

Energiguide

for fredede og bevaringsværdige bygninger

Energiguide for fredede og bevaringsværdige bygninger

© Bygningskultur Danmark, 2019

2. Reviderede udgave, 1. oplag

Tekst: Jeanne Brüel

Grafisk tilrettelæggelse: Sille Jensen

Fotos:

Bock, Lars Nicolai: s. 32 n. th., s. 35 n. th., s. 66.

Brogren, Thomas: s. 78 n. tv.

Lindegaard, Torben: s. 4, s. 8, s. 16, s. 22,

s. 30 n. tv., s. 31 n. tv., s. 32 øv. tv., s. 88, s. 92, s. 95.

Mikkelsen, Helene Høyer, udlånt af Realdania By og Byg:

s. 56, s. 59.

Scanoflex (aerogel): s. 54.

Strunge, Jesper: s. 40.

Ursem, Kira, udlånt af Realdania By og Byg: s. 90.

Øvrige fotos og illustrationer:

Jeanne Brüel

(Illustration s. 56 efter Slots- og Kulturstyrelsens forlæg).

Indholdsfortegnelse

1 · Bevaringsværdier versus energiforbedringer	7
2 · Tekniske installationer	19
3 · Tætning og isolering	27
4 · Hvor kan man få energien fra?	73
5 · Referencehuset og besparelser	83
6 · Bevaringsværdi kontra varmetab	87
7 · Litteratur, links og noter	91
8 · Ordforklaring	93



Forord

Denne reviderede energiguide rummer anvisninger til, hvordan ejerne af fredede og bevaringsværdige huse kan forbedre de historiske huses energiforbrug, komfort og indeklima, uden at de bærende bevaringsværdier ødelægges.

Foruden at være en hjælp til ejerne, er guiden også tænkt som en hjælp til de kommunale bygningsmyndigheder, når der skal foretages en afvejning mellem bygningsreglementets energikrav på den ene side og hensynet til kulturarven på den anden side.

Danmarks energiforbrug er ikke faldet væsentligt de senere år. Drift og opvarmning af bygninger tegner sig for en stor del af energiforbruget. Noget skal derfor gøres.

De fredede og bevaringsværdige bygninger er ingen undtagelse, men her skal der tages et særligt hensyn. Lad det være sagt med det samme: Energiforbruget i fredede og bevaringsværdige huse kan ikke blive så lavt som i helt moderne huse, simpelthen fordi bevaringsværdierne så vil blive ødelagt. Men man kan nå et stykke, endda et langt stykke. Hvis man også medregner husenes indbyggede bæredygtighed (simpelthen fordi mange af disse huse efter 100 eller 200 år eller endnu mere stadig står), er regnestykket endnu bedre.

De nærmeste til at passe på bygningernes bevaringsværdier er nu engang bygningernes ejere og brugere. Vi har derfor ønsket med denne guide at kvalificere den enkelte ejer og bruger til at gå i dialog med rådgivere og håndværkere og ikke mindst med de lokale bygningsmyndigheder.

Det er vores håb, at vi på den måde kan medvirke til, at en meget væsentlig del af landets kulturarv ikke bliver ofret i iveren efter at nå de langsigtede klimamål, mens vi venter på løsningen af det grundlæggende problem, den forurenende energiproduktion.

Birthe Iuel

Formand, Bygningskultur Danmark



Der er flere forhold, der udelukker en »one-size« løsnig til energiforbedring. Historiske huse er meget forskellige i beliggenhed, orientering, størrelse, form, byggeskik og materialesammensætning. En stor landejendom har andre problemer og dermed andre løsninger end et lille byhus. Den individuelle løsnig til energiforbedring afhænger af alle disse forhold.



1 • Bevaringsværdier versus energiforbedringer

De fredede og bevaringsværdige huse kan gennem enkle – og ofte ret små – indgreb gøres både mere energieffektive og komfortable og alligevel bibeholde deres bærende bevaringsværdier, arkitektoniske karakter og oprindelige udseende. God energiforbedring handler ikke kun om at spare på energien, men også om at opnå bedre komfort og et bedre indeklima. Netop den øgede komfort og det bedre indeklima vil være en gevinst, der vil resultere i langt større trivsel og livskvalitet i hverdagen – og i fremtiden.

Der findes ingen »one-size« løsnings, der umiddelbart kan bruges, når historiske huse skal energiforbedres. De tiltag, der gennemgås i denne guide, vil således ikke alle være anvendelige i det enkelte hus. Men for alle huse kan der findes acceptable løsninger, hvor det – på husets præmisser – er muligt at reducere energiforbruget eller øge komforten. Det vil hver gang være en balancegang mellem husets arkitektur, karakter og materialer på den ene side (de såkaldte bærende frednings- eller bevaringsværdier og bygningens egenart), og mulige energiforbedringer og en moderne livsførelse på den anden side.

Kulturarv og bæredygtighed

De fredede og bevaringsværdige huse udgør en stor del af vores omgivelser og bidrager til vores nationale identitet. Samtidig er det, ud fra en betragtning om bæredygtighed, langt mere energivenligt at istandsætte og modernisere et eksisterende hus end at bygge et helt nyt. De eksisterende huse repræsenterer en betydelig mængde allerede brugt energi, der derfor ikke behøver at blive brugt én gang til. Derudover er de fleste fredede og bevaringsværdige huse opført af tegl og tømmer og derfor stort set CO₂-neutrale, fordi der ikke har været anvendt fossilt brændsel til selve produktionen. Det gælder især huse fra før ca. 1890. Sidst, men ikke mindst er husene opført i en tid, hvor mange af de moderne kunststofprodukter (med ikke altid lige

godt kortlagt indvirkning på indeklimaet) endnu ikke var opfundet.

Ældre, traditionelt byggede huse blev opført af solide materialer og i en byggeskik, som man erfaringsmæssigt vidste kunne »tåle at stå udenfor« i mange hundrede år, og godt vedligeholdte huse vil kunne stå i mange hundrede år endnu. Forskellige tiltag og forbedringer kan dog være nødvendige for at husene også i fremtiden kan være komfortable efter moderne standard. En god og høj standard for såvel energieffektivitet som et godt indeklima kan derfor fremover øge de historiske huses bæredygtighed – foruden at sikre, at ejeren rent faktisk har råd til at varme huset op.

Historiske huse behøver ikke at være museale eller konstante – kun ved, at de ændres, konverteres og tilpasses nutiden, kan de beholde deres kulturelle værdi og funktion på meget lang sigt. Ejeren af et fredet eller bevaringsværdigt hus må ikke desto mindre respektere husets historiske og bærende værdier. Man må bruge, istandsætte, og i denne sammenhæng, energioptimere huset på husets præmisser, så det fortsat er en fin repræsentant for Danmarks kulturarv.



Det er altid muligt at spare på varmeregningen og samtidig opnå bedre komfort, men løsninger og de forskellige tiltag skal foregå på husenes præmisser, så bevaringsværdierne ikke ødelægges.

FREDEDE OG BEVARINGSVÆRDIGE HUSE

Et fredet hus har særlige arkitektoniske eller kulturhistoriske kvaliteter af national betydning for kulturarven og landets historie. Formålet med en fredning er at bevare og sikre, at bygningen også står der i fremtiden. Fredningen gælder både udvendigt og indvendigt. Bygningsfredningsloven administreres af staten ved Slots- og Kulturstyrelsen.

En bevaringsværdig bygning har også kvaliteter mht. arkitektur, byggeskik og kulturværdier, men på et mere lokalt plan. Husets status som bevaringsværdigt dækker kun bygningens ydre. Reglerne for de bevaringsværdige huse administreres af kommunerne.

BEVARINGSVÆRDI

I mange kommuner er bygningers bevaringsværdi registreret efter den såkaldte **SAVE-metode**, der står for »Survey of Architectural Values in the Environment« – på dansk »Kortlægning af arkitektoniske værdier i miljøet«. En bygning vurderes efter fem forskellige forhold: Arkitektonisk værdi, kulturhistorisk værdi, miljømæssig værdi, originalitet og tilstand på en skala fra 1-9, der sammenfattes til en samlet bevaringsværdi for bygningen (1 er den højeste og 9 den laveste værdi).

Se også Slots- og Kulturstyrelsens database over fredede og bevaringsværdige bygninger på www.kulturarv.dk/fbb



Ud fra en betragtning om bæredygtighed er det ofte langt mere energivenligt at istandsætte og modernisere et eksisterende hus end at bygge et nyt. Det eksisterende hus repræsenterer en betydelig mængde energi, der allerede er brugt en gang og derfor ikke behøver at blive brugt igen.

Energiforbedring

Energiforbedringer handler i bund og grund om at bruge sin sunde fornuft. Kendte og afprøvede byggetekniske løsninger vil ofte være helt tilstrækkelige for at opnå et godt resultat i fredede og bevaringsværdige huse. Der kommer med jævne mellemrum nye teknologiske løsninger på markedet, som dog alle har det til fælles, at langtidseffekten er ukendt. Det er ikke på historiske huse, at man skal eksperimentere med den slags produkter og ny teknologi. En enkelt byggeteknisk fejltagelse kan få stor negativ indflydelse på husets fremtid og i sidste ende nedsætte husets værdi.

Energiforbrug i huse går overordnet til to ting: Regulering af temperaturen (opvarmning i de kolde måneder) og drift af de tekniske installationer og apparater, som vi omgiver os med i hverdagen (ventilation, pumper, lys, vaskemaskiner, computere osv.). I begge tilfælde spiller den måde, vi lever i hverdagen, en ret stor rolle. Teknisk udstyr, der regulerer indeklimaet, fx ventilation, koster også energi, men er med til at sikre et sundt indeklima for både beboerne og huset. Endvidere forbruger styringen af varmen og elforbruget energi, men kan være et godt middel til at opnå besparelser. Det er summen af de mange små tiltag, der i sidste ende gør den store forskel.

Bygningsreglementets energikrav

Bevaringsværdige eller fredede huse kan i praksis aldrig komme til at overholde bygningsreglementets energikrav. Hvis disse krav skal opfyldes, skal huset efterisoleres udvendigt – og så forsvinder bevaringsværdierne. Ud over de registrerede fredede og bevaringsværdige bygninger findes der rigtig mange historiske huse rundt omkring i landet, der er fine eksempler på dansk arkitekturtradition og byggeskik. Man må her blot håbe, at den kommunale byggesagsbehandling er i stand til – og villig til – at foretage en nøgtern afbalancering af bygningsreglementets energikrav på den ene side og hensynet til kulturarven på den anden side.

ENERGIMÆRKNING

Alle huse, undtagen fredede huse, skal i dag have en energimærkning i forbindelse med salg eller udlejning. Formålet er at anskueliggøre husets typiske energiforbrug og at vise, hvilke energiforbedringer, der vil kunne betale sig – med den bagvedliggende tanke, at husets energimærkning på sigt skal påvirke dets salgs- eller udlejningsværdi. Skalaen går fra A til G, hvor A er det mest energieffektive og G det mindste. Mærkningen foretages af en autoriseret energikonsulent. Ordningen er i et vist omfang i strid med ønsket om at passe på husets bevaringsværdier, da det i praksis aldrig vil være muligt at opnå de bedste klassificeringer, uden at det går ud over husets arkitektoniske kvaliteter.

MYNDIGHEDER OG ENERGIKRAV

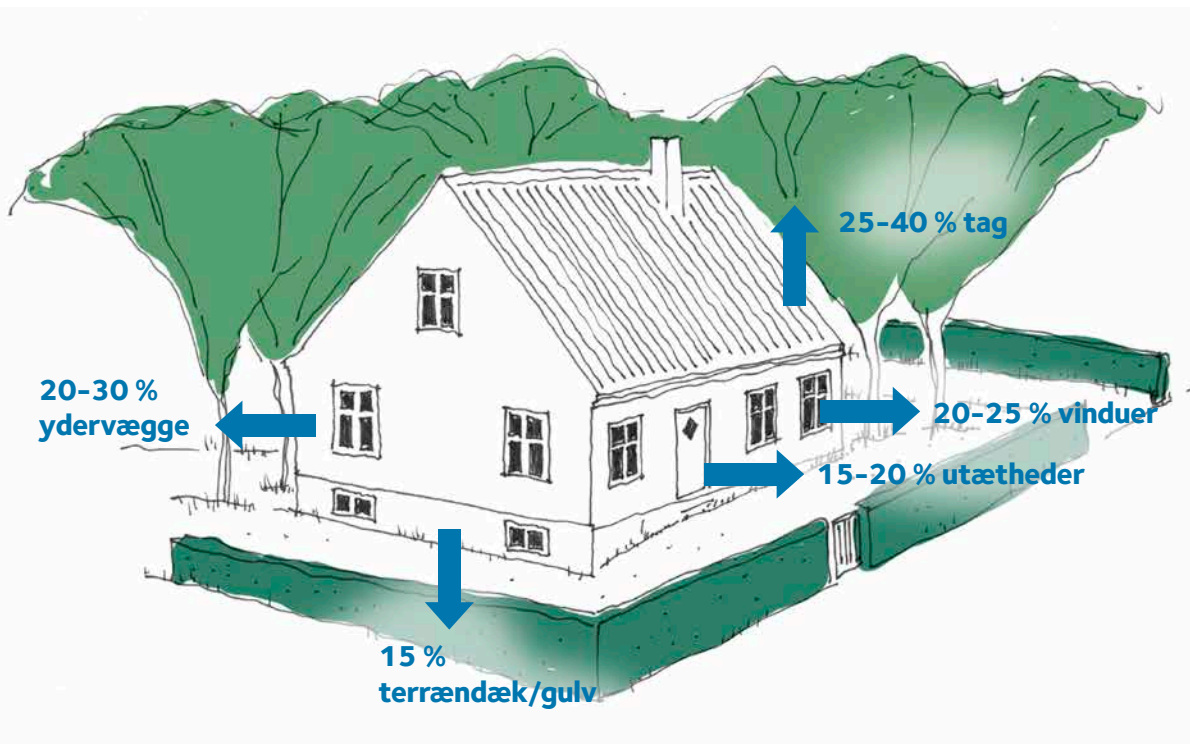
Bygningsreglementet stiller krav om, at man ved en større istandsættelse, fx en tagomlægning, skal overholde visse isoleringskrav. Disse krav er baseret på nogle teoretiske rentabilitetskrav, der er baseret på gennemsnitspriser på energi- og anlægsmkostninger. For fredede huse eller huse, der er omfattet af en bevarende lokalplan, kan der dispenseres fra reglerne, hvis energitiltagene ikke kan forenes med frednings- eller bevaringsværdierne.

Hvis huset er **fredet**, skal man, uanset hvilke tiltag man ønsker at foretage (udover almindeligt vedligehold), altid ansøge den **statslige fredningsmyndighed** om tilladelse.

Hvis huset er **bevaringsværdigt**, skal man i de fleste tilfælde ansøge kommunen om større ændringer. Det er ikke alle tiltag, der kræver tilladelse, men det er altid klogt at kontakte **kommunen** for at undersøge, hvilke krav kommunen stiller til en evt. ansøgning. På den måde undgår man problemer.

De kritiske punkter

De typiske gener i ældre huse er træk, kulde og skimmelvækst. Trækgener vil ofte forholdsvist enkelt kunne mindskes gennem tætning af sprækker ved vinduerne eller i overgangen mellem væg og gulv eller loft, hvilket vil medføre en betydelig bedre komfort i dagligdagen. Udover at boligen bliver nemmere at opvarme, vil rummene kunne møbleres, så dagslyset udnyttes bedre, når det ikke længere trækker gennem vinduerne. Træk kan i visse tilfælde forveksles med kuldestråling fra kolde vægge fx ved massive ydermure, der om vinteren afkøles og kan være vanskelige at varme op. Ved kolde ydervægge vil der også være risiko for skimmelvækst bag møbler, der står for tæt op ad de kolde vægge. Dette kan kun løses ved efterisolering.



Et hus taber varme på mange måder:

- Ineffektive tekniske installationer (fyr, radiatorer osv.) eller dårligt isolerede rør
- Utætheder
- Varmetab gennem tag, ydervægge, gulv, døre og vinduer, der skyldes utilstrækkelig isolering og kuldebroer

Varmetabet kan tilsvarende reduceres ved:

- Fornyelse af tekniske installationer og elektrisk udstyr og efterisolering af rør
- Tætning af sprækker og etablering af kontrolleret ventilation
- Efterisolering af klimaskærmen og forbedring af detaljerne omkring gamle døre og vinduer

Overordnet afhænger løsningerne dog af:

- Husets geometri – jo flere vinkler og påbygninger, jo større er overfladen i forhold til det opvarmede volumen – og jo større varmetab
- Husets alder og eksisterende konstruktioner
- Tidligere energiforbedringer, fx efterisolering, tætning, forbedring af vinduer og døre m.m.
- Husets opvarmningsform, fx el- eller fjernvarme, olie, gas, varmepumpe m.m.

Ikke alle tiltag kan nødvendigvis betale sig – det afhænger af det enkelte hus.

Økonomi

Hvis huset er dårligt eller slet ikke isoleret, vil det altid kunne betale sig at energiforbedre ved at reducere driftsforbruget, tætné eller evt. øge isoleringen. Sparer man ikke direkte penge, opnår man om ikke andet en betydelig bedre komfort og et bedre indeklima. Er huset bare middelgodt isoleret i forvejen, kan det ofte kun betale sig at forbedre isoleringsgraden i forbindelse med en mere gennemgribende istandsættelse: Så vil energiforbedringerne som regel kunne udføres mod en ret beskeden merudgift, som – med nød og næppe – vil kunne forrentes af den årlige besparelse på den samlede energiregning. Dette naturligvis under forudsætning af, at man ikke vælger at øge temperaturen indvendigt og derfor i sidste ende bruger samme mængde energi som tidligere. Flere undersøgelser har faktisk påvist, at de teoretiske energibesparelser i praksis ikke opnås, netop fordi de bliver »omsat« i øget komfort. Det gennemsnitlige energiforbrug i boliger er ikke faldet væsentligt de seneste år på trods af nybyggede lavenergihuse og mange energirenoveringer. Her spiller komfort og »hygge« en stor rolle.



Når man ændrer på energiteknologier – for eksempel ved at gå fra radiator til gulvvarme – ændrer man også beboernes vaner og deres opfattelse af, hvad der er komfort – uden nødvendigvis at sænke energiforbruget. Ofte omsætter vi nemlig de sparede skillingen til mere komfort og hygge, fordi det er vigtigt for os og giver livskvalitet. Hvis boligen er bedre isoleret, kan vi varme den bedre op og nyde godt af et varmt indeklima uden træk og fodbulde. Så behøver vi ikke tage den ekstra sweater og de tykke sokker på længere.

Line Valdorff Madsen, Ph.d., Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, www.videnskab.dk, 2017.

Hvad og hvordan kan man spare?

En mulig energibesparelse opnås ved:

- forbedring af teknisk udstyr og brugeradfærd
- tætning af bygningen
- efterisolering

Den allernemmeste måde at spare penge er ved at regulere temperaturen – for hver grad, temperaturen sænkes, vil man spare ca. 5% på varmeregningen. Vil man ikke det, vil en fornyelse eller supplering af de tekniske installationer ud fra en såvel økonomisk som en bevaringsmæssig betragtning være det bedste sted at begynde. Dernæst en eftergang og tætning af klimaskærmen – det er langt den nemmeste måde at reducere varmeregningen på og samtidig opnå bedre komfort, fordi gener som kulde og træk minimeres. Til sidst efterisolering. Her vil den overordnede rækkefølge, der kan betale sig, normalt være loftet, taget, ydervæggene og til sidst gulvet. Jo bedre huset er isoleret, jo mindre kan det dog betale sig at efterisolere.

Rådgivning

Det kan ikke understreges nok, hvor vigtig en uvildig rådgivning er for beskyttelsen af huset, både rent byggeteknisk og i bevaringssammenhæng – og dermed i sidste ende for husets fremtidige værdi. Det kan næsten aldrig svare sig at spare rådgiveren væk. Der er naturligvis masser af opgaver, som en dygtig og erfaren håndværker kan udføre uden indblanding fra en rådgiver (fx ekstra isolering på loftet eller udskiftning af en energislugende pumpe til en nyere model), men et par timers rådgivning vil næsten altid være givet godt ud, inden større indgreb iværksættes. Spørg altid en restaureringskyndig arkitekt eller ingeniør, inden der fx skal foretages efterisolering, tætning af huset, mekanisk ventilation, eller udskiftning eller større modernisering af varmesystemet.



Det er ofte summen af mange små tiltag, der tilsammen kan give besparelserne, uden at bevaringsværdierne antastes.



Hvis man ikke er opmærksom på det, kan et historisk hus nemt få dårlige proportioner. Fx hvis taget hæves for meget ved en efterisolering. Huset er ødelagt en gang for alle.



Alle bygninger, også de fredede og bevaringsværdige, skal som udgangspunkt overholde bygningsreglementets energikrav i forbindelse med en større ombygning eller istandsættelse, fx udskiftning af taget. For fredede og bevaringsværdige bygninger kan der søges om dispensation, hvis kravene af forskellige grunde ikke kan overholdes. Dette kan enten være fugttekniske forhold (fx er det i praksis næsten umuligt at lave en tæt dampspærre i et ældre hus, og en tæt dampspærre er en forudsætning for bygningsreglementets krav til isoleringstykkelser), eller fordi bygningens bevaringsværdier antastes, fx ved udvendig facadeisolering eller ved udskiftning af vinduer til moderne energivinduer. Der kan også søges om dispensation, hvis energikravene medfører udgifter, der ikke er rentable på længere sigt – altså hvis udgiften ikke kan forrentes af den fremtidige, lavere udgift til energiforbrug. Man kan henvende sig til historiskehuse.dk for at få hjælp til dispensationsprocessen.

Referencehuset

Den økonomiske effekt af flere forskellige tiltag er beregnet for et referencehus, og de nærmere forudsætninger for beregningerne er angivet i kapitlet om referencehuset sidst i bogen.

I praksis vil mange fredede eller bevaringsværdige huse være meget anderledes end referencehuset: Evt. besparelser, der teoretisk kan opnås i referencehuset, vil derfor ikke nødvendigvis gøre sig gældende andre steder. Ikke desto mindre giver de teoretiske besparelser i energiregnskaberne et fingerpeg om, hvilke tiltag, der kan være relevante for den enkelte ejer.



Referencehuset er et fritliggende enfamiliehus på landet. Huset er opført i 1930 og er 90 m² i grundplan med udnyttet tagetage. Der er fuld kælder under godt halvdelen af huset. Det samlede, opvarmede etageareal er 130 m², idet kælderen ikke er opvarmet. Huset er grundmuret med tegltag. Nogle af de besparelsesforslag, der anbefales i denne guide, er efterhånden blevet gennemført i huset, bl.a. hulfursisolering og montering af forsatsvinduer, men huset opvarmes stadig af et nyere oliefyr. Her er huset netop blevet hulfursisoleret.



2 · Tekniske installationer

Ud over til opvarmning bruges der energi til husets drift, dvs. til forskellige tekniske installationer, husholdningsmaskiner, belysning osv. Energiforbruget afhænger derfor i høj grad af måden, vi bruger vores hus på. Man kan installere natsænkningssystemer, så huset ikke varmes unødigt op, mens man ligger under dynen, og udskifte sine hvidevarer med nye energibesparende modeller. En øget opmærksomhed på, og ændring af, beboernes adfærdsmønstre vil også kunne medvirke til besparelser på energiforbruget.

Elforbrug

Huse anvendes forskelligt, og der kan ikke angives præcise retningslinjer for, hvor energien til drift og tekniske installationer bruges. Det er derfor i første omgang en god idé ugentligt eller månedligt at registrere sit energiforbrug i en længere periode for at finde de »energisyndere«, der kan gøres noget ved.

Den del af elforbruget i private boliger, der går til drift (cirkulationspumper, ventilationsanlæg m.m.) udgør i gennemsnit ca. 5-10% af det samlede forbrug. Belysning udgør ca. 15% af forbruget, mens resten fordeler sig nogenlunde ligeligt mellem husholdning (madlavning, tøjvask, osv.) og underholdningsapparater (tv, computere m.m.)¹. Fx udgør »standby«forbruget ca. 15% af en almindelig husstands samlede elforbrug². Man kan derfor spare en del ved at slukke på afbryderen.

FAKTA

Ra-værdien har betydning for, hvor god en lyskilde gengiver farver. Indekset angives i en skala fra 1-100, hvor fx 100 gengiver farverne korrekt og 80 mindre godt. En værdi på over 90 anbefales.

Modstående side:

En stor del af det samlede energiforbrug går til bygninger – ud over de byggetekniske løsninger til energiforbedringer kan en ændring af adfærdsmønstret, brugeradfærden, være med til at reducere forbruget i det enkelte hus.



LED-, A-pærer m.fl. er det energigivende alternativ til de nu udfasede glødepærer og halogenpærer. LED-pæren er den mest energieffektive med den længste levetid (helt op til 20 år) og findes også som spots. Vælg så høj Ra-værdi som muligt, helst over 90, for den bedste farvegengivelse.

Lysstyring

En god måde at reducere elforbruget på er at installere forskellige styringssystemer, så lyset kun er tændt, når der er brug for det. Der findes fx bevægelsessensorer, skumringsrelæer og kontakture.

Bevægelsessensorer er gode til sekundære rum som trapper, gange, entréer, bryggere, kældre og ikke mindst til den udvendige belysning. De fleste bevægelsessensorer kan indstilles til først at tænde, når det er mørkt. Det er muligt at opnå en besparelse på 20-40% på elregningen ved at installere automatisk lysstyring. Det afhænger naturligvis af husets størrelse, indretning og brug. Generelt er der flest penge at spare i en bygning af en vis størrelse.

Spar på elforbruget

Ca. 40% af elforbruget i danske hjem går typisk til hvidevarer og andre køkkenapparater (alene køleskab og fryser står for ca. 15% af forbruget), og yderligere 40% til computere og fjernsyn. Man kan spare på strømmen – og på elregningen – på mange måder: Fx ved at indstille køleskabet på 5 grader i stedet for 4 eller kun bruge fryserens indfrysingsknap ved indfrysning af større mængder (fryseren bruger her tre gange så meget energi som normalt). Man kan rense emhættens filter, slukke for apparaterne i stedet for at bruge deres standbyfunktion, bruge tørresnor i stedet for tørretumbler eller udskifte fryseren eller køleskabet med en ny og mere energivenlig model.

Tekniske installationer

Udgangspunktet for en reduktion af energiforbruget er en gennemgang og evt. fornyelse af husets tekniske installationer. Fornyelse eller supplering af de tekniske installationer griber kun sjældent ind i bevaringsværdierne og er derfor et godt sted at begynde.

Natsænkning

Ved at slukke for fyrets pumpe mellem fx kl. 23.00 og 06.00 er det muligt på en simpel måde at spare 10-20% på varmeregningen. Natsænkningen i huset kan med fordel inddeles i zoner, fx kan bad og

køkken være de første rum, der opvarmes om morgenen. Stuerne og resten af huset kan så opvarmes fra kl. 7.00 eller 8.00 og frem til kl. 23.00. Hvis man har gæsteværelser, kan disse inddeles i en 3. zone og blot stå med en minimumstemperatur på 15 grader, indtil gæsterne melder deres ankomst. Der findes mange forskellige systemer på markedet, også trådløse systemer, der ikke kræver helt så mange indgreb i huset.

Rør og ventiler

I ældre huse er varmerørene ofte af forskellig dimension, da varmesystemet er blevet til hen ad vejen. Dette kan give problemer med at få tilstrækkelig ensartet varme i alle radiatorer. Hvis man udskifter ventilerne ved tilgangen til radiatorerne med den samme type og dimension, vil det ofte være muligt at opnå en mere ensartet temperatur i radiatorerne, uanset afstanden til fyret.

En meget stor kilde til varmetab er transmissionstabt gennem dårligt eller slet ikke isolerede varmerør, såvel til radiatorvarme som til varmt brugsvand. Ofte er rørene trukket i kælderen eller i skunkrum, eller gennem sekundære rum, hvor man ikke får nogen glæde af den tabte varme. En let og billig måde at reducere varmeregningen på er at få sådanne rør isoleret. Er der tale om rør i skunkrum eller andre steder, hvor der er risiko for frost om vinteren, er det dog vigtigt at samisolere evt. koldt vandsledninger med et af de varme rør, så frostskafer undgås.

Pumper

Har man en ældre cirkulationspumpe, enten til varmesystemet eller til det varme brugsvand, er det en god idé at få den skiftet ud til en såkaldt A-pumpe, der bruger op til seks gange mindre strøm. En ældre cirkulationspumpe uden tidsstyring kan bruge lige så meget strøm som fire køleskabe, så en udskiftning er tjent meget hurtigt hjem.

Man bør yderligere overveje at sætte tidsstyring på pumperne (se også afsnittet om natsænkning ovenfor). Har man cirkulationspumpe på



Man kan med fordel sørge for, at alle radiatorventilerne i huset er af samme type og dimension, så der opnås en mere ensartet temperatur i radiatorerne, uanset afstanden til fyret.



Rørisolering med moderne rørkapper fungerer fint, men kan godt skæmme rummet. Et dyrere, men traditionelt alternativ er klassisk rørisolering, der omvikles med lærred, som så kan males, så rørene ikke syner af helt så meget.

det varme vand, bør den kun være tændt i de tidsrum, hvor man faktisk bruger varmt vand – varmetabet gennem rørene kan således undgås.

I ældre huse var havestuen oprindeligt ikke opvarmet. Det bør man ikke lave om på, da man risikerer at ændre på husets fugtbalance. Desuden fungerer en uisoleret havestue som varmeopsamler – eller bufferzone, hvor varmen fra havestuen kan udnyttes i rummet bagved.

Brugeradfærd

Endelig har brugeradfærd (måden en bygning anvendes på) meget stor indflydelse på energiforbruget. Mens man ved en kombination af forskellige tiltag kan optimere husets tekniske energiforbrug, er man i høj grad selv herre over energiregningens størrelse gennem den måde, man bruger huset på. Ved kun at lade lyset være tændt i de rum, man benytter, bruge tørresnor i stedet for tørretumbler, slukke elektrokøleudstyr i stedet for at lade det stå på standby osv., kan man opnå mærkbare besparelser – helt uden udgifter. Man kan måske også blive mere opmærksom på at bruge huset på forskellig måde alt efter årstiden.



For hver grad, man sænker temperaturen indvendigt, sparer man omkring 5% på opvarmningsudgifterne. Åbne planløsninger er derfor ikke ideelle, hvis man vil have en lavere temperatur i visse dele af huset.

I et stort hus kan man måske lade nogle af rummene eller stuerne stå med mindre varme på om vinteren og nøjes med at varme et par af stuerne op til 20 grader, mens man om sommeren frit kan bruge hele huset. Dermed vil ord som sommerstue eller havestue få deres oprindelige betydning tilbage. Desuden fungerer havestuen som varmeopsamler, især på solrige dage, hvor varmen fra havestuen med stor fordel kan udnyttes i rummet bagved.

Endvidere har noget så tilsyneladende irrelevant som møbleringen af huset meget at sige: Jo bedre man udnytter dagslyset, fx ved at sørge for at sætte sit skrivebord, hvor der er godt lysindfald, eller ved at indrette sit køkken, så arbejdsområderne har godt dagslys, jo mindre energi behøver man at bruge til belysning. I forbindelse med en større ombygning kan man nå langt ved på forhånd at have tænkt på at udnytte dagslyset bedst muligt.



Havestuen benyttes kun i sommerhalvåret, hvor man til gengæld ikke bruger dagligstuen eller »vinterstuen«. På den måde oplever man sit hus forskelligt afhængigt af årstiden.



Ved at placere skrivebordet ved vinduet udnyttes dagslyset, og man sparer på energi til belysning.

Tekniske installationer

anbefalinger:

- Tjek energiforbruget med jævne mellemrum og juster ellers på brugeradfærden.
- Sørg for, at alt lys og alle elektriske apparater er slukket, når de ikke længere er i brug.
- Udskift ældre cirkulationspumper med nye A-pumper.
- Overvej at udskifte hvidevarer og andet elektrisk udstyr til bedre, mere moderne og energimæssigt gode modeller.
- Installér lysstyring og sensorer i sekundære rum og udvendigt.
- Installér et natsænkningssystem og spar mellem 10 og 20% på varmeregningen.
- Udskift radiatorventiler til samme type, hvis rørene er af forskellig dimension, og udskift termostaterne, hvis de er tilstoppede eller slidte.
- Sørg for, at varmerør og rør til varmt vand er godt isolerede.



3 · Tætning og isolering

Nye energiforbedringer bør altid foregå i tråd med husenes arkitektur og bærende frednings- eller bevaringsværdier, dvs. på husets betingelser, så kulturarven bevares, og de nye tiltag ikke kommer til at dominere. Der er selvfølgelig forskel på hvilke tiltag, der kan forsvares rent arkitektonisk: Fx vil et fredet bindingsværkshus ikke kunne »tåle« så meget som et bevaringsværdigt parcelhus fra 1960'erne. Husets beliggenhed, orientering i forhold til verdenshjørnerne, klimaskærm, byggeteknik og installationer spiller tilsammen en stor rolle for dets energiforbrug og for de mulige besparelser.

Der er flere ting, som man skal overveje, når huset skal energiforbedres: Er det nødvendigt at efterisolere klimaskærmen for at spare på energiforbruget, eller kan der opnås et bedre indeklima blot ved tætning? Hvordan vil en efterisolering påvirke husets fugtbalance? Derfor er det vigtigt, at der blandt de mange muligheder for energiforbedringer findes netop de mest effektive og nænsomme løsninger, så det historiske hus kan forblive sundt og intakt på lang sigt.

Energiforbedringer kan som regel kun betale sig, hvis man alligevel skal i gang med en større ombygning eller udskiftning af de væsentlige bygningsdele. Det er også et krav i bygningsreglementet. Det betyder, at man skal efterisolere, hvis fx husets tag, facader eller vinduer skal udskiftes. Nye varmekilder skal også overholde en vis effektivitet. Kombineres udskiftning og ombygning med energiforbedringer, kan de fleste huses komfort og anvendelighed øges – også de historiske.

Modstående side:

For langt de fleste tiltag til reduktion af varmekonsumet gælder, at de samtidig øger beboernes komfort fx ved at mindske trækgener. Dette vil i mange tilfælde gøre, at zoner i huset, som man ikke rigtig har udnyttet før, pludselig vil kunne anvendes meget bedre – simpelthen fordi, der er rarere at være. Her er karnappen vindue blevet tætnet og har fået forsatsrammer, så nu kan man faktisk sidde på vinduesbænken og læse en bog.



Rådgivning og undersøgelser

Da de forskellige tiltag vil have forskellig effekt afhængig af, hvordan huset ser ud og er beliggende, vil det oftest kunne betale sig at købe nogle timers professionel og uvildig rådgivning om, hvilke tiltag der passer bedst til det enkelte hus. Med det store udvalg af produkter og løsninger på markedet vil en grundig analyse af husets muligheder og begrænsninger, set i lyset af de bærende bevaringsværdier, gøre det nemmere at vælge de bedste og mest fremtidssikre løsninger.

En termografering af husets klimaskærm er en af de undersøgelser, som det næsten altid giver god mening at få foretaget. Termograferingen vil afsløre, hvor huset er dårligst isoleret, men vil også vise de mange utætheder, der er i alle gamle huse.

Termografering er en foto-grafering med et varmefølsomt kamera. Termograferne viser tydeligt, hvor meget kulde og træk (de mørkeblå farver), der skyldes sprækker og utætheder langs bindingsværket og tagfoden. Det er ofte muligt at låne eller leje det termografiske udstyr, så i princippet kan man selv foretage undersøgelserne.

Bindingsværket er her blevet sat i stand, og utæthederne er blevet udbedret. Der er tætnet mellem tavl og tømmer og mellem vinduernes karm og tømmer.



GEOMETRI OG BYGGESKIK

Historiske huse er meget forskellige i geometri, materialesammensætning og byggeskik. Alle disse ting tilsammen har derfor stor indflydelse på, hvordan energiforbruget kan nedbringes. I dansk byggeskik er der, rent byggeteknisk, et skel omkring 1960. Bygninger fra før 1960 er stort set opført på traditionel vis i traditionelle materialer (murede ydervægge, tegltage m.m.), mens bygninger efter 1960 er opført med større brug af præfabrikerede elementer og nye konstruktionsmetoder (ydervægge af betonelementer, indervægge af letbeton, built-up-tage m.m.). Nyere huse er ofte også opført med en vis isolering fra begyndelsen.

De fleste historiske huse, der er opført før 1950, har fint udførte udvendige detaljer, der er et udtryk for datidens håndværkstraditioner, hvad enten de står i blank mur eller er overpudsede. De fleste huse har også fine detaljer indvendigt som stuk, paneler og indfatninger. Når huset skal energiforbedres, er det derfor vigtigt at passe på både helheden og detaljeringen. Man skal undgå at pille ved husets originale bygningsdele, der alle er med til at fortælle en historie.

Historiske huse er meget forskellige i form, beliggenhed og orientering. Dertil kommer byggeskik og materialesammensætning. Et muret byhus vil skulle energiforbedres med andre løsninger end et lille bindingsværkshus. Enhver energiforbedring, der tager det nødvendige hensyn til frednings- eller bevaringsværdierne, vil derfor være en individuel løsning tilpasset det enkelte hus.



På fredede og bevaringsværdige huse er udvendig efterisoler-
ing af ydervægge derfor ikke en mulighed. Så må man hellere
finde besparelserne et andet sted. Det kan i sidste ende være
nødvendigt at efterisolere en kold væg indvendigt. I det tilfælde
vil det være bedst (om end økonomisk dyrt) at genanvende så
mange af de originale bygningsdele som muligt (fx flytte det
gamle fodpanel med ud på den nye indervæg), så husets oprinde-
lige detaljering ikke udviskes.

ARKITEKTONISKE KENDETEGN

Bygningskultur Danmark har udgivet en række bevaringsgui-
des. Bøgerne gennemgår stilartens særlige arkitektur, kendetegn
og materialer og belyser overordnet, hvordan man kan bevare,
istandsætte og passe på sit historiske hus. I serien er foreløbig
udgivet bøger om Historicismens Huse, Bedre Byggeskik-huset,
Funkishuset og Parcelhuset.



KLASSICISME 1750-1850

Husets facade er det altafgørende. Arkitekturen er enkel med
rene former og en stram, klar opbygning baseret på symmetri, li-
gevægt og harmoniske proportioner. Generelt er det klassicistiske
hus en meget velproportioneret helhed med en enkel, sluttet form
med pudsede, taktfaste facader og fine, enkle dekorationer som
fx gesimsbånd, trekantsgavle og kvaderpuds. Længehuset er den
typiske form med forholdsvis store overflader og varmetab.



HISTORICISME 1850-1915

Husene har ofte ret store overflader (tag og facader) med mange fremspring som frontkviste, karnapper, tårne m.m. Derved får husene en geometri med stor overflade og dermed også et stort varmetab. Samtidig er vinduesarealet ret stort. Husene har et væld af facadedetaljer og fine interiører med stuk, paneler, inventar m.m., der er en vigtig del af husenes samlede bevaringsværdi.



NATIONALROMANTIK 1890-1910

Husene er sammensatte med mange bygningsdele og overflader. Der er mange fremspring og vinkler med tagkviste, tårne, karnapper og havestuer, og vinduesarealet er også stort. Tilsammen giver disse forhold en geometri med stor overflade og varmetab til følge. Der er ofte fint udførte facadedekorationer med synligt bindingsværk eller granitdetaljer, og indvendigt er husene også rigt udstyrede med mange detaljer.



BEDRE BYGGESKIK 1915-40

Den typiske muremestervilla er en ret kompakt hustype. Der er få, mindre bygningselementer som havestuer eller karnapper, og kvistene er som regel små. Den kompakte form, hvor husets overflader er ret små i forhold til dets volumen, giver husene et forholdsvis lille varmetab. De murede facader og detaljeringen er enkel, men i meget høj håndværksmæssig standard.



FUNKTIONALISME 1925-45

Den funktionalistiske villas typiske kubiske form er energimæssigt tæt på at være ideel, fordi husets overflader (tag og facader) i forhold til dets volumen er ret små. Derfor er varmetabet gennem disse overflader – relativt set – også forholdsvis lille. Varmetabet gennem de typisk store vinduespartier er dog ret stort. De fleste huse er faktisk isolerede fra begyndelsen, om end til en noget ringere standard end nutidens krav. Husenes detaljering er enkel, men elegant med nøje gennemtænkte løsninger.



EFTERKRIGSTIDENS HUSE 1945-60

1950'ernes murede villa har typisk en kompakt grundform og er opført i halvanden etage med kælder. Der er også forskellige typer statslånhuse, både længeformede med lav facadehøjde og i halvanden etage, med og uden tagudhæng, og ofte med forskudte påbygninger. Facaderne står fortrinsvist i blank mur og er nedtonede og nøgterne i detaljeringen, men fint bearbejdede og præget af solid byggeskik og godt håndværk. Villaens kompakte form giver et forholdsvis lille varmetab, mens de længeformede hustyper har større overflader og dermed større varmetab.



BINDINGSVÆRK

Bindingsværk er ikke en stilart, men en byggeskik med en særlig konstruktion. I Danmark findes bevarede bindingsværkshuse helt tilbage fra 1500-tallet, men de fleste er opført i 1700- og 1800-tallet, hvor det var den mest typiske byggeskik. På landet er husene længhuse, mens huse i byerne blev opført i to-tre etager. Husene har som regel et stort varmetab gennem de lange facader og gennem sprækker mellem tavler og tømmer.

Indeklimaet

Et godt indeklima er altid en forudsætning for almindelig trivsel både for beboerne, brugerne og ikke mindst huset selv. Enhver bygning skal ventileres – men ventilationen skal foregå kontrolleret, så fugten kommer helt ud af huset med det samme gennem egnede kanaler. Når man tætnet og isoleret et hus, er det vigtigt samtidig at efterse eller forny ventilationsanlæg, riste og ventiler samt sikre sig, at der ikke ophobes fugt noget sted i huset. En energiforbedring må aldrig ske på bekostning af et sundt indeklima.

Tætning

Mange tror – fejlagtigt – at utætheder i fx vægge eller vinduer er sundt for både huset og indeklimaet. Det er helt forkert. Intet kan flytte varme så hurtigt som luft, der bevæger sig: Når varm indeluft møder kold udeluft, opstår der kondens, dvs. fortætning af vanddamp. Dette vand vil ophobe sig i husets konstruktioner og dermed øge risikoen for skimmelvækst og i værste fald: Råd- eller svampeskader.

Tætning handler ganske enkelt om at få kontrol over husets luft, både på vej ind, men også på vej ud igen. Man skal altså kunne kontrollere ventilationen, således at man ikke ender med et dårligt indeklima.

Den letteste måde at forbedre husets varmeregning og komfort på er at tætte husets sprækker og derved holde gener som kulde og træk væk. En eftergang af »overfrakken« eller klimaskærmen for utætheder vil altid kunne betale sig på varmeregnskabet. I ældre huse vil man dog aldrig kunne opnå den samme tæthedsgrad, som man anvender i nybyggeri. Varmebesparelsen er naturligvis afhængig af, hvor godt eller dårligt udgangspunktet i det enkelte tilfælde er, men man kan som regel opnå betydelige besparelser på varmeforbruget.

Klimaskærm

I huse med træbeklædning på facaderne (fx bevaringsværdige sommerhuse) vil det være en god idé at opsætte en vindspærre (vindpap) i forbindelse med en eventuel udskiftning af facadens beklædningsbrædder.

I indeklimateæssig forstand er den letteste måde at forbedre en ydervæg på et bindingsværkshus at sørge for, at utætheder mellem bindingsværk og tavl udbedres. Dette alene kan reducere varmetabet omtrent lige så meget som en indvendig isolering.

Mange historiske huse har høje paneler (såkaldte brystningspaneler), der går op til underkanten af vinduerne, nogle gange endda helt til loftet (såkaldte pillepaneler, fordi de sidder foran pillerne mellem vinduerne). Hvis panelerne ellers er holdt vel vedlige, yder de ret stor tætning. Panelerne er slet og ret datidens isolering. Hvis panelerne har sprækker eller løse dele, skal disse tættes.

Vinduer og yderdøre

Det er nemmest at tætnes i forbindelse med en dør eller vinduesudskiftning, men også når man beholder sine gode gamle vinduer, kan det svare sig at tætnes. Det løbende vedligehold med simple reparationer er ofte det mest indlysende sted at starte ved en vinduesforbedring, der skal tilgodese et bedre indeklima. Vinduet skal i sig selv være i orden, dvs. at rammerne skal passe præcist i karmen, flækruder skal udskiftes, og kit og maling skal holdes ved lige. Nok så vigtig er også fugen mellem vinduet og ydermuren, som det kan svare sig at tætnes. Der skal stoppes med et isoleringsmateriale og fuges, således at varmen ikke forsvinder ud den vej. Læs mere om energiforbedring af vinduer på side 64.



Mange historiske huse har brystningspaneler, der går op til underkanten af vinduerne eller endda paneler helt op til loft. I det tilfælde giver efterisolering ingen mening, fordi panelerne i sig selv yder en ret stor tætning – faktisk er panelerne netop datidens isolering.

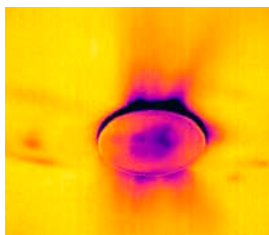


Når vinduer og døre skal tættes, er det vigtigt at efterfuge på den traditionelle måde med mørtel. Undgå kunststoffuger (til venstre), der hurtigt bliver stive og derfor ikke fungerer efter hensigten.



Indvendigt

Der er ofte sprækker mellem loft og ydervæg eller gulv og ydervæg, som med fordel kan tættes. Det er også en god idé at tætte omkring lampeudtag mod uopvarmede arealer samt eftergå skorstenens rørgennembrydning til brændeovnen.



Her kan man se effekten af et utætnet udtag ved en loftslampe.

Ventilation

Husets beboere »forurener« indeluften med fugt, udåndingsluft (CO_2) og partikler – de trækker vejret, laver mad, vasker tøj og foretager sig en masse andre dagligdags gøremål, der alle er medvirkende til, at fugt og urenheder er til stede i rummene. Endvidere afgiver møbler, tæpper, elektrisk udstyr, maling osv. forurenende dampe. Når huset har gennemgået en energiforbedring, er det afgørende for såvel et godt indeklima som for husets konstruktioner, at den forurenede, fugtige luft konstant skiftes ud med tør og sund udeluft. Dette sker ved udluftning og ventilation.

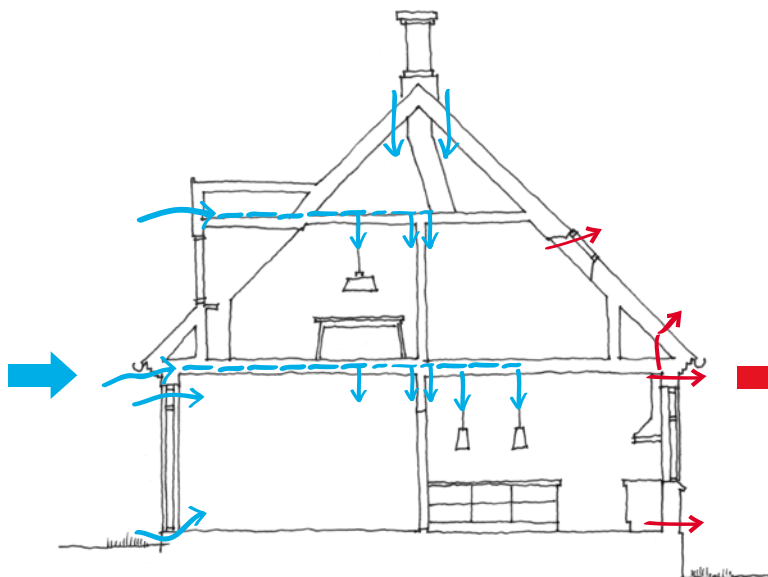
Ventilation kan principielt opdeles i tre underkategorier, hvor den første er billigst og enklest at installere, men har mindst effekt, og hvor den sidste er dyrest, men til gengæld har størst effekt på indeklimaet i huset generelt:

- Naturlig ventilation
- Mekanisk udsugning
- Mekanisk ventilation

FAKTA

FUGT

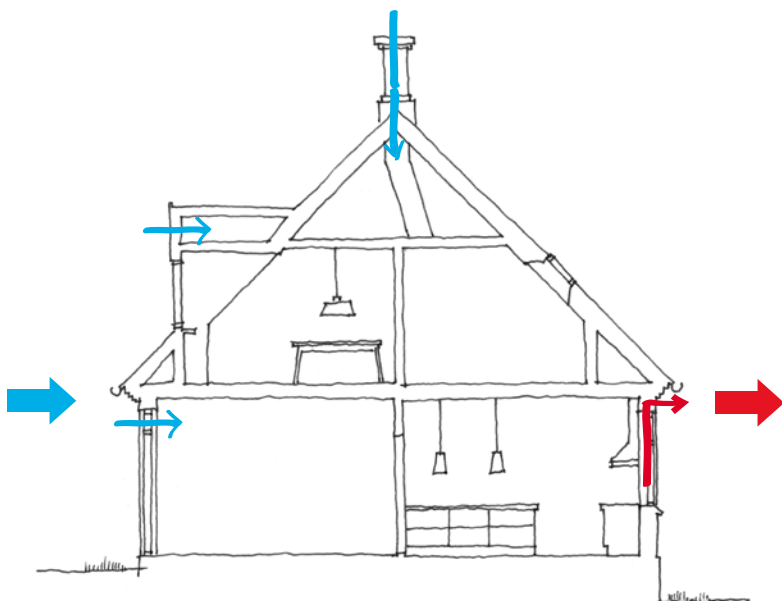
For at give en idé om fugtmængden skal nævnes, at en normal familie producerer ca. 2.000 liter vand om året – bare ved at trække vejret! Hertil kommer damp fra brusebad, madlavning, vaskemaskine osv., der alt sammen skal ud af huset uden at op-hobe sig i konstruktionerne.



Tætning:

En simplificeret illustration af et henholdsvis utæt og tæt hus:

I det **utætte** hus trænger ukontrolleret luft ind fra de mange typiske utætheder, og den store mængde brugte og fugtige luft presses ud i »læsidene« med risiko for ophobning af fugt i konstruktionerne.



I det **tætnede** hus foregår luftsiftet kontrolleret – den friske luft tilføres, hvor behovet er, og den brugte luft fjernes.

Bygningsreglementet stiller krav om et komplet luftskifte hver anden time i boliger. Dette kan lyde af meget, men er mange gange mindre end det (ukontrollerede) luftskifte, der typisk er i et ældre hus med mange utilsigtede utætheder. Et godt luftskifte sikrer desuden, at afgasning af skadelige stoffer, fx formaldehyd, eller partikler fjernes.

En velbalanceret ventilation medvirker til en forbedret fugtbalance i huset – og, hvis anlægget er udført korrekt, en mulighed for, at luften kan cirkulere hen over flader med kuldebroer og derved mindske risikoen for skimmelsvamp.

Naturlig ventilation

Naturlig ventilation er kontrolleret udluftning af huset, som typisk sker ved at åbne eller lukke vinduer og døre eller gennem ventilationsriste. Luftudledningen sker via lodrette aftrækskanaler, som ved hjælp af naturlig opdrift leder luften ud igen. Hvor tit man behøver at lufte ud, afhænger af flere forhold som adfærd, husstørrelse og personantal.

I mange tilfælde, især hvis man har efterisoleret sine ydervægge, kan det som minimum være nødvendigt at supplere med faste ventilationsriste og ventiler. Der findes forskellige typer af faste ventiler, men alle typer er ret lette at installere. En naturlig ventilation, som huset ofte er »født« med, kræver en aktiv indsats fra beboeren (udluftning) for at sikre det rette luftskifte i boligen.

Gennem ventilationsriste sikrer man en naturlig og tilsigtet udluftning af huset. Det har man vidst i mange år. Hvis man har efterisoleret sine ydervægge, kan det være nødvendigt at montere nye ventilationsriste.



Mekanisk udsugning

Er man ikke meget bevidst om at sikre den nødvendige, daglige udluftning af boligen, kan et mindre tiltag være at installere mekanisk udsugning, så fugt og partikeludvikling i huset fjernes så tæt på kilden som muligt. Man kan relativt let installere mekanisk udsugning i køkken og bad via eksisterende aftrækskanaler, som sikrer, at fugt og partikler fjernes via udsugningsventilatorer og emfang med indbygget motor. Man bør som minimum opsætte mekanisk udsugning i alle badeværelser, således at fugten kan passere direkte ud i det fri uden først at have været på rundtur i resten af huset. Der findes forskellige typer mekanisk udsugning: Det bedste er fugtstyret mekanisk udsugning, som tænder af sig selv, når luftfugtigheden når et vist niveau.

Det er vigtigt at tænde for emhætten, når der laves mad – selvfølgelig af hensyn til madosen, men især af hensyn til den vanddamp, der opstår i forbindelse med madlavningen. Desuden spreder stegepartikler sig med lynets hast i hele huset, hvis man ikke sikrer en god udluftning ved komfuret. Lugten af en god, stegt bøf kan få mundvandet til at løbe hos de fleste, men faktisk minder stegepartikler om dieselpartikler med tilsvarende sundhedsskadelige virkninger. Emhætten virker bedst, hvis den placeres op ad en fast væg. Moderne emhætter fås med stor effekt, laver kun lidt støj og har et forholdsvis lavt energiforbrug – så her er det værd at overveje en ny investering. Endelig kan et separat »gammeldags« køkkenrum også være medvirkende til et bedre indeklima, fordi partiklerne spredes mindre.

For at den mekaniske udsugning skal virke efter hensigten, skal der tilføres en tilsvarende mængde ny luft udefra fx via et tilstrækkeligt antal riste i facaden.

Mekanisk ventilation

Mekanisk ventilation giver en god og nutidig komfort, som både sikrer et godt indeklima og sparer på energien. Mekanisk ventilation er både luftindblæsning og luftudsugning, hvor luftudskiftningen sker gennem en varmeveksler, der sikrer, at udsugningsluftens energi overføres til indblæsningsluften i et ventilationsaggregat (ofte med mere



Efter energiforbedringer og tætning er det særdeles vigtigt at installere kontrolleret udsugning, der fjerner fugten med det samme. Badeværelse, bryggers og køkken er de mest fugtbelastede rum.



Der er installeret mekanisk udsugning i væggen (øverst) og mekanisk indblæsning i loftet (nederst). De synlige installationer kræver dog, at huset har et enkelt interiør, ellers vil risterne skæmme for meget.

end 85% varmegenvinding). I fredede huse og bevaringsværdige huse med fine interiører er det dog i praksis meget vanskeligt at integrere de nødvendige kanaler og – især – de nødvendige indblæsnings- og udsugningsriste.

Mekanisk ventilation sikrer, i modsætning til mekanisk udsugning, at den dårlige luft ikke kun kommer ud, men at den også erstattes af ny og frisk luft udefra, som filtreres for partikler, inden den føres ind i boligen. Et ventilationsaggregat behøver ikke være større end, at det let kan gemmes væk i et 60x60 cm køkkenskab med en lydisoleret låge eller i et skab i gangen, hvor ventilationskanaler kan skjules over loftet eller i skunkrum.

Indblæsningen gennem riste kan med fordel installeres i de rum, hvor beboerne opholder sig mest i løbet af døgnet, fx i stuen og soveværelset. Udsugningen bør ske i badeværelset og i køkkenet.

De driftsmæssige omkostninger ved at etablere et mekanisk ventilationsanlæg er nogenlunde neutrale for så vidt angår energiforbrug, da man bruger lidt mere el-energi til drift af indblæsnings- og udsugningsventilatorer, men man sparer samtidig på udgiften til opvarmning. Man skal dog påregne udgifter til et eller to filterskift pr. år. Til gengæld får man en væsentlig forbedret indeklimakomfort, ofte uden tidligere trækgener fra luftindtag og utætheder, samtidig med at indblæsningsluften sikrer en luftcirkulation, der reducerer risikoen for skimmelsvamp ved kuldebroer på ydervægge m.m.

Skimmelsvamp

Skimmelsvampe findes naturligt i luften og derfor også i boligens indeklima, men der er langt fra skimmelvækst, dvs. lokalt voksende skimmelsvampe, i alle huse.

Skimmelvækst er den bedste indikator på, at der er uacceptabelt meget fugt i huset. Utætheder i klimaskærmen, forkert udført isolering eller utætte vandrør fx fra en gammel vandskade kan alle give skimmelsvamp.

I ældre huse er der ofte mange kuldebroer, dvs. steder, hvor den indvendige overflade og den ydervendige overflade er i direkte forbin-

delse med hinanden uden at være brudt af luft eller isolering. Om vinteren er det koldere og dermed mere fugtigt, der hvor kuldebroen er. Derfor er der også større risiko for skimmelvækst her.

Hvis isoleringen er utilstrækkelig, kan fugten sætte sig på de kolde vægge som kondens i huset. Kondens pga. temperaturforskellen mellem ude og inde samt varme fra indeklimaet kan få svampesporer og andre partikler til at spredes til resten af boligen. Hvis for meget fugt får lov til at ophobe sig over længere tid, er der stor risiko for angreb af skimmelvækst og i grelle tilfælde af de for huset endnu farligere svampearter som tømmersvamp og ægte hussvamp. Skimmelsvampevækst er ikke farlig for husets konstruktioner, men er absolut ikke ønskeligt for et sundt og godt indeklima, da den kan give sundhedsmæssige gener.

Skimmelsvamps vækstbetingelser kræver fugtighed på over 75% i luft og på materialeoverflader. Den spreder sig kun, hvis den betingelse er opfyldt. Skimmelsvamp kan også skyldes den fugt, der kommer indefra, fx fra bad, madlavning, tørring af tøj m.m. Det er derfor vigtigt at holde huset tørt og den relative luftfugtighed under 75% – luftfugtigheden kan måles med en fugtmåler, der kan købes i ethvert byggemarked.

SKIMMELSVAMP

Skimmelsvamp findes overalt. Der er tale om meget små svampe, der vokser på jord og plantedele i naturen. Skimmelsvampe trives i et fugtigt miljø, former sig ved sporer og lever af organisk materiale. Svampeangrebene lugter ofte muggen.

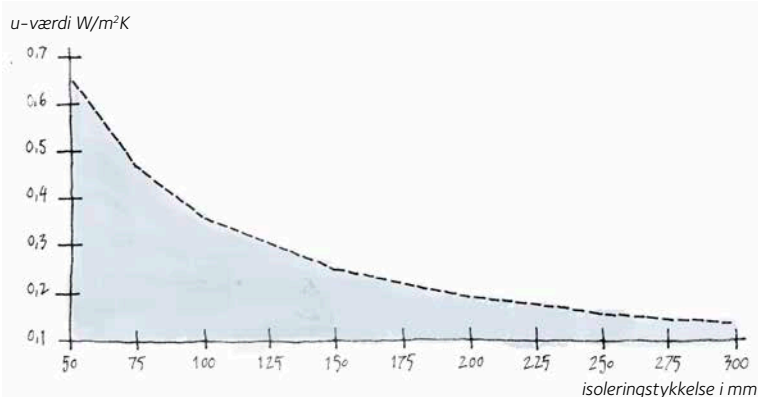


Energiforbedringer vil i mange tilfælde forbedre indeklimaet ved at mindske trækgener samtidig med, at risikoen for kondens på indvendige flader nedsættes og dermed også risikoen for skimmelvækst.

Indeklima anbefalinger:

- Sørg for at tætn sprækker og utætheder langs vinduer og døre samt lemme mod uisolerede arealer, fx skunklemme, og i overgangen mellem ydervæg og loft og ydervæg og gulv
- Ved ydervægge af bindingsværk er det vigtigt, at sprækkerne mellem tavl og tømmer er tætte. Brug traditionelle materialer som tjæret værk og kalkmørtel til at tætn med – aldrig cement, elastiske fuger eller lignende, da disse materialer vil medføre, at tømmeret indenfor en meget kort årrække ødelægges.
- Der tættes ved eludtag og omkring rør og andre gennem-brydninger samt ved skorstene.
- Sørg for, at emhættefilteret er renset og emhætten fungerer.
- Installér mekaniske udsugningsanlæg, der i størrelse og ydelse passer til husets vådrum – og sørg for, at de virker.
- Luk døren til badeværelset, mens der bades.
- Luft godt ud flere gange hver dag, især i baderum, køkken og soveværelser, og lav gennemtræk i 5-10 minutter ad gangen.
- Sørg for, at udluftningsventiler og riste i ydervæggene er åbne.

Isoleringseffekt



På grafen ses tydeligt, at det er de første 50-100 mm af isoleringen, der er mest effektive. Den overordnede isoleringseffekt stiger ikke i samme grad som isoleringstykkelsen.

Efterisolering af klimaskærmen

Den overordnede rækkefølge af de efterisoleringer, der vil kunne betale sig, vil normalt være loftet, taget, ydervæggene og til sidst gulvet. Enhver isolering medfører øget risiko for fugtskader pga. kondens. Der skal være tilstrækkelig ventilation på den kolde side af isoleringen, og tilgangen af varm, fugtig indeluft skal begrænses mest muligt.

Forbedringen i isoleringsevnen aftager, jo mere isolering man op lægger. Det er i praksis derfor meningsløst at udlægge for meget isolering. Gevinsten ved fx at gå fra 200 til 300 mm er ikke nær så stor som gevinsten ved at gå fra 100 til 200 mm.

I fredede eller bevaringsværdige huse er det næsten aldrig fysisk muligt at etablere en dampspærre, der er tilstrækkelig tæt, hverken i taget eller på ydervæggene. Mængden af isolering må derfor ikke være større, end at den skadelige kondens kan fordampe, dvs. gennem ventilation omkring isoleringen. Ellers vil der være stor risiko for skimmelangreb, råd- eller svampeskader. Bygningsreglementet skriver, at arbejder, der ikke kan gennemføres fugtteknisk forsvarligt, ikke kræves gennemført. Kommunen kan dog kræve dokumentation.

En dampspærre er som regel en plastfolie, der sættes op på den »varme« side af isoleringen for at undgå, at den fugtige indeluft trænger ind i isoleringen og derefter kondenserer (fortætter), når den køles

af og sætter sig i konstruktionerne. En pudset overflade fungerer også i et vist omfang som en dampbremse, idet en del af fugten bindes i pudsen, inden den når igennem til forskallingen.

Tag og lofter

Efterisolering af loftet er normalt relativt let og billigt og har meget stor effekt på varmekonsumet. Gennem et uisolaret tag forsvinder den mest betydelige del af en bygningens varme, i nogle tilfælde helt op til 35-40%. Udstrålingen ud til universet er den største årsag til varmetab. Man kan blot tænke på forskellen på en overskyet og en stjerneklar vinternat: Skyerne isolerer, derfor er det typisk langt koldere, når det er stjerneklart.

Af hensyn til ventilationen er det vigtigt, at isoleringen lægges så tæt på det opvarmede volumen som muligt. I praksis betyder det, at det er en dårlig idé eksempelvis at lade rummene i tagetagen gå op i kippen, selvom det kan være fristende med sådanne høje rum. For husets langsigtede tilstand er det bedst, at spidsloftet (loftet over hanebåndene) er koldt og ventileret, så der kan komme luft til tagets spær. Tilsvarende er det bedst, at skunkrummet, den lille »trekant« ude ved

Hvis tagbeklædningen skal udskiftes, er det som her arkitektonisk smukkere at efterisolere mellem spærrene snarere end ovenpå dem, så taget ikke forhøjes.



tagfoden, holdes på den kolde side af isoleringen. I den forbindelse skal man selvfølgelig huske at isolere de vand og varmerør, der tit er placeret i skunkrummet.

Har huset udnyttet tagetage, eller går loftet til kip, giver efterisolering af taget kun økonomisk mening i forbindelse med en udskiftning af taget eller en større indvendig ombygning.

Udnyttede tagetager

Hvis tagetagen ikke er udnyttet, er det en let og billig sag at begrænse varmetabet meget betydeligt, simpelthen ved at udlægge isolering på loftet. Som det gælder for al isolering, holder den imidlertid ikke bare på varmen, men også på fugten.

Er der fx allerede isoleret med 10 cm mineraluld, er det måske nok muligt at udlægge yderligere 10 cm under forudsætning af, at der allerede ligger en tæt dampspærre under det første lag isolering. Derimod vil det i praksis være umuligt at sikre tilstrækkelig ventilation, især ved tagfoden, hvis der fx lægges yderligere 20 eller 30 cm isolering ud på loftet. Risikoen for meget dyre følgeskader pga. fugtophobning i konstruktionerne overstiger langt den lille besparelse i varmeregningen, de ekstra tykke lag isolering giver.



I ældre huse kan det nærmest være umuligt at få dampspærren helt tæt. Det kan kun lykkes, hvis man starter helt forfra, fx som her i en tagetage. Når man isolerer tagetagen i forbindelse med en større ombygning, er det uhyre vigtigt, at tagets konstruktioner som bjælker og spær er ordentligt ventilerede. For stor isoleringstykkelse kan medføre ophobning af fugt i konstruktionerne med dyre følgeskader som svamp og råd.

Udnyttede tagetager

Er tagetagen allerede udnyttet, er efterisolering noget mere vanskeligt at foretage. Her må det anbefales at søge rådgivning til, hvordan efterisoleringen kan foretages bedst muligt.

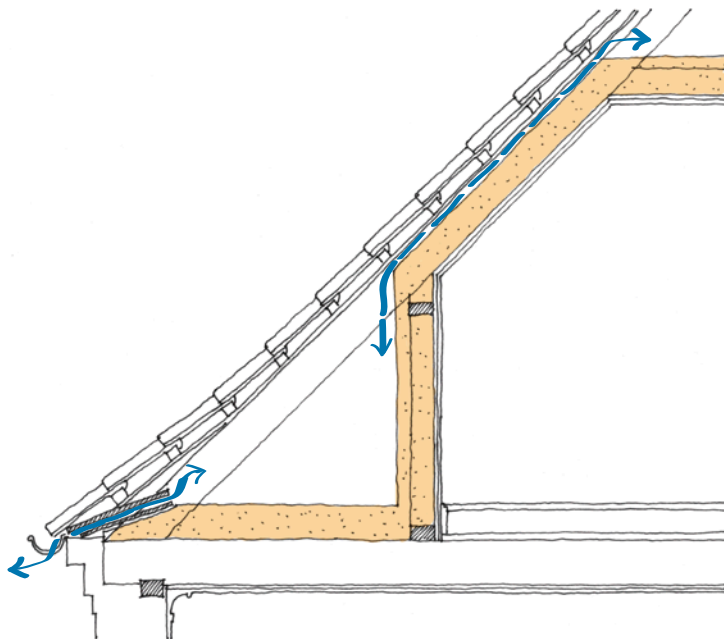
Det sværeste sted at isolere taget er ud for skråvæggene og ved tagfoden. Her skal man være ekstra påpasselig med at sikre ventilation mellem isoleringen og taget.

Derfor er det i praksis umuligt at lægge isolering her uden at rive skråvæggen ned først, så det mest oplagte vil være at efterisolere tagetagen i forbindelse med, at tagbeklædningen alligevel skal udskiftes. Så kan man i forbindelse med oplægningen af isoleringen let sikre tilstrækkelig afstand mellem isoleringen og tagets underside.

Hvis tagetagens indretning er af ældre dato, er det sandsynligt, at lofter, skråvægge og skunkvægge er pudsede. Pudsens fungerer i det

Når taget skal isoleres, er det vigtigt at isoleringen lægges så tæt som muligt på det område, der skal varmes op – og det er afgørende, at der er tilstrækkelig ventilation på ydersiden af isoleringen. Her er der ventilation i skunkrummet og på hanebåndsloftet. For husets velbefindende er det derfor en meget dårlig idé at lade værelserne i tagetagen gå til helt til kip.





Det sværeste sted at isolere taget er ud for skråvæggene og ved tagfoden. Her skal man være ekstra påpasselig med at sikre ventilation mellem isoleringen og taget. Man skal være opmærksom på, at for meget ventilation også kan være skadelig og skabe kondens. Det er ikke så nemt.

tilfælde som »dampbremse«. Slots- og Kulturstyrelsen har i et notat om isolering af Fredensborg Slot fundet frem til, at op til 150 mm isolering kan gå an uden opsætning af dampspærre, under forudsætning af, at der er puds på rørvæv på den opvarmede side.

Kviste

Kvistflunker (de små trekanter på siden af kvisten) betyder meget lidt for husets samlede energiregnskab. Ansku et selvstændigt er det rigtigt, at en uisoleret, tynd kvistflunke er problematisk. Men da kvistflunkens areal i forhold til den samlede tagflade er ganske småt, har den kun ganske lille betydning for det samlede varmetab.

Når man skal forny eller efterisolere kvistene, skal kvistens proportioner og vinduesformater passe til husets arkitektur. Kvistene til venstre er udført med respekt for huset, mens den til højre er alt for stor og klodset i forhold til husets og tagfladens størrelse.



Der findes desværre alt for mange kviste, der er blevet fornyet og isoleret »energirigtigt«. Resultatet er dårligt proportionerede og klodse kviste, der slet ikke passer til huset. I forbindelse med en omlægning af taget vil det typisk være muligt at udlægge op til 10 cm isolering ovenpå kvistens loft uden at ændre på dens form udvendigt. Det vil også være en god idé at etablere en kuldebroisolering af kvistflunkerne, når de alligevel skal beklædes om. Til kuldebroisolering vil fx 2 cm isoleringsmateriale være rigeligt til at undgå den kondensdannelse på flunkens inderside, der er det største problem ved uisolerede kvistflunker. Man kan med fordel anvende særligt effektive isoleringsmaterialer, der er lidt dyrere end de almindelige. Da der kun skal anvendes en meget lille mængde, vil merudgiften være begrænset, men fordelene betydelige.

Etagedæk

I et hus med flere etager, fx et byhus, har den kuldebro, der opstår i overgangen mellem etagebjælker og facade ofte en vis betydning for varmetabet. En måde at undgå dette på er at efterisolere de første par meter under gulvet på et etagedæk. Dette kan evt. ske ved indblæsning af granulat. Da efterisolering af etagedæk kan give fugtproblemer ved bjælkeender, må det her anbefales at søge rådgivning.

Tag og lofter

anbefalinger:

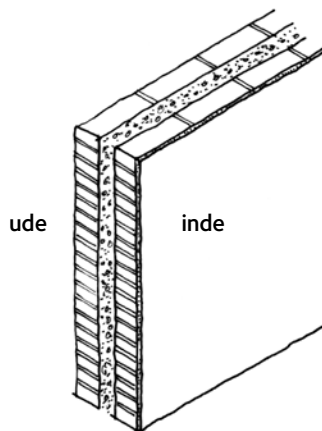
- Sørg for at vedligeholde taget, så det er tæt og sørg for, at fygesne holdes ude.
- Sørg for, at hanebåndsloft og skunkrum altid er ventilerede.
- Hvis tagetagen i forvejen er isoleret med ca. 15-20 cm isolering, kan det af hensyn til husets konstruktioner normalt ikke anbefales at udlægge yderligere isolering, da det vil kræve en fuldstændig tæt dampspærre, som reelt ikke kan etableres i gamle huse.
- Skal taget omlægges eller udskiftes, kan man overveje at øge isoleringstykkelsen i de skråvægge, der ellers er utilgængelige.
- Hvis tagbeklædningen skal udskiftes, er det arkitektonisk bedst at efterisolere mellem spærene snarere end ovenpå dem, så taget ikke hæves og husets profil derved ændres.

Ydervægge

Varmetabet gennem uisolerede ydervægge ligger ofte på omkring 30% af det totale varmetab og er dermed ganske stort. Dette afhænger selvfølgelig af, om der er mange eller store vinduer, som gør det relative areal af ydervæggen mindre.

Efterisolering af ydervægge er altid problematisk, fordi fugtvandringen gennem væggen vil ændre sig. Fx reagerer pudset murværk anderledes på efterisolering end blankt murværk. Søg derfor altid rådgivning på forhånd, så der bliver taget højde for de specifikke byggetekniske forhold på stedet, og risikoen for ødelæggende følgeskader undgås.

Principper for efterisolering af ydervægge:

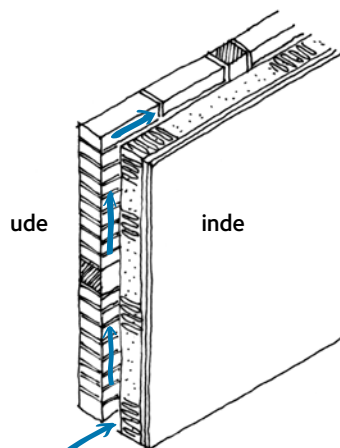


til venstre:

Hulmursisolering kræver, at huset ikke er malet med en for tæt maling udvendigt, da fugten ellers vil ophobe sig i muren og stige opad, til den når bjælkelaget og kan give rådskader. I praksis skal hulrummet være mindst ca. 8 cm bredt, for at isoleringen kan fordeles jævnt.

til højre:

Efterisolering indvendigt er en meget dyr løsning, som dog kan være det eneste alternativ fx ved bindingsværkswægge. Det er afgørende, at der er tilstrækkeligt ventileret mellem den nye, isolerende væg og den gamle ydervæg, og at denne er holdt ved lige, så den holder regnen ude. Husk, at væggen skal afrenses for gammel maling m.m.





Ved hulmursisolering af pudsede og malede facader vil ydermurens fugtbalance ændres, hvilket kan føre til fugtophobning på facaden, og maling og puds kan blive skubbet af.



Før:

Til venstre ses, hvordan man i dansk byggetradition typisk har trukket vinduer og døre ca. 4-5 cm tilbage fra ydervæggens facadeplan. Dette er lige nok til at skabe en skyggevirkning.

Efter:

Hvis vinduerne ikke flyttes med ud i facaden efter en udvendig isolering, som det ses til højre, kan facaden komme til at se helt sydlandsk ud – og den gratis solvarme gennem glasset bliver mindre. Desuden er dekorationerne nærmest »druknede«.

Hulmursisolering

Murede huse, der er bygget ca. 1900-50, er typisk opført med en uisoleret hulmur (dvs. at der er en afstand, typisk 8-12 cm, mellem den indvendige og den udvendige del af muren). En hulmursisolering kan være en mulighed, men der er en række forhold, der skal tages i betragtning: Ydervæggens mursten eller puds kan begynde at forvitre og frostsprænge, fordi murstenene er for svage – eller fordi huset er pudset og malet med en for tæt malingstype.

Er ydervæggen bygget som hulmur, og står huset i blank mur, er hulmursisolering langt den billigste og mest enkle måde at efterisolere på. Hulmursisolering vil i sig selv kunne reducere en bygnings samlede varmetab med op til 20-25%. I hulrummet mellem murens indvendige og udvendige del indblæses isoleringsgranulat. Indblæsningen foregår ved midlertidigt at udtage enkelte mursten i ydermuren.

FAKTA

PAM-VÆRDI

for malinger angiver, hvor diffusionsåben en maling er. Skalaen går fra 0 til 100, hvor 0 er helt åben, mens 100 er vandtæt. Jo højere PAM-værdi, jo mindre diffusionsåben er malingen. De fleste malingstyper ligger mellem 1 og 15. Kalk har PAM-værdi på 2 og er altså ret lav. Kalk er vandtæt i den forstand, at regnvand ikke trænger gennem den, men samtidig så diffusionsåben, at overfladen kan »ånde« og fugten slippe ud. Plast- og akrylplastmaling fx vægmaling har typisk en PAM-værdi på 5-7, mens en alkydoliemaling har en noget højere PAM-værdi på 30. Modstandsdygtigheden mod vanddamp er vigtig. Trænger der fugt ind i fx trævinduer eller træfacaden, kan det føre til råd og svamp. Det kan derfor være en fordel at bruge de mere tætte malinger på vinduers inderside, mens ydersiden kan males med en mere diffusionsåben maling som fx linoliemaling.

Hvis huset er pudset eller malet, skal man dog forinden søge ekspertbistand. Hulfursisolering kan medføre dyre fugtskader på huset, hvis den udvendige maling eller puds er for tæt. Her er det meget vigtigt, at malingen er diffusionsåben, dvs. at fugt indefra kan trænge ud gennem malingen. Når der hulfursisoleres, har ydervæggen tendens til at holde mere på fugten. Fugten skal derfor kunne trænge uhindret ud gennem væggen, da den ellers vil søge opad og medføre bekostelige rådskader i bjælkerne over muren.

Udvendig isolering

Udvendig isolering er rent isoleringsteknisk den bedste løsning, men må dog betragtes som udelukket på fredede og bevaringsværdige huse. De historiske huses facadeudtryk er af afgørende betydning. Udvendig isolering vil ændre facadens materialesammensætning, da man vil skulle anvende andre materialer end de oprindelige til en ny udvendig facade. Desuden vil de eksisterende vinduer komme til at sidde placeret i dybe nicher, hvilket generelt er aldeles fremmed for dansk arkitektur. Hele husets hovedform vil blive ændret, og detaljer som fx gesimsers vil »drukne« i den nye facadebeklædning.



Hvis vinduerne sidder tæt sammen på facaden, kan det ikke betale sig at efterisolere murpillerne, da deres areal i forhold til vinduerne er ret begrænset.



I PH's eget hus i Gentofte, der er opført i en tidlig form for gasbetonblokke, har Realdania By & Byg eksperimenteret med opsætning af tynde, højisolierende Aerogel-måtter af silikatgel (kendt fra rumteknologien). Pladerne fylder kun ca. 10 mm. Efter opsætning med lim er de overpudset med mørtel på et armeringsnet af glasfiber. Materialets langtids-holdbarhed kendes dog ikke endnu.

Indvendig isolering

Indvendig efterisolering kræver megen omtanke og er måske i nogle tilfælde for risikofyldt i forhold til de mulige besparelser.

Indvendig isolering giver ofte en række problemer: Der opstår nemt fugtproblemer i konstruktionen, fx ved indmurede bjælkeender, pga. de ændrede fugtforhold, og det er meget svært at udføre isoleringen helt tæt og uden kuldebroer. Fugt i konstruktioner kan medføre risiko for skimmelvækst og i værste fald råd- og svampeskader. Indvendig isolering af murede ydervægge er normalt ikke rentabelt, da reduktionen i varmetab og dermed energiforbrug ikke står i fornuftigt forhold til investeringen.

Der er også mange følgearbejder forbundet med indvendig isolering. Fredede eller bevaringsværdige huse har ofte paneler, vindueslysninger eller loftstuk, som skal flyttes med ind som følge af isoleringens tykkelse. De tekniske installationer som radiatorer, varmerør og elinstallationer skal også flyttes. Endelig forsvinder en del af husets gulvareal. Huset bliver simpelthen mindre indvendigt (til gengæld kan rummenes ydervægge udnyttes bedre uden træk- eller fugtgener). Indvendig isolering af bindingsværkswægge kan dog give god mening som det eneste realistiske alternativ – se afsnit nedenfor.

En afprøvet metode er at opbygge en let forsatsvæg med en ventileret luftspalte (mindst 2-3 cm) mellem ydervæggen og isoleringsmaterialet. Luftspalten er med til at »trække« fugten ud af væggen og isoleringsmaterialet, der ikke må kunne holde på fugten.

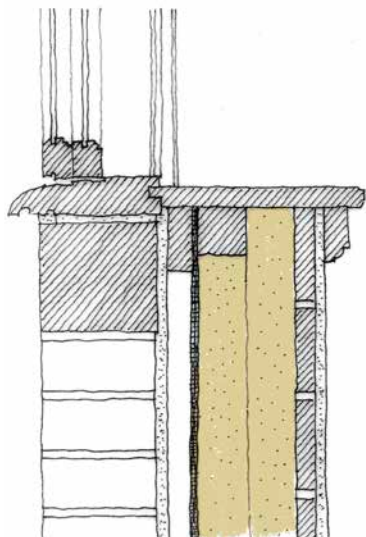
Som beklædning opsættes materialer, der i sig selv virker fugtbremsende, helst brædder, rørvæv og puds, der har en god fugtdynamik med positiv indvirkning på indeklimaet. Ovenikøbet kan pudsen udføres helt tæt op mod lofter, loftsbjælker og rundt om vinduer. Pudslaget males fx med silikatmaling el.lign. Alternativt kan man opsætte fyrrebrædder med fer og not.

En anden metode er at opsætte indvendige indeklimaplader (5-10 cm) i 2-3 cm lerpuds direkte på ydervæggen. Pladerne pudses indvendigt med ler- eller kalkpuds, og overfladen males fx med lim- eller silikatmaling. Der anvendes ikke plastdampspærre i disse to løsninger.

Et sted, hvor det i nogle tilfælde kan give mening at isolere indvendigt i murede huse, er under vinduerne. I mange ældre huse er ydervæggen tyndere under vinduerne. Her vil man med fordel kunne opsætte isolering, specielt fordi der tit sidder en radiator under vinduet. Isolering bag radiatoren vil medføre, at en del af den varme, der ellers vil forsvinde ud gennem den tynde ydervæg, kommer ind i rummet. For at undgå råds-kader er det vigtigt, at isoleringsmaterialet er uorganisk, dvs. at der ikke opsættes lægter af træ til at holde på fx mineraluld. Brug hellere letbetonplader eller lignende. Radiatoren må så ikke sættes fast med vægbæringer, for så skabes der måske en ny mindre kuldebro.

Efterisolering af bindingsværksvægge:

I bindingsværkshuse sidder vinduerne som regel meget tæt. Det giver derfor normalt ikke mening at isolere væggen mellem vinduerne. Hvis der ikke i forvejen er brystningspaneler, kan man vælge at opsætte nye paneler med isolering og en luftspalte bag isoleringen. Panelerne kan enten udføres bræddebeklædt som de traditionelle panelvægge eller med en kalkpudset overflade.



Eksempel på indvendig isolering af bindingsværksvægge: Der opsættes ikke dampspærre, hvorimod der etableres et ca. 30 mm ventileret hulrum på den kolde side af isoleringen. Luftspalten skal være tilstrækkelig bred, så der ikke dannes kondens på ydervæggen. Kun under vinduerne opsættes 2x50 mm isolering, fastholdt med en vindtæt plade. Derefter brædder, rørvæv og kalkpuds. Isoleringsmaterialet skal kunne transportere fugten ud til luftsprækken og kan fx være papiruld, hør, hamp eller cellulose.

Bræddebeklædte brystningspaneler med isolering bag er opsat i et bindingsværkshus. Gulvet er efterisoleret, og det gamle bræddegulv er taget op – og gulvet lagt igen. Alternativt kan man lægge et nyt bræddegulv magen til det gamle.

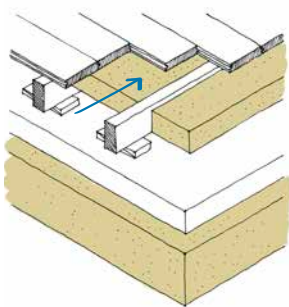


Ydervægge anbefalinger:

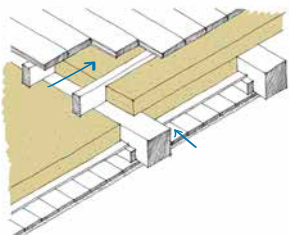
- Murede ydervægge med hulrum kan hulmursisoleres. Hvis huset er malet med plastmaling el.lign. udvendigt, skal malingen afrenses først.
- Ved indvendig efterisolering skal man på forhånd have dan-
net sig et overblik over følgearbejder som fx nye rørføringer,
flytning af stikkontakter, stuk, fodpaneler m.m.
- På murede ydervægge kan det være fordelagtigt at efteriso-
lere indvendigt i nicher under vinduerne.
- Bindingsværkswægge kan evt. efterisoleres indvendigt fra
vinduets underkant og ned (brystningen).
- Massive ydervægge uden hulrum kan evt. efterisoleres med
tynde »pudsbærende« plader.

Gulve og kældre

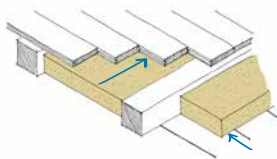
Varmetabet gennem terrændækket udgør typisk ca. 15% af en bygningens totale varmetab. Den væsentligste gevinst vil derfor være, at trækgener (fodkulde) minimeres med en større komfort til følge. Efterisolering af terrændæk og fundamenter giver i praksis kun mening i forbindelse med en gennemgribende istandsættelse af hele huset, da følgearbejderne (optagning af gulv, udstøbning af terrændæk, evt. nedtagning og genopsætning af paneler osv.) er meget store.



Isolering mod terræn foretages bedst med et støbt terrændæk. Der støbes et betondæk med isolering under, og ovenpå betondækket placeres fugtspærre, strøer og mineraluld. Husk ventilation mellem isolering og gulvbelægning.



Ved isolering af træbjælkelag mod kælder isoleres mellem bjælkerne. Er der strøer ovenpå bjælkerne, udlægges fugtspærre mellem bjælker og strøer, og der udlægges evt. isolering mellem strøerne. Det er vigtigt, at der er ventilation både over og under isoleringen.



Ved isolering af træbjælkelag mod krybekælder isoleres der mellem bjælkerne.

Efterisolering under gulve

Skal der isoleres under gulvet, er den bedste løsning et støbt terrændæk, der består af et ca. 10 cm tykt lag beton, der udstøbes ovenpå et lag trykfast isolering, som igen lægges på fx et lag letklinker (et såkaldt kapillarbrydende lag), der har til formål at bryde fugtopsugningen fra den underliggende jord. Hvis fundamentet er tilstrækkeligt dybt og stabilt (det vil det typisk være på murede huse), isoleres ligeledes med trykfast isolering langs indersiden af fundamentet for at bryde den kuldebro, der opstår gennem fundamenterne (det, der kaldes »linjetab« i bygningsreglementet). Selve gulvet bygges herefter op ovenpå betonen. Under alle omstændigheder bør man få afklaret, hvor dybt fundamentet er, før man går i gang. Ellers skal der understøbes, hvilket er en dyr og langsommelig løsning.

Består fundamentet blot af en række syldsten (det mest almindelige ved bindingsværkshuse, særligt på landet), kan det som regel også lade sig gøre at støbe et terrændæk. Det bliver dog ikke isoleringsmæssigt helt så godt, fordi man for at sikre syldens stabilitet er nødt til at efterlade en skrå banket inde i huset, så sylden ikke pludselig skrider. Isoleringen mod fundamentet (linjetabet) kan i praksis ikke opnås. Ikke desto mindre vil fodkulden forsvinde over det meste af gulvet.



Ved gulvbelægninger af tegl eller klinker gælder det samme som ved bræddegulve. Her er der lagt et nyt teglstensgulv magen til det oprindelige. Der er gulvvarme i det nye gulv, men der er også opsat radiatorer, så man hurtigt kan få varme i rummet. Gulvvarme har en ret lang reaktionstid, når rumtemperaturen skal hæves eller sænkes.



Pga. fugtindtrængning udefra kan filten og plastmalingen ikke længere holde på pudsen. Her er der ikke andet at gøre end at banke pudsen af, filtse og kalke, ellers vil fugten før eller siden trænge op i husets bærende konstruktioner. Beklæd derfor aldrig kælderens ydervæg indvendigt med tætte materialer.

Krybekældre

Mange huse især fra slutningen af 1800-tallet og frem er opført med krybekælder. Krybekælderen er et hulrum mellem husets dæk og terrænet (typisk mellem 60 og 100 cm). Ventilerede krybekældre har som regel været uproblematisk, så længe isoleringstykkelsen under dæk var beskeden og ventilationen tilstrækkelig. Formålet med krybekælderen er at beskytte huset mod fugt og kulde fra jorden. Ved krybekældre er temperaturforskellen mellem ude og inde ret stor, og problemet er ofte, at det trækker, og gulvet føles fodkoldt.

Den bedste, men også dyreste metode til at efterisolere en krybekælder, er at erstatte den med et støbt terrændæk som beskrevet ovenfor. Alternativt kan man isolere bjælkelaget over krybekælderen.

Hvis man vil isolere bjælkelaget, må isoleringen ikke være tykkere, end at der er luft mellem isoleringens overside og gulvbræddernes underside. Isoleringen fastholdes med rustfri ståltråd, der fastgøres til bjælkernes underside. Forinden rottesikres med et klaplag (et ca. 6–8 cm tykt betonlag) direkte på jorden. Der skal være fuld ventilering under isoleringen, typisk gennem riste i fundamentet.

Etagedæk over uopvarmede kældre

Over en uopvarmet kælder kan etagedækket isoleres på samme måde som ved krybekældre. Hvis kælderens loft fx er pudset, kan dækket også isoleres ved indblæsning af granulat på samme måde som ved hulmursisolering.

Man skal dog være opmærksom på, at kælderen herefter vil blive koldere. Det giver større risiko for ophobning af fugt i kælderen, da der nu ikke længere vil være tilstrækkelig varme til at »trykke« fugten ud af konstruktionerne. Dette kan give alvorlige følgeskader som råd eller svamp i bjælkelaget. Man skal derfor sikre sig, at kælderen er tilstrækkeligt ventileret. Alt andet lige vil der fremadrettet skulle bruges flere penge til vedligeholdelse og opvarmning af kælderen, så gevinsten er primært på komforten i form af mindre træk ved gulvet i stueetagen.

Kælderydervægge

I praksis vil det for huset ofte være sundere at se bort fra det energitab, der foregår gennem kælderydervæggene. Kældre er i sagens natur altid problematiske, simpelthen fordi de ligger helt eller delvist under terræn i direkte kontakt med jorden og dermed også fugten. Det vand, der er i jorden, vil altid forsøge at trænge ind i kælderen gennem gulvet eller væggene. Det har man før i tiden været helt klar over. Derfor blev kælderen som regel anvendt til viktualierum, fyrrum, opbevaring af koks, vaskerum og andre grovere funktioner, og kælderen var godt udluftet med riste direkte til det fri. Nu til dags vil mange gerne bruge noget af kælderen til opholdsrum og så at sige gøre den »finere« end det, den er bygget til. Det må frarådes – faktisk er beboelsesrum i kældre ikke tilladt iflg. Bygningsreglementet.

Der opsættes ofte isolering og gipspladebeklædning på kælde-rens vægge for at gøre dem glatte og for at undgå den fugt, der trænger ind udefra gennem ydervæggen. Fugten forsvinder desværre bare ikke, men bremses af den nye pladevæg og trænger derfor både opad i husets etageadskillelse og ind i den nye pladevæg. Så der vil næsten altid opstå store følgeskader som råd og svamp i etageadskillelsen.

Hvis der skal isoleres indefra, skal der benyttes uorganiske materialer som porebeton el.lign., der opmures direkte mod den eksisterende kældervæg. Isoleringspladerne pudses med en kalkholdig puds, og man skal undgå at lukke væggen inde bag en tæt maling. Det er derfor bedst at kalke væggen, så fugten kan trænge ud. Der skal etableres tilstrækkelig udluftning med ventilationsriste til det fri.

Isolering og fugtsikring af kælderydervægge kan også med fordel foretages udefra – men kun under terræn, så isoleringen ikke kan ses. Det er dog en besværlig og bekostelig affære, der aldrig i sig selv vil kunne forrentes. Kun hvis man alligevel graver fri omkring huset, fx for at reparere eller lægge omfangsdræn, kan man overveje at isolere kældervæggen på den udvendige side.

Gulve anbefalinger:

- Sørg så vidt muligt for at bryde kuldebroer mellem fundament og terrændæk.
- Hvis gulvbelægningen alligevel skal udskiftes, er det en ideel lejlighed til at efterisolere mellem gulvbjælkerne mod en krybekælder eller en uopvarmet kælder.
- Genbrug gulvbrædderne hvis muligt.
- Stop ikke krybekælderen eksisterende ventilationsriste til.

Kældre anbefalinger:

- Det er vigtigt, at kælderen er godt ventileret, sæt evt. nye ventilationsriste i ydervæggen til det fri. Fugten udefra skal kunne passere uhindret ind gennem ydervæggen og derefter ud igen kontrolleret gennem riste.
- Hvis kælderen skal isoleres indvendigt, er det vigtigt at vælge et uorganisk isoleringsmateriale, så fugten udefra kan transporteres væk fra kældervæggen.
- Beklæd aldrig ydervæggen indvendigt med blød isolering, gipsplader eller glasvæv. Det vil stort set altid medføre skader på væggene og råd eller svampeskader i etageadskillelsen mellem kælder og stueetage. Problemerne kan brede sig til gulvkonstruktionen ovenover, og resultatet er et fugtigt og usundt hus.
- Mal aldrig væggene med plastmaling eller lignende diffusions-tætte malingstyper.
- Hvis der er så meget fugt i kælderen, at fugten ikke kan ventileres bort af sig selv, vil det typisk være en god idé at lægge omfangsdræn omkring huset. Samtidig kan man overveje at isolere kælderydervæggen udvendigt under terræn.



Principperne for isolering har været kendt længe, men materialerne har været forskellige gennem tiden. Her en reklame for træfiberplader fra 1943.

Isoleringsmaterialer

Materialer til isolering udvikler sig hele tiden, og der kommer nye til. Det kan være svært at finde oplysninger om de forskellige materials egenskaber og langtidseffekter. For de fleste nye byggematerialers vedkommende gælder, at man reelt ikke kender deres effekt og bestandighed på lang sigt. Da fredede eller bevaringsværdige huse i sagens natur skal bevares for eftertiden, frarådes det at eksperimentere med nye materialer på netop disse huse. Under alle omstændigheder vil det være en god ide at alliere sig med en restaureringskyndig arkitekt eller ingeniør, der kan anviser de rette materialer til det rette sted.

Der er fordele og ulemper ved alle isoleringsmaterialer, nogle indeholder svampedræbende midler, nogle brandhæmmende midler osv. Andre materialer kræver dampspærre, og andre igen tillader fugten at vandre og kan opsættes uden dampspærre.

Vinduer og yderdøre

Der sker et ret betydeligt energitab gennem vinduer og yderdøre ved, at varme passerer gennem ruderne, men også ved at varm luft forsvinder gennem sprækker mellem karm og ramme. Tilsammen giver det typisk ca. 1/3 af det totale varmetab.

Vinduer

De gamle vinduer og yderdøre er afgørende for de historiske huses bevaringsværdi. Generelt må en fuldstændig udskiftning derfor kraftigt frarådes. Er huset fredet, vil nye vinduer med energiruder aldrig kunne tillades. Ældre eksisterende vinduer med forsatsrammer på den indvendige side er altid den bedste og mest holdbare løsning til fredede og bevaringsværdige huse – eller alternativt koblede rammer til bevaringsværdige huse. Energiforbedrede vinduer kan opnå en rigtig god isoleringsevne, og som med resten af huset repræsenterer de eksisterende vinduer energi, der allerede er forbrugt, og som derfor ikke skal bruges igen. Nye vinduer udføres bedst som kopier af de originale vinduer enten med forsatsrammer eller som nye koblede rammer.

Et originalt vindue uden forsatsramme er smukt, men ikke særlig energivenligt. Opsætning af en forsatsramme er et fint kompromis mellem æstetik og energiforbedring.



U-VÆRDI

Den termiske effektivitet er defineret ved U-værdi. Det er en måleenhed, der angiver varmetabet gennem materialet. Jo lavere U-værdi, jo større effektivitet.

RUDER

Energiglas er et enkeltlagsglas, der er coatet på den ene side med en varmereflekterende belægning. Energiruder består af to eller tre lag glas, hvoraf det ene ofte er coatet ligesom energiglas, og mellemrummet mellem ruderne er fyldt med en isolerende gasart.

Ved montering af forsatsrammer kan der opnås en besparelse på op til 25% af bygningens energiforbrug. Nye forsatsrammer til historiske huse kan evt. udføres med energiruder uden opsporinger. Hele vinduet vil dermed kunne opnå en samlet U-værdi på ca. 1,6. Er der forsatsrammer eller koblede rammer i forvejen, kan det gamle glas evt. udskiftes med ét lag 3 eller 4 mm energiglas, som normalt vil kunne lægges i forsatsrammen, uden at denne i øvrigt skal bygges om. Energiglas reducerer varmetabet med op til 40% i forhold til almindeligt glas. Besparelsen ved montering af tolags energiruder er meget lille i forhold til montering af et enkelt lag energiglas.

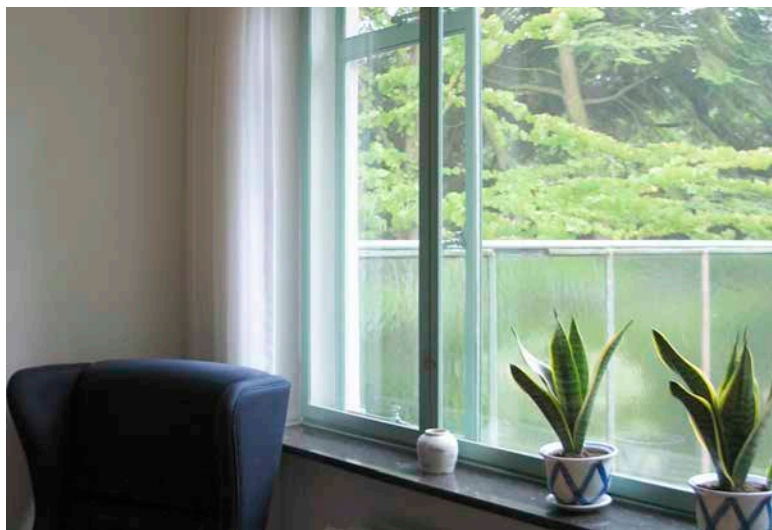
Forsatsrammerne skal forsynes med tætningslister for at undgå kondens på den yderste, oprindelige vinduesramme. Der skal endvidere være en lille utæthed mellem den oprindelige ramme og karmen til sikring af ventilation. Nu bliver det yderste vindue koldere, fordi det ikke varmes op af varmen inde fra huset. Dette øger risikoen for, at den fugt, der trænger ind i vinduet udefra gennem sprækker og dårligt vedligeholdt maling bliver siddende i træet i stedet for at blive »trykket ud« af varmen fra huset. Man skal derfor altid være påpasselig med at holde sine vinduer ordentligt ved lige med diffusionsåben maling og kit.

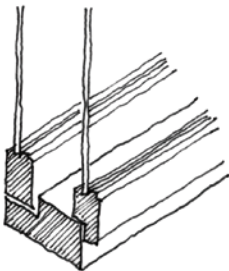
Hvis de eksisterende vinduer eller yderdøre er i så dårlig stand, at det er nødvendigt at udskifte dem med nye, er det vigtigt at gentage dimensioner og detaljering, så arkitekturen respekteres. Den bedste løsning er at få lavet kopier af de originale vinduer eller døre, fx med forsatsrammer eller nye koblede rammer med energiglas i den inderste ramme. På fredede huse vil fredningsmyndigheden som regel kun acceptere forsatsrammer.

Jernvinduer

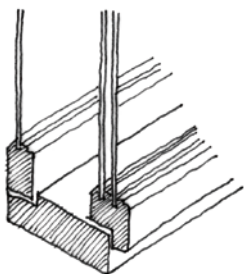
Oprindelige tagvinduer af jern efterisoleres bedst ved opsætning af et separat, indvendigt forsatsvindue, helst i træ, der leder varmen dårligere end de fleste metaller og derfor isolerer bedre. Samtidig undgås de kondensproblemer, der altid har plaget jernvinduerne: Jern er en god varmeleder, og der må derfor ikke være forbindelse mellem den udvendige og indvendige karm, da kuldebroen ellers ikke vil være brudt. Funkishusenes vinduer, hvor både karm og ramme typisk er af jern, efterisoleres også bedst ved opsætning af et separat forsatsvindue (efter samme principper), dog her helst i metal, så rammerne kan forblive så spinkle som muligt.

Jernvinduerne er her understøttet med elegante og tætsluttende forsatsvinduer i jern – en god og smuk løsning, der effektivt sparer på varmen.

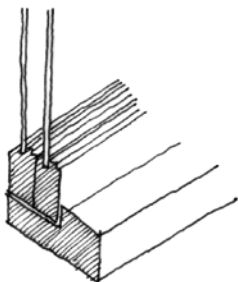




Vindue med forsatsramme med enkelt rude – hvis der allerede er forsatsrammer, kan man med fordel overveje at skifte til energiglas i forsatsrammen. Der skal monteres tætningslister mellem karmen og forsatsrammen. Til gengæld skal der mellem karmen og den udvendige ramme være en luftspalte, der sikrer at evt. kondens kan komme væk.



Vindue med forsatsramme med energirude. Hvis der ikke er forsatsrammer i forvejen – og hvis der i øvrigt er plads til det – kan der opsættes tætsluttende forsatsrammer med energiruder. Normalt vil de udvendige rammer være så utætte, at kondens ikke er det store problem.



Vindue med ekstra ramme, der åbner udad sammen med det gamle vindue – **såkaldt koblet ramme**. En god løsning, hvis vinduet helt skal skiftes ud, især til bevaringsværdige huse. På fredede huse skal nye vinduer som regel udføres som de eksisterende og med forsatsrammer.



Vinduerne er altafgørende for husets udseende. Alt for mange huse er blevet ødelagt af nye utilpassede vinduer og døre, der ikke tager hensyn til husets byggestil eller alder. På det øverste billede har huset fået frataget sin personlighed med »overtryksvinduer«. På det nederste billede ses derimod et smukt og ydmygt lille landhus, hvis karakter er forblevet intakt.





Det er afgørende for husets bevaringsværdi, at de smukke, gamle vinduer bevares. Proportionerne vil altid blive ændret, hvis de gamle vinduer bliver skiftet ud med moderne »energivelige« vinduer. Herover til venstre ses et nyt, energieffektivt vindue i plastic, der er langt voldsommere i dimensionerne end det oprindelige, spinkle funkisvindue til højre. Herunder til venstre er sprosserne i »energivinduet« tre gange så tykke som i vinduet til højre, der er en kopi af husets oprindelige vindue. Energi-argumentet overdrives ofte: Moderne energiruder overholder kun, hvad de lover, hvis ruderne er store, da varmetabet langs kanter og gennem sprosser er meget stort.





Yderdøre

Hoveddøren i et hus betyder, ligesom vinduerne, meget for dets udseende – den er faktisk det første, man ser som besøgende. For det samlede varmetab betyder yderdøren ikke alverden. Kan døren ikke længere repareres, kan den evt. udskiftes med en ny, der udformes som kopi af den originale dør, dog med isolering mellem dørens indvendige og udvendige beklædning.

Havedøren kan også udstyres med forsatsdøre, der hjælper mod træk.

En udlænge med et enkelt formsprog kan sagtens tåle mere moderne vindues- eller dørpartier, især hvis de nye partier opsættes i forbindelse med en revledør eller -port.



Til venstre har den nye fabriksproducerede dør med de grove detaljer og forkerte proportioner ændret husets karakter, som mister sin håndværksmæssige egenart. Til højre understreger den originale dør husets karakter med sit fine snedkerarbejde og kan med løbende vedligehold sagtens holde mange år endnu.



Vinduer og døre **anbefalinger:**

- Alle vinduer, udvendige døre og tagvinduer vedligeholdes regelmæssigt. Reparation af ældre vinduesrammer og karme kan på lang sigt betale sig i forhold til at udskifte dem.
- Forsatsrammer er en energivenlig løsning, som både økonomisk og energibesparelsmæssigt fint kan konkurrere med et moderne helrudet energivindue. Hvis der skal opsættes nye forsatsrammer, skal disse passe til de eksisterende vinduers stilart. Konsultér evt. en rådgiver for det bedste resultat.
- Der kan evt. monteres energiglas, etlags glas med en varmereflekerende belægning, i eksisterende forsatsrammer eller kobled rammer.
- Hvis huset ikke er fredet, og hvis vinduerne skal udskiftes helt, er koblede vinduesrammer en god og smuk løsning. Den yderste ramme udføres som et helt traditionelt vindue med etlags glas og evt. sprosser med kitfalse. Den inderste ramme udføres uden sprosser, enten med energiglas eller energirude.



4 · Hvor får man energien fra?

I huse bruges energi dels til opvarmning, dels til belysning og drift af elektrisk udstyr.

Enhver husejer er selvfølgelig interesseret i at spare på varme- og elregningen. Fredede og bevaringsværdige huse kan ikke isoleres mere end det rent byggeteknisk forsvarlige. Det betyder, at varmesystemet hurtigt skal kunne kompensere for temperaturskift, vindpåvirkning osv., altså at der skal være energi nok tilstede, når der er brug for det. Synlige installationer, både udvendigt på facaden eller taget og indvendigt i de ofte fint udstyrede rum, indpasses i arkitekturen så nænsomt som muligt.

Energien til opvarmning produceres enten kollektivt for en hel by eller et større område fx fjernvarme, eller individuelt i hver bygning. Generelt er kollektiv opvarmning at foretrække, både ud fra en miljømæssig og en økonomisk betragtning. Elektricitet kan i praksis kun produceres økonomisk og miljømæssigt forsvarligt centralt, dvs. på elværker, kraftvarmeværker, vindmølle- eller solcelleparker.

Fælles for alle opvarmningsmetoder er, at der uanset energikilde benyttes elektricitet i større eller mindre omfang til at drive varmesystemerne, fx i form af pumper.

Modstående side:

I dag tegner den vedvarende energi sig for godt 30% af landets energiforbrug, fx bioenergi, vindenergi, solenergi, geotermik og andre såkaldt »grønne« teknologier, der adskiller sig fra kul og andre fossile brændsler ved at være CO₂-neutrale i driftsfasen. Det politiske mål er, at Danmark skal være uafhængig af olie, kul og gas i 2050.

FAKTA

De private husholdningers energiforbrug tegner sig for ca. 30% af Danmarks samlede energiforbrug. 83% af husholdningernes totale energiforbrug går til rumopvarmning og varmt vand, og de resterende 17% går til el-apparater mv.

Kilde: Energistyrelsen, Danmarks Energi-og klimafremskrivning, 2015.

Radiatorer

Oprindeligt blev husene opvarmet med kaminer, kakkel- eller brændeovne. Centralvarme har været kendt siden 1880'erne, men først omkring 1930 blev centralvarme og radiatorer det normale. Oprindeligt var radiatorerne placeret ligesom kakkellovne centralt i husets midte snarere end under vinduerne, som vi gør det i dag. Ved at placere radiatoren under et vindue undgår man, at kuldenedslaget fra vinduet trækker ind i rummet. Når trækken minimeres, vil det blive mere behageligt at opholde sig i rummet.

Er der flere vinduer i samme rum, er det bedre at have flere mindre radiatorer under hvert vindue med en samlet effekt, der er lidt større end varmebehovet, end at have en enkelt radiator med den nødvendige effekt. Det giver den bedste fordeling af varmen i rummet.

Man behøver ikke at skifte de originale radiatorer ud, medmindre de er for små eller udtjente, men man kan med fordel udskifte termostatterne, hvis de er slidt eller har sat sig fast.

Da det omkring 1930 blev normalt med centralvarme, var radiatorerne i begyndelsen typisk placeret inde midt i huset, ligesom kakkellovne og ikke under vinduerne, som vi gør i dag. Når radiatoren placeres under vinduet, som til højre, mindskes fodkulde og kuldenedslag fra vinduet til stor gavn for komforten. Her er radiatoren malet i samme farve som væggen for at få den til at være mindre synlig.



Opvarmningsmetoder

Der er fordele og ulemper ved alle former for varmesystemer. For fredede eller bevaringsværdige huse gælder endvidere den begrænsning, at varmesystemer, der påvirker facadeudtrykket, må anses for udelukket.

Hvis en bygning i dag opvarmes med elradiatorer eller med et ældre, ineffektivt oliefyur, vil en fornyelse eller ændring af det eksisterende varmesystem i sig selv give en mærkbar økonomisk gevinst.

I praksis vil der være stor forskel på den reelle økonomiske besparelse fra hus til hus, så regnestykket kan meget vel falde ganske anderledes ud i hvert enkelt tilfælde. Søg derfor altid uvildig rådgivning, hvis varmesystemet skal ændres.

Fjernvarme

Fjernvarme findes mest i byområderne og er i dag den mest udbredte opvarmningsmetode. Miljømæssigt er fjernvarme et af de mest for-svarlige og effektive systemer. Fjernvarme har ikke nogen direkte indflydelse på husets detaljering og optager næsten ingen plads. Efter en energiforbedring, fx efterisolering og tætning, vil varmeanlægget af-tage mindre energi end tidligere. Når man tegner kontrakt med fjern-varmeselskabet, skal man sørge for, at udgiften til abonnement (den såkaldte effektbetaling) ikke ansættes højere end svarende til husets nye sænkede forbrug.

FAKTA

De privatejede helårshuse udgør ca. 40% af den samlede bygningsmasse. Ca. 70% af husene er opført, før der blev stillet energikrav – det skete med skærpelsen af varme-isoleringskravene i Bygningsreglementet 1977.

Kilde: Dansk Byggeri 2017, Klimarådet 2017.



Olie- eller gasfyr

Man må ikke udskifte eller installere nye oliefyr, hvis der er mulighed for at tilslutte sig fjernvarme eller naturgas i området. Omend stadig et fossilt brændstof, er CO₂-udledningen fra naturgas 25-30% mindre end fra olie. Udskiftning af den eksisterende kedel vil som regel kunne foretages uden store bygningsmæssige indgreb og vil derfor ikke påvirke husets bevaringsværdier. Tværtimod fylder de fleste kedler i dag ikke mere end et køleskab.

Hvis huset ikke ligger i nærheden af fjernvarmenettet, og hvis der ikke er mulighed for at installere varmesystemer som varmepumpe, jordvarme o.l., og oliekedlen skal udskiftes, vil en ny model udnytte energien mere effektivt, typisk med op til 30%. Regningen vil uden videre falde tilsvarende.



Den udvendige del af varmepumpen er ikke specielt køn. Man kan skjule varmepumpen fx ved at bygge en kasse omkring den, men så falder pumpens effektivitet. Der skal sikres tilstrækkelig lufttilstrømning gennem lamellerne.

Træpillefyr

Et pilefyr forbrænder affaldstræ i pilleform. Varmekilden er i princippet CO₂-neutral, men CO₂-forbruget til transport ødelægger dog regnestykket lidt. I dag er træpiller dog undtaget fra CO₂-afgifter, og et træpillefyr er derfor en billig opvarmningsform. Inden man får monteret et pilefyr, skal man sikre sig, at der ikke er tilslutningspligt til offentlig varmeforsyning i ens område.

Der findes i princippet to typer pilefyr. Det lille simple, som svarer til en moderne brændeovn og placeres fx i stuen. Her fordeles varmen med en varmeblæser rundt i huset. Denne type pilefyr er et godt supplement til andre opvarmningsformer, men kan dårligt stå alene, hvis forbruget til vandopvarmning kommer fra fx elvarme. Et lille træpillefyr kan opvarme cirka 130 m², men i kolde perioder skal der påfyldes piller dagligt, ligesom rengøring af pilefyrets askeskuffe skal ske hyppigt. Pilefyret kører med termostatstyring efter ønsket rumtemperatur. Den anden type pilefyr er et centralt fyringsanlæg, som ligesom en olie-/gaskedel både kan tilsluttes radiatoranlæg og lave varmt brugsvand. Anlægget fylder noget mere end en oliekedel, fordi der både skal være plads til et træpillelager og en lidt større varmtvandsbeholder. Det centrale pilefyr kræver typisk pillepåfyldning og

rensning én gang om ugen, men der findes dog automatiske løsninger, der kan reducere rensningen til to gange årligt. Sammenlignes opvarmningsudgiften til et pillefyr med et oliefyr, er udgiften typisk 50% mindre.

Elvarme

De høje afgifter på el gør traditionel elvarme til den dyreste form for opvarmning. Så længe hovedparten af den danske el produceres ved afbrænding af fossile brændstoffer, er det den mest miljøbelastende form for opvarmning (dette kan dog ændre sig, i takt med at en større del af elektriciteten produceres fra vedvarende energikilder). Denne varmemetode kan derfor ikke anbefales, hverken af miljømæssige eller omkostningsmæssige årsager. Hvis den primære opvarmningsform allerede er elvarme, bør man overveje at supplere med fx en varmepumpe eller helt skifte til en anden form for varmesystem.

Varmepumper

Varmepumper findes som luft- eller vandbårne systemer (såkaldte luft-til-luft eller luft-til-vand varmepumper) og bruger elektricitet. Varmepumpen fungerer ved at optage varmen (energien) fra udeluften og afgive den igen indvendigt, enten direkte som opvarmet luft, der blæses ind i huset, eller ved at afgive varmen til vand, der cirkulerer i radiatorerne. Varmepumper kan være vanskelige at integrere i historiske huse, hvor den udvendige del af varmepumpen vil skæmme husets facade – og hvis varmepumpen er luft-til-vand typen skal den udvendige del af varmepumpen være ret stor. Varmepumper vil være bedst egnede til mindre bevaringsværdige huse og sommerhuse, hvor man kan nøjes med en enkelt enhed. Da varmepumper bruger elektricitet, vil elforbruget ofte stige en del.

Jordvarme

Et jordvarmeanlæg er også en slags varmepumpe, der fungerer ved at optage den energi, som er oplagret i jorden. Slanges med frosthvæske nedgraves til en dybde af ca. 1 meter under terræn. Man skal



Anlægsarbejdet med nedgravning af jordledninger er ret omfattende. Jordvarme er derfor i praksis kun muligt, hvis man har et stort friareal på sin grund.

Solceller eller solpaneler bør aldrig placeres synligt på taget, da de altid vil virke som fremmedelementer. På et fredet eller bevaringsværdigt hus er det absolut ikke foreneligt med bevaringsværdierne, arkitekturen eller som her tegltagets reliefvirkning at opsætte et så markant og fremmed element som solpaneler.

Solpanelerne er nænsomt integreret og er placeret på udhusets tag. Her indgår panelerne i skurets farver uden at syne af særlig meget.



regne med mellem 1 og 2 meter slange pr. m² opvarmet areal. Et jordvarmeanlæg kræver ingen større indgreb i huset, og selve varmepumpen fylder det samme som et stort køleskab. Jordvarme kræver tilladelse fra kommunen, da der kan være grundvandsinteresser eller andre miljøhensyn. Jordvarme er især velegnet til fritliggende landhuse. Jordvarme har en relativt lav fremløbstemperatur, og det kan derfor være nødvendigt at skifte nogle af radiatorerne for at få den fulde udnyttelse af anlægget. Anlægsomkostningerne er relativt høje, men kan under gunstige omstændigheder halvere varmeregningen.

Solenergi

Solenergi bruges enten til at opvarme varmt brugsvand gennem solpaneler eller til at producere elektricitet gennem solceller. Både solpaneler og solceller installeres ofte i kombination med pillefyr, varmepumper eller jordvarmeanlæg. Både solpaneler og solceller opsættes som regel på en sydvendt tagflade for at opnå størst effekt, men kan også placeres mod øst eller vest, selvom effektiviteten falder lidt. Solpanelerne virker som fremmedelementer på de fleste tage og kan på et historisk hus derfor ikke anbefales. Ved landejendomme eller ved fritliggende huse kan solpanelerne evt. opsættes på en udlænge eller fritstående i terræn, optimalt mod syd.



Brændeovne

Det kan være nødvendigt med supplerende varme i den koldeste tid fx sammen med varmepumper. Derfor kan det give god mening at installere en gammeldags brændeovn, som dels spreder både varme og hygge, dels kan øge komfortniveauet i huset. En brændeovn kræver ikke de store udgifter, hvis der er en eksisterende, brugbar skorsten.

Det er vigtigt, at ovnens størrelse passer til det areal eller rum, den skal opvarme. Et generelt problem er, at man har tendens til at vælge brændeovne med alt for stor varmekapacitet. Derfor lukker man for spjældet, hvorved ovnens varmeeffektivitet begrænses. Resultatet bliver en dårlig udnyttelse af brændet og en højere luftforurening.

Alle nye brændeovne skal i dag være certificeret til at overholde visse miljøkrav. Mange moderne ovne vil sagtens kunne indgå harmonisk i et historisk miljø. I fredede huse kan der evt. opsættes historiske ovne. Husk, at installationen af brændeovnen skal godkendes af skorstensfejeren og tilmeldes skorstensfejerordning. Husk også, at der i fredede huse skal søges tilladelse, hvis man ønsker at fjerne eller udskifte en jern- eller kakkellovn.



På en landejendom er et halmfyr ofte det eneste realistiske alternativ – men det kræver meget plads og et stort areal til produktion af halmen. Anlægget er i princippet CO₂-neutralt.



Man skal passe på den gamle ovn. Man har lov til at nedtage og genopsætte en historisk ovn (fra før 1940) i forbindelse med en restaurering, hvis ovnen kobles til den samme skorsten. Man har også lov til at opsætte nye og antikke porcelænskakkellovne og masseovne, der ikke er serieproducerede, hvis de opbygges på stedet.

Opvarmningsmetoder **anbefalinger:**

- Indbyg varmesystemet så nænsomt som muligt, og sørg for, at de synlige installationer tilpasses husets øvrige materialer.
- Spørg en uvildig rådgiver, så varmesystemet dimensioneres rigtigt – og få også rådgivning om evt. følgearbejder, fx justering af varme i kælderen, mere ventilation, mere isolering osv.
- Vælg effektive systemer, der hurtigt kan kompensere for de ældre huses varmetab.

Mulige besparelser

Hvilke mulige omkostninger og besparelser har man, hvis man bor på landet og fx skal skifte sit gamle oliefyr ud til et andet varmesystem? Oliefyr skal udfases, og man må derfor påregne at skulle skifte til en anden varmekilde, når oliefyret er udtjent. For at anskueliggøre de økonomiske forhold er effekten af et skift til et nyt varmesystem beregnet for referencehuset i kapitel 5.

BEREGNING AF VARMEUDGIFTEN FOR ET EN-FAMILIESHUS PÅ CA. 150 M² PR. ÅR VIL TYPISK VÆRE:

Træpillefyr:	7.800 kr.	(3.715 kg)
Varmepumpe(jord-vand):	6.250 kr.	(4.525 kWh)
Varmepumpe (luft-vand):	7.100 kr.	(5.170 kWh)
Fjernvarme:	13.850 kr.	(18.100 kWh)
Nyt naturgasfyr:	11.350 kr.	(1.630 m ³)
Nyt oliefyr:	18.800 kr.	(1.880 liter)
Gammelt oliefyr:	24.200 kr.	(2.420 liter)
Elradiatorer:	28.050 kr.	(18.100 kWh)
(2018-priser)		



5 • Referencehuset og besparelserne

I praksis vil mange fredede eller bevaringsværdige huse være meget anderledes end referencehuset. De besparelser, der er opnået i referencehuset, vil derfor ikke nødvendigvis gøre sig gældende andre steder. Ikke desto mindre giver besparelserne i referencehuset et fingerpeg om, hvilke tiltag der kan være relevante for den enkelte ejer.

Referencehuset er opført i 1930 med murede, kalkede ydervægge og tegltag med kvartvalme. Huset opvarmes med et nyere oliefyr med støttevarme fra en kakkelovn.

Olieforbruget i referencehuset lå inden energiforbedringerne på ca. 9.000 l/år, eller godt 70 l/m², hvilket ikke var atypisk. Dertil kom et strømforbrug på ca. 4.500 kWh, foruden udgifter til vedligeholdelse af fyret og hensættelser til fornyelse. Med nutidens prisniveau svarer dette til en årlig udgift på ca. 105.000 kr.

Huset har i dag fået foretaget energiforbedringer i form af hulmursisolering, tætning omkring vinduer m.m. samt opsætning af forsatsvinduer. Tagetagen har i forbindelse med en ombygning fået efterisoleret skråvægge og loft. Husets energiregning er med disse tiltag nedbragt væsentligt. Hvis man derudover skiftede varmekilde fx til jordvarme, ville regnskabet blive yderligere forbedret – se besparelser ved skift af varmekilde.

Den samlede energiregning er nedbragt til ca. en tredjedel, ca. 38.000 kr. årligt. Dette har krævet en investering på 430.000 kr., som har betalt sig selv tilbage efter godt 10 år. Huset ville i dag kunne opnå energimærke D, hvilket generelt må forventes at være det bedste mærke, et fredet eller bevaringsværdigt hus kan opnå.

Målt som gennemsnit over en 20-årig periode ser den økonomiske besparelse ikke så stor ud, idet den store investering, der har været nødvendig for at reducere forbruget, slår kraftigt igennem. Den faktisk gennemførte løsning giver en gennemsnitlig, årlig udgift (energiforbrug plus forrentning og tilbagebetaling af investeringen) på ca. 81.000 kr., en besparelse på 23%.

Modstående side:

Referencehuset opvarmes i dag med et nyere oliefyr. Huset er fritliggende og har et opvarmet areal på 130 m² inklusiv tagetagen. Kælderen er på 49 m² og er uopvarmet. Da huset er beliggende på landet, er hverken fjernvarme eller naturgas en mulighed ved skift af varmekilde. Huset er netop blevet hulmursisolert – en metode, der ikke kræver mere end, at man tager nogle få mursten ud på facaden og sætter dem i igen.

FAKTA

Gennemsnitligt bor man i en ejerbolig i næsten 19 år.

Kilde: Erhvervsstyrelsen, analyse fra 2013.

Det endelige valg afhænger således i høj grad af ejerens tidshorisont: Den simple tilbagebetalingstid, i dette tilfælde godt 10 år, bør således indgå i ens overvejelser: Overvejer man at sælge indenfor en kort årrække, gælder det om at vælge løsninger med så kort tilbagebetalingstid som muligt.

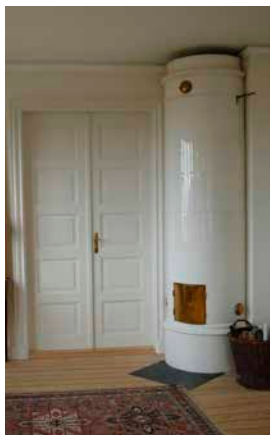
Forudsætninger

Til finansiering af de nødvendige investeringer er forudsat optaget et fast forrentet 20-årigt kreditforeningslån til 4% (rente og bidrag). Den opnåede besparelse på energiregningen er forudsat anvendt i sin helhed til at afdrage på det optagne lån.

Følgende energipriser er anvendt:

- El: 2,60 kr./kWh, dog 2,00 kr./kWh for strømforbrug over 4.000 kWh.
- Olie: 10,00 kr./l

Referencehuset får støttevarme fra en kachelovn.



Øgede omkostninger til vedligeholdelse (fx af kælderen, der nu er blevet koldere som følge af isoleringen af etagedækket mellem kælderen og stueetagen) er medregnet i nettoudgiften.

Tilsvarende indgår hensættelser til udskiftning af de forskellige besparestiltag som lineær afskrivning i nettoudgiften.

Gennem fornuftige og relativt enkle tiltag har den samlede energiregning for referencehuset således kunne nedbringes væsentligt, målt over en 20-årig periode. Der er således ingen tvivl om, at energioptimering kan lade sig gøre og kan give god økonomisk mening. Visse energioptimerende tiltag, fx isolering af dækket over kælderen har så lang en tilbagebetalingstid, at det ud fra en rent økonomisk betragtning er meningsløst – men til gengæld er der i referencehuset opnået en højere komfort i form af reduceret fodkulde.

Beregningerne i tabellen nedenfor tager udgangspunkt i den oprindelige situation med 2018-priser.

Reduktion af forbrug, årlig besparelse

ENERGIFORBEDRING	Investering	Tilbagebetalingstid		Gennemsnit over 20 år		
		år	besparelse herefter pr. år	besparelse pr. år	/m ²	%
isol. dæk mod kælder	44.000	36	2.300	-1.900	-7	-2%
hulmursisolering	78.000	4	22.800	18.600	68	18%
isolering af tag	156.000	13	15.800	5.800	21	5%
forsatsvinduer	153.000	12	16.100	5.700	21	5%
samlet løsning	431.000	11	52.400	72.400	90	23%

Ny varmekilde, årlig besparelse

SKIFT AF VARMEKILDE	Investering	Tilbagebetalingstid		Gennemsnit over 20 år		
		år	besparelse herefter pr. år	besparelse pr. år	/m ²	%
træpillefyr	40.000	4	10.800	8.600	32	8%
jord til vand varmepumpe	140.000	14	13.300	4.200	15	4%
luft til vand varmepumpe	110.000	11	12.000	5.200	19	5%



»Druknet gesims«: Da man isolerede taget, som det ses på billedet til venstre, glemte man at tage højde for en af de fine små detaljer ved huset, den klassiske gesims. Den er nu fuldstændig »druknet« i et i øvrigt helt unødvendigt sternbræt under tagets udhæng. Til højre ses, hvordan en uberørt gesims danner en fin overgang mellem facade og tag.



En af husets vigtige detaljer er tagfoden. Til venstre er udhænget uklædeligt inddækket i forbindelse med isolering af skunkrummet. Til højre ses, hvordan udhænget elegant afslutter overgangen mellem tag og facade.

6 • Bevaringsværdi kontra varmetab

Siden den første energiguide blev publiceret i 2009, har der været et stadigt stigende fokus på energiforbedringer af den eksisterende bygningsmasse. De fleste husejere har da også foretaget et eller flere energiforbedrende tiltag – desværre ikke altid med lige stor omtanke for husenes personlighed og eksisterende arkitektur. Fx er rigtig mange fine gamle vinduer blevet udskiftet, ganske unødvendigt, som led i en energiforbedring. Tage er blevet efterisoleret ved, at man har hævet taget alt for meget med det resultat, at husets profil er blevet ændret, og skorstene og kviste er »druknet«. Indvendig isolering har resulteret i, at mange huses detaljerigdom er forsvundet og blevet erstattet af triste forsøg på »gamlificering«. For ikke at tale om de talrige eksempler på isoleringsfejl, der har medført skimmelvækst eller beko-stelige udbedringer af husenes konstruktioner.

Gamle huse er sårbare, og datidens byggeteknik og beboernes krav til komfort var en anden end i nutidens moderne, topisolerede huse. Alle husejere vil naturligvis gerne spare på varmeregningen – og energiforbedringer kan helt sikkert bidrage hertil, hvis de sker med forståelse for husets egenart. Har man et fint historisk hus, må man derfor slå sig til tåls med og nøjes med at udføre de energiforbedrende tiltag, der ikke påvirker husets arkitektoniske helhed. Men til gengæld får man så meget andet forærende ved at eje et gammelt hus, fx en i dag næsten ubetalelig håndværksmæssig kvalitet, gode holdbare materialer, fint proportionerede rum osv.

Ganske vist er en af de helt store fordele ved energiforbedring den forbedrede komfort og et bedre indeklima, men et ældre hus kan aldrig opnå samme grad af tæthed eller det samme lave varmetab som nye huse. Har man et historisk hus, kan man – måske – tillade sig at spørge, om det er rimeligt, at man skal kunne gå rundt i kortærmede t-shirts, også på de koldeste vinterdage?



De fredede og bevaringsværdige huse udgør en forholdsvis lille del af landets samlede bygningsmasse, men er til stor glæde for os alle sammen.

I mange tilfælde sættes bevaringsværdierne på spil, når husene skal energiforbedres og forsynes med nye utilpassede vinduer, forhøjede tage eller klodsede kviste uden hensyntagen til de historiske huses kendetegn og detaljer.



Flere forskere arbejder på at få eftervist de »virkelige« U-værdier, fordi man formoder, at de teoretiske U-værdier i historiske huse er bedre end teorien tilsiger. Denne forskning kan forhåbentlig vise, at de bevaringsværdige og fredede huse er bedre end deres rygte i energimæssig forstand.



Effekten af en lavere rumtemperatur er meget stor – nemlig en besparelse på 5% for hver grad, som temperaturen sænkes. Det kan godt lade sig gøre med en lavere rumtemperatur end de ca. 22 grader, der for tiden regnes som normal. Temperaturen kan faktisk sænkes, hvis man vælger at tage en lidt tykkere trøje på. Hvis energibesparelserne blot omsættes til højere komfort i stedet for besparelser på varmeregning og ikke mindst CO₂-udledning, er vi sådan set lige vidt i det store samlede energiregnskab.

Bygningskultur Danmark har under fællesorganisationen Historiske Huse publiceret denne guide som led i den overordnede strategi, hvis formål er at øge viden om bygningsbevaring blandt såvel eksperter som private og offentlige husejere.

Tak

En stor tak til guidens følgegruppe, der entusiastisk og interesseret har kommenteret anvisningerne undervejs:

Thomas Brogren, restaureringsarkitekt, Gottlieb Paludan Architects

Søren Peter Bjarløv, arkitekt, lektor, DTU BYG

Ditte Strunge Larsen, Cand.Polit., Strunge Jensen A/S

Jesper Strunge Jensen, ingeniør, Strunge Jensen A/S

Jørgen Søndermark, arkitekt, projektleder, Realdania By og Byg

Johan Westh Hage, projektleder, Bygningskultur Danmark

Birthe Iuel, præsident for Bygningskultur Danmark/Historiske Huse

For gennemlæsning af manuskript skal specielt takkes:

Susanne Pouline Svendsen, direktør, Byg-Erfa, Birte Skov, arkitekt,

specialkonsulent, Slots- og Kulturstyrelsen, Sune Skovgaard Nielsen,

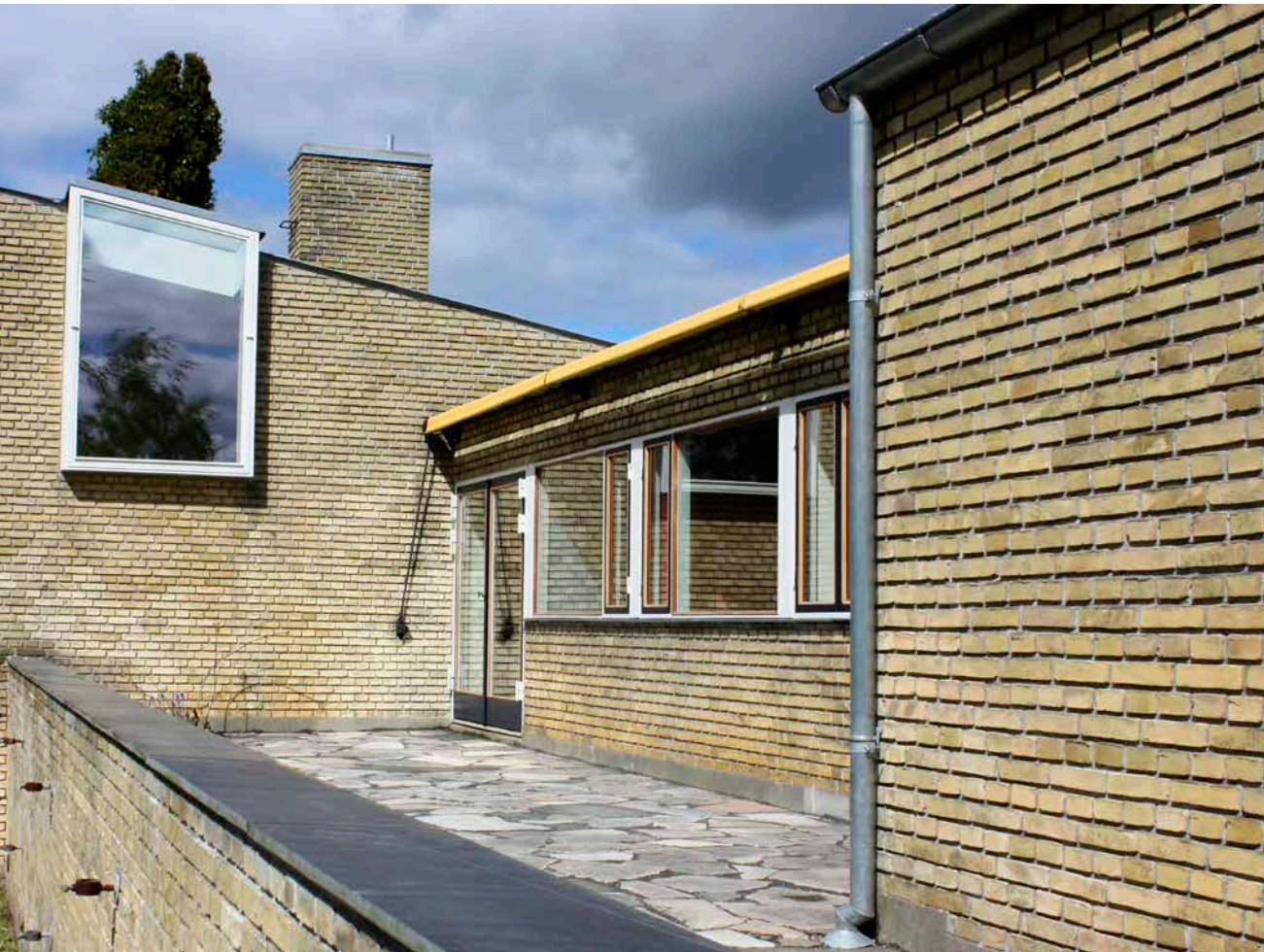
Byggeteknisk konsulent, Landsbyggefonden og Michael Petersen, Public Affairs,

Saint-Gobain Nordic A/S. En særlig tak til Jesper Strunge Jensen for supplerende

tekst og fotos til afsnittet om ventilation og indeklima. Til sidst, men ikke mindst

en stor tak til Sille Jensen, bogens grafiker.





7 · Litteratur, links og noter

Ud over de nævnte publikationer og links findes der et hav af information om energiforbedring af bygninger – og der kommer regelmæssigt flere til. Det er dog kun et fåtal, der beskæftiger sig med problematikken om afvejningen mellem kulturarv og beskyttelsen af klima og miljø, som jo er den overordnede grund til, at energiforbruget skal nedbringes.

Litteratur

Brüel, Jeanne:

Bedre Byggeskik-huset, En bevaringsguide, *Bygningskultur Danmark*, 2011.

Parcelhuset, Guide til bevaring og fornyelse, *Bygningskultur Danmark*, 2013.

Funkishuset, En bevaringsguide, *Bygningskultur Danmark*, 2014.

Historicismens Huse, En bevaringsguide, *Bygningskultur Danmark*, 2017.

Gram Andersen, Kirsten:

Husholdningers elforbrug – hvem bruger hvor meget, til hvad og hvorfor? *SBI*, 2005.

Kampmann, Thomas og Søren Vadstrup:

Vinduer i ældre bygninger, *Grundejernes Investeringsfond*, 2004.

Kampmann, Thomas, **Vinduers varmetab**, *Raadvad-centeret*, 2001.

Löfgren, Eva og Paul Hansson, red.:

Energiboken –

Energieffektivisering för småhusägare, *Svenska byggnadsvårdsföreningen*, 2011.

Niras:

Analyse af praktiske erfaringer med energioveringer af bygninger i fire bygningssegmenter, *Bygningsstyrelsen*, 2013.

Links

bolius.dk

bygerfa.dk

byggeriogenergi.dk

byggningsbevaring.dk

byggningskultur.dk

byggningsreglementet.dk

danskenergi.dk

energitjenesten.dk

ens.dk (Energistyrelsen)

historiskehuse.dk

slks.dk (Slots- og Kulturstyrelsen, information om byggningsbevaring)

sparenergi.dk

Noter

Note 1: <https://sparenergi.dk/forbruger/el/dit-elforbrug>. Sept. 2018.

Note 2: *Undersøgelse foretaget af energiselskabet NRGi og YouGov*, 2015.



De historiske huses ofte meget gennemførte arkitektur og detaljering sætter en naturlig grænse for omfattende energiforbedringer, uden at det går ud over frednings- eller bevaringsværdierne. Men man kan – næsten – altid reducere energiforbruget på husets egne betingelser.

8 • Ordforklaringer

blank mur: mur i teglsten uden overfladebehandling

brystningspanel: vægbeklædning af træ, der stopper ved underkanten af vinduet

centralvarme: varmeanlæg, der producerer varmt vand i en kedel centralt i huset, fx i kælderen – herfra fordeles det varme vand til resten af husets radiatorer

cirkulationspumpe: pumpe til cirkulation af vand i et centralvarme- eller brugsanlæg

CO₂: kuldioxid, dels en naturlig gas, der fx udledes ved nedbrydning af organisk materiale, dels en menneskeskabt gas, der udledes ved forbrænding af fx fossile brændsler – ca. 50% af det samlede menneskeskabte kuldioxid-udslip forbliver i atmosfæren og resulterer i drivhuseffekt og klimaforandringer

dampspærre: fx plastfolie, der skal hindre vanddamp i at trænge ind i isoleringen og kondensere – monteres på den varme side af isoleringen

diffusionsåben: som tillader fugten at passere

dugpunkt: den temperatur, hvor luftens indhold af vanddamp under afkøling ved konstant tryk, vil fortættes til flydende vand (kondensere)

energiglas: 3-5 mm enkelt glastrude med en hardcoatet energibelægning, der fx kan anvendes til forsats- eller koblede vinduers indvendige rammer

energirude: dobbelt eller tredobbelt rude (tidligere termorude) med en softcoatet energibelægning på den indvendige rude – mellemrummet mellem de to lag glas er fyldt med en inaktiv gasart

etagedæk: adskillelse, der inddeler huset i etager i enten træ, beton eller jern (betondæk er udført af armeret beton, mens jern og træ er udført som bjælkelag)

fossile brændsler: kul, olie og naturgas er fossile brændsler, dannet af organisk materiale, som har været begravet under jord eller vand i mange millioner år – indeholder derfor store mængder CO₂, som frigives ved forbrænding

friskluftsventil: mekanisk ventil til frisk luft, der typisk placeres i vinduerne eller i ydervæggen

hanebånd(skonstruktion): spærfagstype, hvor en kort tværbjælke, hanebåndet, et stykke over tagetagens gulv forbinder tagkonstruktionens spær

kalkmørtel: mørtel af læsket kalk med tilslag af sand – helt uden cementindhold

kitfals: indsnit mellem vinduesrammen og glaseruden, hvor kittet påføres

kuldebro: et sted i konstruktionen, hvor konstruktionens indvendige og udvendige overflade ikke er skilt af et lag isolering eller luft

linjetab: betegnes ved W/mK , en enhed, der er et udtryk for, hvor mange Watt, der tabes pr. meter ved en grads temperaturforskel mellem ude og inde. Ved fx 32 graders temperaturforskel (20 grader indenfor og -12 grader udenfor) ganges linjetabsværdien (fx 0,1 W/mK) med 32, for at finde hvor mange Watt, der tabes pr. meter

luftfugtighed, relativ: et mål for hvor meget vanddamp luften indeholder – måles i %

rørvæv: sammenvævede måtter af tagrør, der bruges til underlag for pudsede indvendige overflader

silikatmaling: maling til murværk og pudsede overflader med et indhold af mineralske bindemidler tilsat pigment

termografering: en fotografisk målemetode, hvor temperaturforskelle kan ses på et varmefølsomt, infrarødt kamera, som med forskellige farver præcist viser, hvor huset taber mest varme gennem sprækker, utætheder og kuldebroer

terrændæk: den del af husets gulvkonstruktion, der opbygges direkte på bæredygtig jord

undertag: et »tyndt« tag af brædder og tagpap eller folie o.lign., der anbringes under visse tagbeklædninger fx tegltage som ekstra sikring

u-værdi: byggematerialers varmetabskoefficient (transmissionskoefficient) – måles i Wh som den varmemængde, der i løbet af en time passerer gennem 1 m^2 af den pågældende konstruktion

varmetab: det energitab, der sker gennem husets eller bygningsdelens overflade



