

Efterisolering af småhuse – energibesparelser og planlægning



1. udgave 2012



Efterisolering af småhuse – energibesparelser og planlægning

Eva B. Møller

Titel	Efterisolering af småhuse – energibesparelser og planlægning
Serietitel	SBI-anvisning 239
Format	E-bog
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2012
Forfattere	Eva B. Møller
Redaktion	Niels Samsø Nielsen
Sprog	Dansk
Sidetæl	139
Litteraturhvisninger	Side 116
Emneord	Bygningsdel, efterisolering, energibesparelse, fugt, klimaskærm, krybekælder, kuldebro, kælder, risici, småhus, tag, terrændæk, varmeisolering, ydervæg
ISBN	978-87-563-1564-7
Layout	Finn Gattmann
Tegninger	Bo Amstrup Vestergaard og Hans Møller
Fotos	Eva B. Møller, Helene Høyer Mikkelsen/Realdania Byg (figur 6)
Omslagsillustration	Mai-Britt Amsler
Udgiver	Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet Dr. Neergaards Vej 15, 2970 Hørsholm E-post sbi@sbi.dk www.sbi.dk

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven

Indhold

Forord.....	7
Indledning.....	9
Anvisningens formål.....	9
Overvejelser ved beslutning om efterisolering	9
Brug af anvisningen	12
1 Motivation for efterisolering.....	16
1.1 Energibesparelse på landsplan	16
1.2 Energibesparelse for husejer	18
1.3 Indeklima og komfort.....	19
1.4 Efterisolering og renovering.....	22
2 Krav og anbefalinger	24
2.1 Myndigheders energikrav	24
2.2 Energibestemmelser	24
2.3 Sommerhuse.....	29
2.4 Lufttæthed og ventilation	29
2.5 Indeklima og sundhed.....	31
2.6 Krav til materialer og arbejdsmiljø	35
3 Mest for indsatsen.....	40
3.1 Fremgangsmåde	40
3.2 Hvilket tiltag sparer mest energi	41
4 Efterisolering ud fra småhustype	44
4.1 Småhustyper	44
4.2 Murer mestervilla	45
4.3 Småhuset fra 1960-1979.....	48
4.4 Småhuset fra 1979-2006	53
4.5 Træhuset	55
5 Efterisolering af tag.....	58
5.1 Tagopbygning og energiforhold.....	58
5.2 Paralleltag	59
5.3 Ventileret tagrum.....	66
6 Efterisolering af ydervæg.....	71
6.1 Vægopbygning og energiforhold	71
6.2 Massiv ydervæg.....	71
6.3 Hulmur.....	76
6.4 Let bagmur med tung facade	80
6.5 Tung bagmur med let facade	82
6.6 Let ydervæg	83
6.7 Arbejder ved efterisolering af ydervæg.....	85

7 Efterisolering af terræn- og kælderdek	88
7.1 Klimaskærm mod jord	88
7.2 Terrændæk	88
7.3 Krybekælder	91
7.4 Kælder	94
8 Vinduer og yderdøre	98
8.1 Renovering af vinduer og yderdøre	98
8.2 Udskiftning af vinduer og yderdøre	99
9 Varmetab i samlinger	102
9.1 Linjetab og efterisolering	102
9.2 Mellem tag og ydervæg	103
9.3 Mellem ydervæg og fundament	108
9.4 Mellem vindue og ydervæg	113
Litteratur	116
Appendiks A. Tabeller	121
U-værdi-tabeller fra Bygningsreglement 2010	121
U-værdier for konstruktioner i småhuse	123
U-værdier for typiske vindueskonstruktioner	126
Tabel 1 fra BR10, bilag 6	128
Appendiks B. Terminologi	135
Stikordsregister	138

Forord

Efterisolering af småhuse udgør både samfundsøkonomisk og for den enkelte småhusejer et stort potentiale for energibesparelse. Det skyldes, at mange småhuse er opført i perioder med væsentligt lempeligere krav til varmeisolering end i dag, og at småhuse udgør omkring 30 % af den samlede danske bygningsmasse målt på kvadratmeter. Denne bygningsmasse tegner sig for ca. 50 % af det danske energiforbrug til opvarmning – svarende til godt 20 % af det samlede danske energiforbrug.

Denne anvisning skal hjælpe rådgivere og håndværkere til at vejlede småhusejere om hvor og i hvilket omfang, klimaskærmen kan efterisoleres, så man får størst energibesparelse for indsatsen, opnår et bedre indeklima og undgår byggeskader.

Derudover gennemgår anvisningen med udgangspunkt i Bygningsreglement 2010 (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010) regler og anbefalinger, som skal følges i forbindelse med efterisolering af småhuse, herunder særligt krav om forbedring af bygningsdeles varmeisoleringssevne ved renovering.

Anvisningen giver en historisk introduktion til de mest almindelige småhustyper med beskrivelse af de primære bygningsdele og mulighederne for efterisolering samt potentialet for energibesparelse. Desuden beskrives udførelse af efterisolering overordnet for at give en indikation af omkostningerne ved de forskellige tiltag.

Anvisningen er knyttet til SBI-anvisning 240, *Efterisolering af småhuse - byggetekniske løsninger* (Møller, 2012), der beskriver fugtteknisk forsvarlige, byggetekniske løsninger til efterisolering af småhuse.

Småhuse omfatter fritliggende enfamiliehuse, sammenbyggede enfamiliehuse med lodret lejlighedsskel samt sommerhuse. For mere kompliceret byggeri henvises til SBI-anvisning 221, *Efterisolering af etageboliger* (Munch-Andersen, 2008).

Fra SBI har forfatteren været bistået af seniorforskerne Ernst Jan de Place Hansen og seniorforsker Jesper Kragh. Derudover har en række andre SBI-medarbejdere støttet det redaktionelle arbejde, særlig arkitekt m.a.a. Niels Samsø Nielsen.

Fagfællebedømmelse er udført af adjungeret professor Ingemar Samuelson.

Til udarbejdelse af anvisningen har været knyttet en følgegruppe bestående af:

Søren Aggerholm, SBI/Videncenter for energibesparelser i bygninger

Søren Bøgh, (tidligere MURO)

Morten Hjorslev, BYG-ERFA

Anker Jensen, Landsbyggefonden

Claus Jørgensen, Sundolitt

Bjørn Møller Lauersen, Thermisol

Jørgen Munch-Andersen, Træinformation

Michael Petersen, Saint-Gobain Isover

Claus Rudbeck, (tidligere Rockwool)

Niels Strange, Dansk Byggeri.

Følgegruppen takkes for en engageret indsats og et konstruktivt samarbejde.

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet

Afdelingen for Byggeri og Sundhed

Juni 2012

Niels-Jørgen Aagaard

Forskningschef

Indledning

Anvisningens formål

Formålet med denne anvisning er at give grundlaget for at vurdere, hvordan efterisolering af småhuses klimaskærm kan gennemføres, så der opnås størst energibesparelse, samtidig med at indeklimaet forbedres og byggeskader undgås.

Der kan være flere grunde til, at man vil efterisolere sit hus. Ofte vil hovedårsagen være et ønske om at spare energi og penge, men det kan også være et led i den almindelige reovering og vedligeholdelse. Når der alligevel skal arbejdes på huset, kan det være hensigtsmæssigt, at bygningsdele opgraderes energimæssigt.

I begge tilfælde er det vigtigt at efterisolere, hvor det bedst kan betale sig, samt gøre sig klart hvilke fordele og risici, der er forbundet hermed. For bygningsejeren vil det ofte være et spørgsmål om at få viden nok til at kunne prioritere indsatsen. Det er det, denne anvisning skal hjælpe med.

Målgruppe

Anvisningens målgruppe er bygningsejere og disses rådgivere, som ønsker at vurdere hvilke efterisoleringsarbejder, der med fordel kan igangsættes på et konkret småhus.

Udførelse af efterisolering beskrives overordnet for at give et indtryk af, hvor omfattende arbejdet er, hvilket giver en indikation af omkostningerne ved tiltaget. Detaljerede beskrivelser og konkrete løsninger er beskrevet i SBi-anvisning 240, *Efterisolering af småhuse – byggetekniske løsninger* (Møller, 2012).

Overvejelser ved beslutning om efterisolering

Mulighederne for at spare energi ved efterisolering og udgifterne her til afhænger af, hvilke materialer det givne småhus er bygget af, og hvilke konstruktionstyper, der er anvendt. Derfor skal bygningsejeren gøre sig følgende klart:

- Hvilke regler der er på området, især bestemmelserne i Bygningsreglement 2010, kapitel 7.4 (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010).
- Hvilken type konstruktioner det givne småhus har.
- Hvilke efterisoleringsarbejder, som det vil være muligt at udføre med de givne konstruktionstyper, samt hvilke ekstraarbejder det vil medføre.

- Hvilke andre tiltag, der bør gøres nu, hvor man er i gang, fx begrænse kuldebroer i konstruktionen.
- Hvilke følgevirkninger efterisoleringen vil have ud over energibesparelse, fx i form af øget komfort, ændrede fugtforhold, ændret arkitektonisk udtryk m.m.

Anvisningen giver hjælp til at behandle alle fem punkter, men opgør ikke omkostningerne hertil, da dette oftest vil være projektspecifikt, og man derfor må skaffe sig viden herom ad anden vej, fx ved indhentning af tilbud fra håndværkere.

Afvejning af fordele og risici

Ofte vil der være flere forskellige muligheder for efterisolering. Husejeren må da vurdere hvilken løsning, der er bedst i det konkrete tilfælde. Med 'bedst' menes her ikke nødvendigvis den sikreste løsning, men en afvejning af en række faktorer, hvor energibesparelser og omkostninger til udførelse blot er nogle af parametrene.

Ved afvejning af fordele og risici bør det indgå, at hvad der er den bedste løsning kan ændre sig med tiden. Den risiko, som én ejer er villig til at løbe for at opnå en økonomisk gevinst ved energibesparelser, er ikke nødvendigvis acceptabel for en anden ejer. Omvendt kan prisen på energi blive så høj, at en husejer, som før ikke har været villig til at løbe en given risiko, senere ændrer holdning.

Ved vurdering af relevante løsninger må fordele og risici ved de forskellige løsninger afvejes i forhold til de mulige løsninger – herunder ikke at udføre den påtænkte efterisolering. Ved afvejning af fordele og risici kan blandt andet indgå:

- Potentielle energibesparelser
- Omkostninger til udførelse og drift
- Følsomhed over for fejl i planlægning og udførelse
- Konsekvenser ved svigt
- Arkitektonisk kvalitet
- Vedligehold og patinerings
- Brugs-mæssige forhold, herunder robusthed.

Energibesparelser og omkostninger

Beslutning om efterisolering må i første omgang bero på en økonomisk analyse af besparelser på udgifter til opvarmning af huset i forhold til omkostninger til udførelse og drift af efterisoleringen. Meget høje energipriser vil almindeligvis gøre mere omfattende og eventuelt risikobetonede tiltag mere acceptable.

Følsomhed over for fejl

Nogle løsninger til efterisolering er mere følsomme overfor fejl i planlægning, projektering og udførelse end andre. Sådanne løsninger må

vælges med omhu, og kan kræve dokumenterede, særlige kompetencer hos de projekterende og udførende.

Nogle af anvisningens løsninger omtales som 'risikofyldte'. Dette er gjort ud fra et rent teknisk synspunkt, da der er set en del eksempler på, at de pågældende løsninger har givet problemer – hovedsageligt af fugtteknisk karakter. I modsætning hertil beskrives robuste løsninger, hvormed der menes løsninger, der er robuste over for brugeradfærd og over for udførelsesfejl. Hvor det er muligt, bør robuste løsninger altid foretrækkes frem for risikofyldte løsninger.

En risikofyldt løsning virker, hvis forudsætningerne er opfyldt. De løsninger, anvisningen omtaler som risikofyldte er sandsynligvis udført mange steder, uden at dette har medført problemer, men de omtales som risikofyldte, fordi der er set en del eksempler på, at forudsætningerne ikke har været til stede eller har ændret sig, og løsningen derfor ikke har fungeret fugtteknisk.

Risici kan reduceres ved omhyggelig planlægning og udførelse. I praksis kan det imidlertid være vanskeligt at vurdere, om forudsætningerne fuldt ud er til stede, og vil blive ved med at være det i hele efterisoleringens levetid. Det kan for eksempel skyldes ændret vandstand, revnedannelser, utætte fuger eller mangelfuld vedligeholdelse med nedbrydning af materialet til følge.

Konsekvenser ved svigt

Når konsekvenserne ved svigt skal vurderes, kan der indgå forhold som:

- Sundhedspåvirkning af brugerne. Svigt kan have betydning for indeklimaet; fx vil svigt i kældre have forskellig konsekvens alt efter, om kælderen anvendes til depot, eller om der er hyppig færdsel i kælderen.
- Hvor påvirkelige husets brugere er af eventuelle indeklimagener. Mennesker, der i forvejen har astma eller allergi eller er disponeret herfor, vil ofte lettere blive generet af fugt og skimmel end mennesker uden astma eller allergi.
- Mulighed for inspektion og vedligehold, hvis konsekvenser af svigt er skjulte.
- Omkostninger ved at ændre forholdene, når der er konstateret svigt, herunder om svigtet har konsekvenser for husets bærende dele.

Arkitektonisk kvalitet

Efterisolering bør ikke udføres alene ud fra et fokus på energibesparelse og tekniske forhold, men skal også kædes sammen med hensyn til småhusets eksisterende arkitektur.

Udvendig efterisolering kan have store konsekvenser for småhu-

sets arkitektoniske udtryk. Det kan være problematisk i småhuse af høj arkitektonisk kvalitet, mens det i andre tilfælde kan være en mulighed at koble ønsket om energibesparelser sammen med arkitektoniske forbedringer.

Det er således vigtigt, at efterisolering udvikles som en helhedsorienteret løsning, der sammenkæder tekniske, funktionelle og æstetiske forhold. Løsningerne skal ikke kun resultere i energibesparelser og være byggeteknisk velfungerende, de skal også udføres med arkitektonisk kvalitet og med øje for at udvikle småhusets funktionelle og æstetiske kvaliteter samt sikre husets økonomiske værdi.

Vedligehold og patinering

Efterisolering betyder ofte tilføjelse af nye overflader; enten indvendigt eller udvendigt. De udvendige overflader ældes som følge af påvirkninger fra vejrliget eller anden nedbrydning af materialerne over tid. Der bør vælges løsninger, som ældes og patineres på en acceptabel måde, og som kan vedligeholdes, fx ved udskiftning af dele af efterisoleringen eller ved rengøring eller reparation af overfladerne. En efterisolering, der må udskiftes efter relativ kort tid, vil sjældent være rentabel.

Brugsmæssige forhold

Vedligeholdelsen kan reduceres ved at vælge materialer, som er robuste over brugernes adfærd, fx slag- og slidfaste overflader, forstærkede hjørner og overgange og materialer, som er tilpasset brugen i og omkring huset.

Brug af anvisningen

Anvisningen beskriver først overordnet, hvorfor det kan være hensigtsmæssigt at efterisolere både samfundsmæssigt og for den enkelte småhusejer. Primært med fokus på energibesparelser, men forhold vedrørende indeklima belyses også.

Illustrationerne viser principper for opbygning af eksisterende og efterisolerede konstruktioner samt konstruktionernes fugt- og energitekniske forhold. De kan derfor ikke anvendes direkte som udgangspunkt for projektering af efterisolerede konstruktioner. Her henvises til SBI-anvisning 240, *Efterisolering af småhuse – byggetekniske løsninger* (Møller, 2012).

Appendiks B. Terminologi rummer forklaringer på en række specielle udtryk og kan være en hjælp ved brug af anvisningen.

Regler og anbefalinger

Regler og anbefalinger i forbindelse med efterisolering gennemgås i afsnit 2. Det omfatter især kravene i Bygningsreglement 2010 (BR10), ka-

pitel 7.4, (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010) om forbedring af bygningsdeles isoleringsevne i forbindelse med renovering og udskiftning, men også regler vedrørende arbejdsmiljø, indeklima og brand behandles.

Eksempel på energibesparelse

For at opnå størst mulig energibesparelse ved efterisolering bør hele småhuset efterisoleres. En samlet oversigt over energibesparelser ved efterisolering af de enkelte bygningsdele fremgår af afsnit 3, *Mest for indsatsen*. Afsnittet skal illustrere, hvor meget man almindeligvis kan nedsætte energiforbruget. Eksemplet er valgt ud fra et 'almindeligt' isoleringsniveau for et småhus fra før 1979, der isoleres op til gældende energikrav i BR10. Eksemplet skal lede småhusejeren ind på hvilke bygningsdele, der er opnået størst energibesparelse ved at efterisolere.

Bagerst i anvisningen findes *Appendiks A. Tabeller* med tabeller over U-værdi-krav til bygningsdele og linjetab i henhold til Bygningsreglement 2010 (BR10), herunder også tabel 1 fra bilag 6 i BR10 med oversigt over konstruktioner, der normalt vil være rentable at efterisolere i forbindelse med renovering og udskiftning (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010). Desuden er der tabeller med U-værdier for typisk anvendte konstruktioner i småhuse baseret på bilag til *Håndbog for energikonsulenter* (Energistyrelsen, 2008).

Hustyper

På baggrund af afsnit 2, *Krav og anbefalinger*, og afsnit 3, *Mest for indsatsen*, kan potentialet for energibesparelse vurderes. Dette skal sammenholdes med udgifterne til energirenoveringen. Herefter kan husejeren ved også at inddrage afsnit 4, *Efterisolering ud fra småhusstype*, der beskriver forskellige typiske hustyper, vurdere, hvilke efterisoleringstiltag, der skal udføres.

Ofte vil en småhusejer kun være interesseret i at efterisolere dele af huset. Derfor og for at gøre anvisningen mere overskuelig, gennemgås klimaskærmens enkelte bygningsdele hver for sig i de efterfølgende afsnit.

Bestemmelse af konstruktionstype

Måske har man som småhusejer allerede en ide om, hvor efterisoleringsindsatsen er mest rentabel, eller man har en plan om at foretage indgreb i dele af huset, fx skifte vinduerne, og overvejer samtidig at efterisolere ydervæggene. Mulighederne for indgreb og besparelspotentialet afhænger af, hvordan de enkelte bygningsdele er opbygget, og dermed hvilken bygningsdelstype, der er tale om.

Udgangspunktet for anvisningen er almindeligt forekommende konstruktioner. Det er dog nødvendigt, at brugeren selv undersøger hvilken konstruktionstype, der er tale om i det enkelte tilfælde.

Opførelsestidspunkt

Her kan småhusets opførelsestidspunkt være retningsgivende. Anvisningens afsnit 4, *Efterisolering ud fra småhustype*, beskriver en række typiske småhustyper, så husejeren kan genfinde sit eget hus og blive ledt videre i, hvor det sandsynligvis vil være hensigtsmæssigt at renovere netop denne type småhus. Afsnittet beskriver de svagheder, der er ved hustyperne, og muligheder for efterisolering af bygningsdelene.

Tag, ydervæg og dæk

Hvis konstruktionen ikke umiddelbart er synlig eller beskrevet på for eksempel tegninger af huset, giver afsnit 5, *Efterisolering af tag*, afsnit 6, *Efterisolering af ydervæg*, og afsnit 7, *Efterisolering af terræn- og kælderdek*, en beskrivelse af, hvad der er karakteristisk for forskellige konstruktionstyper inden for de enkelte bygningsdele. Dette kan hjælpe yderligere til at bestemme hvilken konstruktionstype, der kan være anvendt til hhv. tag, ydervægge og dæk i det konkrete småhus.

Når det er fastlagt hvilken bygningsdel, der skal renoveres, beskriver afsnittene om de enkelte bygningsdele også reduktionen i varmetab ved de forskellige efterisoleringsløsninger.

Tabel 1 giver en oversigt over, hvordan forskellige bygningsdele normalt kombineres, hvilket blandt andet er afhængig af opførelsestidspunktet. De fleste af de beskrevne bygningsdelstyper kan sammensættes. Det er blot ikke alle sammensætninger, der er lige almindelige.

Vinduer og yderdøre

Renovering af vinduer og yderdøre omtales kun kort, da dette ofte er et spørgsmål om almindeligt vedligehold. Udskiftning af vinduer og yderdøre falder ikke under begrebet efterisolering, men behandles kort i afsnit 8, *Vinduer og yderdøre*. Det skyldes, at i småhuse med et stort samlet varmetab er årsagen ofte udtjente ældre vinduer og yderdøre. Det vil derfor være naturligt at overveje renovering eller udskiftning af vinduer og yderdøre, når det vurderes, hvordan varmeudgiften til et småhus kan nedsættes.

Dertil kommer, at det bør overvejes, hvordan vinduer og yderdøre skal håndteres, hvis man vælger at efterisolere ydervæggene. Det gælder ikke mindst i forbindelse med udvendig efterisolering, hvor effekten af efterisoleringen forbedres ved at flytte vinduerne ud.

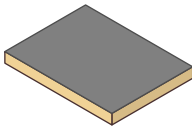
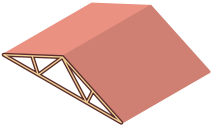
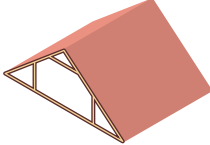
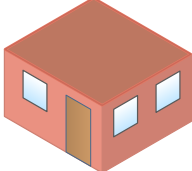
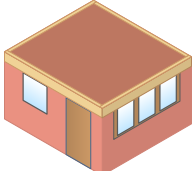
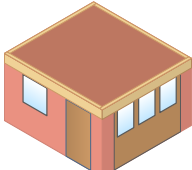
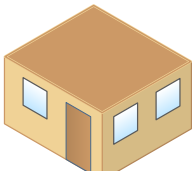
Da det sjældent er rentabelt at flytte eksisterende vinduer og yderdøre, er det almindeligt at overveje en egentlig vinduesudskiftning. Desuden er sammenbygningen mellem ydervæg og vindue væsentlig for at minimere kuldebroer og få udført en lufttæt samling.

Samlinger

Detaljer og energibesparelse ved samlinger mellem bygningsdelene

er beskrevet i afsnit 9, *Varmetab i samlinger*. Her beskrives, hvordan kuldebroer kan reduceres, så energitabet reduceres, og der ikke opstår lokale områder, hvor temperaturen bliver så lav, at der kan opstå misfarvninger herunder skimmelvækst.

Tabel 1. Typiske kombinationer af typer ydervæg, tag og dæk med angivelse af hvor almindelig kombinationen er. Afsnitshenvisningerne angiver, hvor hustypen med den pågældende kombination behandles. X = almindelig kombination, (X) = sjældnere kombination, O = Usædvanlig kombination.

Typiske kombinationer af bygningsdele	 Fladt tag (Paralleltag)	 Gitterspærtag (Ventileret tagrum)	 Hanebåndstag (paralleltag/ventileret tagrum)
 Fuldmuret ydervæg	Usædvanlig kombination	Terrændæk: X Krybekælder: (X) Kælder: (X) Afsnit: 4.2 og 4.4	Terrændæk: X Krybekælder: X Kælder: X Afsnit: 4.2
 Muret brystning, vinduesbånd og kraftig tagrem	Terrændæk: X Krybekælder: O Kælder: O Afsnit: 4.3	Terrændæk: (X) Krybekælder: O Kælder: O Afsnit: 4.3	Terrændæk: X Krybekælder: O Kælder: O Afsnit: 4.3
 Vinduesbånd, let brystning og kraftig tagrem	Terrændæk: X Krybekælder: (X) Kælder: O Afsnit: 4.3	Terrændæk: X Krybekælder: (X) Kælder: O Afsnit: 4.3	Usædvanlig kombination
 Let ydervæg	Usædvanlig kombination	Terrændæk: X Krybekælder: (X) Kælder: O Afsnit: 4.5	Terrændæk: X Krybekælder: (X) Kælder: O Afsnit: 4.5