til højre og venstre for entreen ligger børneværelse og soveværelse, ligeledes orienteret mod nord. Mod øst er badeværelset og endnu et værelse placeret, mens det fælles opholdsrum optager hele resten af husets areal mod syd-vest.

Hvor det ydre er præcist og let aflæseligt, ændrer det rumlige billede karakter i husets indre. Her er en organisering på spil, som ud over traditionelle funktioner som opholdsrum, køkken og børneværelse rummer overraskende steder og mulighed for hemmelige rum-i-rum. En niche i stuen, som udnyttes til en arbejdsplads, en bänk i entreen, som bliver sit eget lille sted, et lille stræde mellem børneværelse og bad, der giver adgang til verandeen og mulighed for at inddrage et værelse i opholdsarealet eller indrette en hems over badeværelset, med kig ned i opholdsrummet,

Husets plan har i overført betydning byen som reference, og samspillet mellem værelserne og det fælles opholdsareal ses tydeligt på den positive og negative signatur af huset: Mens fællesrummet er åbent, højloftet og gennemlyst og med mulighed for at kigge fra facade til facade og fra gavl til gavl, er værelserne intime og omfavnende – som bygninger, der afgrænser byens stræder og åbne plads. Det fælles opholdsareal rummer køk-

ken, spisestue og stue i ét, under en høj 'canopy', der udnytter den helvalmede tagkonstruktions stejle tagrejsning til at skabe et, i ordets bedste betydning, højstemt rum, hvis skrå loftflader mødes øverst i et lysloft med lysarmatur placeret bag en translucent glasplade.

Arbejdsnichen på kanten af stuen er at opfatte som et møbel, der fylder en flade ud, snarere end en væg, og nichen får dermed en anden karakter end husets vægge. Den er opbygget som et skræddersyet element af Mdf med en indbygget skydedør ind mod værelset og er placeret ovenpå det gennemgående gulv. Dermed signalerer den også, at den kan fjernes, uden at det kræver destruktive indgreb i husets konstruktion, hvis bebo-

“Boligens rumprogram kan almindeligvis beskrives i et begrænset antal rum med hver deres funktion – entré, køkken, værelser, stue, badeværelse osv. Men hvad sker der, hvis vi udvider boligens veldefinerede program med en serie af nye steder og overgangsrum? Hvad skal der til for, at man kan arbejde i stuen eller lege i gangen? Kan en dyb vindueskarm fungere som et rum i sig selv? Vi har arbejdet med huset som en levende krop, der giver plads til rumlige nicher, lommer, recesser, udposninger, mellemzoner osv. Vi tror på, at mellemrummet – som et fleksibelt, imødekommende og uhøjtideligt rum – kan udvikles til netop det rum i boligen, hvor livet leves – også om 150 år.”

Karsten Gori, LETH & GORI

erne vil lade de to rum flyde sammen i en periode.

“Boligens rumprogram kan almindeligvis beskrives i et begrænset antal rum med hver deres funktion – entré, køkken, værelser, stue, badeværelse

osv. Men hvad sker der, hvis vi udvider boligens veldefinerede program med en serie af nye steder og overgangsrum? Hvad skal der til for, at man kan arbejde i stuen eller lege i gangen? Kan en dyb vindueskarm fungere som et rum i sig selv?

Vi har arbejdet med huset som en levende krop, der giver plads til rumlige nicher, lommer, recesser, udposninger, mellemzoner osv. Vi tror på, at mellemrummet – som et fleksibelt, imødekommende og uhøjtideligt rum – kan udvikles til netop det rum i boligen, hvor livet leves – også om 150 år.”



Arbejdsnichen på kanten af stuen er skabt som et møbel, der fylder en flade ud, snarere end en væg, og nichen får dermed en anden karakter end husets vægge. Den er opbygget som et skræddersyet element af Mdf med en indbygget skydedør ind mod værelset og er placeret ovenpå det gennemgående gulv.



“De indvendige vægge er pudset op med gipspuds, som er et allergi- og miljøvenligt produkt, men som også er nemt at reparere og glitte op igen, uden at man behøver reparere hele væggen, for at reparationen er usynlig. Visse steder får teglblokkenes riflede bagside lov at titte gennem gipspudsen for at understrege, at der altså er et teglhus inde bagved. Det er naturens materialer, vi har været ude at hente op af jorden, og når huset er færdigt med at leve, kan vi bare køre dem derud igen – det er da en smuk tanke.”

Murermester Ebbe Bernth



KONSTRUKTIONER, DER HOLDER

FLET EN MUR

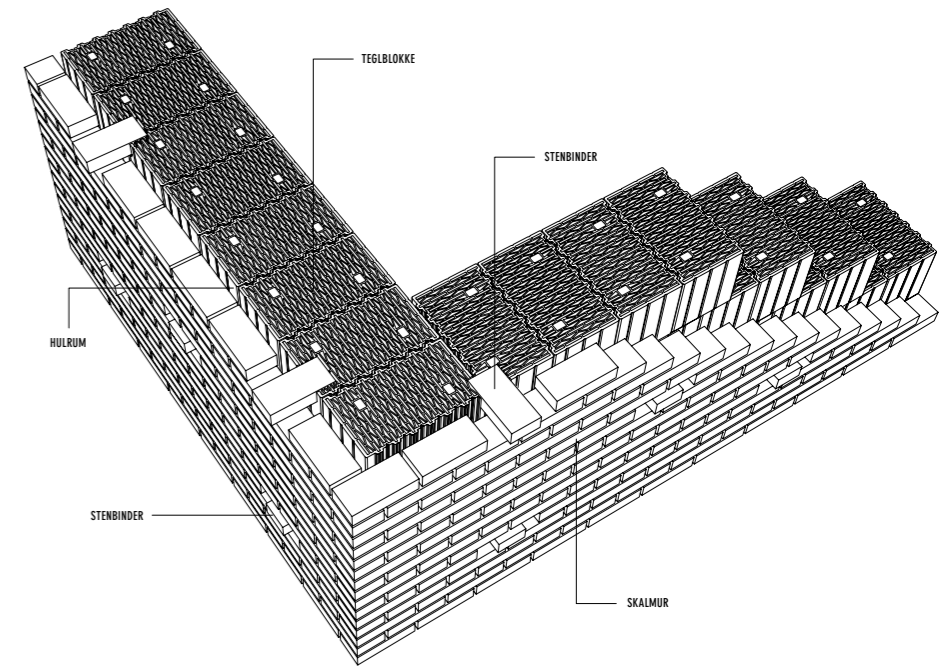
Den ene af to kongstanker i Det Vedligeholdelsesfri Hus sidder så at sige i dets ydermure, hvor ideen om at reducere klimaskærmens opbygning til én homogen muret konstruktion er virkeliggjort. Ydermurene er massive, ikke mindre end en halv meter tykke og opført uden brug af dampspærre og isolering. Det giver en ganske enkel konstruktion, hvor antallet af sammenbygningsdetaljer er reduceret til et minimum, og hvor der ikke opstår bevægelser mellem forskellige byggemateria-

ler, fordi der kun er tale om én materialetype, nemlig tegl, omend i to forskellige udgaver. Muren er flettet sammen af store teglblokke i bagmuren og traditionelle teglsten, opmuret i facaden i et såkaldt halvstens løberforbandt med stenbindere. En stenbinder er en mursten, der er vendt vinkelret i forhold til facadeflugten med det formål at binde for- og bagmur sammen. I Det Vedligeholdelsesfri Hus er den flettet sammen med bagmuren af teglblokke, ved at der er skåret ud i blokken, så stenbinderen kan passes ind i udsparringen,

Muren er flettet sammen af store teglblokke i bagmuren og traditionelle teglsten, opmuret i facaden i et såkaldt halvstens løberforbandt med stenbindere (synliggjort ved de udragende mursten på billedet til venstre).



Klimaskærmens opbygning er reduceret til én homogen muret konstruktion, der er en halv meter tykke og opført uden brug af dampspærre og isolering.



hvorefter der er fyldt ud med mørtel i en smal spalte mellem blokkene og facademuren, hvorved konstruktionen bliver massiv. Spalten er faktisk kun nødvendig for, at mureren kan få fingrene ned og lægge stenene.

Denne metode resulterer i et særligt tektonisk træk i murværket. Omkring stenbinderne er de lodrette studs fuger nemlig ekstraordinært brede, hvilket måske vil give anledning til et løftet øjenbryn blandt murer mestre her og der, fordi brede fuger traditionelt ikke betragtes som fagligt i orden. Det er imidlertid en logisk konsekvens af halvstens løberforbandtets takt, og her har arkitekterne valgt at udnytte den til en arkitektonisk fortælling om husets særlige opbygning.

For at understrege dette yderligere stikker stenbinderne 15 mm frem i forhold til den øvrige facademur, der heller ikke er lige efter bogen. Den valgte teglsten bliver nemlig produceret med tre facader og en såkaldt 'liggeside' med lodrette spor efter brændingsprocessen og den efterfølgende stabling. I Det Vedligeholdelsesfri Hus er det denne 'liggeside', der vender ud og giver facaden tekstur og liv.

Teglblokkene måler 248 x 425 x 249 mm og er ekstruderede, dvs. at de ikke er massive, men derimod består af capillarer af tegl og luftfyldte hulrum. Det giver en uovertruffen god isoleringsevne, som ved hjælp af termisk masse gør muren i stand til at lagre varme om vinteren og kulde om sommeren og i stand til at udligne temperaturudsving mellem dag og nat. Des-

uden er konstruktionen diffusionsåben, hvilket vil sige, at den kan ånde. Forklaringen er, at teglkonstruktionen automatisk optager fugt i huset og afgiver den igen, når der er behov for det. Det forhindrer fugtig og indelukket luft, og det forhindrer dannelse af skimmelvækst i huset.

Selv om der ikke er brugt isolering, overholder huset energirammen. Af hensyn til kvaliteten af indeklimaet og levetiden er et ikke-isoleret hus – som altså sagtens kan holde på varmen af sig selv – langt at foretrække.

Hvis huset var opført med dampspærre og isolering, ville det medføre en koldere facademur, fordi konstruktionen er så dyb. Det ville skabe risiko for opfugtning og forvitring, og huset ville dermed ikke kunne opnå den lange levetid.

UDHÆNGSTAGET ER HUSETS BESKYTTER

Husets anden kongstanke er dets tag. Her er hensynet til husets 150 års levetid den altovervejende begrundelse for udviklingen og udformningen af

“Det er en udbredt misforståelse, at der er krav i bygningsreglementet om, at et hus skal opføres med dampspærre. Det er der ikke, men der er krav om, at huset skal være tæt, og det kan man sagtens opnå uden brug af dampspærre. Hvis huset skal kunne leve i 150 år, skal det kunne ånde. Vi bør spørge os selv, hvorfor der er pap i vores vægge, hvorfor det er nødvendigt med kuldebroisolering, og hvorfor der bliver bygget så mange huse uden udhæng.”

Murermester Ebbe Bernth

tagkonstruktionen. I arkitekternes første skitser havde huset et knapt pyramidetag uden udhæng og med et ovenlys i toppen. I det færdige hus er dette forenklet og ændret til en hanebåndkonstruktion uden gennembrydninger af tagfladen og med et vældigt udhæng på alle fire sider af det omtrent kvadratiske hus. Denne løsning giver flere fordele; frem for alt yder udhænget, der er godt en meter bredt, den bedst tænkelige konstruktive beskyttelse af murværk, døre og vinduer og sikrer samtidig, at husets klimaskærm reelt vil kunne leve i 150 år uden at skulle vedligeholdes de første 50 år. Ovenlyset er droppet af samme årsag, for selv om himmellys havde

“Jeg synes, at den gode historie i dette hus er, at vi konsekvent har spurgt os selv, hvorfor der er huse, som bliver revet ned efter 30 år, hvorfor der er vinduer, som skal skiftes ud efter fem år, og omvendt hvorfor der er tegltage, som stadig ligger efter 200 år. Svarene på de spørgsmål og alle vores erfaringer gennem de sidste 150 år har vi gjort brug af i dette projekt.”

Murermester Ebbe Bernth

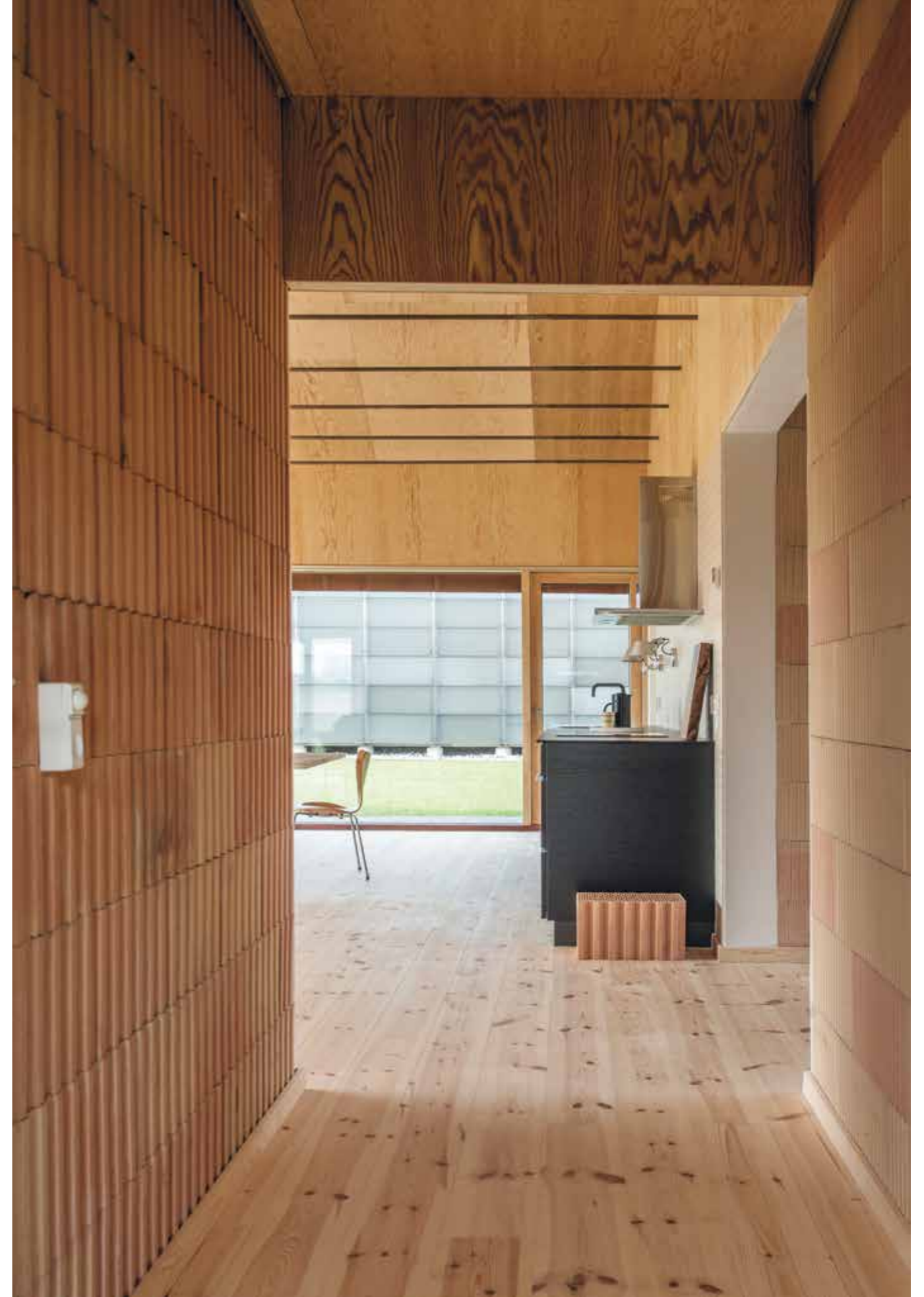
været en fin detalje i det høje fællesrum, har hensynet til levetiden vejet tungere. Ovenlysvinduer vil trods det, at de er højt udviklede bygningskomponenter, aldrig kunne leve lige så længe som taget selv, og samlingen mellem tag og vindue vil slet ikke. I hjørnerne står fire søjler af cortenstål, der støtter gratspærrene og danner væg for nedløbsrøret. De er udformet som en vinkel af stål, der markerer

hjørnet, og i symbolsk forstand får taget til at nå terrænet. Stålkanten fortsætter langs verandaen og definerer dens præcise afgrænsning mod haven. Verandaen er helt i husets ånd beklædt med hårdtbrændte belægningstegl.

Som afledt kvalitet har udhænget altså resulteret i, at huset nu står med en overdækket veranda og dermed et fantastisk uderum, der kan bruges hele dagen og hele året. Om morgenen vil familien kunne gå ad husets lille stræde og ud på terrassen for at nyde kaffen med udsigt til solopgangen. Midt på dagen giver udhænget skygge på den sydvendte del af verandaen, og om aftenen kan familien indtage aftensmaden på den vestvendte veranda uden at skulle tage hensyn til, at duggen falder. Til alle tider vil familien kunne gå tørskoet ud og ind af huset, og børnenes cykler vil kunne få fast ophold under udhænget.

TEGL UDE OG INDE

Som en yderligere manifestation af ambitionen om at skabe et hus af ét materiale er alle indre skillevægge ligeledes opført af teglblokke. Ud over at være et æstetisk valg er det af flere årsager også udtryk for sund fornuft. Dels går det stærkt at mure op med





teglblokke på grund af deres størrelse, hvilket giver en fornuftig økonomi, dels medvirker teglblokkenes termiske masse til at opretholde en stabil temperatur. Nok så vigtigt skaber teglblokkene et sundt indeklima, fordi de med deres kapillarstruktur og overfladebehandling af allergivenlig puds fungerer som et naturligt klimaanlæg, der kan optage fugt, når luftfugtigheden er høj, og afgive den igen til rummene, når den er lav. Det kaldes hygroskopi og reducerer behovet for at regulere indeklimaet ved hjælp af ventilationsanlæg. Entréens vægge, væggene i det lille stræde og den ene væg i værelset ved siden af stuen har fået lov at stå med den fortandede bagside ud mod rummene. Resultatet er vægge med glød og liv og varierende grader af reliefvirkning, der måske kan ses som en nutidig hyldest til 70'ernes indvendige murstensvægge, som rigtig mange har minder om og kan huske følelsen af at røre ved; glat og ru på samme tid.

Det siger sig selv, at det ikke kan undgås, at 150 års fedtede barnehænder vil sætte deres præg på en ubehandlet teglvæg – men teglvæggene kan sagtens bære den form for livets patina, og skulle uheldet være ude, åbner teglstenens lille modul mulighed for

at foretage udskiftning netop der, hvor det behøves – og kun dér. Samtidig har de gipspudsede vægge den fordel, at de har en overflade, som er nem at reparere uden at det kan ses, hvor reparationen er foretaget. Disse to eksempler repræsenterer hver sin fortolkning af overskriften og det iboende tema i Det Vedligeholdelsesfri Hus: Selvfølgelig skal huset passes og bevares ved hjælp af almindelig rengøring og pleje i løbet af sin lange levetid; den vigtige pointe er, at husets klimaskærm ikke behøver at blive det.

TRÆ OPPE OG NEDE

Teglvæggene indrammes forneden og foroven af træ. Tagets bærende konstruktion er udført som en traditionel tømmerkonstruktion af træ, med isolering af papiruld, som er valgt blandt andet på grund af dens

Vedligeholdelsesfrihed er nøgleordet i alle valg af indre materialer, der samtidig også har termiske, indeklimamæssige og æstetiske kvaliteter, der løfter husets udtryk og anvendelse. Alle indre skillevægge er f.eks. opført af teglblokke, der medvirker til at opretholde en stabil temperatur. I det høje fællesrum er de lodrette og skrå væg- og loftflader over vindueshøjde beklædt med træpaneler af skrællet fyr.

“Der er endnu ikke bygget ret mange huse herhjemme i teglblokke, og på en måde peger huset både fremad og bagud i tid – det er nyt, men på nogle områder også så simpelt, at det næsten er lidt gammeldags.”

Karsten Leth, Leth & Gori

“Det store udhængstag har skabt en ny kvalitet, som vi ikke havde med fra begyndelsen, nemlig verandaen. Den er godt nok ikke hentet ud af den danske byggeskik, snarere den italienske eller japanske, men den er et fantastisk rum, som afgrænser husets præcise fodaftryk. Udhængstaget betyder også, at den bærende tanke om levetid er blevet skærpet. Udhænget beskytter husets facader, ikke murstenen, men fugen, for stenen skal nok klare sig i 150 år.”

Karsten Gori, Leth & Gori

fugttransporterende egenskaber, der overflødiggør brug af dampspærre. Papiruld er desuden CO₂-venligt, fordi det produceres af cellulosefibre fra danske overskuds- og genbrugsaviser og derfor kan genanvendes.

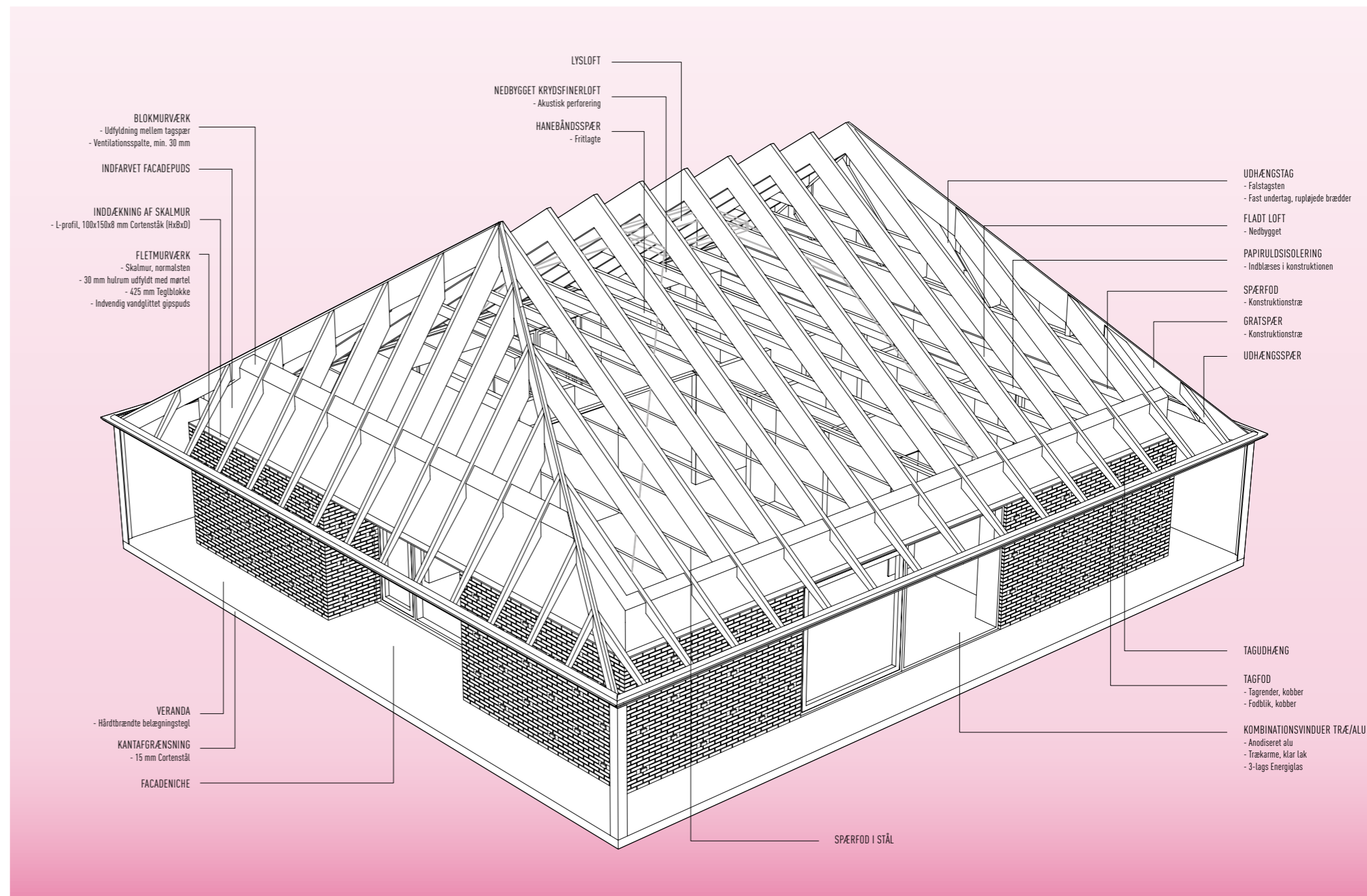
I det høje fællesrum er de lodrette og skrå væg- og loftflader over vindueshøjde beklædt med træpaneler af skrællet fyr.

Gulvet består af massive fyrreplanker, der er lagt på strøer direkte på et 275 mm tykt kapillarbrydende lag af polystyrenisolering. Gulvkonstruktionen er forsynet med en membran, der skal forhindre grundfugt og radon i at stige op i huset. Det er en metode, som rummer fordele i forhold til både økonomi, vedligeholdelse og CO₂. Ved ikke at støbe et terrændæk af CO₂-tungt beton og derpå støbe husets gulvvarmeanlæg ind i et betonlag, men derimod montere det på et undergulv mellem og på tværs af strøerne, spares både penge og CO₂. Gulvplankerne er lagt med fer og not og er ikke limet, hvilket gør det muligt at tage dem op, når gulvvarmeanlægget, der ikke forventes at kunne holde lige så længe som selve huset, skal vedligeholdes eller udskiftes.

GENERELT OM LCA

En livscyklusanalyse (LCA) af en bygning sammenregner miljøpåvirkninger fra husets livsfaser og materialernes 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 Mini-CO₂ Husenes LCA er fokus udelukkende rettet mod bidraget til global opvarmning, som måles i kg CO₂. CO₂-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 alle disse processer udleder CO₂. Den samlede udledning kaldes materialets indlejrede CO₂. Dertil kommer bortskaffelsen (End of Life) af materialet, når det udskiftes, eller når bygningen rives ned. Hvis materialet forbrændes,





udledes yderligere CO₂, og hvis det genanvendes, indgår det som materiale i et nyt kredsløb.

Hvis der er materialer, som efter endt brug kan genanvendes, f.eks. metaller, der kan smeltes om og genbruges, tilfører genanvendelsen en lille CO₂-gevinst til regnskabet, eftersom 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 realiteten ofte 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 CO₂-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 produktionen af disse nye materialer samt bortskaffelsen af ud-tjente materialer inkluderes i det samlede CO₂-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 CO₂-belastningen af et almindeligt parcelhus med en forventet livscyklus på 120 år. Det Vedligeholdelsesfrie Hus er imidlertid opført af materialer og ved hjælp af 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.



CO₂-BELASTNING OVER 120 ÅR

Referencehusets samlede CO₂-aftryk, altså konstruktion, vedligehold og bortskaffelse over 120 år, er 3,5 Kg/m²/år, mens CO₂ aftrykket i Det Vedligeholdelsesfrie Hus er imidlertid opført af materialer og ved hjælp af 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.

Vedligeholdelsesandelens CO₂-aftryk udgør i referencehuset ca. 1,2 kg CO₂/m²/år, mens den i Det Vedligeholdelsesfrie Hus udgør ca. 0,7 kg CO₂/m²/år. Det er altså to gange mere CO₂-be-

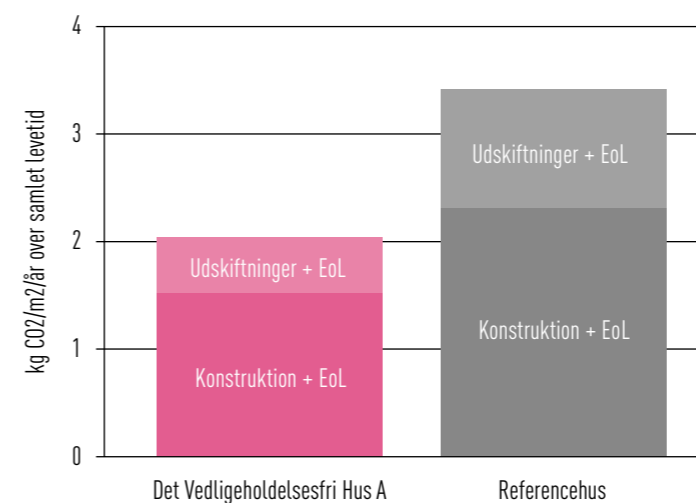
lastende at vedligeholde referencehuset målt over en periode på 120 år.

CO₂-BELASTNING OVER 150 ÅR

Hvis referencehuset skulle kunne leve i 150 år, ville dets samlede CO₂-belastning udgøre ca. 4,4 kg CO₂/m²/år mod 2,0 kg CO₂/m²/år i Det Vedligeholdelsesfrie Hus.

Vedligeholdelsesandelens CO₂-aftryk udgør i referencehuset 2,2 kg CO₂/m²/år i dette tilfælde, mens den i Det Vedligeholdelsesfrie Hus udgør 0,5 kg CO₂/m²/år. Det er altså ca. fire gange mere CO₂-belastende at vedligeholde referencehuset målt over en periode på 150 år.

Husets særkende: Vedligeholdelsesfri og lang levetid



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 CO₂-belastningen fordelt over husets samlede levetid, er tallet for Det Vedligeholdelsesfrie Hus ca. 2 kg CO₂/m²/år og for Referencehuset næsten 3,5 kg CO₂/m²/år. Dette er illustreret i figuren. Heraf fremgår også, hvor stor en del af belastningen, der skyldes udskiftningen af materialer.

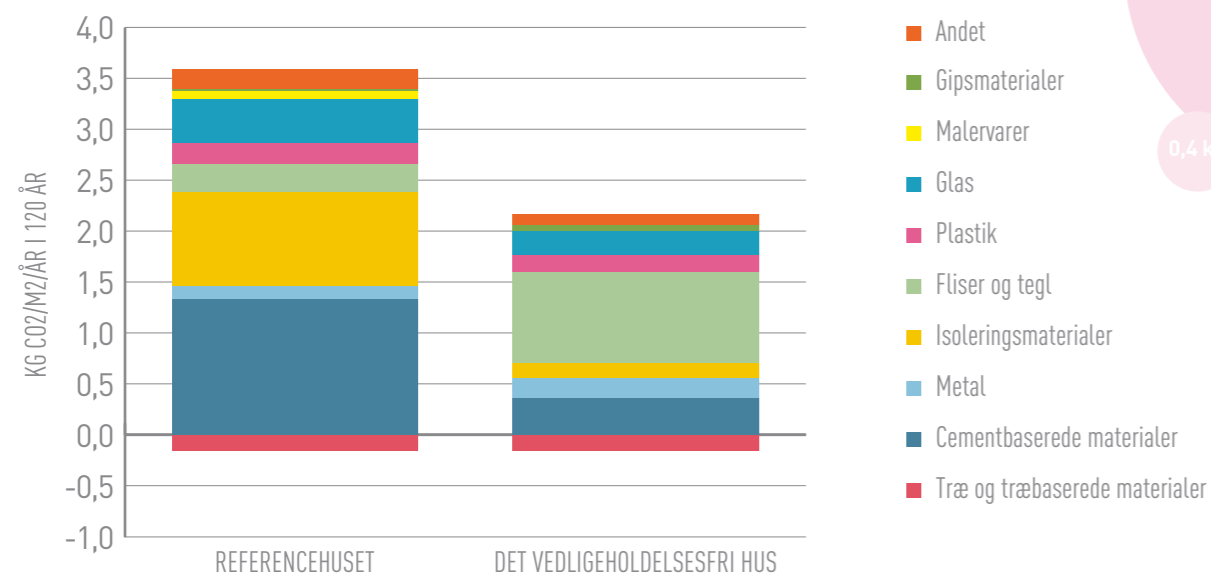
Når man ser på resultaterne over en 50-årig periode, er Det Vedligeholdelsesfrie Hus CO₂-mæssigt lige så dyrt som et almindeligt typehus. Det skyldes primært det store forbrug af det energitunge materiale tegl, der benyttes i både for- og bagmur samt i tagbeklædningen på Det Vedligeholdelsesfrie Hus. Men med en sådan langtidsholdbar konstruktion i tegl er CO₂-belastningen over den samlede levetid på 150 år væsentligt mindre end tilsvarende over Referencehusets forventede levetid på 120 år.

5 kg

0,6 kg

HUSETS CO2-PROFIL

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



5 kg

0,4 kg

De enkelte materials 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 Vedligeholdelsesfrie Hus.

'Referencehuset' er et typisk parcelhus på 145 m², 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 i takt med husenes opførelse på: www.realdaniabyg.dk/udgivelser/rapporter.

KONKLUSION

Det sparede vedligehold viser sig at have relativt beskedent indflydelse på det samlede CO₂ regnskab. Det skyldes, at de dele som kunne kræve vedligehold eller udskiftning - døre, vinduer, indvendige overflader mv. - er relativt 'lette' i CO₂-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 Vedligeholdelsesfrie Hus som i Referencehuset beløber udskiftningen af materialer sig regnet over 50 år til hhv. 0,4 kg og 0,6 kg af den samlede CO₂-belastning fra huset. Når den CO₂ besparende effekt af lavt vedligehold ikke bliver meget mindre end på Referencehuset, skyldes det, at Referencehuset faktisk er ganske godt allerede: Det er også opført i tegl, som er stort set vedligeholdelsesfrit, og desuden er de øvrige CO₂-tunge bygningslementer som fundamenter, glas og mineraluldsisolering sjældent vedligeholdelseskrævende.

Resultaterne viser dog samtidig, at hvis konstruktion og design, som de er udført i Det Vedligeholdelsesfrie Hus, fører til en forlænget levetid af huset som helhed, vil de medføre et gunstigt CO₂-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: LETH & GORI

Ingeniør: BURO HAPPOLD APS

Entreprenør: EASYISO APS V. EBBE BERNTH MURER & TØMRER

Underentreprenører: MURERMESTER ASK ASKHOLM,

TØMRER OLE LARSEN & SØNNER APS

Konsulent: TEKNOLOGISK INSTITUT, MURVÆRK, BYGGERI OG ANLÆG

Videnspartner: STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT AAU,

DANSKE TEGL, NINI LEIMAND, KADK - INSTITUT 2

Samt billedkunstner Malene Bach, for udlån af kunstværker

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

Det Vedligeholdelsesfrie Hus - murværk holder

© Realdania Byg 2014

ISBN 978-87-92230-60-7

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, STAMERS KONTOR,

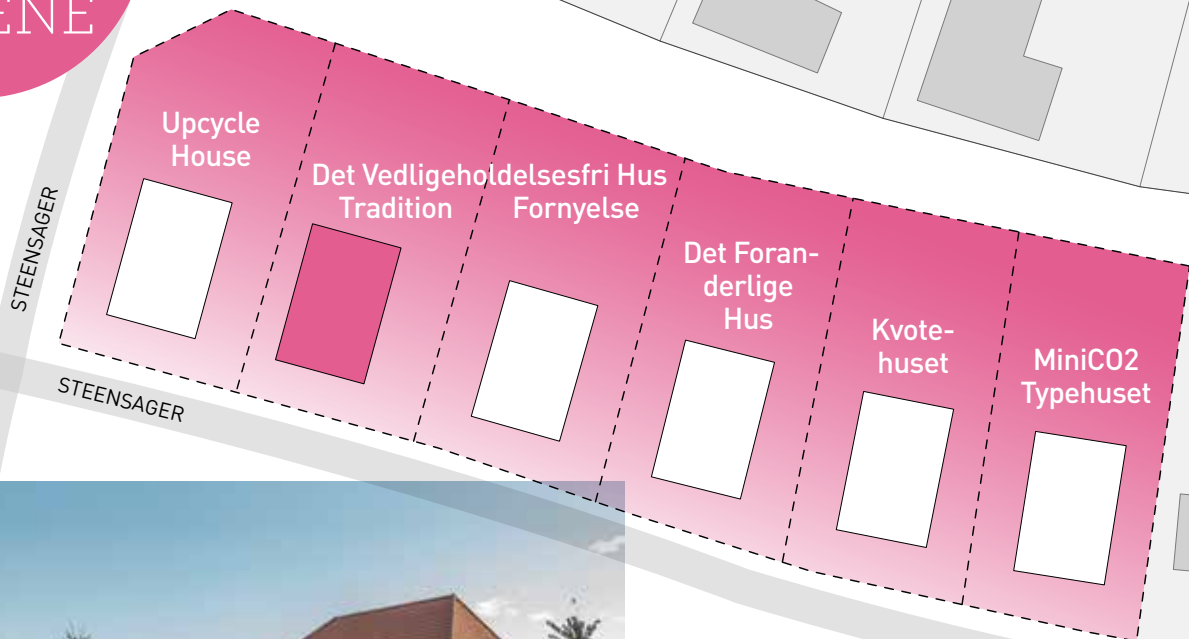
Karsten Gori, LETH & GORI samt Realdania Byg

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 CO₂-udledningen i forskellige faser af en ejendoms levetid. Det drejer sig om CO₂-udledning i såvel anlægsfasen som i hele husets levetid og om CO₂-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 CO₂-fodaftryk i et typehus.



9 788792 230669