

# Energiforbedring i historiske bygninger

– erfaringer og læringer fra Realdania By & Byg





# **Energiforbedring af historiske bygninger**

– erfaringer og læringer fra Realdania By & Byg

# Indhold

## 4 Forord

- 4 Lang levetid
- 4 Nye metoder og nye materialer

## 7 Den mest bæredygtige bygning

- 8 Lang levetid er afgørende
- 8 Erfaringer og læringer
- 10 Typiske problemer
- 19 **INTERVIEW**  
Energiforbedringer er en del af restaureringen

## 24 **INTERVIEW**

Bedre Byggeskik-villaen, Bakkekammen 40

## TEMA 1

### 30 Energiforbedring af vinduer

39 Case 1  
Marskgården Højergård i Sønderjylland

43 Case 2  
Arkitekt Arne Jacobsens eget hus

46 **INTERVIEW**  
Arkitekt Erik Christian Sørensens eget hus

## TEMA 2

### 52 Efterisolering af loft, tag og kviste

61 Case 3  
Kochs Tinghus i Store Heddinge

65 Case 4  
Marskgården Højergård i Sønderjylland

66 **INTERVIEW**  
Højgården på Sejero



TEMA 3  
**70 Efterisolering af ydervægge**

83 [Case 5](#)  
Herregården Nørre Vosborg i Vestjylland

87 [Case 6](#)  
Dyrehave Mølle i Nyborg

90 **INTERVIEW**  
PH's eget hus i Gentofte

TEMA 4  
**94 Efterisolering af terrændæk**

99 [Case 7](#)  
Romerhuset i Helsingør

100 **INTERVIEW**  
Statshusmandsbruget i Skovbølling

TEMA 5  
**106 Forsyning og installationer**

113 [Case 8](#)  
Arkitekt Arne Jacobsens eget sommerhus

117 [Case 9](#)  
Stines Hus på Lolland

120 **INTERVIEW**  
Fæstningens Materialgård i København

TEMA 6  
**126 Drift og vedligeholdelse**

128 **INTERVIEW**  
Udfordringerne i de historiske huse

132 Realdania By & Bygs historiske ejendomme  
134 Foto: Kreditering og kolofon





# Forord

I de knap 20 år, hvor Realdania By & Byg har erhvervet, restaureret og transformeret flere end 60 historiske ejendomme over hele landet, er der hver gang arbejdet med at finde løsninger, der kan reducere energiforbruget og forbedre indeklimaet i de fredede og bevaringsværdige ejendomme.

Intentionen ved hver ejendom har været at energiforbedre så meget, det kan lade sig gøre, uden at antaste frednings- og bevaringsværdierne.

Fokus ved restaureringerne har især ligget på fem indsatsområder, der alle har stor betydning for en bygnings energiforbrug: vinduer, loft og tag, ydervægge, terrændæk samt forsyning og installationer. Hertil kommer driften og den løbende vedligeholdelse, der har lige så stor betydning for energiforbruget.

En del af energiforbedringerne er sket med uafprøvede metoder og nye materialer for på den måde at skabe ny viden og vise nye veje. Erfaringer og læringer er taget med fra ejendom til ejendom, og i de seneste år har Realdania By & Byg arbejdet med livscyklusanalyser for derigennem at kunne følge og forbedre de historiske bygningers energiforbrug og CO<sub>2</sub>-udledning.

Den løbende energiforsyning til ejendommene er gennem årene blevet mere og mere CO<sub>2</sub>-neutral, og denne positive udvikling vil fortsætte. Med denne udvikling for øje er der i prioriteringen af energiforbedringerne derfor lagt vægt på nænsomme og reversible tiltag.

I denne publikation præsenteres nogle af de energiforbedringer, som gennem tiden har fundet vej ind i de historiske ejendomme. Det er ikke publikationens formål at give en samlet beskrivelse af de enkelte projekter, men via interviews og konkrete eksempler at formidle et udpluk af de greb og løsninger, der er anvendt, og sætte fokus på de erfaringer og læringer, der er høstet.

**Realdania By & Byg**  
**September 2021**



---

**↑ Varmetab i de historiske bygninger:**

**Vinduerne** – hvis de ikke er energioptimerede – står typisk for 25-30 % af en bygnings samlede varmetab.

**Taget, loftet og evt. kviste** står for 25-40 % af en bygnings samlede varmetab.

**Ydervæggene** står for 20-30 % af en bygnings samlede varmetab.

**Terrændækket** står for 15 % af en bygnings samlede varmetab.

**Forsyning og installationer** af ældre dato står i mange tilfælde for en væsentlig del af varmetabet i en bygning.

---



# Den mest bæredygtige bygning er den, der allerede er bygget

Når historiske huse skal energiforbedres, er der en bred vifte af løsninger, som kan give besparelser på energiforbruget og mindre udledning af CO<sub>2</sub>, men samtidig skal tiltagene være nænsomme over for den historiske bygning. Denne balancegang kræver særlig omtanke, af og til en kreativ tilgang og som regel et samspil af forskellige tiltag. Kunsten er at finde frem til de gode løsninger.

### **Lang levetid er afgørende**

Et af de steder, hvor der bruges mest energi, er i byggeriet. Det koster både energi og CO<sub>2</sub> at opføre nye bygninger; mere end det koster at bevare og renovere de eksisterende. Bygninger, der holder længe, bidrager derfor til en bæredygtig verden, hvor lang levetid er en vigtig parameter. Langtidsholdbarheden gælder såvel byggeteknisk som funktionelt og æstetisk.

Hvis en bygning fungerer godt og samtidig er holdbar og ovenikøbet smuk at se på, er der et større incitament til at passe på den og bevare den. Historiske bygninger har bevist deres værd, fordi de har stået i mange år – og de fleste af dem kan også fortsat leve videre som holdbare, brugbare og smukke bygninger. At bevare eksisterende bygninger er derfor som udgangspunkt en bæredygtig tilgang. Men bygninger bruger også energi, når de er i funktion: De skal løbende holdes ved lige; der skal produceres varmt brugsvand; rum skal varmes op og måske køles ned, og tekniske installationer som vaskemaskiner, computere og belysning kræver elektricitet.

### **Erfaringer og læringer**

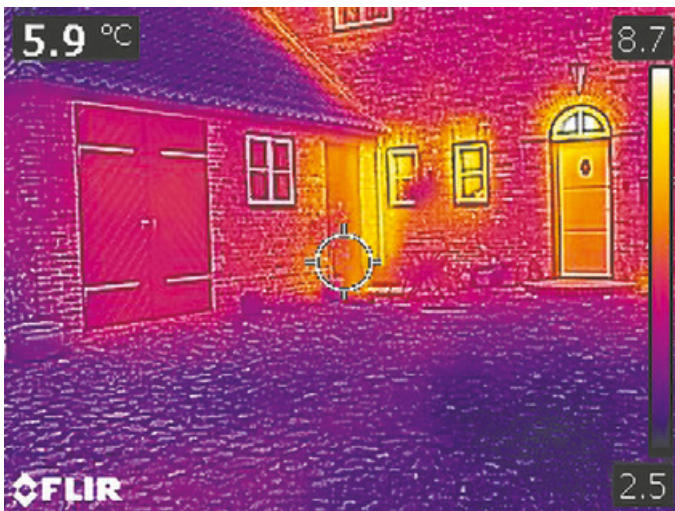
Realdania By & Byg ejer omkring 60 historiske bygninger opført i en periode på mange hundrede år – fra de ældste bygninger fra 1500-tallet og til de nyeste fra 1960'erne. Bygningerne er fordelt på forskellige typer og konstruktioner. Fra første færd – lige fra købet af en ejendom og den indledende restaurering til ejendommens efterfølgende liv – er der fokus på energioptimering og på en energimæssigt god drift. De seneste år har Realdania By & Byg arbejdet mere målrettet med at gennemføre restaureringerne på baggrund af livscyklusanalyser [LCA] med særligt fokus på udledningen af CO<sub>2</sub>. Der er igangsat installation af målere i de enkelte ejendomme, så forbruget kan følges, og der implementeres løbende energiledelse. Begge dele skal sikre viden om,

hvordan bygningerne fungerer energimæssigt, og viden, som kan bruges i en livscyklusanalyse. Målingerne er dog endnu så nye, at der ikke er resultater nok til at konkludere.

Man kan bygge rigtig meget om på eksisterende bygninger, før man er kommet på niveau med den større CO<sub>2</sub>-udledning, som et nybyggeri giver, når alt regnes med – lige fra udvinding af råstoffer, transport og forarbejdning af byggematerialer og produkter, opførelse af bygningen, drift og vedligeholdelse og helt frem til nedrivning og bortskaffelse af byggeaffald. På baggrund af disse faser af en bygnings liv er det muligt at beregne dens emissionsaftryk, og her vinder de eksisterende bygninger som regel – også selv om de ikke er energiforbedrede helt i top. Uanset materiale og byggeteknik er løbende vedligeholdelse vigtig og giver bedre resultater i en LCA.

Når der samtidig skal værnes om bygningernes bevaringsværdier, skal der ofte tænkes kreativt for at finde nænsomme metoder, der samtidig er effektive, men Realdania By & Bygs erfaring er, at man i de fleste historiske huse godt kan opnå samme standard som i nye huse. Til trods for at fredede og bevaringsværdige bygninger i nogle tilfælde kan fritages for Bygningsreglementets krav om isolering, er Realdania By & Bygs intention at energiforbedre så meget, det kan lade sig gøre, uden at antaste bevaringsværdierne. Løsningerne afhænger af den enkelte bygning, og det handler denne publikation om.

Publikationen præsenterer en række gennemførte restaureringer og energiforbedringsprojekter delt i fem temaer: vinduer, loft og tag, ydervægge, terrændæk samt forsyning og installationer. Hvert tema udfoldes gennem en række udvalgte illustrationer og cases. Som regel opnås det bedste resultat, når de forskellige løsninger spiller sammen, og disse løsninger bliver beskrevet i en række interviews

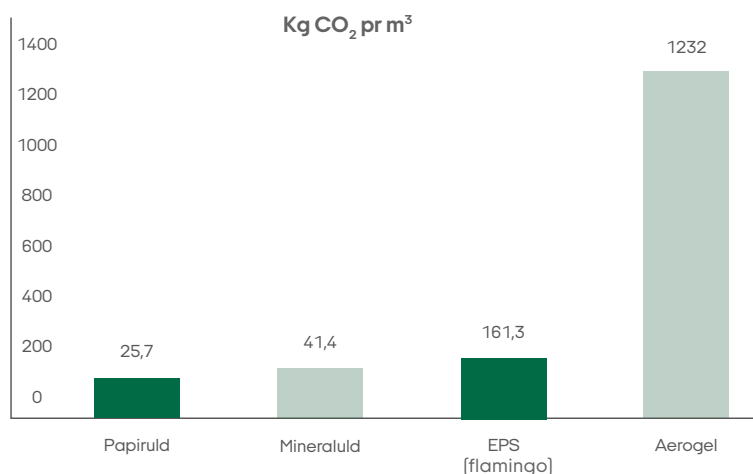


---

#### ↑ Landsted i Snekkersten tegnet af Kay Fisker

I 1918 stod landstedet Villa Højgård, der er tegnet af arkitekt Kay Fisker, færdigt. Realdania By & Byg købte landstedet i 2014 og gennemførte en restaurering, hvor isolering og tætning blev udført på baggrund af termografiske målinger. En udvendig termografering viser rødt og gult de steder, hvor varmen trænger ud gennem utætheder, kuldebroer og partier med dårlig isolering. En indvendig termografering viser med blå og grønt de steder, hvor kulden af de samme årsager trænger ind.

---



#### ← Isoleringsmaterialer

Grafen viser, hvor mange kg CO<sub>2</sub> der er fundet ved produktion og affaldsbehandling af én m<sup>3</sup> isoleringsmateriale. Isoleringsmaterialerne har dog forskellige varmeledningsevne. Jo lavere varmeledningsevne, desto bedre isoleringsmateriale. Varmeledningsevnen for de forskellige materialer er hhv. 0,04 – 0,034 – 0,035 – 0,015 W/mK.

med Realdania By & Bygs arkitekter, som løfter sløret for helhedsgrebet i de vidt forskellige restaureringer. De typiske opgaver og udfordringer i forhold til den efterfølgende drift kommenteres undervejs og i et afsluttende interview med Realdania By & Bygs Drifts- og vedligeholdelsesafdeling.

#### Typiske problemer

Historiske huse, der ikke er godt vedligeholdt, og hvor der ikke er foretaget energiforbedringer, lider typisk af de samme problemer. Utætheder, dårlig isolering og kuldebroer gør dem svære at varme op og giver dårligt indeklima med træk og fugt.

#### Fugt

For meget fugt i et rum kan give kondens og grobund for skimmelsvamp, og det kræver også mere energi at opvarme fugtig luft end tør. Rumfugt kan begrænses ved at hæve overfladetemperaturen med efterisolering eller ved at skrue op for varmen – en løsning, der giver bedst klimasamvittighed, hvis varmesystemet er bæredygtigt. Luftfugtigheden kan også sænkes ved at lufte ud eller skabe bedre ventilation.

#### Utætheder

Er bygningen utæt, kan der sive overraskende meget varme ud og slippe kulde ind. Utætheder findes typisk mellem mur og vinduer/døre, mellem gulv og væg eller loft og væg, ved gennembrud for installationer og i bindings-

værksbygninger mellem tømmer og tavl. Utætheder er typisk skyld i 15-20 % af en bygnings varmetab.

Der er flere metoder til at måle og lokalisere utætheder. Med termografering kan man undersøge utætheder med et kamera, der med infrarød stråling kan måle overfladetemperaturen i bygningen. Via forskellige farver på målingen afsløres det, hvor varmen slipper ud, og kulden trænger ind. Der kan også udføres en såkaldt blowerdoor-test, hvor man afprøver en bygnings lufttæthed for at afsløre utætheder. Blowerdoor-testen udføres med en særlig dør monteret i en yderdør og en ventilator, der på skift skaber over- og undertryk i bygningen. På baggrund af de trykforskelle, der opstår ved over- og undertrykket, kan mængden af luft, der forsvinder ud af bygningen, måles. Testen viser kun, om bygningen er utæt, og ikke hvor utæthederne findes, og det er derfor en god idé at kombinere testen med termografering.

#### Mangelfuld isolering

Før i tiden var der ikke nogen særlig opmærksomhed på at isolere bygninger. Det var først i 1979, at der i Bygningsreglementet kom skærpede krav til isolering, men Statens Byggeforskningsinstitut undersøgte allerede i slutningen af 1940'erne effekten af isolering. Byggeforskningsinstituttet kunne konkludere, at isoleringstykkelserne burde forøges fra de dengang normale ca. 20 mm til omkring 100 mm.



---

#### ↑ Isoleringsmaterialers betydning for CO<sub>2</sub>-regnskabet

Forskellige isoleringsmaterialer udleder undervejs i produktionen meget forskellige mængder CO<sub>2</sub>. Papiruld udleder mindst, mens Aerogel udleder markant mere end de gængse isoleringstyper som mineraluld og polystyren (EPS). Realdania By & Byg har alligevel anvendt Aerogel til isolering af Poul Henningsens eget hus (fotos ovenfor), da Aerogelen blev vurderet som den bedste metode til at sikre husets byggetekniske tilstand med så få ændringer af bevaringsværdierne som muligt, især de arkitektoniske værdier [læs mere om PH's eget hus på side 90].

---

De seneste 40 år er de anbefalede og lovmæssige tykkelser på isolering løbende steget og kan i dag være på 300 mm eller mere – så store dimensioner er der dog sjældent plads til i historiske huse. Da det er de første 50-100 mm isolering, der har størst effekt, er det slet ikke sikkert, at det kan betale sig at isolere yderligere, hvis det risikerer at gå ud over bevaringsværdierne. Der kommer også løbende nye produkter på markedet, som har tyndere dimensioner end de gængse isoleringsmaterialer, men som isolerer lige så godt. Disse isoleringstyper er som regel dyrere, men kan vælges de steder i bygningen, hvor normal isolering af forskellige årsager ikke kan bruges, f.eks. af hensyn til bevaringsværdierne.

#### Kuldebroer

Kuldebroer findes de steder i husets klimaskærm, hvor den såkaldte U-værdi er relativt stor i forhold til den øvrige klimaskærm. U-værdien betegner den varmeoverføringskoefficient, der viser en bygnings varmeisoleringssevne. Jo lavere U-værdi, desto bedre isoleringssevne. Ved en kuldebro sker der ikke blot et varmetab udadtil, men også afgivning af kulde indadtil, og det kan give trækgener og også kondens og dermed risiko for skimmel. Typiske kuldebroer er gennemgående bygningsdele, der forbinder ude og inde, f.eks. murværk omkring vinduer og døre, trådbindere i hulumre, gennemførte rør af metal, jernvinduer, afstandsprofiler i termoruder og jernbetonaltaner.

#### Indbyggede muligheder

Historiske huse rummer ikke kun de typiske problemer, men også en række iboende fordele. Eksempelvis er hovedparten af de ældre bygninger opført af mursten, der er et tungt materiale, som har en god evne til at opsuge passiv varme, holde på den og afgive den igen, når det bliver

køligere. I ældre bygninger er der som oftest også et mindre kølebehov om sommeren end i nyere bygninger, da klimaskærmen generelt er dårligere isoleret og mere utæt, så overskudsvarmen lettere kan slippe ud.

Historiske huse har ofte rum med højt til loftet, hvilket giver et større rumvolumen pr. bruger og dermed et mindre behov for luftudskiftning, så man måske kan nøjes med at åbne vinduerne frem for at etablere ventilationsanlæg. Herudover har stillestående luft en god isoleringssevne, og derfor har luften bag vægpaneler og opspændte væglærreder en vis isolerende effekt. Er der også skodder bygget ind i panelerne, kan der spares lidt på varmeregningen, hvis man lukker dem om natten.

Også i nyere byggeri har byggematerialerne i sig selv haft isolerende egenskaber. I mange bygninger opført før 1950'erne er der som bagmur i en hulmurskonstruktion anvendt sten med en særlig isolerende effekt. Det er typisk sten af moler, som er en særlig lerart, der findes på Mors og Fur. Fra 1950'erne og frem begyndte man at opføre huse af letbeton, for eksempel gasbeton, og gasbetonstenene har ligeledes en vis isolerende virkning.

Traditionelle materialer som gulvbrædder, kalk til pudsede vægge og lofter og linolie på malede overflader har gode fugtmæssige egenskaber, idet materialerne kan opsuge overskydende fugt, så den ikke kondenserer på overfladerne og danner grobund for skimmel. Så sent som i 1950'erne anbefalede boligbøger, at man kalkede overvægge i køkken og bad, fordi kalken har en god fugttopslugende egenskab. Det samme gælder for ubrændt ler, som f.eks. bruges i lerklinede vægge.



---

#### ↑ Edvard Heibergs eget hus i Virum

I arkitekt Edvard Heibergs eget hus fra 1924 er den store balkon foran stuen udført af tidens moderne materiale, jernbeton. Men både beton og armeringsjern udgør en kuldebro, fordi varmen ledes ud og kulden ind. Kuldebroen er dog ikke mærkbar i huset, fordi ydervæggene er meget sparsomt isoleret. Dermed er der ingen stor kontrast mellem ydermure og balkon, og det er netop kontrasten mellem varme og kolde flader, der giver kuldebroer.

---



---

#### ↑ Arne Jacobsens eget hus i Charlottenlund

På Gotfred Rodes Vej i Charlottenlund ligger det første hus, som arkitekt Arne Jacobsen tegnede til sig selv og sin familie. Det funktionalistiske hus er fra 1929 og har de tidstypiske vinduer af jern. Men vinduernes jernrammer udgjorde en kuldebro, der gav kondens, som efterhånden ledte til skimmelsvamp, og Realdania By & Byg monterede derfor i 2018 nye forsatsrammer med energiglas, der har brudt kuldebroen [læs mere om løsningen på side 42].

---







---

#### ↑ Odense Adelige Jomfrukloster

I Odense Adelige Jomfrukloster, hvis ældste dele er fra starten af 1500-tallet, blev der i 1700-årene opsat de tidstypiske vægpaneler og væglærreder. Mellem de mere end 1 m tykke ydermure og vægpanelerne er der stillestående luft, og det samme er der bag de opspændte lærreder på væggene. Luften har en vis isolerende betydning, ligesom de tykke mure er gode til at akkumulere varme.

---



---

#### ↑ Oluf Bagers Plads i Odense

Traditionelle materialer kan også anvendes i nybyggeri. I husene på Oluf Bagers Plads i Odense, som Realdania By & Byg opførte i 2016-18, er der meget bevidst arbejdet med at skabe bæredygtige bygninger opført af sunde byggematerialer med lang levetid. Her er ler et gennemgående materiale i tagsten og formurens mursten samt i bagmurenes teglblokke, der i kraft af blokkenes mange luftfyldte hulrum isolerer godt. Herudover er der anvendt lermørtel som sprøjtepuds på de indvendige overflader. Ler er et diffusions-åbent materiale, og leret og teglblokkene kan både akkumulere og afgive varme og fugt. Brugen af disse materialer har betydet, at det ikke har været nødvendigt at bruge dampspærre i de to bygninger.

---

INTERVIEW



**“Den oplevede komfort er vigtig - også i fredede bygninger”**

# Energiforbedringer er en del af restaureringen

## INTERVIEW med Realdania By & Byg:

Arkitekt og projektleder Anders Brüel, arkitekt og projektleder Per Troelsen, arkitekt og projektleder Frants Frandsen, arkitekt og projektleder Jørgen Søndermark, projektchef Peter Fangel, afdelingschef og advokat Morten Raun og adm. direktør Peter Cederfeld

**Når Realdania By & Byg har erhvervet en bygning, går arkitekterne i Projektafdelingen i gang med at vurdere, hvordan forskellige energiforbedringstiltag kan integreres i den samlede restaurering. Som regel er de valgte løsninger det muliges kunst, for bygningerne er forskellige og kan tåle forskellige indgreb – af byggetekniske eller bevaringsmæssige årsager. Realdania By & Byg fortæller her om de grundlæggende analyser, de foretager, når de skal tilrettelægge en restaurering, hvor energiforbedringstiltag er en integreret del af restaureringsarbejdet.**

”Når vi overvejer, om vi skal erhverve en ny bygning, kan det være en god idé at få en fornemmelse af energiforbruget, og derfor undersøger vi på forhånd tidligere varmeregnskaber og forskellige salgsdokumenter. Vi bruger også lidt tid på at tale med sælger om erfaringer med varmeforbruget, for det er en let måde at skaffe nyttig information. Men adfærd og behov er jo forskelligt, og sælger vil nok heller ikke så gerne afsløre husets dårligdomme, hvis energiforbruget er meget højt, så sælger må ikke opfattes som et sandhedsvidne. Vi kan desværre heller ikke altid bruge de energimærker og energirapporter, der bliver udarbejdet, da de ikke forholder sig til bevaringsværdier.”

### Byggeteknisk overblik

”Når vi har købt en bygning, undersøger vi omfanget af bygningsnedbrydning og symptomer på nedbrydning, f.eks. råd og skimmelsvamp

– man kan som regel lugte det, hvis der er skimmelsvamp. Vi tjekker også vinduer og murværk for utætheder. Tætning er nemlig en af de måder, hvor man forholdsvis let kan spare på energiforbruget, fordi utætheder giver luft i bevægelse, der meget hurtigt fjerner meget varme – mere end dårlige mure og tynde vinduer.”

”Herefter vurderer vi mulighederne for istandsættelse, herunder hvor der kan forbedres i forhold til energiforbrug, komfort og forebyggelse af yderligere nedbrydning. Isolering og andre tiltag vil som regel blive bedst og billigst, hvis de udføres, når bygningen alligevel skal sættes i stand. Da efterisolering som regel er en omfattende del af istandsættelsen, skal den planlægges i tæt sammenhæng med bygningens tilstand og byggeteknik – det giver ikke mening at isolere et utæt tag eller en fugtig mur.”

”Vi starter med at danne os et overblik over klimaskærmen rent byggeteknisk. Det er egentlig ret logisk, og det træned øje kan forholdsvis hurtigt gennemskue, hvor problemerne er, og det sammenholder vi med mulighederne for energitiltag. Vi ved f.eks., at varme forsvinder opad, så det er en god idé først at undersøge, om taget er utæt – skal det lægges om, er det oplagt at isolere i samme omgang. Hvis vi gerne vil lave gulvvarme, skal vi selvfølgelig isolere i terrændækket, og der må vi så først

vurdere, om gulvbelægningen er i dårlig stand og skal tages op – så kan det som regel godt betale sig med det samme at tage den ekstra omkostning, som et helt nyt terrændæk giver, og ikke blot skifte gulvbrædderne. Måske er det kun aktuelt i et enkelt rum, men så kan man gøre det i de andre rum, når gulvene på et tidspunkt skal udskiftes; skal de ikke skiftes, er det både bevaringsmæssigt, økonomisk og i forhold til CO<sub>2</sub>-forbrug en dårlig løsning at etablere nyt terrændæk og evt. gulvvarme. Rationalet er, at der isoleres og forbedres, hvis der alligevel skal gøres noget.”

## ”Husene skal stå til evig tid, og vi skal ikke ødelægge dem med irreversible indgreb, der i dag er fornuftige, men om nogle år måske ikke vil være det”

”Nogle gange er de meget omfattende indgreb, f.eks. et helt nyt terrændæk, med til at løse andre problemer – måske kan nye installationer føres under gulvene frem for synligt andre steder, så der samlet set tages større hensyn til bevaringsværdierne. Nyt terrændæk giver også mulighed for at lægge radon-spærre eller grave ud til et nyt kloaksystem, der ikke har noget med energiforbedringer at gøre, men som skal tænkes med i det samlede projekt, hvor sundhed og komfort også er vigtige parametre, og hvor senere CO<sub>2</sub>-forbrugende indgreb bliver overflødige, fordi det allerede er løst, når man alligevel var i gang. Store indgreb i forhold til de oprindelige konstruktioner og

materialer, der ofte er en vigtig del af en bygnings bevaringsværdier, kan på den måde i mange tilfælde retfærdiggøres.”

### Ekstern rådgivning

”Vi har i de fleste projekter tilknyttet eksterne rådgivere – arkitekter, ingeniører og andre specialister, hvis viden og erfaring vi støtter os til. I nogle tilfælde vælger vi at få udarbejdet teoretiske varmeberegninger, som indikerer, hvor meget vi med forskellige indgreb kan spare på energiforbruget – disse undersøgelser skal dog tages med forbehold, fordi de netop er teoretiske – der vil altid være forskel på en beregnet og en oplevet situation, og brugernes adfærd og forventninger til komfort og indeklima er meget forskellige.”

”Vi vælger også af og til at lade eksterne specialister gennemføre særlige undersøgelser f.eks. blowerdoor-test og termografering. Udover at det kan give os nyttig viden om bygningernes varmetab, kan resultaterne også være relevante f.eks. i dialogen med fredningsmyndighederne, når der skal findes den helt rigtige løsning til den konkrete bygning.”

### Drift og vedligeholdelse

”Vi har den store fordel, at Realdania By & Byg er en bygherreorganisation, der udover Projektafdelingen har en Drifts- og vedligeholdelsesafdeling, så vi kan se effekterne af en restaurering og kan være mere kritiske i forhold til det længere perspektiv med bygningernes drift. Det holder os til ilden, fordi vi ved, at problemerne ikke forsvinder ud af vores virksomhed – vi giver dem bare videre til vores egne kolleger, så vi kan lige så godt tænke os

godt om fra starten. Her kan vi hente rådgivning direkte hos vores kolleger, og vi er med tiden blevet bedre og bedre til at bruge hinanden, også tidligere i projekteringsfasen. Det skal vi fortsat blive bedre til, for begge afdelinger høster erfaringer, der kan gøre os klogere og give bedre projekter næste gang.”

”I starten var vi nok slemme til først at indlede et samarbejde, når vi var færdige med restaureringen, men efterhånden inddrager vi Drifts- og vedligeholdelsesafdelingen tidligere i processen, så erfaringerne derfra forankres i Projektafdelingen. Det har vi f.eks. erfaret i forhold til brændeovne. De første år fjernede vi med hård hånd uoriginale brændeovne og pejseindsatser fra husene, men nu bevarer vi dem i højere grad, fordi vi fra driftsfolkene ved, at ovnene bidrager til en bedre varmeøkonomi. I det hele taget har de inden for varmforsyning i langt højere grad end os fingeren på pulsen i forhold til nye og bedre systemer, f.eks. jordvarme og luft-til-vand-varmepumper – de hører jo løbende lejernes tilbagemeldinger og får en stor viden om, hvad der fungerer, og hvad der ikke gør. Vi etablerer systemerne med de bedste intentioner, men i praksis fungerer de måske ikke, og det finder vi ud af i kraft af vores kollegers tilbagemeldinger.”

#### **Erfaringerne viser vejen til en brugbar model**

”De samlede erfaringer, vi har gjort os, peger mod nogle specifikke tiltag, som kan gennemføres i de fleste bygninger med respekt for bevaringsværdierne. Disse tiltag har vi gennemført i en meget stor del af vores bygninger, og der er på den måde opstået en form for standardmodel, der omfatter fire typiske

energiforbedringsarbejder: tætning, montering af forsatsrammer, isolering af tag/loft og isolering af terrændæk. Det er de løsninger, der på én og samme tid giver størst effekt og mindst mulig påvirkning af bevaringsværdierne – og de løsninger, der som regel bliver mulige, fordi vi alligevel skal tætte taget eller udskifte de gamle gulvbrædder.”

”Forsatsvinduer er noget af det første, vi kigger på. Her har vi også øvet os nogle gange og har været nødt til at kassere nogle løsninger, der ikke var gode nok, f.eks. i Edvard Heibergs eget hus. Forsatsrammer virker, fordi der som regel er et stort varmetab gennem de gamle vinduer; dem skal vi som regel alligevel restaurere, og så kan vi lige så godt få noget ekstra ud af det ved også at lave nye forsatsrammer eller justere tætningsbånd på de gamle. På en bygning som Bakkekammen 40 i Holbæk gav det absolut mest mening at energiforbedre vinduerne med nye forsatsrammer, fordi der er mange, store vinduer i facaden – det giver en større effekt end at efterisolere ydervæggene, når der samtidig skal passes på bevaringsværdierne.”

#### **Løsninger vælges fra alle hylder**

”Det er ikke så ofte, at vi efterisolere ydervæggene, da det som regel ændrer bygningens bevaringsværdier for meget, med mindre det kan gøres som hultursisolering. Vi gør det derfor kun, hvor det er strengt nødvendigt, for at bygningen kan overleve uden dårligdomme som fugt og skimmel, der vil ende med at nedbryde den. Det var f.eks. tilfældet i PH's eget hus, hvor huset simpelt hen ikke ville have overlevet på længere sigt, hvis problemet med dårlig isolering og for ringe opvarmning ikke var blevet løst.”

"Groft sagt kan man sige, at vi bliver nødt til at vælge muligheder fra alle hylder og følge med i udviklingen inden for materialer og produkter – og så vælge det, der samlet set fungerer bedst både i forhold til byggeteknik, energiforbrug, miljøhensyn, komfort og bevaringsværdier. Og vores erfaring er, at selv de bygninger, hvor vi kun kan gennemføre få energiforbedrende tiltag, kan bringes op til en god, moderne standard."

"Det er vigtigt at holde sig for øje, at det er ældre bygninger, vi vælger disse løsninger til – vi har også et projekt i gang, hvor vi undersøger energiforbrug og indeklima i tre nyere parcelhuse, og her kan det være helt andre løsninger, der er de bedste; her har forbedring af terrændæk været det sidste, vi har gjort, mens tætning er effektivt i alle huse uanset alder. Også varmekilden kan være et godt sted at starte – der er energi og CO<sub>2</sub> at spare ved effektiv og klimavenlig varmforsyning."

#### **Forsøg med nye metoder og produkter**

"Udover de gængse og velafprøvede løsninger foretager vi af og til forsøg, hvor vi afviger fra de metoder, vi kender; hvis bygningen er fredet, sker det i samarbejde med fredningsmyndighederne. Restaureringen af Fæstningens Materialgård i København var fra starten formuleret som et forsøg med energiforbedring af fredede bygninger, og i PH's eget hus iværksatte vi et forsøg med et i Danmark nyt isoleringsmateriale, Aerogel. I Erik Christian Sørensens eget hus har vi afprøvet nye vinduestyper, men forsøgene går ikke altid som forventet – vi er desværre ikke helt tilfredse

med vinduerne, for det viser sig efterfølgende, at produktionen var ændret med en ny overfladecoating, så de vinduer, vi valgte, ikke er fuldstændig magen til og ikke lige så gode som dem, vi så på en studietur og var begejstrede for. Men det er trods alt bedre end alternativerne med meget tykke energivinduer. Og i alle tilfælde er de forsøg, vi gennemfører, reversible – de kan fjernes igen uden at have ødelagt bygningen."

"Husene skal stå til evig tid, og vi skal ikke ødelægge dem med irreversible indgreb, der i dag er fornuftige, men om nogle år måske ikke vil være det. Bare inden for de år, vi har været i gang, er varmforsyningen blevet meget mere bæredygtig, og vi tror på, at energiforsyningen for fremtiden bliver CO<sub>2</sub>-neutral – så kan de indgreb, som er effektive i dag, men unødvendige senere hen, fjernes igen."

"De huse, vi ejer, er bygget i en tid, hvor man byggede og levede anderledes, men i dag er en god varmeøkonomi helt nødvendig. Da vi begyndte som ejendomsselskab i 2004, kiggede vi kun på lejen – i dag kigger vi lige så meget på, hvad varmforsyningen udgør, fordi vi ikke vil kunne finde lejere til det prisleje, vores huse befinder sig i, hvis komforten ikke er i orden; det er ikke nok at bede lejere om at tage en sweater på, hvis det er koldt. Den oplevede komfort er vigtig, og den har vi besluttet at tage alvorligt, også i fredede huse. Så energiforbedringer er selvfølgelig noget, vi gør af hensyn til klimaet, men det er også et økonomisk incitament – hvis vi ikke gør det, kan vi ikke leje husene ud."



# Energiforbrug i bygge- og anlægssektoren

**40%**

af Danmarks energiforbrug bruges i bygninger

**35%**

af alt affald er bygge- og anlægsaffald

**20%**

af Danmarks CO<sub>2</sub>-udledning stammer fra energiforbrug i bygninger

**10%**

af Danmarks CO<sub>2</sub>-udledning stammer fra bygge- og anlægsprocessen og produktion af byggematerialer

INTERVIEW



**"Stor effekt med  
gængse metoder"**

# Bedre Byggeskik Bakkekammen 40 i Holbæk

## INTERVIEW

med arkitekt og projektleder Per Troelsen, Realdania By & Byg

**På Bakkekammen i Holbæk findes en stor koncentration af villæer opført efter Bedre Byggeskiks idealer. En af dem er Bakkekammen 40, som Realdania By & Byg købte i 2016 og efterfølgende restaurerede. Den fredede bygning blev opført i 1917 efter tegninger af arkitekterne Ivar Bentsen og Marius Pedersen. Ud over istandsættelse blev der foretaget energiforbedringer på en helt traditionel måde med isolering af loftet, energioptimering af forsatsrammer samt ny varmeinstallation. For Realdania By & Bygs projektleder, arkitekt Per Troelsen, som stod i spidsen for restaureringen, var den overordnede målsætning at fastholde husets arkitektur og funktion og samtidig gøre huset mere bæredygtigt ved at reducere dets CO<sub>2</sub>-udslip.**

”Bakkekammen 40 blev tegnet til en af byens spidser, grosserer Julius Mortensen, og det er tydeligt at se, at det statelige hus ikke er til hvem som helst. Derved afviger det fra det typiske Bedre Byggeskikhus, der er mere ydmygt, men fælles for husene er, at de er opført med gode, gedigne materialer og godt håndværk, og at de har de samme udfordringer i forhold til energioptimering: Der er ingen isolering i ydermurene og for lidt på lofterne og i terrændækkene, ligesom varmesystemerne sjældent er energieffektive.”

### Ingen hulmursisolering

”Fordi huset var meget velbevaret, har tilgangen været at foretage så få ændringer som muligt. En del af arbejderne har været alminde-

lig istandsættelse – småskader i murværket er udbedret, og tegltaget er blevet understrøget. Vi har undladt hulmursisolering af ydervæggene, fordi der i virkeligheden ikke er så meget hulrum. Det skyldes, at murværket har mange faste bindere, så der næsten ikke er plads til isolering. Det ville give en meget lille effekt, og det ville ovenikøbet forstærke murværkets indbyggede kuldebroer, der dermed ville give flere problemer. Isolering er ikke altid den bedste løsning.”

### Loftisolering med flere egenskaber

”Tagetagen er uudnyttet, så her har vi lagt isolering på loftet og udlagt gangbroer ovenpå, så man kan komme rundt i tagrummet. Isoleringen består af 100 mm papiruld, som kan blæses helt ind i hjørner og sprækker og også ud under tagfoden, hvor det er svært at komme til. Papirulden kan skrubes til side, hvis vi på et tidspunkt skal udføre reparationer, og så kan den skrubes tilbage på plads igen bagefter. Papirulden indeholder også nogle naturlige mineraler, der er med til at holde pelsdyr væk.”

### Forbedring af de oprindelige vinduer

”En del af varmetabet i huset foregik gennem utætte og uisolerede vinduer. Det er de oprindelige vinduer, der er bevaret. De fleste af dem er også med de oprindelige forsatsrammer, så her er vi gået nænsomt til værks og har sat

både vinduer og forsatsrammer i stand. For at energiforbedre vinduerne har vi forsynet forsatsrammerne med energiglas og med tætningslister, der er skjult i falsene, hvor vi kunne gnave en lille smule af træet. Enkelte steder manglede vinduerne forsatsrammer, og her har vi lavet nye, der svarer til de eksisterende. Vinduerne i kælderen og på køkkentrappen har fået en forsatsløsning med såkaldt Optoglas, der er hærdet glas uden ramme, som monteres direkte på vinduesrammen. Med de forskellige løsninger er der fastholdt et hierarki i huset mellem de fine rum og de mindre fine.”

**”Det kan godt betale sig at overveje, hvorfor man i sin tid har indrettet husene, som man har – der er som regel en fornuftig forklaring.”**

#### **Nye tekniske installationer**

”Alle tekniske installationer er skiftet ud, så de er mere energivenlige, og varmerør er blevet isoleret, så vi undgår varmetab. Varmeforsyningen var oprindeligt et koksfyur i kælderen, men på et tidspunkt er det blevet udskiftet til naturgas, som også var der, da vi kom til. Vi har installeret et nyt kondenserende naturgasfyur i fyrrummet og har også skiftet rørene. Det nye fyur er mere effektivt end det tidligere, der desuden var underdimensioneret. Radiatorerne af støbejern bag radiatorskjulere er de oprindelige, men vi har monteret nye termostater. Radiatorerne er ikke alle sammen placeret varmemæssigt helt optimalt i forhold til vinduerne, men vi har ladet dem stå, hvor de står, og har suppleret med flere radiatorer, hvor det var nødvendigt, bl.a. i kælderen og en enkelt i

opholdsstuen, hvor den nye radiator har fået en radiatorskjuler udført som de gamle.”

#### **Vores erfaringer**

”I dette hus har vi set, at man kan komme langt ved at bruge helt enkle og velkendte metoder – der skal ikke nødvendigvis en masse hokus-pokus til. Energiforbedringen af vinduerne har her været det vigtigste greb for at mindske energiforbrug og CO<sub>2</sub>-udledning, og med så mange vinduer og så mange forsatsrammer har det været ret omfattende. I et stort hus som dette har vi desuden den fordel, at vi ikke har brug for arealet i tagetagen, som står uudnyttet, og derfor har vi kunnet isolere let og enkelt på loftet frem for at skulle isolere i selve tagkonstruktionen, som er en større manøvre – det vil man måske gerne gøre i mindre huse, så tagetagen kan bruges.”

”Vi har også glæde af de traditionelle udenomsrum som spisekammeret og viktualierum i kælderen, som aldrig har været varmet op – tværtimod skulle de netop være kølige, så man her kunne opbevare madvarer og frugt og grønt fra haven. Disse smårum har ikke kun en historisk værdi, men er også funktionelle i dag, hvis man sørger for at bruge dem til det, de er tiltænkt – så sparer man også noget strøm til et ekstra køleskab. I viktualierummene i kælderen er der en udfordring med kuldebroer, fordi der er en terrasse udenfor med et dæk i form af en betonplade, der går ind i huset og danner loft i viktualierummene. Det gør som nævnt ikke noget, at rummene er kølige, men kuldebroen giver kondens, som rummene ikke har godt af. Det har vi elimineret ved at genåbne de gamle ventilationshuller i ydermurene. Det kan godt betale sig at overveje, hvorfor man i sin tid har indrettet husene, som man har – der er som regel en fornuftig forklaring.”



---

↑ **Bedre Byggeskik, Bakkekammen 40 i Holbæk**

Bedre Byggeskik-huset fra 1917 er opført med ydervægge med hulmur, men på grund af de store vinduer og mange faste bindere i murværket er der ikke meget hulrum, så hulumisolering har ikke kunnet betale sig. Til gengæld har alle vinduer forsatsrammer, og der er udlagt isolering på loftet i den uudnyttede tagetage. De gennemførte energiforbedringstiltag er helt traditionelle og gode eksempler på, at man kan komme langt med enkle og velafprøvede metoder.

---

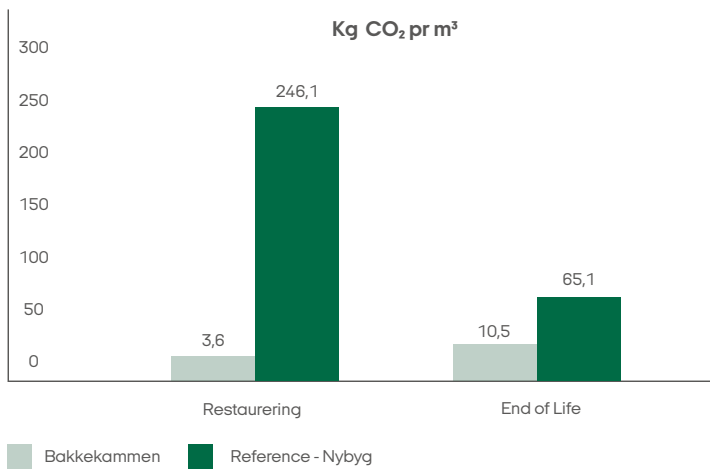


---

**↑ Bedre Byggeskik, Bakkekammen 40 i Holbæk**

Husets vinduer stammer fra opførelsestidspunktet, og de fleste er også stadig forsynet med de oprindelige forsatsrammer, der er sat i stand og tætnet. Hvor forsatsrammer manglede, er der udført nye mæge til de oprindelige, og både eksisterende og nye forsatsrammer har fået monteret energiglas. En række kælderrum er sat i stand, og ved at genåbne eksisterende ventilationsåbninger, er fugtproblemer forsvundet.

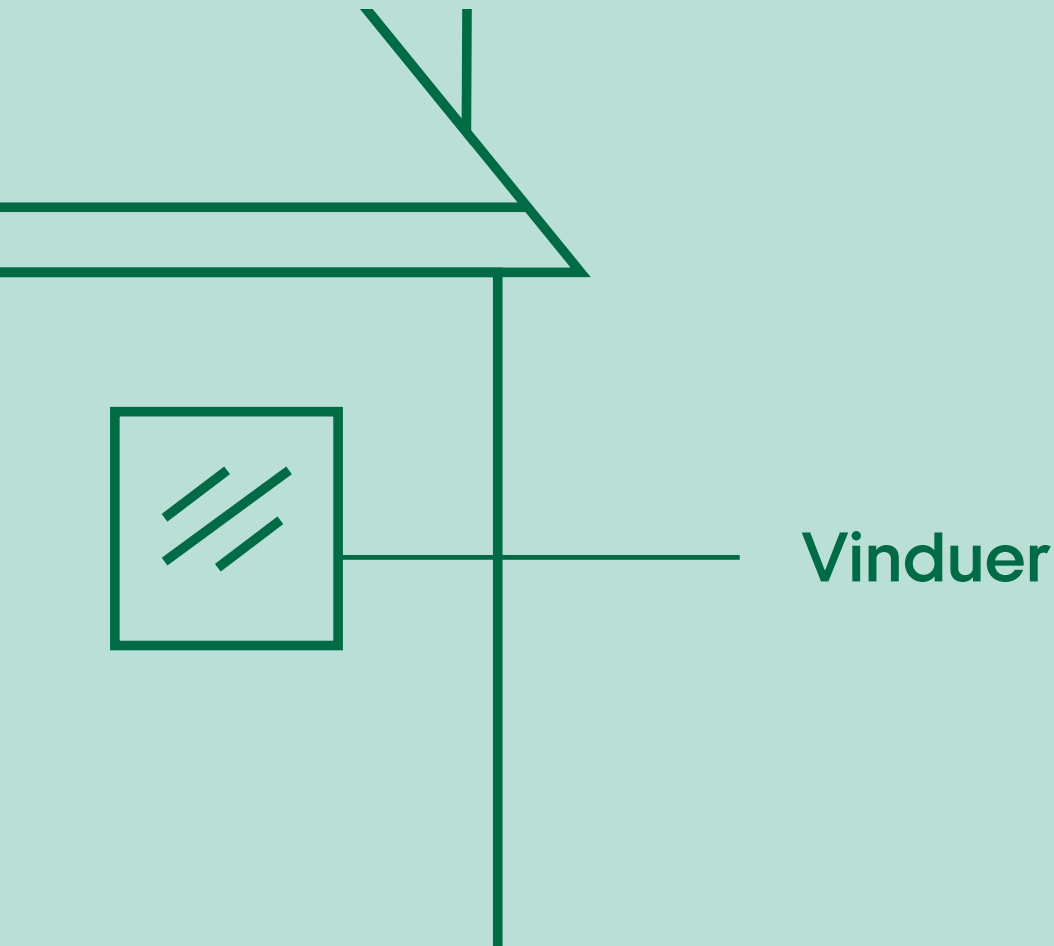
---



← **CO<sub>2</sub>-udledning for Bakkekammen >< Nybygget hus**

Grafen viser, hvor mange kg CO<sub>2</sub> der er udledt pr. kvadratmeter for restaureringen af Bakkekammen sammenholdt med opførelsen af et nyt hus. Restaureringen dækker over fjernet materiale og tilført materiale. "End of Life" viser, hvor meget CO<sub>2</sub> der vil blive udledt, når bygningen rives ned, sammenholdt med et nybygget hus. "End of Life" for Bakkekammen inkluderer de materialer, Realdania By & Byg har tilført bygningen i forbindelse med restaureringen, mens referencen "Nybyg" gælder for hele huset. Der er en meget stor CO<sub>2</sub>-besparelse ved at restaurere i forhold til at bygge nyt.





Gamle vinduer, der ikke er energioptimerede, er kilde til en andel af det samlede varmetab på 25-30 %. Årsagen til vinduers varmetab er det tynde glas, men årsagen kan også være utætheder mellem rammer og karme og eventuelle kuldebroer, der især findes i jernvinduer. Men man kan sagtens bevare vinduer med enkeltglas og samtidig øge isoleringsevnen ved at montere endnu et lag glas, evt. energiglas.



# Energiforbedring af vinduer

Vinduer i historiske huse har typisk karme, rammer og evt. sprosser af træ, hvor ruderne er lagt i kit. Frem til 1950'erne havde vinduer altovervejende ét lag glas, men kunne være forsynet med forsatsrammer, så der samlet set var to lag. I første halvdel af 1900-tallet vandt vinduer med koblede rammer frem. Her blev en ekstra ramme monteret på selve vinduesrammen med skruer eller beslag, så vinduet fik to lag glas, der kunne adskilles, så også de indvendige glassider kunne pudses. Fra begyndelsen af 1950'erne begyndte termoruder at blive mere almindelige i Danmark. En del af de tidlige termovinduer var dog af ringe kvalitet, fordi vinduets konstruktion endnu ikke var gennemprøvet, og fordi der ofte blev anvendt en dårligere træ kvalitet end ved de ældre vinduer.

## Flere lag glas isolerer godt

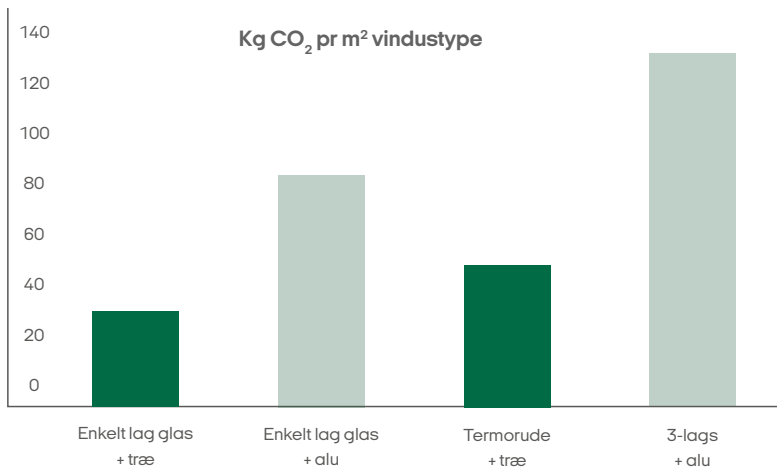
Med to lag glas, hvor det inderste er energiglas (dvs. et lag glas med en tynd metalbelægning), kan der opnås den samme isolerende effekt som ved termoruder. I alle tilfælde er termoruder varmeteknisk ikke en god løsning til små rudeformater i rammeopdelte og opsprossede vinduer, fordi den isolerende effekt er størst i midten af ruden og derfor bliver meget beskedent, når ruden er lille.

For at undgå duggede ruder er det vigtigt, at forsatsvinduerne er helt tætte, så der ikke slipper varm og fugtig luft fra rummet ind i mellemrummet mellem de to lag ruder. Her vil den varme luft nemlig blive afkølet mod den koldere yderrude og danne dug, der kan opfugte træet og resultere i råd og svamp. Mens forsatsvinduerne skal være helt tætte, er det ikke noget problem, at vinduerne i facaden er en smule utætte, da luftmellemrummet mellem de to ruder skal være ventileret.

## Jernvinduer

Fra midten af 1800-tallet til midten af 1900-tallet blev vinduer af støbejern anvendt især som tagvinduer eller i landbrugsbygninger, industribygninger og udhuse. Vinduer af smedejern blev især anvendt under funktionalismen fra 1920'erne og nogle årtier frem.

Jernvinduer byder på andre problemer end trævinduer, fordi jern leder varme og kulde og dermed udgør en kuldebro. Herudover er jernet i fare for at ruste, hvis der dannes dug eller kondens. Men vinduer af jern kan også forsynes med forsatsrammer, der helst skal være i spinkle dimensioner, fordi jernvinduer typisk har smalle rammer og sprosser.



← **CO<sub>2</sub>-udledning for forskellige vindustyper**

Grafen viser, hvor mange kg CO<sub>2</sub> der bliver udledt gennem hele vinduets levetid, fra produktion til bortskaffelse. Vinduerne er regnet som 1x1 meter. Som det ses, udleder et 3-lags vindue med aluminiumsramme 4,5 gange så meget CO<sub>2</sub> i dets levetid i forhold til et enkeltlags vindue med træramme. Alle vinduerne påvirker en bygnings energiforbrug forskelligt; der er derfor flere forhold, der spiller ind, når der skal træffes det mest CO<sub>2</sub>-venlige valg.



#### ← Edvard Heibergs eget hus i Virum

Hvis man udregner vinduers livscyklus på baggrund af deres materiale og type, så er trævinduer med enkeltglas en vinder – især hvis de suppleres med forsatsrammer af træ. Aluminiumsrammer præsterer markant dårligere i en LCA, fordi aluminium kræver meget høj varme undervejs i produktionen. Alligevel har Realdania By & Byg brugt forsatsrammer af aluminium enkelte steder, hvor de oprindelige vinduer er af jern, f.eks. i Edvard Heibergs hus (foto på modsatte side) og i Arne Jacobsens egne huse. Det skyldes, at rammerne af aluminium kan blive lige så spinkle som jernrammerne. Her vægter derfor den æstetiske side af sagen højt, så bevaringsværdierne ikke forringes.

#### ↑ Landsted i Snekkersten tegnet af Kay Fisker

På 1. sal i Kay Fiskers landsted fra 1918 er der glasdøre ud til de små balkoner. Dørene var en kilde til varmetab, fordi der kun var et lag glas. De oprindelige døre er sat snedkermæssigt i stand og forsynet med nye forsatsdøre, så der nu er to lag glas. Det har været en udfordring at tilpasse forsatsdørene, fordi de gamle døre åbner indad. Det er løst ved at holde så stor afstand mellem de to lag døre som muligt og forsyne de nye, indvendige forsatsdøre med særlige hængsler.



---

#### ↑ Bindesbølls Rådhus i Thisted

På Bindesbølls Rådhus i Thisted har Realdania By & Byg monteret koblede rammer med termoruder på de gamle vinduer i forbindelse med bygningens restaurering, der blev afsluttet i 2010. Det har højst sandsynligt mindsket både varmeregning og trækgener, men det er svært at vurdere, da Realdania By & Byg ikke har erfaring med driften, før forsatsrammerne blev monteret.

#### → Romerhuset i Helsingør

I bebyggelsen Romerhusene i Helsingør, der blev tegnet af arkitekt Jørn Utzon og opført 1957-1961, var man, dengang huset blev opført, nødt til at spare for at få økonomien til at hænge sammen. Det betød bl.a., at der ikke var råd til at bruge de dengang nye og meget dyrere termoruder i det store vinduesparti mellem opholdsstuen og den private gårdhave. Derfor blev løsningen dobbelte vinduer med to lag glas, der blev delt vandret i to dele for hvert fag. Vinduerne er en del af fredningsværdien og må ikke skiftes til termoruder fra gulv til loft, selv om det nok var den løsning, Utzon ville have foretrukket. Vinduerne er ikke energiforbedret, men det er heller ikke nødvendigt, for de to lag glas med det luftfyldte mellemrum isolerer glimrende, og beboerne oplever ingen problemer – ud over når der skal vaskes vinduer! De yderste rammer kan afmonteres, så det er muligt at pudse på indersiden af begge ruder, men det er en meget besværlig manøvre, for rammerne er tunge og uhåndterlige. Små skruer, som holder rammerne sammen, skal løsnes, når vinduerne skal pudses. Det er vigtigt at holde disse små skruer ved lige.

---





---

#### ↑ Halldor Gunnløgssons eget hus ved Rungsted Kyst

Modernismens arkitekttegnede huse fra 1950'erne blev som regel opført med store termovinduer. De blev mere almindelige i det danske byggeri i midten af 1950'erne, men var stadig dyrere end traditionelle vinduestyper. Fordi vinduesrammer og karme er født til termorudernes større tykkelse, er det forholdsvis let at skifte ruderne ud til nye termoruder, der i dag fås i de samme dimensioner, men med en langt større isolerende effekt.

Det er også muligt at vælge farve til de kanter, spacere, der er mellem ruderne, så de falder bedre ind i helheden end de oprindelige vinduers blanke metalkanter. Denne mulighed er valgt i Halldor Gunnløgssons eget hus i Rungsted fra 1958, hvor de sorte spacere indgår i en helhed med de oprindelige sorte karme og rammer, som er bevaret, mens ruderne og glaslisterne er skiftet ud.

#### → Edvard Heibergs eget hus i Virum

I 1924 stod Edvard Heibergs eget hus færdigt – efter sigende Nordens første funkisbolig. Huset var udført med datidens typiske jernvinduer, der er elegante med de slanke karme, rammer og sprosser, men giver et stort varmetab.

På et tidspunkt blev de gamle enkeltlagsruder fjernet og erstattet af tynde termoruder, der passede til dimensionerne i jernvinduerne. Men termoruderne er tungere end de oprindelige ruder, så der er en risiko for, at jernet vrider sig. Produkterne udvikler sig dog hele tiden, og i dag findes energiruder, der vejer mindre, og som evt. kan monteres, næste gang vinduerne i Edvard Heibergs eget hus skal gennemgås.







## CASE 1

# Marskgården Højergård i Sønderjylland: Flere end 70 forskellige vinduer er bevaret

**I Sønderjylland ligger Højergård centralt placeret i Højer. Gårdanlægget består af tre historiske bygninger: et stuehus fra 1823, en tidligere udlænge fra 1700-tallet og en villa opført i 1906. Realdania By & Byg købte Højergård i 2016, og som en del af restaureringen blev alle vinduer sat i stand og forbedret energimæssigt med forsatsrammer.**

Stuehusets og villaens trævinduer var i forholdsvis god stand, da Realdania By & Byg overtog bygningerne, men de led af de typiske problemer, som gamle trævinduer med tiden bliver ramt af: bund- og sidekarm, rammebundstykker og bunden af lodposten havde rådskader; hængsler og beslag var rustne; der var løs eller manglende kit; enkelte ruder var ødelagte, og vinduerne trængte til maling. Hertil kom, at enkeltglas-vinduerne ikke var særligt energivenlige, selv om flere af dem havde forsatsrammer. Nogle steder var der på et tidspunkt isat nyere termovinduer, men som en del af restaureringen blev disse udskiftet med nye håndsnedkererede kerne-træsvinduer.

### Snedkergennemgang

Flere end 70 vinduer af forskellig type og med forskellige profiler er blevet sat i stand hos en lokal snedkermester. Her blev de ruder, der kunne bevares, nummereret, inden de blev taget ud, så de kunne vende tilbage til deres oprindelige plads. Ødelagte ruder blev erstattet af glas fra andre gamle vinduer, som snedkeren havde på lager, så ruderne har den let flimrende og mere levende karakter, der er typisk for trukket glas, og som moderne plant glas

ikke har. Råddent og skadet træ blev udskiftet med nyt kernetræ med samme profiler, og vinduerne blev til sidst malet med linoliemaling.

### Forsatsrammer

Nogle af vinduerne havde ældre forsatsrammer, som blev sat i stand. Hvor der ikke var forsatsrammer i forvejen, er der lavet nye med energiglas, mens de gamle forsatsrammer kun har fået energiglas, hvis glasset alligevel skulle skiftes ud. Også udlængens støbejernsvinduer er blevet energiforbedret med forsatsrammer. Selv om støbejernsvinduerne har buede overkanter, er forsatsrammerne firkantede, og de er monteret på væggene, så de er større end selve jernvinduet. På den måde bryder de jernets kuldebro.

### Realdania By & Bygs erfaringer

Bygningerne i Højergård har en helt anden funktion i dag end tidligere, så det er svært at sammenligne energiforbruget før og efter, men vinduerne er blevet tættere og har med forsatsrammerne en positiv effekt i forhold til varmeforbrug, trækgener osv. Generelt er komforten god i alle bygningerne, men forsatsrammerne fylder meget, når de er åbne, og de kan ikke fastgøres. Dette er ikke i sig selv et problem, men med de mange forskellige brugere af huset kræver det, at der mange gange bliver givet den rigtige information til brugerne om, hvordan de skal håndtere vinduerne. Højergård fungerer i dag primært som madlejrskole med overnattende børn og unge, og de skal lære at passe på de åbne forsatsrammer, når de gerne vil sidde i vindueskarmene og snakke og hygge sig.



---

### Marskgården Højergård i Højer

I Højergårds tre bygninger er alle vinduer sat i stand og energiforbedret med forsatsrammer. De mange trævinduer har været en tur forbi en lokal snedkermester, der nænsomt har nummereret alle ruder, taget dem ud, sat vinduerne i stand og ruderne på plads igen. Nogle vinduer havde forsatsrammer, der ligeledes er sat i stand, andre har fået nye forsatsrammer med energiglas. Også jernvinduerne i udlængen er energiforbedret med forsatsrammer, men her dækker rammerne hele vinduesåbningen på indersiden af ydervæggen – på den måde brydes også den kuldebro, som vinduernes jern udgør.

---





## CASE 2

# Arkitekt Arne Jacobsens eget hus i Charlottenlund: Originale jernvinduer med nye forsatsrammer

**På Gotfred Rodes Vej i Charlottenlund ligger det første hus, som arkitekt Arne Jacobsen tegnede til sig selv og sin familie. Det stod færdigt i 1929 som et hvidt, kubisk hus, typisk for tidens internationale funktionalisme, hvor jernvinduer var en naturlig del af tidens glæde ved maskinelt fremstillede produkter. Realdania By & Byg erhvervede huset i 2005 og gennemførte en større restaurering i de følgende år, men de oprindelige jernvinduer fik lov at vente.**

Jernvinduerne i Arne Jacobsens hus på Gotfred Rodes Vej var på et tidspunkt under en tidligere ejer blevet forbedret energimæssigt ved at udskifte de oprindelige enkeltglas med tynde termoruder monteret med glaslister af teaktræ i de oprindelige jernrammer. Montering var nænsomt udført, så de oprindelige jernrammer var ikke blevet ændret.

Til trods for termoruderne var der dog både varmetab og trækgener, fordi vinduets jern er en stor kuldebro, hvor varmen forsvinder ud, og kølig luft trænger ind. Kuldebroen gav også kondens, der efterhånden havde ledt til skimmelsvamp. Det var derfor nødvendigt for Realdania By & Byg at forbedre vinduernes isoleringsevne for at passe på huset og få bedre varmeøkonomi og indeklima.

### Nye forsatsrammer

De oprindelige jernvinduer er en del af husets bevaringsværdi, så frem for at udskifte dem valgte Realdania By & Byg i 2018 at montere nye forsatsrammer med energiglas. Forsatsrammerne er af aluminium, der kan udføres i spinkle dimensioner, som passer til de oprindelige jernrammer. Forsatsrammerne er efterfølgende håndstrøget med linolie-maling, så de får en mere levende overflade, der passer bedre til huset end de meget skarpskårne og præcise aluminiumsrammer.

### Realdania By & Bygs erfaringer

Ud over at forbedre isoleringsevnen med det ekstra lag glas har forsatsrammerne brudt kuldebroen i tilstrækkeligt stort omfang til, at dugpunktet er flyttet, så der ikke dannes kondens på indersiden af jernrammen. Det stopper ikke blot udviklingen af skimmel, men giver også bedre komfort med mindre træk. Forsatsrammerne er kun etableret på første sal, hvor værelser og soveværelse ligger, hvilket var et krav fra fredningsmyndighederne, så vinduerne i de finere rum i stueetagen kunne stå mere i tråd med den oprindelige indretning. Samtidig giver det god mening netop i soverum, hvor der oftere opstår kondens. I stueetagen har beboerne møbleret sig ud af generne med træk ved at placere sofaer og stole andre steder end lige under vinduerne.



---

### **Arne Jacobsens eget hus i Charlottenlund**

Da Arne Jacobsen byggede hus til sig selv og sin familie i 1929, var jernvinduer en af tidens trends. De oprindelige jernvinduer findes endnu trods en senere ejers udskiftning af enkeltglasene til tynde termoruder. De løste dog ikke problemet med varmetab og træk pga. kuldebroer, fordi jern leder varme ud og kulde ind. Derfor er der nu monteret forsatsrammer foran jernvinduene på første sal, mens vinduerne i stueetagen står uden af hensyn til bevaringsværdierne. Forsatsrammerne er af aluminium, der kan udføres i spinkle dimensioner ligesom de eksisterende jernvinduer, og de er håndstrøget med linolie-maling for at give en overfladekarakter, der passer til huset.

---



INTERVIEW



**"Modernismens  
huse kræver særlige  
løsninger"**



# Arkitekt Erik Christian Sørensens eget hus i Charlottenlund

## INTERVIEW

med arkitekt og projektleder Frants Frandsen, Realdania By & Byg

**I 1955 stod det hus færdigt, som arkitekten Erik Christian Sørensen tegnede til sig selv og sin familie. Realdania By & Byg købte huset på Smutvej i Charlottenlund i 2019 og gennemførte en større restaurering, som blev afsluttet i foråret 2021 med Realdania By & Bygs arkitekt Frants Frandsen som projektleder. Ifølge Frants Frandsen har det været en særlig udfordring at energioptimere den modernistiske bygning med det flade tag, de spinkle trækonstruktioner og den elegante vekslen mellem slanke stolper og store vinduespartier uden at ødelægge bevaringsværdierne.**

”Der er nogle særlige udfordringer forbundet med at restaurere modernismens huse – det er egentlig lettere at restaurere huse, der er ældre og bygget med traditionelle byggematerialer og metoder. Det skyldes, at der i løbet af 1950’erne kom en lang række nye og dengang uafprøvede produkter og designs på markedet, som ikke umiddelbart kan erstattes i dag, fordi de ikke produceres længere, eller har vist sig at være dårlige rent byggeteknisk eller indeholder farlige stoffer, f.eks. asbest.”

### Højisolerende vinduer

”I et hus som det her, hvor ydervæggene for en meget stor dels vedkommende består af vinduer, er der selvfølgelig et stort potentiale i at energiforbedre vinduerne. Vi fandt frem til en forholdsvis ny vinduestype fra Japan, der har været produceret dér de sidste 10-15 år. Vinduet udmærker sig ved at have en høj isolerings-

evne samtidig med, at ruderne er meget tynde, blot 12 mm. De minder derfor om de oprindelige termoruder, der var blevet udskiftet, før vi kom til, og passer således til husets spinkle konstruktioner, der er afgørende for æstetikken og fredningsværdierne. Skulle vi i stedet have valgt gængse energivinduer med samme isoleringsevne, havde det været meget tykke trelagsvinduer, der havde givet et lystab. De nye såkaldte vakuumruder består af to lag glas med 0,2 mm mellemrum, hvorfra luften suges ud. Små glasstifter, der stort set er usynlige, holder afstand mellem de to ruder. Vi har bevaret en glasdør med en eksisterende rude, så vi efterfølgende har et sammenligningsgrundlag for at måle på effekten af og komforten ved de nye vakuumvinduer.”

### Tynde ydervægge

”Ydervæggene består af stolpekonstruktioner med udfyld af enten lette plader, brædder eller vinduer. Arkitekturen har inspiration fra Japan og USA, men peger også tilbage på vores egen modulære byggeskik med bindingsværkshuse. Konstruktionen er slank og elegant – de lukkede facadepartier er kun 12 cm tykke. Her har vi ikke isoleret yderligere; der var oprindeligt 50 mm mineraluld, og det er der stadigvæk. Det vil ødelægge arkitekturen, hvis vi gør væggene tykkere eller dækker overfladerne med isolering.”

"Nogle steder er der i felterne i ydervægen bag radiatorerne nogle tophængslede brystningslemme, der kan åbnes for at skabe ventilation. Erik Christian Sørensens børn har fortalt, at de rent faktisk brugte disse lemme, og vi har også bevaret dem og deres funktion. Ventilationslemmene er bygget op med et lag isolering på 30 mm mellem den indvendige beklædning af krydsfiner og den udvendige af eternit. Vi har udskiftet de oprindelige eternitplader, der indeholdt asbest, med nye plader med samme karakter og lyse grå farve som kontrast til de mørke facader."

### **Fladt tag**

"Det flade built-up tag på huset er typisk for 1950'erne. Den oprindelige opbygning med 100 mm mineraluldsbatts mellem bjælkerne var bevaret og var ligesom tagopbygningen egentlig i god stand og uden råds-kader, men på et tidspunkt var der lagt et ekstra lag isolering oven på tagets øverste lag tagpap. Isoleringen havde med tiden suget en masse vand, og det var så drivvådt, at det kunne vrides. Det havde fuldstændig mistet sin isoleringseffekt og risikerede også at lede fugt videre ind i den underliggende konstruktion. Fugten havde heldigvis ikke bredt sig, så vi kunne bevare selve tømmerkonstruktionen, men måtte etablere et nyt lag brædder og pap og lægge et nyt lag isolering af mineraluldsbatts. Vi har lagt isolering med samme dimension som den oprindelige, men med en større isoleringsevne. Med denne nye superisolering var det ikke nødvendigt at hæve taget, så vi kunne fastholde den oprindelige tagprofil og sternkant,

men fordi der ikke var tilstrækkelig ventilering i taget, har vi rykket sternbrædderne 1½ cm ud – det er så lidt, at det knapt anes. Med dette indgreb har vi fået et bedre tag, der holder længere, fordi det dels er blevet tættere, dels har bedre isolering og ventilering. Huset er ikke født med ovenlysvinduerne, men det er Erik Christian Sørensens selv, som på et tidspunkt etablerede dem med det formål at skabe mere lys og en bedre lysfordeling i de mørkeste dele af rummene. Her var der også problemer med utæthed og manglende isolering, så dem har vi skiftet ud til nye ovenlys, der ligner de gamle, men isolerer bedre."

### **Terrændæk**

"Vi har ikke ændret på terrændækket og heller ikke isoleret ekstra. Den oprindelige opbygning består af brokker, slagger og beton, og isoleringen består af 50 mm kork langs soklerne og ca. en halv meter ind på dækket, mens korklaget under gulvene er på 20 mm. Der er også oprindelig gulvvarme langs enkelte af ydervæggene og i badeværelset. I opholdsstuen og ved spisepladsen ligger den oprindelige gulvbelægning af Oppdalskifer. I værelsesafdelingen var gulvbelægningen af kork på et tidspunkt blevet ændret til skifergulv, der var lagt oven på den oprindelige konstruktion og derfor var blevet lidt højere, så den kom til at dække fodlisten, som er en vigtig del af arkitekturen. Her har vi fjernet skifergulvet og genskabt korkbelægningen. Det samme i køkkenet. I tegnestuefløjen er et senere sort vinylgulv udskiftet med en lys grå gummivare som oprindeligt."

**”Vi skulle finde en vinduestype, der kunne bidrage væsentligt til energiforbedringen, men som samtidig ikke måtte have for kraftige dimensioner, der ville gå ud over husets æstetiske bevaringsværdier.“**

#### **Varmeforsyning med gasfyr**

”Der er ikke fjernvarme i området, så vi har etableret en bedre varmforsyningsenhed end før med et kondenserende gasfyr, der er tre gange så effektivt som det gamle gasfyr. Før vi købte huset, var der monteret en pejseindsats i den åbne pejs, og den har vi bevaret. Den giver mere varme end en pejs og bidrager dermed til opvarmningen – samtidig siver der heller ikke varm luft ud gennem den åbne skorsten.”

#### **Vores erfaringer**

”Indeklimaet var godt før restaureringen, men varmeforbruget var stort. Det var derfor, at den tidligere ejer havde lagt den ekstra isolering på taget og monteret pejseindsatsen, så varmforsyningen kunne suppleres. Restaureringen med helhedsgrebet, hvor vi har sat ind forskellige steder, vil ifølge teoretiske beregninger kunne spare helt op til 25-30 % på energiforbruget. Beregningerne omfatter kun de rent tekniske forbedringer, så hvordan forbruget kommer til at se ud, når lejerne flytter ind, ved vi selvfølgelig ikke – det afhænger af deres adfærd. De teoretiske beregninger bru-

ger vi i starten af en restaurering til at vurdere, hvilke indgreb der er aktuelle, men også æstetiske og bevaringsmæssigt bæredygtige i den konkrete bygning, og her tænker vi ikke kun på løsninger nu og her, men også på både materialernes og konstruktionernes levetider som en del af husets samlede økonomiske og miljømæssige bæredygtighed.”

”I dette projekt brugte vi meget lang tid på at finde frem til vinduerne. Vi skulle finde en type, der kunne bidrage væsentligt til energiforbedringen, men som samtidig ikke måtte have for kraftige dimensioner, der ville gå ud over husets æstetiske bevaringsværdier – de tynde, elegante facader ville miste deres særlige karakter, hvis der kom tykke ruder i. Det var et større detektivarbejde at finde frem til de japanske vinduer, der – så vidt jeg ved – er de første i Danmark. Vi måtte da også søge mod andre lande for at tale med forskellige leverandører af vakuumvinduet, ligesom vi studerede udenlandske tidsskrifter og måtte på studietur bl.a. til Holland, hvor vi fik fremvist nogle byggerier, hvor disse vinduer var anvendt med godt resultat. Dernæst kom en meget lang produktionstid – og en højere pris. Vinduerne er næsten dobbelt så dyre som de mere gængse energivinduer. Så det koster noget, og det kræver også tit et større opsporingsarbejde at afsøge markedet, også i udlandet, og en god portion vedholdenhed at finde de rigtige produkter, der opfylder kravene til både energiforbedringer og bevaringsværdier. Det er virkelig en udfordring.”



---

#### **Erik Christian Sørensens eget hus i Charlottenlund**

I huse fra 1950'erne er store vinduespartier en afgørende del af arkitekturen, og med deres markante andel af facaderne kan de også bidrage til at forbedre varmøkonomien. De oprindelige termoruder i Erik Christian Sørensens eget hus var skiftet ud, og i dag er der eksperimenteret med nye højisolerende vinduer med de samme tynde dimensioner som de oprindelige. De såkaldte vakuum-vinduer isolerer lige så godt som gængse energiruder, der med deres tre lag er meget tykkere, og de passer derfor bedre til husets udseende. Den åbne pejs har på et tidspunkt fået en pejseindsats, der er bevaret som et supplement til den øvrige opvarmning.

---



---

#### **Erik Christian Sørensen's eget hus i Charlottenlund**

Det flade built-up tag var noget nyt og moderne i 1950'ernes enfamiliehuse, og den oprindelige tagkonstruktion i Erik Christian Sørensen's eget hus var velbevaret og findes stadig. Til gengæld var der på et tidspunkt lagt ekstra isolering ovenpå, som var blevet drivvåd og overhovedet ikke isolerede. Der er i dag lagt ny isolering med langt bedre isoleringsevne end den oprindelige, men med samme dimension, så det ikke har været nødvendigt at hæve taget – det ville have ødelagt husets arkitektur. Ovenlysvinduerne var der ikke oprindeligt, men det var Erik Christian Sørensen selv, der etablerede dem for at give mere lys til husets indre. Ovenlysene var utætte og dårligt isolerede og er nu skiftet ud til nye, der isolerer bedre.

---



Varme søger opad, og fordi taget udgør en stor flade, vil der forsvinde meget varme, hvis taget er utæt. Den største del af den varme, der forsvinder fra et hus, går via taget med 25-40 %. Det giver derfor som regel størst effekt at isolere på loftet eller i tagfladen i forhold til andre steder i huset.

# Efterisolering af loft, tag og kviste

## Udnyttet tagetage

Det enkleste er at efterisolere en udnyttet tagetage, hvor isolering kan udføres oven på tagrummets gulv. Her kan som regel udlægges isolering i de dimensioner, der er normale i dag. Isoleringen påvirker kun højden i tagrummet, og samtidig er det en reversibel løsning uden betydning for bygningens proportioner og detaljer. Der kan alternativt indblæses granulat, som kan være aktuelt, hvis en lav taghældning eller konstruktion af gitterspær gør det umuligt at komme ind i tagrummet. Hvis man skal kunne færdes i tagrummet, kan der lægges et nyt gulv eller gangbroer oven på isoleringen.

Isoleringen kan også etableres inde i etageadskillelsen. Er der allerede isoleret i dækket, kan den traditionelle isolering måske bevares og suppleres. Traditionel isolering har langt op i 1900-tallet været et lerlag lagt ud på indskudsbrædder mellem bjælkerne. Lerlaget med en dimension på 5-8 cm har samtidig haft en brandbeskyttende og lyddæmpende effekt. Herudover er lerlaget godt til at stabilisere fugtbalancen, fordi leret optager fugt og afgiver den igen, når luften kan optage den.

Andre materialer har også været brugt som indskud f.eks. slagger, kiselgur (diatomit), tørvestrøelse, korksmuld eller knuste molersten. I første halvdel af 1900-tallet blev der i etageadskillelser også brugt plader af kork eller de såkaldte Arkimåtter eller Arki Tang-

måtter. Det var isoleringsmåtter med fyld af tang, eller rettere ålegræs, som i slutningen af 1950'erne efterhånden blev afløst af måtter af mineraluld. På samme tidspunkt begyndte også de såkaldte batts, der er isoleringsplader fremstillet af sammenpresset mineraluld, at blive udbredt.

## Udnyttet tagetage

Er tagrummet udnyttet, eller er der loft til kip, er efterisolering mere kompliceret, fordi der er væg- og loftsbeklædninger at tage hensyn til. Her sker isoleringen i selve tagfladen og evt. spidsloft og skunkrum. Skunken isoleres både ind mod loftsrummet og i gulvet mod etageadskillelsen. Hvis der er ført installationer i skunkrummet, bør også skråvæggen isoleres, så rør beskyttes mod frost.

I skråvæggene er det lettest at isolere, hvis tagdækningen eller konstruktionen alligevel skal udskiftes eller restaureres, så isoleringen kan udføres udefra og dermed ikke påvirker de indvendige lofts- og vægbeklædninger. For at bevare bygningens proportioner og dimensioner ved tagfod, gesims osv. udføres nyt undertag af brædder og pap og isolering som regel bedst mellem spærene og ikke oven på dem, da det hæver taget.

## Kviste

Kviste kan også isoleres, men isolering af flunker har ikke nogen særlig stor betydning i



det samlede energiregnskab, fordi arealet er forholdsvis lille. Hvis der isoleres, bør der anvendes meget tynde isoleringsmaterialer, så flunkerne ikke bliver for kraftige og ødelægger kvistens proportioner.

### Flade tage

Under funktionalismen blev flade tage moderne både som tag og i form af tagterrasser. En typisk konstruktion var en betonplade med et tyndt isoleringsmateriale f.eks. 30-50 mm halmasfalt eller kork støbt sammen med betonpladen. Herpå blev lagt tætnende lag af tagpap eller asfalt.

I 1950'erne kom de flade tage tilbage i en ny udgave i form af built-up tage bl.a. gjort muligt, fordi kvaliteten af tagpap var blevet forbedret. Ved built-up tage udlagde man et lag asfalt eller tjæreklæbemasse med mange tynde paplag som armering. Øverst blev lagt en tyk masse af tjærebeg, der blev dækket med et lag perlesten eller skærver. De skulle forhindre solens stråler i at ophele belægningen, så de blødgørende olier i begmassen ikke risikerede at fordampe, og taget dermed ville tørre ud, revne og blive utæt.

---

### ↑ Romerhuset i Helsingør

Det fredede Romerhus, som Realdania By & Byg ejer, er tegnet af Jørn Utzon og stod færdigt i 1960. Der var oprindeligt 100 mm isolering i tagkonstruktionen. Yderligere isolering var ikke en mulighed i det skrå loft i opholdsstuen, hvor en indvendig isolering ikke kunne komme på tale, idet rumhøjden ville blive lavere, og vigtige detaljer ville blive skjult. I dele af huset har rummene flade lofter, og her har en tidligere ejer udført efterisolering med 250 mm mineraluld – dog i mindre dimensioner ved tagfoden, hvor der ikke er så meget plads.

Realdania By & Byg gennemførte beregninger af varmetabet ved den mindre isolering ved tagfoden, og det viste sig at være så begrænset, at det ikke kunne betale sig at igangsætte en større ombygning for at isolere bedre. Det er den oprindelige tagdækning af teglsten, der stadig ligger på taget, og derfor skal det kunne retfærdiggøres at fjerne tagdækningen, så der kan lægges ny og bedre isolering udefra. Men den dag tagstenene er så slidte, at taget skal omlægges, kan den gamle isolering skiftes ud til et moderne og mere effektivt isoleringsmateriale på en måde, så tagets og husets dimensioner ikke ændres.

---





---

#### ↑ Tvedes Rådhus i Sorø

I det gamle råd-, ting- og arresthus i Sorø, der blev tegnet af Vilhelm Tvede og stod færdigt i 1881, er tagetagen uudnyttet. Da Realdania By & Byg købte huset i 2010, lå der allerede en tidligere isolering, og med Realdania By & Bygs restaurering er der nu isoleret med ekstra 300 mm mineraluld oven på etageadskillelsen og den eksisterende isolering. Gulvniveauet er hævet, så man nu skal et par trin op for at komme til de gangbroer, der er udlagt oven på isoleringen og giver mulighed for at komme rundt på loftet.

---



---

### ↑ Statshusmandsbruget i Skovbølling

I statshusmandsbruget i Skovbølling ved Haderslev fra 1934 var det oprindelige tag ikke isoleret. Tagstenene af cement var i dårlig stand og skulle skiftes, da Realdania By & Byg købte huset i 2010 og efterfølgende satte det i stand. Da tagdækningen alligevel skulle fjernes, var det oplagt at isolere i tagfladen, idet tagetagen er udnyttet til værelser. Der blev etableret et nyt fast undertag med brædder og pap og isolering til moderne standard med i alt 200 mm mineraluld.

---



---

#### ↑ Clemmensens eget hus i Gentofte

I Karen og Ebbe Clemmensens eget hus fra 1953 havde arkitektparret sørget for den påkrævede ventilation af tagkonstruktionen, hvor der oprindeligt var isoleret med 100 mm mineraluld. Oven på ydermurene af gasbeton ligger et skifte af perforerede mursten, hvor luft trækkes gennem tagkonstruktionen. Det virkede dog ikke efter hensigten, så der opstod kondens i tagkonstruktionens ås.

Ved Realdania By & Bygs restaurering i 2004 skulle tagdækningen udskiftes, og der blev derfor mulighed for at erstatte den oprindelige isolering med ny i samme dimension i en opbygning med dampspærre. Da ventilationsmelle rummet ikke var stort nok, blev taget hævet en lille smule, så det oprindelige system med luft gennem hulstenene igen virker. Hævningen af taget har været så beskeden, at den ikke har ændret nævneværdigt på proportioner og detaljer.



---

#### ↑ Arne Jacobsens eget hus i Charlottenlund

I 1929 stod det første hus, som Arne Jacobsen tegnede til sig selv og familien, færdigt. Trods den tydelige inspiration fra den internationale funktionalisme er huset muret og ikke opført af jernbeton, og tidens moderne tagterrasse hviler på et traditionelt træbjælkelag. Herpå ligger en plade af beton. Det tidstypiske flade tag var blevet efterisoleret af en tidligere ejer, og det ses i den ganske lille forhøjelse af taget. Tagterrassen er ikke blevet efterisoleret.

---



---

#### ↑ Erik Christian Sørensens eget hus i Charlottenlund

Erik Christian Sørensens eget hus fra 1958 blev opført med datidens nye og dengang meget moderne tagkonstruktion: built-up tag. Dele af taget blev skiftet ud, fordi den øverste tagdækning var blevet utæt, og et lag isolering, som på et tidspunkt var lagt ovenpå det oprindelige tag, var blevet drivvådt. Isoleringen blev fjernet, og mellem de oprindelige bjælker blev der lagt ny isolering i samme dimension som den oprindelige, men med større isoleringsevne.

---



TINGHUS

## CASE 3

# Kochs Tinghus i Store Heddinge: Flere isoleringsprincipper i samme tagetage

**I Store Heddinge ligger byens gamle råd-, ting- og arresthus, der blev opført i 1832-38 med Jørgen Hansen Koch som arkitekt. Realdania By & Byg købte ejendommen i 2011, og bygningen stod efter endt restaurering klar til nye brugere i 2013. Bygningen var forholdsvis velholdt, men tagværket trængte til udbedring af råd- og svampeskader, og der blev lagt nyt tag med tagsten af samme type som oprindeligt**

Da tagdækningen alligevel skulle fjernes, var det oplagt at etablere fast undertag med brædder og pap. For at undgå at hæve taget og derved ændre på bygningens proportioner og detaljer blev brædderne lagt mellem spærerne frem for ovenpå. Tagrummet har i hele ejendommens levetid været udnyttet bortset fra et par tidligere pigekamre, og tagrummet er vanskeligt at udnytte i dag, fordi der er for lidt dagslys og ikke ordentlige flugtveje. Tagetagen er derfor fortsat udnyttet og behøver ikke været isoleret. Der er dog et varmetab via tagfladen, fordi bygningens store hovedtrapperum går helt op i tagrummet. Ved at lade hovedtrappen fortsætte en etage mere end normalt kunne arkitekten nemlig give trapperummet mere pondus.

### Hovedtrapperummet isoleret

For at mindske varmetabet blev der derfor med Realdania By & Bygs restaurering isoleret i tagfladen over hovedtrapperummet. Her sidder en række oprindelige paneler med integrerede lemme, så man har kunnet eftergå tagstenenes understrygning. Med det nye undertag er disse lemme ikke længere nødvendige, så der er

nu isoleret med 150 mm mineraluldsbatts mellem panelerne og taget.

På hver side af hovedtrapperummet ligger et loftsrum i gavlen. De to loftsrum er udnyttede og derfor ikke opvarmede, men for at isolere trapperummet er der udført isolering på den side af væggene, der vender mod loftsrummene. Isoleringen består af 200 mm mineraluld og er skjult bag nye bræddevægge, der er udført som de gamle for at skabe et ensartet udtryk.

I midten af huset ligger to kamre, der bl.a. har været brugt som pigekamre. Disse kamre nyder også godt af den nye isolering af de udnyttede loftsrum; til gengæld blev en isolering af væggene i kamrene i tagfladen og ud mod trapperummet fravalgt, bl.a. fordi kamrene bærer spor efter deres funktion som pigekamre med rester af tapet og maling på de oprindelige bræddeskillevægge. De indeholder dermed en synlig fortælling om bygningens historie og en generel social historie, som Realdania By & Byg ikke ønskede at dække til. Kamrene, der ikke skal bruges til ophold, fungerer til gengæld rent varmemæssigt som en buffer i forhold til trapperummet, der nu ikke længere støder direkte op til uisolerede flader. Huset kunne altså være blevet isoleret mere, men en balance mellem energiforbedring og bevaringsværdier blev valgt.

Isoleringen af vægge og tagflader er helt traditionel, og den er suppleret med 200 mm isolering oven på etageadskillelsen mellem 1. sal og tagetagen. Herpå er der etableret et nyt bræddegulv.



---

### Kochs Tinghus i Store Heddinge

Tagetagen er uudnyttet, så det har ikke været nødvendigt at isolere i tagfladen bortset fra et enkelt parti, hvor hovedtrappen går helt op i tagrummet, og der er lagt isoleringsbatts mellem taget og loftsfladens oprindelige bræddelemme. Til gengæld er etagedækket mod første sal isoleret, og der er lagt nyt gulv ovenpå. Herudover er et uudnyttet tagrum i hver gavl isoleret på den væg, der vender mod hovedtrapperummet. Isoleringen er skjult bag en ny bræddevæg i gavlrummene, så den ikke kan ses fra hovedtrapperummet, hvor de gamle bræddevægge stadig står synlige.

---







## CASE 4

### Marskgården Højergård i Sønderjylland: Stråtage isolerer godt

I Højer ligger Højergård, som Realdania By & Byg købte i 2016 og efterfølgende har restaureret. En del af anlægget er et stuehus fra 1823, der typisk for egnens marskgårde er grundmuret og med stråtage. Ved Realdania By & Bygs restaurering blev stuehusets stråtage udskiftet og isoleret.

Stråtage har i sig selv en forholdsvis god isoleringsevne i kraft af de luftfyldte strå og det som regel ret tykke tag. Men der var alligevel et varmetab i Højergård-stuehusets tagetage, der er udnyttet og i dag anvendes til sove- og opholdsrum. I spidsloftet er der teknikrum.

#### Nyt stråtage med isolering

Stråtaget var så slidt, at det skulle skiftes ud, og da taget var væk, var det lettere at udføre isolering i tagkonstruktionen, inden der skulle lægges nye strå. Der er isoleret fra tagfod til kip, men også over hanebånd, hvor der er lagt 195 mm isolering. I taget er der lagt to lag isolering: mellem spærene 120 mm og mellem reglar yderligere 70 mm. Selvom der med isolering i taget er skabt varme i skunkene, er skunkvæggene mod tagrummet også isoleret. Konstruktionen har dampspærre i både tagflade og skunkvægge.



---

#### Marskgården Højergård i Højer

Selv om strå og stråtage i sig selv har en vis isolerende effekt, har det været nødvendigt at isolere taget på stuehuset i Højergård, fordi tagrummet er udnyttet til ophold. Da stråtaget skulle skiftes, har det været lettere at etablere isolering i tagfladen, over spidsloftet og i skunkene.

---

## INTERVIEW



**“Varmepumpen er  
placeret i roehuset”**

# Sidebåndsbindingsværk: Højgården på Sejerø

## INTERVIEW

med arkitekt og projektleder Anders Brüel, Realdania By & Byg  
- her i samtale med Svend Nørrevang, som i 2017 solgte sin  
sidebåndsgård til Realdania By & Byg

**På Sejerø ligger den firlængede gård Højgården, der blev opført i 1873 med en særlig bindingsværkskonstruktion med indvendige sidebånd. Gården havde stået ubeboet siden 1987 og var meget faldefærdig, da Realdania By & Byg købte den i 2017. Tag og ydermure var utætte, byggematerialerne rådne og forvitrede, og der var ikke indlagt vand. I 2020 stod gården klar til nye beboere efter en gennemgribende restaurering, der blev ledet af Realdania By & Bygs arkitekt, Anders Brüel. Ud over traditionel restaurering er stuehuset isoleret i terrændækket og på loftet, og der er etableret helt ny varmforsyning med luft til vand-varmepumpe.**

”Højgården er opført i spinkelt bindingsværk med indvendige sidebånd, der er lokal byggeskik. De vandrette sidebånd kan ikke ses udefra, og det kan de faktisk heller ikke indefra i stuehuset, hvor væggene er pudsede. Tavlene er lerklinede omkring lodrette såkaldte støjler, der står med ca. 20 cm mellemrum. Støjlerne er bundet til sidebåndene, og leret, som bygges op i et tykt lag, får væggene til at bule ud mellem stolperne.”

”Lerklining svinder ind efterhånden og giver utætheder, som løbende skal udbedres ved at lægge flere lag ler på, så væggene ender med at være meget tykke. Ydervæggene var meget utætte, da vi gik i gang med restaureringen, så vi har tætnet konstruktionen og genskabt lerklining helt fra bunden.”

### Nyt terrændæk

”Stolperne i bindingsværket står direkte på syldsten. På den måde kunne man spare fodremmen, for tømmer var dengang dyrt og svært at skaffe på Sejerø. Med en syldstenskonstruktion skal man være meget varsom, hvis der skal udføres nyt terrændæk, for man risikerer, at sylden skrider ud, hvis der graves dybere eller for tæt på. Stuehusets gulve var bygget op på et lag stampet ler – dengang brugte man ikke isolering, så varmetabet var stort, og rummene har været plaget af træk og fodkulde. Vi har nu etableret et nyt terrændæk, hvor vi har gravet ud især midt i rummet og lavet en skrå banket fra sylden og indefter, så vi ikke kommer for tæt på stenene. Vi har lagt 200 mm isolering af polystyren i midten af rummet, hvor der var plads til mest – i kanten, hvor der ikke er plads til isolering, er der fyldt op så meget som muligt med lecanødder.”

### Nyt isoleret gulv på loftet

”I stuehuset er stort set alle loftsbrædderne bevaret, men de var meget ormstukne og svage. Så i tagrummet ovenover har vi opbygget et nyt, selv bærende gulv, så de gamle loftsbrædder ikke skal bære noget. Mellem de gamle loftsbrædder og det nye gulv er der lagt 200 mm isolering af mineraluld.”

### Varmepumpe i roehuset

”Der er god plads i de tre udlænger, så uden at det går ud over gårdens bevaringsværdier, har det her været muligt at placere en forholdsvis stor luft til vand-varmepumpe, også den del af pumpen, der ellers normalt står uden for huset. Anlægget er placeret i et tidligere aflukke til roer, så det heller ikke er synligt fra stalden. Varmepumpen tager varmen fra luften og bruger den til opvarmning af vand, der føres til boligdelen, hvor der i rum med stengulv er gulvvarme, og i de øvrige rum er radiatorer.”

”I køkkenet er det gamle brændekomfur sat i stand og kan bruges som et supplement til opvarmningen. Vi har desuden inddraget en del af gårdens vestlænge til bolig, så der er blevet plads til et ekstra værelse og et badeværelse. Rummene står som bokse i længen, så man fra gangen – som ikke har noget loft – stadig har en fornemmelse af det åbne stænge, man kan se oven over rummene. Værelserne er opvarmede, mens gangen, der har åben forbindelse til tagværket, er uopvarmet.”

**”Vores tilgang i restaureringen har været det forhåndenværende søms princip forstået på den måde, at alt, hvad der overhovedet kunne bevares, blev bevaret.”**

### Vores erfaringer

”Det er vigtigt at arbejde med et praktisk udgangspunkt. F.eks. har vores ingeniør beregnet, at Højgården teoretisk set slet ikke burde kunne stå oprejst – men det gør den alligevel, og det skyldes sandsynligvis konstruktionens fleksibilitet i kraft af bindingsværkets traditionelle tømmeramlinger, der kan give sig efter vind og vejr. Men det betyder jo samtidig, at der

løbende skal justeres for bevægelserne, som bl.a. kan give utætheder.”

”Vores tilgang i restaureringen har været det forhåndenværende søms princip forstået på den måde, at alt, hvad der overhovedet kunne bevares, blev bevaret. Med en så enkel og simpelt opført bygning, der var i meget dårlig stand, er det vigtigt at bevare selv ganske lidt, f.eks. dele af vinduer, snedkerdetaljer, skævheder og slidte overflader, dvs. noget originalmateriale og noget irregulært. Ellers ville det hele blive meget fersk og ende med at ligne en nyopført bygning. Hver lille detalje er vigtig, og det er nødvendigt at gå meget nænsomt til værks.”

”Men vi har her erfaret, at man på samme tid godt kan isolere og etablere ny varmeforsyning, så huset kan leve nogenlunde op til moderne krav. Efterfølgende har vi besluttet at montere forsatsrammer for nogle af jernvinduerne i det nye værelse i vestlængen. Det havde vi ikke gjort fra starten, men lejerne syntes, at det trak, så det har vi nu rådet bod på med helt traditionelle forsatsrammer af træ monteret i en fals i lysningen.”

”En løsning, der kunne have været bedre, er radiatorerne. En varmepumpe kræver store radiatorer, fordi fremløbstemperaturen er lav. Da vi restaurerede Højgården, kendte vi ikke markedet for radiatorer godt nok, så dem vi fandt, er lidt klodsede. Samtidig blev de lerklinede vægge et særligt problem. Ingen af os havde tænkt på, at man ikke kan hænge en radiator op i en lerklinet og lerpudset væg – leret er simpelt hen ikke stærkt nok. Derfor var vi nødt til at finde nogle ben, som radiatorerne kunne stå på, og de fandtes desværre ikke i særligt pæne udgaver. Pga. de svage lervægge er installationer desuden ført bag panelerne, hvor stikkene også er monteret, så de sidder bedre fast.”

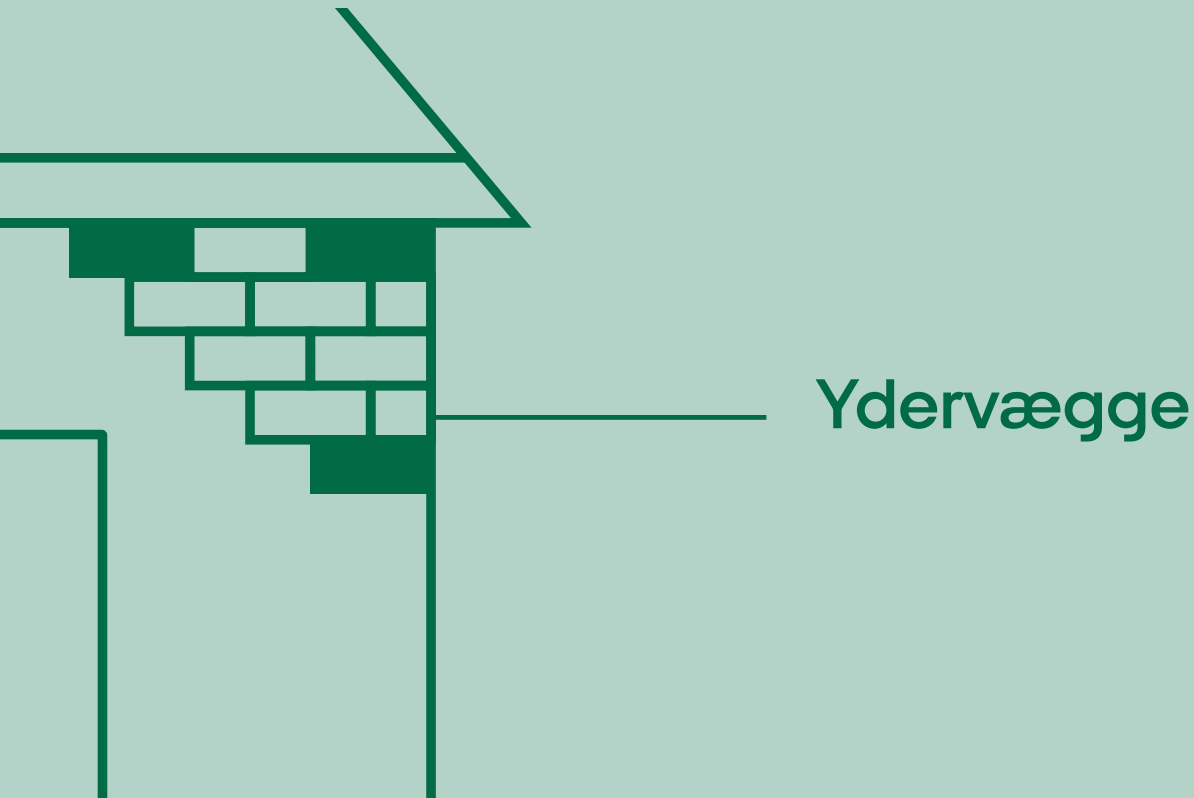


---

### Høvgården på Sejerø

I boligdelen på den gamle firlængede gård er der gennemført energiforbedrende løsninger på flere måder – utætheder er elimineret, vinduer har fået forsatsrammer, der er udlagt isolering oven på lofterne, og under gulvene er der gravet ud til isoleret terrændæk med særlig hensyntagen til syldstenene – der må ikke graves for tæt på, så de risikerer at skride ud. Endvidere er en ny varmepumpe monteret skjult i et tidligere roehus. Den giver varmt vand til de nye radiators, der pga. de lerklinede vægges ringe bæreevne bliver nødt til at stå på ben på gulvet.

---



Andelen af varme, der forsvinder via ydervægge, er på 20-30 %. Varmen siver som regel ud, fordi ydervæggene er utætte, for tynde, for dårligt isolerede eller indeholder kuldebroer. Isolering mindsker ikke kun varmetabet, men kan også forbedre indeklimaet.



# Efterisolering af ydervægge

Mulighederne for efterisolering af ydervægge afhænger af væggenes konstruktion og af isoleringsmaterialet. Det er vigtigt at sikre sig, at ydermuren kan tåle at blive isoleret, fordi det ændrer den fysiske balance i konstruktionen. Rent byggeteknisk kan udvendig efterisolering i mange tilfælde være bedst, men på historiske huse vil det ødelægge bevaringsværdierne, fordi proportioner, detaljer og overflader vil blive ændret for voldsomt. Det er derfor ikke en løsning, som Realdania By & Byg bruger.

## Ydervægge af mursten

Frem til omkring 1900 havde murede huse typisk fuldmur, mens hulmur først blev almindeligt i begyndelsen af 1900-tallet og var den fremherskende byggemåde frem til omkring 1960. Både for- og bagmur var muret, men bagmuren var ofte af sten, der isolerede bedre end mursten, f.eks. sten af moler. Fra 1960 begyndte bagmurene at blive udført af beton i form af gasbeton eller letklinkerbeton [lecabeton].

Det var ikke almindeligt, at hulrummet blev isoleret i forbindelse med husets opførelse, selv om der er eksempler på det, men senere blev hulmursisolering meget anvendt som metode til efterisolering. Ydervægge blev også isoleret indvendigt med forskellige materialer, f.eks. plader af kork eller halmasfalt.

Materialer til efterisolering af hulmure blæses ind gennem huller i murværket, hvor mursten nænsomt er taget ud, og efter isoleringen mures de samme sten ind igen de samme steder. Hulrummet bør være minimum 80 mm, for at isoleringsmaterialet kan fordele sig jævnt. Materialet må ikke være hygroskopisk, dvs. kunne opsamle fugt, og det må heller ikke kunne synke sammen. Hulmursisolering skal udføres af certificerede fagfolk.

Der kan også etableres indvendig isolering, hvis det er muligt i forhold til bevaringsværdierne – her skal der tages hensyn til vigtige detaljer som paneler, stuk og vægoverflader samt dybden på vindueslysningerne. Man kan måske nøjes med at isolere i radiatornicher under vinduet, hvor ydermuren typisk er tyndere. Anvendes højisolerende materiale, kan dimensionen måske reduceres til de 20 mm, som mange traditionelle, indvendige isoleringsmaterialer har. På den måde ændres rummenes detaljering, proportioner og areal ikke.

## Ydervægge af beton

I funktionalismen i 1920-1930'erne var det moderne at bygge huse med konstruktioner og ydervægge af jernbeton, men ydervægge kan også opføres af beton i form af byggeblokke, der stables oven på hinanden ligesom mursten.

De er typisk støbt af letbeton, en gruppe der også omfatter gasbeton. De forskellige typer byggeblokke isolerer mere eller mindre. Eksempelvis isolerer KH betonblokke, der er anvendt i Poul Henningsens eget hus, dårligt, og selve konstruktionen er i sig selv en kuldebro. Pga. porerne i gasbetonblokke isolerer denne type bedre, selv om det ikke er på højde med vore dages krav til isolering.

Historiske huse af beton er normalt mangelfuldt isolerede og kan efterisoleres indvendigt med de samme overvejelser som for murede huse. Da betonydervægge normalt er ret tynde, er det vigtigt at bevare deres spinkle udtryk.

#### **Ydervægge af bindingsværk**

Bindingsværkshuse er normalt ikke ret dybe, og ydermurene er forholdsvis tynde. Derfor vil en tyk isolering gøre det i forvejen beskedne areal mærkbart mindre, ligesom vægtykkelsen meget synligt vil blive markant tykkere end oprindeligt. Hertil kommer, at bindingsværksbygninger ofte har mange vinduer i forhold til ydervægsareal, så vinduerne sidder tæt, og isolering på det lille areal mellem vinduer giver meget lille effekt. Der

skal desuden tages højde for, at fugtbalancen i en bindingsværksydervæg ændres, når den bliver isoleret. Tømmeret bliver mere fugtigt, fordi varmen fra rummene ikke længere er med til at tørre det ud, og det kan betyde, at tømmeret bliver nedbrudt og rådner.

#### **Ydervægge af lette konstruktioner**

I 1950'erne begyndte en form for bindingsværk at dukke op i enfamiliehuse, hvor hele huset eller dele af det blev opført med ydervægge af stolpekonstruktioner. Mellem stolperne var der enten store vinduespartier med eller uden brystninger eller partier med let beklædning af brædder eller plader. I disse huse er det muligt at isolere i de lukkede ydervægs-partier, og vinduerne kan energiforbedres.

#### **Kældervægge**

Kældervægge kan efterisoleres såvel udvendigt som indvendigt. En udvendig isolering er mere krævende, da der skal graves ud foran kældervæggene, før isoleringsmaterialet kan monteres. Hvis der alligevel skal graves ud i forbindelse med andre arbejder som udbedring af sætningsskader eller etablering af omfangsdræn, kan den udvendige isolering udføres i samme omgang.



---

#### ↑ Tvedes Rådhus i Sorø

I det gamle råd-, ting- og arresthus i Sorø fra 1881 er de murede ydervægge massive, og de er ikke i forbindelse med Realdania By & Bygs restaurering blevet efterisoleret. Hvor det har været muligt, er de tyndere brystninger bag radiatorer efterisoleret med 50 mm mineraluld.

---



---

#### ↑ Romerhuset i Helsingør

Realdania By & Byg ejer et af Jørn Utzons Romerhuse, og det stod færdigt i 1960. Det er opført med ydervægge i hulmur, og de blev allerede ved opførelsen isoleret med 30 mm flamingogranulat indblæst efter opmuring. Realdania By & Byg har ikke foretaget yderligere isolering, for effekten er udmærket.

#### ↑ Landstedet i Snekkersten tegnet af Kay Fisker

Landstedet Villa Højgård, som blev opført efter Kay Fiskers tegninger i 1918, har ydervægge med hulmur. Da Realdania By & Byg købte landstedet i 2014 og restaurerede det, blev en tidligere udført hulmursisolering suget ud, fordi materialet havde opsuget fugt. Ny hulmursisolering af grafitcoatede polystyrenkugler blev blæst ind i stedet for. Kuglerne kan nå ud i alle hjørner, og de er fugtafvisende og har en forhøjet isoleringsevne i kraft af coatingen.

---



---

#### ↑ Arne Jacobsens eget hus i Charlottenlund

I tegnestuen, der blev bygget til arkitekt Arne Jacobsens eget hus på Gottfred Rodes Vej i 1931, blev ydervæggene af beton oprindeligt beklædt indvendigt med 50 mm halmpladeisolering. Pladerne er 60x40 cm store og er pudset med kalkmørtel. Denne opbygning er bevaret, fordi det er den oprindelige konstruktion, og den fungerer tilfredsstillende.

---



---

#### ↑ Clemmensens eget hus i Gentofte

Arkitektparret Karen og Ebbe Clemmensens eget hus i Gentofte fra 1953 har ydermure af Siporex facadesten, der er lavet af gasbeton. Det var et billigt materiale, og det har en vis isolerende effekt i kraft af materialets mange porer. Efter nutidens standard er isoleringseffekten ikke god nok, men af hensyn til bygningens ydre og til rummenes proportioner og detaljering er der ikke isoleret yderligere.

#### → Knud Friis' eget hus i Brabrand

I Brabrand ved Aarhus byggede arkitekt Knud Friis i 1958 hus til sig selv. Underetagen har dels murede ydervægge, dels store vinduespartier i en stolpekonstruktion. Helt anderledes er førstesalen, der ligger ovenpå som en æske. Her består gavlene af vinduespartier, mens langsiderne er etagehøje vægskiver af jernbeton støbt in situ og med synlige spor efter brædeforskallingen. Betonvæggene blev dengang isoleret med 80 mm mineraluldsbatts, og denne isolering findes stadig. Der er ikke isoleret yderligere i væggene, men vinduerne er skiftet til energiruder, og der er isoleret i terrændæk.





---

#### ↑ Priors Hus i Ærøskøbing

I Ærøskøbing ligger Priors Hus, der blev opført i bindingsværk i 1690. I forbindelse med Realdania By & Bygs restaurering i 2016 blev efterisolering af ydervæggene fravalgt, fordi de karakteristiske tynde vægge ville blive ændret så meget, at bevaringsværdierne ville blive ødelagt. I stedet er der kompenseret for varmetabet ved at isolere så meget som muligt i terrændæk og på loftet, montere forsatsrammer for alle vinduer og skifte varmforsyning fra elpaneler til fjernvarme, som på Ærø produceres meget klimavenligt.

---





---

#### ↑ Oluf Bagers Mødrene Gård i Odense

I Oluf Bagers Mødrene Gård i Odense stammer forhuset og et sidehus i bindingsværk fra 1586, mens det gule pakhus, der ligger i forlængelse af bindingsværkshuset, er fra 1841. Pakhusets nederste etage er muret, mens de øvrige etager er af bindingsværk. Pakhuset var uisolaret, da Realdania By & Byg overtog ejendommen i 2003, og der er nu isoleret med 50 mm mineraluld på indersiden af bindingsværksvæggene bag en ny bræddebeklædning. Opbygningen indeholder også 50 mm luftmelletrum, men ingen dampspærre, fordi der med en dampspærre vil være risiko for kondens, der kan give råd i bindingsværket. Når man isolerer bindingsværksvægge, udføres isoleringen ofte kun i brystningshøjde, så oplevelsen af de tynde bindingsværksvægge og lysninger ikke sløres. I pakhuset derimod er der isoleret fra gulv til loft bag brædderne, fordi det isolerer mere og passer bedre til stemningen af pakhus frem for brystningsløsningen, der i højere grad signalerer bolig.

---



---

#### ↑ Edvard Heibergs eget hus i Virum

Arkitekt Edvard Heibergs eget hus fra 1924 er, selv om man ikke kan se det, opført med stolpekonstruktion. Selv om Heiberg havde ønsket et hus i tidens moderne jernbeton, var træhuset billigere, og Heiberg opførte et "bindingsværkshus" og pudrede det, så det lignede et hus med tunge ydervægge. Konstruktionen består af stolper beklædt med tagpap, hvorpå der er monteret afstandslister. På listerne er der udspændt et metalnet, der er pudset med cementmørtel.

Indvendigt er der på stolperne sømmede forskalling, som er pudset med kalkmørtel. Inde i vægkonstruktionen mellem stolperne er der et lag brædder, som på begge sider har et tykt lag papfilt. Dette indskud gør det ud for isolering, samtidig med at konstruktionens to adskilte mellemrum med stillestående luft ifølge Heiberg gav en god isolering. Ydervæggene lever ikke op til nutidens standard, men de er ikke blevet yderligere isoleret, fordi det ville have krævet for store indgreb i konstruktionen og ændringer af ydervæggens overflader og dimensioner. Til gengæld er der isoleret over de flade lofter og etableret bedre varmforsyning, men varmeregningen er stadigvæk forholdsvis høj.

---



---

↑ **Erik Christian Sørensens eget hus i Charlottenlund**

Arkitekt Erik Christian Sørensens eget hus fra 1955 er opført med stolpekonstruktion med enten vinduer, brædder eller plader i felterne mellem stolperne. Konstruktionen er spinkel, så de lukkede partier er kun 12 cm tykke. Der var fra opførelsen isoleret med 50 mm mineraluld, og dette er ikke forøget, fordi det vil ødelægge arkitekturen, hvis væggene bliver tykkere.

---



## CASE 5

# Herregården Nørre Vosborg i Vestjylland: Bindingsværkshus med bagmur af teglsten

**Herregården Nørre Vosborg ved Vemb i Vestjylland består af en række bygninger opført til forskellige funktioner og på forskellige tidspunkter – det fredede anlæg spænder fra det ældste fra 1532 til det nyeste fra 1951. Også konstruktionerne varierer, og anlægget omfatter bl.a. en bindingsværksfløj fra 1642, det såkaldte Ide Langes Hus. Realdania By & Byg købte Nørre Vosborg i 2004 og foretog derefter en gennemgribende restaurering, der blev afsluttet i 2008, hvor anlægget åbnede som hotel og restaurant. Et gennemgående tema for alle bygningerne var isolering.**

Bindingsværksfløjen på Nørre Vosborg, der i dag fungerer som restaurant, var utæt og med konstruktioner i meget dårlig stand, så den har været igennem en omfattende restaurering både ude og inde. Ud over restaureringen af bindingsværk, tagværk og interiører er bygningen også blevet isoleret. På indersiden af ydervæggene er der opbygget en skalmur af massive teglsten, og i hulrummet mellem de to mure er der et ventileret mellemrum samt 75 mm mineraluldsbatts.

Til forskel fra mange bindingsværksbygninger har den lange bygning forholdsvis små vinduer, der sidder spredt. Derfor er der meget vægflade, som kan isoleres, og der er valgt isolering af hele ydervæggen, der nu fremstår tykkere end før og med dybere lysninger. Også taget er blevet isoleret, da tagdækningen alligevel skulle skiftes, og der blev etableret nyt undertag af brædder og pap. Også gulvene er isoleret med trykfast isolering af ekspanderet polystyren.

### Energioptimering af vinduer

Der er mere end 200 vinduer på Nørre Vosborg, og de er alle blevet sat i stand, såvel trævinduerne som ladegårdsanlæggets vinduer af støbejern. Både træ- og jernvinduer har fået monteret et ekstra lag glas i form af Optoglas. Det er hærdet glas uden ramme, der monteres direkte på det eksisterende vindue som en koblet ramme.

### Vindmølle leverer energi

Udover de omfattende isoleringsarbejder blev der også skabt en mere klimavenlig elforsyning i kraft af Nørre Vosborgs egen vindmølle, der forsyner bygningerne med strøm. På den måde er det blevet både økonomisk og klimamæssigt forsvarligt at etablere elvarme i flere af bygningerne, suppleret med fjernvarme i ladegårdsanlægget.

### Realdania By & Bygs erfaringer

I den efterfølgende drift har vindmøllens overproduktion af strøm sat gang i kreative tanker om, hvordan den ekstra strøm kan udnyttes. Den kan ikke gemmes, og der er ikke mange penge at tjene på den, så for at bruge kapaciteten fuldt ud og samtidig gøre noget godt for bygningen er der nu sat elradiatorer op i nogle af de kælderrum, der har problemer med fugt. Disse elradiatorer kører kun, når der er overproduktion af el, men det er nok til, at rummene kan holdes tørre, så bygningen ikke bliver ødelagt af fugt, der giver risiko for skimmel.



---

### Herregården Nørre Vosborg i Vestjylland

I forbindelse med en omfattende restaurering af anlæggets bindingsværksbygning er ydervæggene blevet isoleret. På indersiden er opbygget en forsatsvæg af mursten, og i mellemrummet mellem bindingsværksfacaden og forsatsvæggen er der udover et ventileret mellemrum nu 75 mm mineraluldsbatts. En vindmølle leverer strøm til anlægget, og overskudsproduktionen anvendes til elradiatorer i kælderen, så den kan holdes nogenlunde lun og tør for at undgå problemer med fugt.

---







## CASE 6

### Dyrehave Mølle i Nyborg: Isolering af ydermur



**I Nyborg ligger Dyrehave Mølle fra 1858, som Realdania By & Byg købte i 2018. Mølleanlægget omfatter foruden selve møllen et pakhus og en vognport samt mod gaden en bygning, der var bolig for mølleren. Restaureringen blev afsluttet i 2021, og møllerboligen er nu indrettet med to lejligheder. Her er isoleret i tag og terrændæk, og de murede ydervægge er efterisoleret indvendigt.**

Møllerboligen på Dyrehave Mølle har fået forbedret energiregnskabet med en indvendig isolering af de murede ydervægge. Det er en form for isoleringsmetode, som Realdania By & Byg ikke bruger ret tit, da indvendig isolering slører rummenes detaljer som f.eks. stuk og paneler. I fredede huse er det heller ikke sikkert, at man vil få tilladelse til det. Men møllerboligen er ikke fredet og har stort set ingen bevaringsværdige detaljer indenfor, så her kan en indvendig efterisolering forsvares. Den

er udført af 100 mm letbetonplader, der er limet direkte på muren. Isoleringsmaterialet er uorganisk, så skulle der opstå fugt, er det ikke et problem i forhold til råd og svamp. Letbetonpladerne har tidligere især været anvendt i brystninger, hvor det giver god effekt at isolere, fordi ydermuren typisk er lidt tyndere, og fordi der ofte sidder radiatorer.

#### **Realdania By & Bygs erfaringer**

Denne metode med indvendig isolering anvender Realdania By & Byg ikke særligt ofte, men inden for de seneste 15-20 år er metoden blevet anvendt mange steder med gode resultater. Isoleringseffekten i møllerboligen kendes endnu ikke, fordi restaureringen lige er afsluttet. Hvis der opstår større problemer med den ændrede fugtbalance i murværket, som isoleringen giver, vil det først vise sig om nogle år.



---

### Dyrehave Mølle i Nyborg

I møllerboligens to lejligheder er der foretaget indvendig isolering af ydervæggene med 100 mm letbetonplader direkte på murværket. Det er ikke særlig tit, Realdania By & Byg udfører indvendig isolering, fordi det normalt slører detaljer og overflader, men i den ikke-fredede møllerbolig havde rummene ingen bevaringsværdige detaljer som stuk, paneler eller ældre overflader, så derfor kunne den indvendige isolering forsvares.

---



## INTERVIEW



**“Mangelfuld isolering  
var årsag til husets  
problemer”**

# Arkitekt og lampedesigner PH's eget hus i Gentofte

## INTERVIEW

med arkitekt og projektleder Per Troelsen, Realdania By & Byg

**På Brogårdsvej i Gentofte byggede arkitekt og lampedesigner Poul Henningsen, PH, i 1937 et hus til sig selv og sin familie. Realdania By & Byg købte det usædvanlige hus i 2014 og gik i gang med en omfattende restaurering. Ikke kun arkitekturen, men også byggematerialerne var markant anderledes end de omkringliggende villæer, for PH valgte at opmure ydervæggene af KH betonblokke uden overfladebehandling. Det var en bevidst provokation fra hans side at bruge rå og billige byggematerialer, men rent isoleringsmæssigt var det en dårlig idé, som har givet omfattende problemer med voldsomme varmeregninger, kuldebroer, fugt og skimmel. Realdania By & Bygs restaurering har derfor taget udgangspunkt i at løse problemet med den mangelfulde isolering, fortæller projektleder fra Realdania By & Byg, arkitekt Per Troelsen, der stod i spidsen for den omfattende restaurering.**

"KH betonblokkene var et forholdsvis nyt produkt i 1930'erne. Blokkene har en konstruktion, der desværre betyder, at de er fremragende til at lede varme og kulde – forsiden og bagsiden af blokken bindes sammen af tværstillede ribber, så hver sten er en kuldebro. Ydervæggene var isoleret indvendigt med 20 mm korkplader, og den utilstrækkelige isolering gav ikke kun et stort varmetab, men også fugtproblemer og dermed skimmelsvamp."

"Udfordringen var, at der skulle isoleres indvendigt med 150 mm mineraluld, hvis effekten skulle være rimelig, frem for de oprindelige 20 mm kork. Det ville betyde, at fodpaneler, lysninger, vinduesbænke, radiatorer og enkelte døre skulle afmonteres og genmonteres uden på det nye lag mineraluld. Det ville ændre rummenes og detaljernes dimensioner og proportioner, og rummene ville også miste en del areal."

## Hjælp fra rumfart

"Vores rådgiver kendte isoleringsmaterialet Aerogel fra et tidligere projekt, og i dialog med fredningsmyndighederne valgte vi derfor en løsning med Aerogel, hvor to lag på i alt 20 mm – altså samme tykkelse som PH's korkplader – kan isolere lige så meget som 150 mm mineraluld. Isoleringsmåtter af Aerogel indeholder 97 procent luft og anvendes inden for rumfart og bjergbestigning, fordi det har en meget høj isoleringsevne ved små dimensioner og ikke vejer ret meget. Materialet bliver også brugt til isolering af modernismens huse i Californien, hvor det blev opfundet i 1930'erne. Det var et krav fra fredningsmyndighederne, at hele den originale ydervægskonstruktion med kork som isoleringsmateriale blev bevaret i husets soveværelse, så her kan man også i fremtiden undersøge den oprindelige vægkonstruktion."

"Aerogel er tre gange så dyrt som traditionel mineraluld. Derfor bruger man det især de steder, hvor andre produkter og metoder ikke slår til af tekniske eller bevaringsmæssige årsager. Aerogel er oplagt at anvende på murflader, der har særlig brug for isolering, f.eks. ved tynde murpartier som brystningsmure ved radiatornicher."

## Et helhedsgreb

"Ud over det store greb med at isolere ydervæggene med respekt for bevaringsværdierne handlede restaureringen om flere tiltag, der tilsammen giver det gode energimæssige resultat. De gamle jernvinduer er sat i stand og har fået nye ruder af trukket glas som oprindeligt. Vinduerne er nu forsynet med nye forsats-

rammer med energiglas. Forsatsrammerne er standardvarer af aluminium – samme tilgang som PH selv havde i sin tid, da han valgte tidens industrielt fremstillede jernvinduer.”

”En vigtig del af restaureringen var også at forbedre opvarmningen af huset. Oprindeligt var der et centralvarmeanlæg, hvor der blev fyret med koks. Det var både underdimensioneret og ineffektivt. Her blev løsningen at isolere i dækket mellem stueetagen og kælderen. Vi tog parketgulvene op, fjernede den kiselgur, der var anvendt som indskud, og erstattede den med 150 mm mineraluld. Herefter blev der lagt gulvvarme sammen med nye elinstallationer, der er gjort tilgængelige via små gulvbokse. Samtidig blev radiatorerne restaureret og forsynet med moderne termostater, som styres via små tablets i de enkelte rum. Radiatorerne skal tage kuldefald fra vinduerne, mens gulvvarmen leverer grundvarmen. På den måde er de originale radiatorer, trods deres alder og underdimensionering, ikke bare til pynt, men bidrager aktivt til indeklimaet. Vi har også isoleret i lofterne med 150 mm mineraluld – i stuen er åsene højere og gav derfor mulighed for at lægge 175 mm mineraluld.”

**”Vores rådgiver estimerede før restaureringen, at energiforbruget ville falde med 60 %, og det har vist sig at holde stik.“**

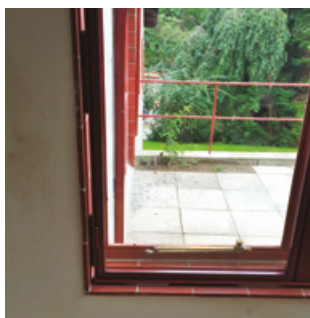
#### Vores erfaringer

”Vores rådgiver estimerede før restaureringen, at energiforbruget ville falde med 60 %, og det har vist sig at holde stik. Det er vi meget tilfredse med. Vi er også tilfredse med, at projektet har betydet, at Aerogel-systemet nu kan fås i handelen i Danmark – det kunne det ikke før. Ser man på CO<sub>2</sub>-udledningen ved produktion af

Aerogel, er den meget høj, så det har en dårlig effekt på den samlede beregning af husets CO<sub>2</sub>-udledning. Men man skal se det i lyset af, at huset siden sin opførelse har haft et meget stort CO<sub>2</sub>-aftryk i den almindelige drift, fordi varmen bare er fosset ud hver eneste vinter siden 1937. Der er som sagt tidligere blevet fyret med koks og efterfølgende naturgas. Det unødvendige spild af CO<sub>2</sub> er der fremadrettet sat en stopper for, takket være Aerogelen.”

”Til gengæld er huset nu rent byggeteknisk sikret en lang levetid, komforten er markant bedre, og de arkitektoniske kvaliteter ved huset er bevaret, fordi Aerogel har så lille en dimension. Selv i soveværelset, hvor isoleringen er mindre effektiv, går det an uden tab af komfort, fordi man typisk har lavere temperaturer i soveværelser, og fordi den nye gulvvarme er billigere i drift, både økonomisk og i forhold til CO<sub>2</sub>, så man kan skrue op for varmen med god samvittighed, hvis der bliver for køligt.”

”Det var lidt ærgerligt, at det ikke lykkedes at bevare det oprindelige parketgulv. Vi tog gulvene op, primært fordi vi frygtede, at der var asbest i indskudslaget, men der gik desværre mange flere parketstave i stykker end beregnet. Derfor måtte vi skifte cirka 30 % af gulvene ud, og heldigvis kunne vi få den samme parketstav, men dog med færre knaster end i det gulv, PH havde lagt. PH's valg af parketstave er endnu et eksempel på, at han valgte billige løsninger, også i forhold til gulvmaterialet, og det er netop en del af historien om hans tilgang til huset om at bygge rationelt og billigt. Da gulvet var oppe, kunne vi til gengæld både isolere og etablere gulvvarme og også trække elinstallationer i gulvene, så der kunne ryddes ud i de mange lag af forskellige ledninger og stikkontakter, der var kommet til i tidens løb. Hvis man løser mange ting på samme tid og ser indgrebene i en større sammenhæng, også energi- og klimamæssigt, kan man som regel berettigt ændringerne.”



---

### PH's eget hus i Gentofte

PH's hus blev opført af betonblokke, der udgør en kuldebro, og var også meget dårligt isoleret, og det var hovedårsagen til husets dårligdomme, både byggeteknisk og økonomisk med en meget stor varmeregning. Derfor har isolering af huset været altafgørende. Hvor isolering i forhold til bevaringsværdierne blev lagt forholdsvis uproblematisk i tag og terrændæk, var ydervæggene en udfordring. Her ville en normal tykkelse isolering ødelægge proportioner og dimensioner på rum og detaljer, så i stedet blev der valgt Aerogel, der isolerer lige så godt i en langt tyndere dimension. Der er også monteret nye forsatsrammer med energiglas foran de oprindelige vinduer.

---



### Terrændæk

Når varmen forsvinder ud af huset, sker omkring 15 % via terrændækket. Det sker typisk, fordi dækket har ringe isolering eller måske slet ingen. Det giver ikke kun et varmetab, men kan også give gener med træk og kolde gulve.



# Efterisolering af terrændæk

I traditionel byggeskik bestod terrændækket typisk af et bjælkelag eller et strølag udlagt direkte på jord eller sand. Senere blev det mere almindeligt at etablere et betondæk støbt direkte på jorden eller på et lag sand, mens man efter 1960'erne typisk supplerede betondækket med et kapillarbrydende lag, der forhindrer fugt i at trænge op i bygningen, samt et isolerende lag.

Det isolerende lag bestod i begyndelsen af løs isolering, f.eks. et lag slagge eller kiselgur, men senere gik man over til at bruge trykfast isolering af mineraluld. En mulighed er også at isolere fundament og sokkel udefra, og i samme omgang, når der alligevel er gravet ud, kan der etableres omfangsdræn.

Hvis en gulvbelægning skal skiftes eller tages op for at blive repareret, kan man i samme omgang udføre isolering af terrændæk og evt. etablere gulvvarme. I nogle tilfælde kan man grave yderligere ud, så der bliver plads til mere isolering. Man skal dog være opmærksom på, at der ikke bør graves ud for tæt på eller dybere end fundamentet, da det i så fald kan skride ud.

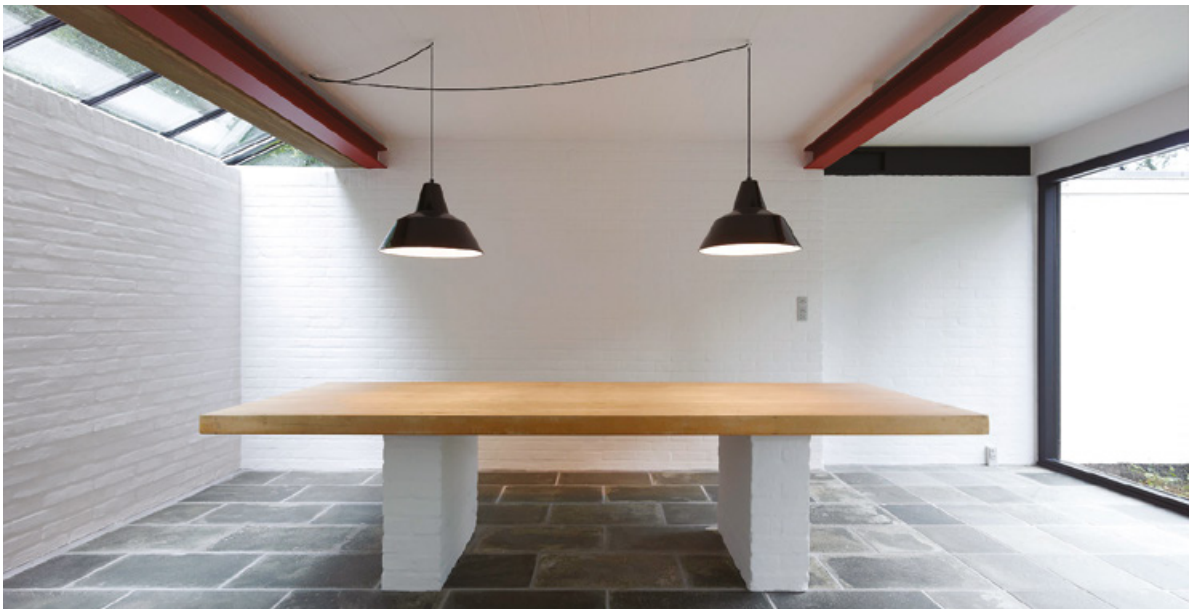
Uisolerede gulve kan give flere problemer, f.eks. kan der under gulvbrædderne opstå kondens, som giver grobund for skimmel-svamp. Kolde gulve kan også have betydning for brugernes adfærd. Hvis de oplever træk og fodkulde, skruer de måske op for varmen, selv om det ikke er det, der er problemet, og det giver større varmeforbrug.



↑ **Landsted i Snekkersten tegnet af Kay Fisker**  
 I Kay Fiskers landsted fra 1918 er der forskellige typer gulvbelægning. I nogle af rummene er der teglgulve, mens andre har bræddegulve, og da Realdania By & Byg overtog landstedet i 2014, var ingen af gulvene isoleret. Da trægulvene alligevel skulle tages op, eftersom nogle brædder skulle repareres og andre udskiftes, er der nu etableret gulvvarme og isolering i terrændæk under bræddegulvene. Der er til gengæld ikke isoleret under teglgulvene, fordi der var risiko for, at teglstenene ville blive ødelagt, når de skulle tages op. Her blev derfor opsat radiators i stedet for gulvvarme.

↑ **Odense Adelige Jomfrukloster**

Odense Adelige Jomfrukloster var oprindeligt en bispegård, der blev opført 1504-08, og herfra stammer den nederste etages krydshvælvede rum. Da Realdania By & Byg restaurerede bygningen efter erhvervelsen i 2008, skulle de eksisterende gulve, der ikke var de oprindelige, skiftes ud, og så var det oplagt at udføre et terrændæk med isolering [ekspanderet polystyren] og gulvvarme. Herpå blev lagt en ny gulvbelægning af gule teglsten. Men en så gammel bygning, der er opført på et endnu ældre sted, er underlagt særlige regler, så arkæologer skulle foretage udgravninger, inden terrændæk og gulv kunne etableres. De fandt blandt andet spor efter en brønd, der sandsynligvis stammer fra 1400-tallet, og den er i dag markeret med en muret cirkel i den nye gulvbelægning.



---

#### ↑ Knud Friis' eget hus i Brabrand

Da arkitekt Knud Friis' eget hus i Brabrand ved Aarhus blev opført i 1958, omfattede terrændækkets konstruktion 250 mm slaggelag og 120 mm klinkerbeton, hvorpå gulvfliserne af skifer var lagt i mørtel. Ved Realdania By & Bygs restaurering i 2011 blev skifergulvet i stueetagen nænsomt taget op, efter at alle fliser var nummereret, så de kunne komme tilbage på samme plads igen. Der blev gravet ud, isoleret med trykfast isolering af ekspanderet polystyren og lagt ny gulvvarme som erstatning for den oprindelige. Dernæst blev skiferbelægningen lagt tilbage igen.

---



## CASE 7

# Romerhuset i Helsingør: Nyt terrændæk løser flere problemer

**Bebyggelsen Romerhusene i Helsingør er tegnet af Jørn Utzon og opført i årene 1957-1961. Et af husene, der stod færdigt i 1960, blev købt af Realdania By & Byg i 2011 og efterfølgende restaureret. Et af de større arbejder i huset var et nyt terrændæk.**

Romerhuset i Helsingør er født med en opbygning af gulvene på en sandpude med ganske lidt isolering og et støbt betondæk, hvori der var lagt gulvvarme i form af et system med kobberrør, der desværre viste sig at være tæret af betonen. Herudover var der ved Realdania By & Bygs overtagelse store sætningsskader i ydermurene, fordi jordbundsforhold og fundering var mangelfuld. Det var derfor et ønske at etablere et nyt terrændæk for at kunne forstærke konstruktionen og forny gulvvarmen.

Bebyggelsen blev fredet i 1987, og det oprindelige terrændæk er en del af husets fredningsværdier. Det skyldes især gulvvarmen, der på opførelsestidspunktet var noget forholdsvis nyt, og som med de oprindelige kobberrør udgør en fortælling om tidens tekniske installationer. Den fortælling kan med den nye gulvvarme ikke længere aflæses, og derfor krævede det forhandling med fredningsmyndighederne at få tilladelse.

Til gengæld er der udført et nyt terrændæk med langt mere isolering end tidligere, nu 400 mm polystyrenplader, og ny gulvvarme, der gør opvarmningen mere fleksibel og dermed også giver et mindre forbrug. Gulvvarmen kan nu reguleres selvstændigt i hvert enkelt rum, hvor en justering tidligere gjaldt hele huset. Der er også monteret nye termostater, der afhjælper kuldefald foran opholdsstuens store vinduesparti. Og i samme omgang blev fundamentet forstærket og sætningsskader udbedret, ligesom det blev muligt at benytte det nye terrændæk til at føre el og VVS, så installationerne ikke kræver indgreb i andre bygningsdele.

### **Realdania By & Bygs erfaringer**

Selv om etableringen af det nye terrændæk betød, at den oprindelige gulvvarme måtte lade livet, giver dette valg mening i et større energimæssigt perspektiv, fordi der i samme omgang kunne foretages en række andre arbejder, der har forbedret huset byggeteknisk og dermed givet længere levetid, herunder en tiltrængt forbedring af kloaksystemet. Da der alligevel var gravet ud, blev kloakanlægget ovenikøbet forberedt til at kunne separere spildevand og regnvand, så det er klar den dag, det bliver et krav i bebyggelsen. Denne forudseenhed sparer på CO<sub>2</sub>-regnskabet, eftersom der til den tid ikke skal brydes dæk og fundamenter op igen.

INTERVIEW



**"Efterisolering,  
solceller og jordvarme"**

# Statshusmandsbruget i Skovbølling

## INTERVIEW

med arkitekt og projektleder Lise Frederikke Nielsen, Realdania By & Bygs Drifts- og vedligeholdelsesafdeling



**I det åbne land ved Skovbølling nord for Haderslev blev der i 1934 opført et såkaldt statshusmandsbrug med stuehus og udlænger. Realdania By & Byg købte husmandsbruget i 2010 af den dengang 104-årige husmand, som i sin tid havde opført huset, og som i alle årene derefter stort set ikke havde ændret noget. Fokus for restaureringen var derfor almindelig istandsættelse og udbedring af sætningsskader, rådskader og et utæt tag. Herudover blev der gennemført en række energiforbedrende tiltag. Restaureringen blev dengang gennemført af Realdania By & Bygs projektleder, arkitekt Connie Hviid. I dag varetages driften af Realdania By & Bygs arkitekt og projektleder Lise Frederikke Nielsen, der her fortæller om projektet.**

”Da Realdania By & Byg købte husmandsstedet, var anlægget meget velbevaret, men det trængte til istandsættelse: Tagdækningen var i dårlig stand, der var sætningsskader i murværket, døre og vinduer havde enkelte rådskader, og køkken og bad var ligesom varmesystemet med oliefyr slet ikke tidssvarende. For at føre stuehuset op til moderne standard har vi desuden gennemført en række energiforbedrende tiltag som isolering, forsatsrammer og en bedre varmforsyning.”

### Isolering af terrændæk

”I stuehuset er de oprindelige bræddegulve bevaret. Brædderne har været taget op, er

sat i stand og er lagt igen eller erstattet af nye, hvis de var for dårlige til at genbruge. Det har vi gjort i køkken, begge stuer, entre og soveværelse. Også fodlisterne er genbrugt. De blev mærket, afmonteret, sat i stand og placeret på deres oprindelige plads. Når gulvene alligevel skulle tages op, har vi udført nye terrændæk af 100 mm armeret beton og med isolering af forskellige tykkelser og typer i de enkelte rum. Under trægulvene ligger 75 mm mineraluld, i køkkenet, hvor der blev lagt gulvvarme, ligger 100 mm mineraluld under varmfordelingspladerne, og i de rum, hvor vi støbte nye gulve, ligger der 2 x 150 mm ekspanderet polystyren. Før var der slet ingen isolering under gulvene, så det er en stor ændring.”

### Isolering i taget

”Loftet i mellembygningen mellem stuehuset og udlængen var ikke isoleret, og det blev revet ned, isoleret og genskabt som det oprindelige pudsede loft på rørvæv og forskallingsbrædder. I stuehuset var selve tagkonstruktionen i god stand og har ikke krævet reparation, men taget var ikke isoleret – de to loftskamre havde blot nogle bløde plader på bræddevæggene. Vi skulle skifte tagdækningen af cementtagsten og kunne derfor i samme ombæring læg-

ge nyt fast undertag med brædder og pap og isolering til moderne standard med 75 + 125 mm mineraluld lagt forskudt. Det krævede en lille forhøjelse af gesimsen og skorstenspi-bens sokkel med én sten for at skabe plads til isoleringen, men det var så lidt, at det ikke har rykket ved husets proportioner.”

**”Vi har kun gode erfaringer med de energiforbedrende tiltag, der er gennemført. Det er helt traditionelle løsninger, der fungerer godt i det lille, enkle hus, der er indrettet på en praktisk måde, så varmen fra stuerne i stueetagen kan stige op og give en vis varme i værelserne ovenpå.“**

#### **Ydermure af cementsten**

”Bygningerne er opført med ydermure af cementsten. Det var dengang et enkelt materiale, og ofte blev cementstenene fremstillet på stedet. De billige cementsten blev ikke opfattet som lige så fine som røde mursten, der var idealet for Bedre Byggeskik-bevægelsen, som huset i Skovbølling er inspireret af. Derfor blev murene pudset og kalket hvide, så cementstenene ikke var synlige. Vi har udskiftet de dårlige cementsten i murværket med genbrugte sten fra et udhus, der blev revet ned. I dag er murene pudset og kalket som oprindeligt. Vi har ikke foretaget hulmursisolering, fordi hulrummet kun er ca. 50 mm og helst skal være minimum 80 mm for at kunne isoleres.”

#### **Forsatsrammer**

”De oprindelige trævinduer er bevaret i stuehuset. De har været afmonteret, sat i stand og genmonteret med tjæret værk og fuger i ren kalkmørtel. Der var oprindeligt forsatsrammer for vinduerne i den fine stue, som i dag er spise-stue, men som en del af energiforbedringen af stuehuset har vi også lavet forsatsrammer til de øvrige vinduer. Både de nye forsatsrammer og de eksisterende har fået energiglas.”

#### **Solceller og jordvarme**

”Vi har udnyttet, at ejendommen ligger frit i landskabet, så vi har kunnet placere solceller i haven, hvor de ikke er synlige og derfor ikke påvirker husmandsbrugets bevaringsværdier negativt. Solcellerne er placeret et stykke væk fra bygningerne på et græsareal, som er en del af den tidligere køkkenhave, og som er afskærmet af hegn, hæk og anden beplantning. Vi har ingen målinger endnu, så vi ved ikke præcis, hvor meget strøm solcellerne leverer, men det er i hvert fald et rigtig godt tilskud til ejendommens elforbrug.”

”Vi har også etableret et jordvarmeanlæg i et åbent område umiddelbart vest for udlængen, hvor anlægget er placeret i et teknikrum. Her er nu 500 m horisontalt udlagte jordvarmeslan-ger i knap en meters dybde. Det kræver en del frit areal, for anlægget må ikke etableres på en måde, så det er vanskeligt at komme til varmeslangerne efterfølgende. I stuehusets køkken har vi fået plads til et nyt komfur, men vi har bevaret det gamle jernkomfur, der er sat i stand og kan bruges som en ekstra varmekilde. Nord for gårdspladsen har vi også etableret et biorensningsanlæg, der rensrer





spildevandet. Oprindeligt har tanken med landets statshusmandsbrug været, at ejerne i vidt omfang kunne være selvforsynende, og det faktisk at ejendommen i dag stort set er selvforsynende med både varme, strøm og rensning af vand, bygger på den måde videre på historien.”

#### Vores erfaringer

”Vi har kun gode erfaringer med de energiforbedrende tiltag, der er gennemført. Det er helt traditionelle løsninger, der fungerer godt i det lille, enkle hus, der er indrettet på en praktisk måde, så varmen fra stuerne i stueetagen kan stige op og give en vis varme i værelserne ovenpå. For beboerne er der lidt arbejde i at holde øje med solcellerne, der f.eks. skal holdes fri for sne, hvis de skal give strøm om

vinteren. Også jordvarmeanlægget kræver lidt opsyn en sjælden gang. Inden vi fik det ordentligt justeret, meldte jordvarmeanlægget fejl, når der var skift i sæsonen, men det har vi fået rettet op på nu. Faktisk fungerer det jo først helt optimalt, når det er blevet afprøvet et helt år og gennem alle fire årstider, så det på baggrund af de konkrete erfaringer kan indstilles rigtigt.”

”Driften er altid afhængig af de pågældende beboere. Lige nu bor der lejere, som har det fint med en normaltemperatur på 20 grader, som mange andre ville opfatte som for køligt. Beboerne trives godt med det og tænder op i det gamle jernkomfur i køkkenet, hvis det bliver for koldt – det hygger også. Vi kan optimere driften så meget som muligt, men vi kan ikke styre beboernes adfærd.”



---

### Statshusmandsbruget i Skovbølling

Husmandsbrugets boligdel er på helt traditionel vis isoleret i taget, der alligevel skulle skiftes, og i terrændæk, men ikke i de hule mure, fordi hulrummet er for smalt. Vinduerne har fået forsatsrammer, og i køkkenet er det gamle brændekomfur sat i stand, så det kan supplere opvarmningen; den består af et energivenligt jordvarmeanlæg. Der er også etableret solceller, der producerer strøm. Begge løsninger har været mulige, fordi husmandsbruget ligger frit i landskabet med masser af brugbart areal.

---





## Forsyning og installationer

Teknisk udstyr, der bruger mindre energi, er et godt sted at starte i forhold til at forbedre historiske huses klimaaftryk, alene fordi udskiftning af udstyr ofte er et nænsomt indgreb i forhold til bevaringsværdierne. Det gælder ikke blot strømbesparende udstyr, men også nye typer forsyning af varme og strøm.

# Forsyning og installationer

Bedre varmeforsyning, billig strøm fra solceller eller lyskilder med bevægelsessensorer er eksempler på tiltag, der kan være med til at skabe en mere klimavenlig drift. Tiltagene kan være en del af det klimamæssige helhedsgreb, eller de kan være et kompenserende alternativ, hvis det f.eks. ikke er muligt at isolere i tilstrækkelig grad af byggetekniske eller bevaringsmæssige årsager. I sådanne tilfælde kan man i stedet reducere klimabelastningen og varmeregningen ved f.eks. at etablere en bæredygtig varmeforsyning. Det kan være jordvarme, hvor den energi [varme], der findes i jorden, optages og anvendes til opvarmning via en varmepumpe. Ved jordvarme er det nødvendigt med et større friareal til rådighed for at opnå tilstrækkelig effekt, og jordvarme er derfor særligt egnet ved fritliggende bygninger.

En anden løsning til reduktion af klimabelastning og varmeregning er luft- eller vandbårne varmepumper, der fungerer ved, at varmepumpen optager luftens varme og afgiver den igen til enten luft eller vand, såkaldte luft til luft-anlæg eller luft til vand-anlæg. Der kan også

etableres solpaneler, der opvarmer varmt brugsvand. De vil som regel skæmme en historisk bygning, men de kan anlægges udendørs og placeres diskret, hvis der er plads til det. Det gælder også for solceller, der producerer el. Begge dele er derfor især egnet ved bygninger, der ligger frit.

## Indregulering

Ét er etableringen af de forskellige løsninger, noget andet er deres efterfølgende drift. Driften kræver indregulering af anlæggene, når der er sket ændringer, f.eks. indregulering af eksisterende radiatorer efter isolering eller tætning, hvor varmetabet bliver ændret, eller efter skift til en ny type varmeforsyning. Indregulering skal foretages, når forudsætningerne ændres og herefter løbende. Formålet er at sikre, at der tilføres og anvendes den mængde varme, der er brug for – hverken mere eller mindre – så anlæggene fungerer optimalt. Ellers risikerer man, at de ikke lever op til det klimavenlige og energibesparende formål og kan give brugerne en overraskelse i form af højere forbrugsregninger end forventet.



---

#### ↑ Svenn Eske Kristensens eget sommerhus ved Fårevejle

Arkitekt Svenn Eske Kristensen opførte i 1954 et sommerhus til sig selv og sin familie i Odsherred. Huset fungerer stadig som sommerhus, men kan anvendes året rundt. Den oprindelige varmforsyning var noget sparsom og bestod af petroleumsovne som supplement til åbne ildsteder. Realdania By & Byg købte huset i 2004 og etablerede i 2013 et jordvarmeanlæg under græsplænen foran huset. For at få tilstrækkelig effekt er radiatorerne nødt til at være dybe.

---



↑ **Kochs Tinghus i Store Heddinge**

Råd-, ting- og arresthuset i Store Heddinge, der er tegnet af Jørgen Hansen Koch og stod færdigt i 1838, blev købt af Realdania By & Byg i 2011 og gennemgik herefter en større restaurering. Her blev samtlige tekniske installationer udskiftet, og der blev anskaffet energibesparende lysarmaturer og energibesparende hårde hvidevarer. Elforbruget blev yderligere klimaforbedret med solceller monteret på et nyt skur, der blev opført i haven bag tinghuset. Herudover blev der etableret et jordvarmeanlæg i haven. Skulle det ske, at anlægget ikke kan producere nok, tager fjernvarmen over. Restaureringen og energiforbedringen af råd-, ting- og arresthuset i Store Heddinge er et eksempel på, at der godt kan etableres jordvarme og solceller i en bymæssig sammenhæng, hvis det placeres med omhu.

↑ **Halldor Gunnløgssons eget hus ved Rungsted Kyst**

Arkitekt Halldor Gunnløgssons eget hus fra 1958 var der helt fra begyndelsen problemer med at holde varmen, fordi gulvvarmen ikke kunne varme huset op. Efter sigende tog Gunnløgsson-parret på hotel, når huset om vinteren blev for koldt. I dag er huset energiforbedret med nye energiruder, men det er stadig svært at varme huset ordentligt op om vinteren. Det skyldes især den store pejs, der er centralt placeret i husets åbne plan, og som pga. skorstenseffekten suger varmen ud.



---

#### ↑ Varmings eget hus i Gentofte

I Varmings hus fra 1952 udtænkte bygherren Jørgen Varming, der var installationsingeniør, selv varmesystemet, der både dengang og i dag fungerer med varm luft, der ledes rundt i huset i kanaler under gulvene og blæses ud i rummene via riste i gulve og vinduesplader. Det var et meget nytænkende system dengang, men fungerede ikke optimalt, og der blev derfor på et tidspunkt monteret en brændeovn og indbygget en pejseindsats i den åbne pejs som supplement til luftvarmen. Luftvarmen er der stadigvæk, og i forbindelse med Realdania By & Bygs restaurering 2013-2015 er husets fyr udskiftet til en kondenserende gaskedel, der er en mere effektiv varmekilde.

---







## CASE 8

# Arkitekt Arne Jacobsens eget sommerhus i Gudmindrup Lyng: Jordvarme kompenserer for manglende isolering

**I 1937 stod det sommerhus færdigt, som arkitekt Arne Jacobsen tegnede til sig selv og sin familie i Gudmindrup Lyng i Odsherred. Huset var oprindeligt forsynet med centralvarme med kul- og koksfyring, som senere blev ændret til et oliefyrt. Realdania By & Byg købte huset i 2011 og valgte en ny og bedre varmeforsyning frem for andre energiforbedrende tiltag.**

Arne Jacobsens eget sommerhus er stadig sommerhus, men det er optimeret, så det kan konverteres til helårsbrug – også uden dårlig samvittighed i forhold til varmeforsyningen. Realdania By & Byg har i forbindelse med restaureringen etableret et jordvarmeanlæg på et lille areal ved siden af huset. Varmen afgives via radiatorer – nogle af dem er oprindelige, mens andre er nye.

Varmeforsyningen er nu både billigere og mere bæredygtig end oliefyret, og det har betydet, at ny isolering af huset er valgt fra. Den oprindelige isolering, som stadig er bevaret, består af 50 mm halmasfalt på indersiden af ydervæggene. En efterisolering ville betyde, at rummenes proportioner og overflader ville blive ændret for meget, og derfor er det ikke nogen gangbar løsning i forhold til bevaringsværdierne.

### Realdania By & Bygs erfaringer

Efter restaureringen og etableringen af jordvarmesystemet er der skabt et bedre indeklima, og varmeregningen er lavere. Det er imidlertid vigtigt at undersøge, hvilket jordvarmesystem der passer til den enkelte bygning og dens beliggenhed. I Arne Jacobsens sommerhus blev valgt et ikke så udbredt system med lodrette punktboringer, som der ikke var stor erfaring med, da det blev etableret. Men dette system kræver ikke lige så meget åbent areal som andre systemer med vandrette varmeslanger, og det kunne derfor rummes inden for det forholdsvis beskedne areal under græsplænen ved siden af huset.

Der vil altid være en indkøringsperiode for et nyt varmesystem, og det kræver løbende opmærksomhed. Jordvarmeanlægget bliver serviceet en gang om året, og beboerne skal også selv holde lidt øje med det – der skal af og til fyldes vand på, og afhængigt af anvendelsen af huset og af årstiderne bør systemet justeres. Når varmesystemet er installeret i et sommerhus, er det en god idé at sætte det til sparetilstand, når man ikke er der, så man ikke bruger unødigt energi. Det kræver en god formidling over for lejerne af huset at fortælle om varmesystemet, så de kan bruge det rigtigt.



---

### Arne Jacobsens eget sommerhus i Gudmindrup Lyng

Sommerhuset blev oprindeligt isoleret indvendigt på ydermurene med 50 mm halmstøv, og opvarmningen var centralvarme med kul- og koksfyre, senere et oliefyre. Der er ikke isoleret yderligere, fordi det vil ændre for meget på interierne i forhold til husets bevaringsværdier. Til gengæld er der etableret et nyt varmesystem, der gør opvarmningen både billigere og mere klimavenlig. Under plænen ved siden af sommerhuset gemmer sig et jordvarmeanlæg med lodrette borer. Både udendørs på terrassen og i opholdsstuen på første sal er der åben pejs.

---





## CASE 9

### Stines Hus på Lolland: Varmepumpe i stalden

**På Lolland blev der omkring 1780 opført et lille husmandssted under godset Pederstrup. Med reference til en tidligere beboer kaldes huset for Stines Hus, og det blev i 2019 købt af Realdania By & Byg og efterfølgende restaureret. De foregående ejere havde passet godt på huset og delvist isoleret det, men der var stadig behov for en indsats for at afbøde kulde og manglende opvarmning.**

De tidligere ejere af det lille Stines Hus på Lolland havde lagt 150 mm mineraluldsisolering på loftet og isoleret bindingsværksydervæggene med lecablokke på den indvendige side. I 1960'erne blev der bygget om og tilføjet nyt soveværelse, mellemgang og badeværelse, og i disse rum blev der isoleret under gulvene.

I forbindelse med Realdania By & Bygs restaurering er gulvet i badeværelset blevet skiftet. Strøerne havde fået råd pga. et utæt afløb, og da det skulle udskiftes, blev gulvene i badeværelset og i soveværelset taget op. Her blev støbt et nyt terrændæk med ny isolering af 200 mm polystyren i midten af rummet og opfyldt med lecanødder i kanten af rummene, hvor der pga. fundamentene ikke kunne graves ud til isoleringen, da der ville være risiko for, at syldstenene ville skride ud. De nye gulve blev lagt af genbrugsbrædder fundet i nærheden i en ejendom, der skulle rives ned – en sparsommelig tilgang i tråd med det simple husmandssted.

#### Forsatsrammer

Ud over ny isolering er husets vinduer forsynet med forsatsrammer. De er specialfremstillet af en snedker, der

har udført dem præcist til de enkelte vinduer, der er forskellige og har hver deres skævheder. Forsatsrammerne har spinkle dimensioner, så de er diskrete og tillader så meget dagslys som muligt at passere.

#### Ny varmforsyning

For yderligere at forbedre varmeøkonomi og komfort er der etableret et luft til vand-varmepumpeanlæg og nye radiatorer, der har erstattet tidligere elpaneler, som er dyre i drift. Varmepumpen kræver en del plads, og det kunne skaffes i den gamle lo uden at ødelægge bevaringsværdierne. Her er opført en bræddevæg, der nu skjuler varmpumpen, varmtvandsbeholderen og andet teknisk udstyr samt en vaskemaskine, som var svær at få plads til i stuehuset. Rørene fra varmpumpen til husets radiatorer er ført over loftet. Ud over den moderne varmforsyning kan køkkenets gamle jernkomfur også bidrage med varme. Det er bevaret fra Stines tid og fungerer stadig upåklageligt.

#### Realdania By & Bygs erfaringer

Stines Hus blev restaureret i kølvandet på restaureringen af Højgården på Sejerø, hvor radiatorerne til luft til vand-varmepumpen var noget klodsede, og den erfaring har betydet, at de store, men nødvendige radiatorer, er bedre tilpasset i Stines Hus. Det er dog langt fra altid, at erfaringerne kan overføres direkte fra ét hus til et andet. Der er forskellige systemer og varmepumper, og husene er meget forskellige i type og areal. Og så er der hele spørgsmålet om brugernes adfærd, som kan være svær at tage højde for i driften af en bygning, eftersom forskellige beboere har forskellige krav og ønsker til varmeniveauet.



Varmesystemet i Stines Hus krævede en del indregulering, efter at den første lejer flyttede ind i november 2020. I begyndelsen var det svært at få temperaturen højt nok op, men det skyldtes til dels, at vinteren var kold, og at store dele af huset ikke er isoleret ret meget. Især når der er vind fra øst, er det sværere at holde varmen, fordi huset er bedre isoleret i den anden ende.

Af hensyn til fredningsværdierne er den del af varmepumpeanlægget, der normalt er placeret udendørs, i Stines Hus placeret indenfor i udlængens udskud, så den ikke skæmmer. Denne del skal dog have luft for at fungere, så her er det lejernes opgave en gang imellem at tjekke, at der er luft nok, og ellers skal de åbne en luge i facaden, så der kommer frisk luft ind. En vigtig del af driften af Stines Hus er derfor også at informere lejerne om, hvordan de skal passe systemet. Der er også en risiko for frost i det uopvarmede rum, hvor udedelen står, fordi pumpen suger varmen ud af luften. Det er endnu uvist, om det vil blive et problem, men i alle tilfælde er udedelen blevet forsynet med en ekstra lang slange, så den kan flyttes et andet sted hen, hvis det skulle blive nødvendigt.

---

### Stines Hus på Lolland

I Stines Hus er der isoleret under gulve i nogle af rummene, og alle vinduer har fået nye forsatsrammer. De er tilpasset præcist til hvert vindue, så der er taget højde for alle formater og skævheder. Huset er blevet udstyret med et luft til vand-varmepumpeanlæg og nye radiatorer, der har erstattet tidligere elpaneler, som er dyre i drift. Ud over den moderne varmeforsyning kan køkkenets gamle jernkomfur også bidrage med varme. Det er bevaret fra Stines tid og fungerer stadig upåklageligt.

---





---

### Stines Hus på Lolland

Varmeforsyningen er forbedret markant med en ny luft til vand-varmepumpe. For ikke at forringe husets udseende, er den del af pumpen, der normalt sidder udendørs, placeret i den tidligere lo bag en bræddevæg, så den heller ikke skæmmer indenfor.

---

## INTERVIEW



**“Helhedsindsats giver stor effekt”**

# Fæstningens Materialgård i København

## INTERVIEW

med arkitekt og projektleder Anders Brüel, Realdania By & Byg

**I det historiske centrum i København ligger Fæstningens Materialgård, der består af flere bygninger opført til forskellige funktioner og med forskellige konstruktioner. Anlægget tjente som materialgård under udbygningen og vedligeholdelsen af Københavns befæstning fra 1670'erne og frem og består af materialforvalterboligen fra 1740, magasinbygningen fra 1768, bindingsværksbygningen fra 1748 og halvtagshusene fra 1819, der blev forbundet af en mellembygning i 1925.**

**Realdania By & Byg erhvervede anlægget i 2007, og i dag danner de fredede bygninger ramme om forskellige erhverv. Bygningerne var generelt velholdte, men der skulle alligevel gennemføres en række istandsættelsesarbejder, og i samarbejde med fredningsmyndighederne og rådgivergruppen blev der igangsat en helhedsindsats med stort fokus på energiforbedringer og reducere af CO<sub>2</sub>. Realdania By & Bygs arkitekt og projektleder Anders Brüel stod i spidsen for restaureringen.**

”Fordi bygningerne er forskellige, var det oplagt at afprøve forskellige løsninger på de fredede bygningers præmisser. Derfor indledte vi restaureringen som et eksempelprojekt i tæt samarbejde med fredningsmyndighederne med et ønske om at vise, hvordan man kan energiforbedre fredede bygninger, forbedre indeklimaet og reducere CO<sub>2</sub>-udledningen uden at ødelægge fredningsværdierne. Projektet skulle omfatte en bygning, der skulle bruges til kontorformål, fordi der er særlige

krav til erhverv, som ikke gælder i en bolig – f.eks. hvor varme kontorlokaler må være. Forsvarsministeriets Ejendomsstyrelse, som vi købte anlægget af, havde gennem flere år målt forbruget i bygningerne og foretaget gængse energiforbedringer som efterisolering i taget og forsatsrammer på eksisterende vinduer. Der var derfor nogle målinger, vi kunne sammenligne med efterfølgende.”

### **Uacceptable løsninger sorteret fra**

”Vi har haft stort fokus på at udvikle energitiltagene med udgangspunkt i den konkrete bygning og dens fredningsværdier og funktion. I den indledende analysefase, der tog omkring et år, udarbejdede vi f.eks. lister over, hvilke tiltag der ikke ville kunne lade sig gøre i en fredet bygning, og som derfor blev valgt fra med det samme – f.eks. udvendig isolering, fordi det vil skjule facaderne og ændre på bygningernes proportioner. Vi kunne også med det samme afvise at udskifte de gamle vinduer og at etablere store ventilationsanlæg i bygninger med fine interiører.”

”Til gengæld endte analysefasen med en liste over tiltag, som ville være acceptable i de fredede bygninger, og som var blevet undersøgt med forskellige beregninger og simuleringer for at estimere deres effekt på indeklima og

energiforbrug. Disse tiltag blev vurderet i sammenhæng med hinanden, fordi den samlede løsning faktisk kan ende med et negativt resultat. Løsningerne kan modarbejde hinanden. F.eks. nedsætter større tæthed og bedre isolering varmekonsumet om vinteren, men det øger til gengæld behovet for køling om sommeren, faktisk allerede fra det tidlige forår. Dagslys har også sværere ved at trænge gennem energiglas end almindelige vinduesruder, så elregningen bliver højere, fordi der skal bruges mere kunstig belysning. Måske er der slet ingen gevinst at hente, eller også bliver den samlede effekt mindre end umiddelbart forventet, og det skal man huske at tage højde for."

#### **Tætning giver stor effekt**

"Analysefasen endte med, at vi besluttede at gennemføre en række tiltag. To forholdsvis enkle arbejder, som ikke ødelægger fredningsværdierne, har været at skifte glassene i de nyere forsatsrammer til energiglas og at tætnede bygningerne. Vi har tætnet ved forsatsrammer, omkring vinduer og døre, mellem bindingsværk og tavl, ved skunkvægge og i lofter, hvor der var gennembrydninger til rør og kabler – her blev vi overraskede over at opdage, at indbyggede loftslamper var en stor kilde til varmetab. Beregninger for Materialgården viste, at 15-35 % af bygningernes samlede varmekonsum skyldtes utætheder, så der var store besparelser at hente. Herudover giver utætheder også træk og kan resultere i fugt i konstruktionerne."

"Vi afprøvede desuden bygningernes tæthed med såkaldt blowerdoor-tests, der – så vidt jeg ved – er de første i Danmark, der er gennemført på fredede bygninger. Bindingsværksbygningen, der blev opført i 1748 som pakhús, viste sig at være så utæt, at det slet ikke var muligt at

opretholde trykket inde i bygningen. Her har vi tætnet fugerne mellem bindingsværk og tavl på traditionel vis med tjæret værk og mørtel – det gav i sig selv 30 % energibesparelse. Derimod var materialforvalterboligen overraskende tæt. Det er et fuldmuret hus fra 1740, som var i god stand, men som vi egentlig også forventede at finde utætheder i. Men huset viste sig at være næsten lige så tæt som en nyopført bygning. Ydervæggene er meget tætte, primært på grund af vægpanelerne, der bidrager til isoleringen via den stillestående luft mellem paneler og ydermur. Vi valgte at tætnede panelerne ved udlusning af revner i træværket, og det gav så stor effekt, at det ikke var nødvendigt at isolere bag dem."

#### **Isolering enkelte steder**

"Den tidligere ejer havde allerede isoleret på spidslofter og i tagflader, så vi gennemførte en isolering af terrændæk de steder, hvor gulvene alligevel skulle tages op. Vi fravalgte at isolere yderligere, fordi det ville gå for meget ud over bevaringsværdierne uden nogen nævneværdig effekt – det gjaldt også i kvistflunker, hvor en isolering ikke ville have nogen særlig betydning i det samlede regnskab, men til gengæld ville gå hårdt ud over kvistenes proportioner."

#### **Gevinst ved installationer**

"Noget, der har gjort en stor forskel, er nye installationer. Vi har etableret decentralt varmt vand, så det ikke skal føres over for lange afstande og dermed miste noget af varmen. Vi har også etableret automatisk styring af alt det udstyr, der bruger el. Uden for kontortid afbrydes strømmen centralt, så der ikke er noget udstyr, der står på stand-by. Det giver både et lavere strømforbrug og et mindre behov for køling, fordi der ikke udvikles så meget varme. Det har også en stor

betydning at samle det udstyr, der afgiver varme, i de samme rum. Ud fra samme logik har vi også samlet funktioner, der kræver en høj grad af ventilation, så de større ventilationsanlæg, der er påkrævet i erhvervsbygninger, kun skal etableres få steder – det gælder møderum og kantine.”

## ”En vigtig erfaring fra projektet er, at de meget tekniske løsninger ikke fungerer optimalt, fordi bygningens brugere opfører sig anderledes, end de teoretiske beregninger forudsiger .“

### Varme og kulde i samme enhed

”En meget vigtig og omfattende del af projektet var at finde et system til opvarmning og køling, der kunne accepteres i de fredede bygninger og spille sammen med deres interiører – i dette tilfælde materialforvalterboligen og magasinbygningen. Her endte vi med at benytte såkaldte fan coils, en art radiator med ventilator, der både kan køle og varme. Det lykkedes at finde et fabrikat, der stort set svarer til en almindelig radiator, og som derfor kan placeres i vinduesnicherne. Vi fik udført nogle særlige træpaneler som radiatorskjulere, så de nye enheder kunne blive så diskrete som muligt, og installationerne blev ført under gulvene.”

### Vores erfaringer

”I dag er varme-køle-enhederne bygget om, så de kun bruges til opvarmning. Vi måtte desværre konstatere, at systemet ikke fungerede efter hensigten. Bygningerne var for svære at varme op, men det kan de nu, hvor enhederne afgiver

mere varme end før. Kølingen fungerede heller ikke optimalt; ikke fordi systemet rent teknisk ikke virkede, men fordi folk åbnede vinduerne, når de havde det for varmt, og så kørte køleanlægget uden nytte.”

”En vigtig erfaring fra projektet er, at de meget tekniske løsninger ikke fungerer optimalt, fordi bygningens brugere opfører sig anderledes, end de teoretiske beregninger forudsiger. Man ser også, at brugernes vaner ændrer sig. Når en bygning er blevet energiforbedret, skruer man mere op for varmen og ændrer niveauet for, hvad et normalt indeklima er. Det sker måske især i erhvervsbyggeri, hvor de enkelte brugere ikke selv bliver påvirket økonomisk af den måde, de bruger bygningen på, og derfor ikke tænker over at have en energivenlig adfærd.”

”En anden vigtig erfaring fra projektet er, at man kommer meget langt med enkle løsninger, f.eks. at montere energiglas i forsatsrammer og at tætte bygningerne. Det er især restaurering af vinduer, øget tæthed og et centralstyret strømforbrug, der har vist sig at bidrage væsentligt til reduktionen af CO<sub>2</sub>. Vi har opnået omkring 20 % mindre CO<sub>2</sub>-udledning.”

”Som udlejer er der ved så omfattende et energiforbedringsprojekt en gevinst at hente i forhold til CO<sub>2</sub>-udledningen, men ikke nødvendigvis økonomisk. Besparelser på forbrug tilfalder normalt lejeren. Dog er godt indeklima og god komfort i et kontorlejemål en konkurrenceparameter for at tiltrække lejere, så måske vil energioptimeringerne slå igennem som en højere basishusleje; ikke fordi, der bruges mindre energi, men fordi der er en – oplevet – højere komfort.”



---

#### **Fæstningens Materialgård i København**

Materialforvalterboligen fra 1740 viste sig at være overraskende tæt, så her var efterisolering ikke nødvendig. Tætheden og den forholdsvis gode isolerende effekt skyldes blandt andet, at den stillestående luft mellem vægpaneler og murværk isolerer godt. Under vinduerne er monteret såkaldte fan coils, der oprindeligt både kunne varme og køle, men som i dag er bygget om til kun at varme – rent teknisk fungerede kølingen fint, men brugerne åbnede vinduerne, når de havde det for varmt, og så kørte kølingen uden effekt.

---



---

### Fæstningens Materialgård i København

En overraskende stor del af anlæggets varmetab skete gennem utætheder, især i bindingsværksbygningen, hvor der med stor effekt er tætnet mellem tømmer og tavl. Herudover er opnået energibesparelser i alle bygningerne med nye forsatsrammer med energiglas. Til gengæld er der stort set ikke isoleret i ydervægge, heller ikke i kvistflunker, da det lille areal ikke ville have nogen særlig betydning, mens flunkerne derimod ville blive tykkere og mere klodsede.

---



## Drift og vedligeholdelse

Ét er restaureringen af bygningerne og den energioptimering, der foretages i den forbindelse – noget andet er den efterfølgende drift og vedligeholdelse. Typisk viser effekterne af de energimæssige tiltag sig først senere; nogle gange som et byggeteknisk problem, andre gange som en effekt på energiforbrug og komfort.



# Udfordringerne i de historiske huse

## INTERVIEW

med bygningskonstruktør Mikael Vikkelsø Nielsen,  
Realdania By & Bygs Drifts- og vedligeholdelsesafdeling



**Ansvar for driften og kontakten til lejerne ligger hos projektlederne i Realdania By & Bygs Drifts- og vedligeholdelsesafdeling, hvor bygningskonstruktør Mikael Vikkelsø Nielsen kan berette om mange forskellige udfordringer.**

### Kuldebroer

"Kuldebroer er min kæphest! De kan være meget ødelæggende – ikke kun for den komfort, som husets brugere oplever, men især byggeteknisk. Hvis der dannes kondens, kan jern ruste, og rust udvider sig og kan give sprængninger i murværket. Kondensen kan også blive til fugt, der kan give frostsprængninger. I træværk kan kondensen give problemer med fugt, der kan danne grobund for råd og skimmel. Og skaderne kommer ofte snigende, fordi mange kuldebroer er skjulte. Det kan være udmuringer i hulmure, f.eks. ved faste bindere eller i fuldmurede hjørner. Her bliver murstenen, der udgør binderen, til en kuldebro, der ofte ses som pletter på overfladen."

"Andre typiske kuldebroer kan være udhæng, altaner eller jernvinduer. I forhold til indeklima og komfort kan man ofte kompensere for problemerne i den måde, man bruger huset på, men selve huset lider under det, så det er meget vigtigt at få brudt kuldebroerne. Man kan varme sig ud af det, men det er jo ikke særlig energivenligt. Alle huse er forskellige, så løsningerne varierer. Det kan sagtens løses grimt! Men det kræver som regel specialløsninger at gøre det uden at ødelægge husets udseende og bevaringsværdier."

### Tætning

"De henvendelser, vi får fra vores lejere, handler typisk om træk – enten forårsaget af kuldebroer eller utætheder. Ved at fjerne træk kan vi meget ofte forbedre komforten så meget, at man ikke behøver skrue op for varmen. Det vil derfor være optimalt at eliminere utæthederne fra starten, når huset bliver restaureret, for det er noget af det, vi bøvler allermost med i driften bagefter, især

utætte vinduer. Det er en fast del af den løbende vedligeholdelse, at vi eftergår tætheden.”

## ”Når vi taler om opvarmning, er det meget vigtigt også at tale om indregulering.“

”I Varmings hus havde vi en særlig udfordring i opholdsstuen med et meget stort vindue, der kan hejses op i hele rummets bredde. Hejsevinduets mekanik blev udtænkt af bygherren, ingeniør Jørgen Varming, og fungerer igen efter restaureringen, der blev afsluttet i 2015. Men vinduesrammen er af jern, der udgør en kuldebro, og der var meget utæt hele vejen rundt om vinduet. Vinduet og jernrammen er for nylig blevet energiforbedret, fordi lejerne oplevede alt for meget træk og kulde. Utæthederne og jernrammens kuldebro er minimeret med nye tætningslister, der er monteret på jernrammen. De består af trælister med integrerede koste. Det er en reversibel løsning, der egentlig er ganske enkel, men som alligevel tog noget tid at udtænke.”

### Pejse giver dårlig varmeøkonomi

”Utætheder findes også i en pejs – helt bevidst, for der skal jo være træk i skorstenen, for at ilden kan brænde. I Edvard Heibergs hus er der i stuen næsten alle tænkelige problemer i forhold til opvarmning: Der er højt til loftet, der er

kæmpestore jernrammевinduer, der er en kælder under, hvor der godt kan sættes varme på, men det bliver dyrt, fordi kælderen er uisolert, og så er der i stuen kun én reel radiator, der giver effekt; der er en anden, men den sidder i det lave rum, der er spisestue, hvor den næppe bidrager til varmen i det høje rum. Og så er der også en pejs. En pejs suger luft ud, når den ikke kører, for et spjæld er aldrig 100 procent tæt; det er som et vindue, der står på klem.

Hvis en pejs skal være et bidrag til opvarmningen, skal den give så meget strålevarme, at det kompenserer for det varmetab, der sker pga. trækket i skorstenen, eller også skal den sørge for, at der i skorsten og murværk akkumuleres varme, der kan afgives senere. Og det sker sjældent: En pejs er som regel en energisluger.”

### Indregulering er afgørende

”Når vi taler om opvarmning, er det meget vigtigt også at tale om indregulering. Det er desværre lidt overset, men det er meget vigtigt, at det bliver gjort, når et nyt varmeanlæg skal tages i brug – faktisk også efterfølgende, når der ændres på isolering eller andre ting, der har betydning for opvarmningen – og ikke mindst når der kommer nye beboere, så opvarmningsanlægget kan tilpasses deres adfærd og ønsker.”

”For at få det fulde udbytte af et opvarmnings-system kræver det, at brugerne ved, hvordan

anlægget skal bruges, og det stiller krav til teknikerne og til os om en god formidling, så det bliver let for brugerne at anvende anlægget korrekt.

Man kan som bruger fuldstændig smadre en ellers god varmeøkonomi, hvis man ikke ved, hvad man skal gøre. Det kan i værste fald ende med, at et anlæg, f.eks. en varmepumpe, bliver et energimæssigt problem, fordi den bruger for meget energi, hvis brugerne anvender systemet forkert. Her er der stor forskel på teori og praksis – systemerne kan teoretisk set give væsentlige besparelser, men hvis de i praksis anvendes forkert, kan den beregnede besparelse ende med at blive en udgift. Det sker især, hvis anlæggene er alt for tekniske, og hvor brugerne uden at ane det kommer til at overrulle systemet. De erfaringer høster vi i forbindelse med den løbende drift, og dem giver vi videre til Projektafdelingen, så vi sammen kan udvikle os og gøre det bedre næste gang.”

#### **Lejerne er vores vagthunde**

”Vi gør meget ud af at holde godt øje med vores ejendomme, så vi kan udvise rettidig omhu – det er det, vores arbejde primært består af. Men herudover bliver vi også løbende kontaktet af vores lejere. Udover henvendelser om træk er det typisk ønsker om mindre forbrug, lejerne kommer til os med, men det handler ikke kun om krav og ønsker; deres henvendelser er en stor hjælp for os, så vi kan vurdere,

om der er tale om akutte skader, eller det er noget, vi tager med i vores løbende vurdering af ejendommens tilstand. Når vi ikke færdes i bygningen til daglig, ved vi jo ikke nødvendigvis, hvornår noget er utæt, eller hvornår noget ikke fungerer. Når lejerne fortæller det, kan vi reagere på det og udbedre mangler og bremse skader, før de udvikler sig til et problem. Her er det en fordel med de historiske huses traditionelle materialer og teknikker.

Det kan godt være, at mange husejere gerne vil have, at det skal være vedligeholdelsesfrie materialer, men de skal jo netop kunne vedligeholdes, så de holder længe. Alternativet er at skifte ud, og det er ikke særlig bæredygtigt.”

”Selv om husene er gamle, er det ikke altid ensbetydende med, at de er af god kvalitet. Jeg bliver nødt til at afsløre, at vores tre huse tegnet af Arne Jacobsen faktisk teknisk set er ret dårlige – æstetikken har fået lov at vinde. F.eks. er der indvendige tagnedløb på huset på Gotfred Rodes Vej – så skammer de ikke husets arkitektur, men rent byggeteknisk er det ikke særlig klogt. Og det er ofte en udfordring at energiforbedre med efterisolering, fordi de oprindelige proportioner og detaljer bliver ændret for meget. Der skal som regel trylles en hel del for at bevare udtrykket. Vi udfordrer ofte vores rådgivere helt til grænsen af, hvad der kan lade sig gøre byggeteknisk og i forhold til bevaringsværdierne.”



---

#### ↑ Varmings hus i Gentofte

Omkring det store vindue i stueetagen under den spånklædte facade har der været problemer med træk og kulde. Vinduet kan hejses op i hele dets bredde, og det er en udfordring at gøre det tæt. Det lykkedes med nye tætningslister med integrerede koste.

#### ↑ Edvard Heibergs eget hus i Virum

Stuen har en åben pejs, der ikke bidrager positivt til varmeøkonomien – det gør pejse sjældent, fordi trækket i skorstenen betyder, at varmen i rummet suges ud. Sammen med minimal isolering, en kælder nedenunder, få radiatorer, højt til loftet og store jernvinduer gør den åbne pejs stuen svær at varme op.

---

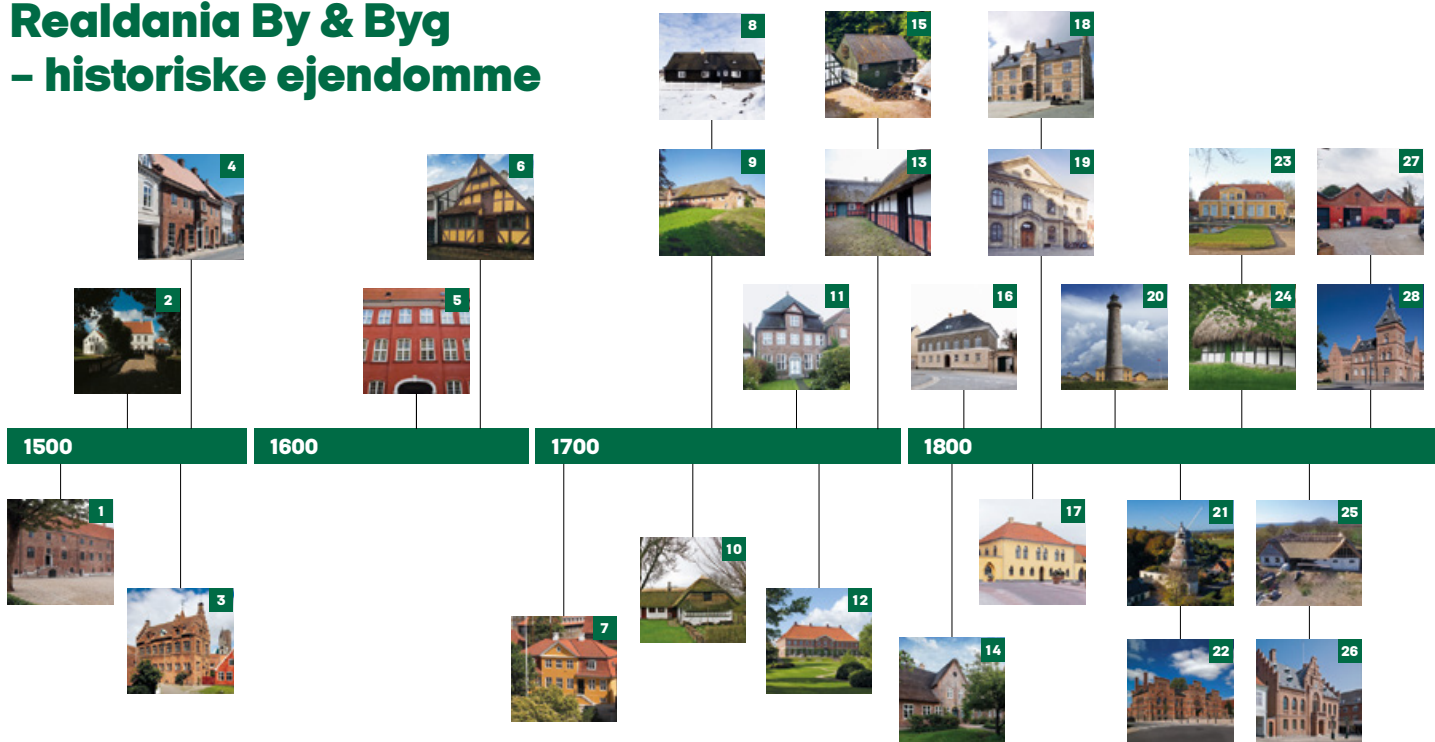


---

#### ↑ Arne Jacobsens eget hus i Klampenborg

Arne Jacobsen tegnede smukke huse, men byggeteknisk er husene ikke altid gennemtænkte, og det kan give udfordringer i den efterfølgende drift. Til gengæld er materialerne gedigne og har lange levetider.

# Realdania By & Byg - 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 Sødam, Møgeltønder

År: 1775

**10** Stines Hus, Lolland

År: 1777-1779

**11** Digegrevens 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** Bindsbølls Rådhus, Thisted

År: 1854

**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, Sejerø

År: 1880

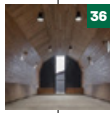
**26** Tvedes Rådhus, Sorø

År: 1887

**27** Støberihallerne, Præstø

År: 1892

**28** Ambergs Rådhus, Esbjerg



1900



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: 1910  
**33** Amtmandsboligen, Hjørring

År: 1913  
**34** Rosenhuset, Hellerup

År: 1917  
**35** Bakkekammen, Holbæk

År: 1917  
**36** Ballonhangaren, København

År: 1918  
**37** Landsted af Kay Fisker, Snekkersten

År: 1924  
**38** Edvard Heibergs Hus, Virum

År: 1929/1931  
**39** Arne Jacobsens Hus, Charlottenlund

År: 1934  
**40** Statshusmandsbrug, Skovbølling

År: 1936  
**41** Arne Jacobsens sommerhus, Gudmindrup

År: 1937  
**42** PH's Hus, Gentofte

År: 1939  
**43** Viggo Møller-Jensens Hus, Kgs. Lyngby

År: 1951  
**44** Arne Jacobsens Hus, Klampenborg

År: 1952  
**45** Varmings Hus, Gentofte

År: 1953  
**46** Clemmensens Hus, Gentofte

År: 1954  
**47** Esken, Fårevejle

År: 1955  
**48** Erik Chr. Sørensens Hus, Charlottenlund

År: 1956  
**49** Bertel Udsens Hus, Kgs. Lyngby

År: 1956-1959  
**50** Jarmers Plads, København

År: 1958  
**51** Gunnløgssons Hus, Rungsted Kyst

År: 1958  
**52** Knud Friis' Villa, Brabrand

År: 1960  
**53** Romerhuset, Helsingør

År: 1963  
**54** Exners Hus, Skodsborg

År: 1967  
**55** Glas Alstrup, Hasselager

År: 1969  
**56** Poul Erik Thyrrings Hus, Herning

# Foto

Kurt Rodahl Hoppe: Side 2, tv. og i midten / Side 9, øverst / Side 11, øverst / Side 16 / Side 27, 28 og 29 / Side 33 / Side 40 / Side 60 / Side 62, øverst + nederst th. og tv. / Side 63 / Side 64 / Side 69 / Side 93, øverst + nederst i midten / Side 96, øverst + nederst tv. / Side 109, nederst tv. / Side 116 / Side 118-119

Per Munkgård Thomsen / Lars Degnbøl: Side 13 / Side 14-15 / Side 32 / Side 37 / Side 42 / Side 44 / Side 45 / Side 58, nederst th. + tv. / Side 75 / Side 80

Jens Markus Lindhe: Side 35 / Side 54 / Side 55, øverst / Side 73, øverst + nederst th. / Side 74, øverst / Side 98

Lars Gundersen: Side 17, øverst / Side 108, øverst / Side 108, nederst th. / Side 120 / Side 124 / Side 125, øverst

Helene Høyer Mikkelsen: Side 18 / Side 34 / Side 78 / Side 86-87 / Side 88, øverst / Side 89

Anders Sune Berg: Side 50 / Side 51, øverst / Side 59, øverst / Side 81 / Side 131, øverst / Side 135

Jan Knudsen: Side 56 tv. + øverst th. / Side 100 / Side 103 / Side 104, øverst / Side 105

Kira Ursem: Side 3, th. / Side 110 + 111 / Side 112 / Side 114, øverst / Side 115 / Side 130

Jakob Bekker Hansen: Side 36 / Side 109, øverst

Adam Mørk: Side 4 / Side 77 / Side 97

Mike Syke: Side 57 / Side 76

Lisbeth Holten: Side 24 / Side 90

Skalflex: Side 11, nederst / Side 93, nederst tv.

Jakob Lerche: Side 38

Delsted Medieproduktion A/S: Side 41 / Side 65

Henrik Vinther Krogh: Side 82 / Side 84, nederst

Odense Bys Museer: Side 96, nederst th.

Realdania By & Byg: Øvrige fotos og grafer





**Energiforbedring af historiske bygninger  
- erfaringer og læringer**

Realdania By & Byg A/S 2021

ISBN: 978-87-93746-48-0

Tekst og redaktion: Dorthe Bendtsen og Realdania By & Byg

Layout og illustrationer: Le bureau

Publikationen er trykt af OAB-Tryk ApS, Odense



I samtlige af de historiske ejendomme, som Realdania By & Byg gennem knap 20 år har erhvervet og restaureret, har forbedring af energi og indeklime været en fast del af restaureringen og en fast del af den efterfølgende drift og vedligeholdelse.

Intentionen ved hver ejendom har været at energiforbedre så meget, det kan lade sig gøre, uden at antaste frednings- og bevaringsværdierne.

Fokus har især ligget på fem indsatsområder, der alle har stor betydning for en bygnings energiforbrug: vinduer, loft og tag, ydervægge, terrændæk samt forsyning og installationer.

En del af energiforbedringerne er sket med uafprøvede metoder og nye materialer for på den måde at skabe ny viden og vise nye veje. Erfaringer og læringer er taget med fra ejendom til ejendom.

I denne publikation formidles disse erfaringer og læringer, og via interviews og konkrete eksempler præsenteres et udpluk af de energiløsninger, der gennem tiden har fundet vej ind i Realdania By & Bygs samling af historiske ejendomme.