



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger



ENERGILØSNINGER

Videncenter for Energibesparelser i Bygninger – opdateret september 2022

Klimaskærm



Kom godt i gang med energirenovering

Energiløsningerne, som du finder her i kataloget, er udviklet af Videncenter for Energibesparelser i Bygninger. De giver dig praktiske anvisninger på, hvordan der opnås en god energistandard i eksisterende bygninger.

Der er energiløsninger til stort set alle bygningsdele og installationer. I dette katalog finder du energiløsninger til klimaskærmen, mens energiløsninger til installationer i enfamiliehuse og energiløsninger til etageejendomme er samlet i to andre tilsvarende katalog.

Energiløsningerne er fuldt opdaterede i forhold til BR18 og giver svar på, hvordan bygningen gøres mere energirigtig, hvor store besparelser der kan opnås, og hvordan arbejdet udføres korrekt.

Med energiløsningerne i hånden er det lettere at få bygningsejerne interesserede i energiforbedringer og finde ud af, hvad der kan gøres i en konkret bygning.

Ved hjælp af energiløsningerne kan du lave dine egne beregninger for en konkret bygning, eller du kan benytte beregneren, som ligger på vores hjemmeside.

Har du spørgsmål til stort eller småt omkring energieffektivisering af bygninger, og hvordan det gennemføres, er vores telefoner åbne dagligt.

Ring til os på telefon **7220 2255**

Du kan også skrive til

info@ByggeriOgEnergi.dk

Find yderligere information og beregner på

www.ByggeriOgEnergi.dk



Katalog for klimaskærm

TAG OG LOFT

• Efterisolering af fladt tag.....	5
• Efterisolering af mansardtag - indefra	10
• Efterisolering af loft.....	17
• Efterisolering af skunk	23
• Efterisolering af tagrem	30
• Efterisolering af skråvæg/loft til kip - indefra.....	34
• Efterisolering af skråvæg/loft til kip - udefra.....	39
• Udsiftning af ovenlyskupler	45
• Udsiftning af ovenlysvinduer	49

FACADE, VINDUER, RUDER OG DØRE

• Udsiftning af vinduer med termoruder.....	55
• Udsiftning af termoruder.....	60
• Energiforbedring af vinduer med forsatsrammer	65
• Energiforbedring af vinduer med koblede rammer	70
• Udsiftning af vinduer med ét lag glas	75
• Udsiftning af yerdøre.....	81
• Hulmursisolering	85
• Udvendig efterisolering af let ydervæg	89
• Indvendig efterisolering af let ydervæg.....	93
• Udvendig efterisolering af tung ydervæg	97
• Murede ydervægge - udvendig efterisolering med flytning af formur... ..	101

GULV, SOKKEL/FUNDAMENT OG KÆLDER

• Efterisolering af sokkel	108
• Efterisolering af terrændæk ved opbygning af nyt terrændæk	113
• Efterisolering af kældergulv	119
• Dæk over krybekælder ændres til nyt terrændæk.....	124
• Efterisolering af gulv over uopvarmet kælder	130
• Indvendig efterisolering af kældervæg.....	135
• Udvendig efterisolering af kældervæg	140

FRA LAMBDVÆRDI TIL ISOLERINGSTYKKELSER	146
ØVRIGE ENERGILØSNINGER	147



TAG OG LOFT

Efterisolering af loft og den øvrige tagkonstruktion inklusiv tagrem, skunk og skråvægge samt udskiftning af nye ovenlysvinduer eller -kupper giver gode besparelser på energiregningen og en god komfort.

Det er især vigtigt, at håndværkeren opfordrer bygningsejeren til at få øget isoleringstykkelsen og gøre noget ved ovenlysene, når der alligevel skal foretages arbejde på tag og loft. Det giver mulighed for god rentabilitet for bygningsejeren, fordi der i forvejen er renoveringsarbejde i gang.

Se besparelspotentialer, og hvordan arbejdet udføres korrekt på de næste sider.

Efterisolering af fladt tag

Flade tage med tagpap er typiske for enfamiliehuse opført fra 1960 til 2000. Tagene er ofte udført som kolde tage, hvor varmeisoleringen er anbragt i tagkonstruktionen - oftest i en bjælkekonstruktion, eller som varme tage, hvor varmeisoleringen er anbragt uden på tagkonstruktionen - eksempelvis på et betondæk.

En stor del af bygningerne er bygget i en periode med relativt beskedne krav til varmeisoleringen. Hvis tagkonstruktionen er isoleret med mindre end 100 mm, bør det flade tag efterisoleres - mindst svarende U-værdi på maksimalt 0,12 W/m²K svarende til ca. 300 mm mineraluldisolering (kl. 37 mW/mK).

Efterisolering udføres nemmest som en udvendig efterisolering ovenpå det eksisterende tag og afsluttes med en ny tagdækning. Arbejdet kan med fordel udføres, når tagdækningen alligevel skal fornyes.

For nogle flade tage kan en spærløsning med hældning være et alternativ. Denne løsning indgår ikke her i energiløsningen.

Energibesparelse

Eksisterende isoleringstykkelse	Ny samlet isoleringstykkelse	
	300 mm isolering U=0,12 W/m ² K	400 mm isolering U=0,10 W/m ² K
	Energibesparelse i kWh/m ² pr. år	
0 mm*	112	114
50 mm	50	52
75 mm	34	36
100 mm	25	27
125 mm	18	20
150 mm	13	15
175 mm	9	11
200 mm	7	9

*) Tag med ringe isolering (beton med 50 mm letbeton/ træbjælkelag med 22 mm tangmåtte).

Forudsætning: Efterisoleringen udføres med et til konstruktionen egnet isoleringsmateriale med en lambda-værdi på højst 37-38 mW/mK. Anvendes andet egnet isoleringsmateriale ændres isoleringstykkelsen afhængigt af lambda-værdien.

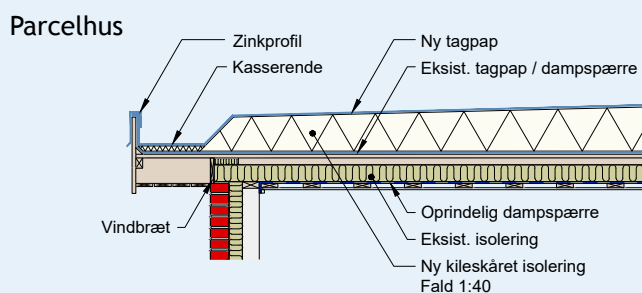


Fig. 1 Koldt tag: Udvendig merisolering af koldt tag med kasserende langs stern.

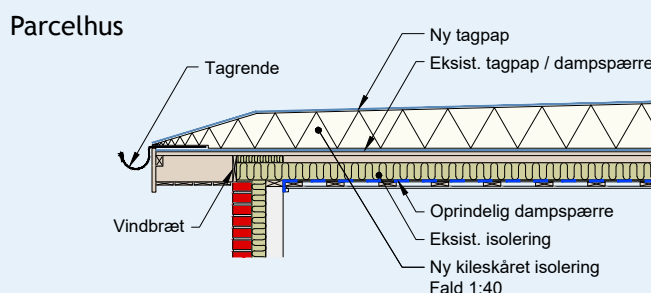


Fig. 2 Koldt tag: Udvendig merisolering af koldt tag med en ny udvendig tagrende, så høj sternkant undgås.

Funkisvilla

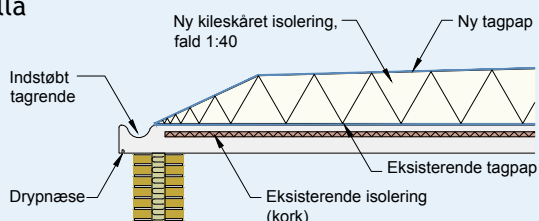


Fig. 3 Varmt tag: Typisk varmt tag med udvendig isolering.

Fordele

- Mindre varmetab gennem taget
- Ny vandtæt tagdækning og bedre afvanding af taget
- Forbedring af fugtforhold og nedsat risiko for skimmel eller svamp
- Varmere loft og bedre indeklima
- Lavere varmeregning
- Lavere CO₂ udledning
- Øget ejendomsværdi

Indeklima

Når taget efterisoleres, bliver loftets overflade varmere. Er arbejdet udført korrekt, mindskes risikoen for kondens på loftets inderside og deraf følgende skimmelangreb. Samtidig undgås træk i form af kuldenedfald fra de kolde overflader.

Fugtforhold og isoleringstykkelse for flade tage

Den ny isolering kan modvirke fugtforhold, der giver grobund for skimmel, eller giver svampeangreb på organisk materiale. Tykkelsen af efterisoleringen skal sikre en sund konstruktion uden fugtproblemer. Ved efterisolering udlægges den nye isolering på oversiden af konstruktionen og afsluttes med tagdækning. Den gamle tagpap dækning kommer til at fungere som dampspærre, derfor er tykkelsen og isolansen af den ny isolering vigtig. I eksemplerne nedenfor er forudsat isoleringsmaterialer med samme lambda-værdi, som den eksisterende isolering.

For fugtbelastningsklasse 2: Boliger med lav beboelsestæthed anbefales, at den ny isolering svarer til mindst halvanden gang den oprindelige isolering ud fra fugtmæssige hensyn. For fugtbelastningsklasse 3: Boliger med høj beboelsestæthed anbefales, at den ny isolering svarer til mindst tre gange den oprindelige isolering ud fra fugtmæssige hensyn.

Da fugtbelastningsklassen er vanskelig at fastlægge, bør den ny isolering svare til mindst to eller gerne tre gange den eksisterende isolering, hvis den gamle tagdækning ikke fjernes.

Eksempler:

Eksisterende isolering 75 mm, ny isolering + 225 mm (= eksist. * 3), i alt 300 mm

Eksisterende isolering 100 mm, ny isolering + 300 mm (= eksist. * 3), i alt 400 mm

Eksisterende isolering 150 mm, ny isolering + 300 mm (= eksist. * 2) i alt 450 mm

Eksisterende isolering 200 mm, ny isolering + 400 mm (= eksist. * 2) i alt 500 mm

Det bemærkes, at anbefalingerne også gælder de tagarealer, hvor isoleringen er kileskåret og dermed tyndere.

Ved udvendig efterisolering af et koldt tag lukkes det ventilerede hulrum når fugtforholdene er acceptable. Hvis fugtigheden i træ og isolering i det eksisterende tag er op til 15 %, kan lukningen evt. gennemføres i forbindelse med efterisoleringen. Hvis fugtigheden er højere, men falder til 15% efter et år - kan ventilationen derefter lukkes. Hvis der efter 1 år stadig er et højere fugtniveau, er konstruktionen formentlig fejludført, så der løbende tilføres fugt til taget. Derfor skal problematikken udredes og årsagen findes og udbedres, inden evt. tvangsudtørring.

Hvis ventilationen ikke lukkes det første år - har efterisoleringen kun ca. 70 % af den forventede effekt. Når ventilationen i et koldt tag lukkes, omdannes konstruktionen til et varmt tag.

Eksempel på energibesparelse

Forudsætninger	Et parcelhus i et plan med et loftareal på 140 m ² skal have nyt tag. I den forbindelse efterisoleres taget udefra, så loftisoleringen bliver fremtidssikret. Den eksisterende tagkonstruktion er udført med 100 mm isolering. Der efterisoleres med yderligere 300 mm til i alt 400 mm isolering. Naturgaspris: 7,60 kr. pr. m ³ . Gaskedlen er ny og kondenserende.
Årlig energibesparelse kWh pr. m²	27 kWh/m ²
Årlig energibesparelse kWh	27 kWh/m ² x 140 m ² = 3.780 kWh
Årlig energibesparelse m³	3.780 kWh / 11 kWh/m ³ = 344 m ³
Økonomisk besparelse, år 1, kr.	13,80 kr./m ³ x 344 m ³ = 4.742 kr.
Årlig CO₂-besparelse kg	0,205 kg/kWh x 3780 kWh = 775 kg / 0,7 ton

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Udførelse

Tagkonstruktionen skal udføres med effektivt afvandingsystem til regnvand. Det anbefales, at det udføres med synlige nedløbsrør og tagrender af hensyn til senere inspektion.

Der skal tages hensyn til faldet på den eksisterende tagflade ved at planlægge fald mod afløb på den nye, efterisolerede tagflade. Ved tage med ineffektivt eller intet fald anvendes kileskåret isoleringsmateriale med fald på mindst 1:40.

Udtjente ovenlyskupler udskiftes, inden den nye konstruktion opbygges, og der udføres en tæt samling til den eksisterende tagbelægning. Se Videncentrets energiløsning: "Udskiftning af ovenlyskupler". Inddækningshøjden ved ovenlys, gennemføringer og tilslutning til andre bygninger skal være mindst 150 mm.

Eventuelle taghætter for udluftning af tagpaptag fjernes helt, og hullet efter dem lukkes tæt.

Isoleringen udlægges direkte på den eksisterende tagbelægning med en isoleringstykkelse, der over hele tagarealet svarer til mindst 2 gange isoleringstykkelsen, i det eksisterende tag. Isoleringen udlægges med forskudte samlinger og fastgøres mekanisk til den eksisterende tagkonstruktion.

Hvis det eksisterende tag er "koldt", dvs. med en ventilationsspalte mellem isoleringslag og tagdækning, skal spalten lukkes effektivt for ikke at miste effekten af efterisoleringslaget. Når det er sikret, at isolering og konstruktion ikke er opfugtet (se under fugtforhold), isoleres spalten og beskyttes mod genneblæsning, fx med fugede vindbrædder.

Sternkanten udføres med en højde, der passer til husets arkitektur. Der kan evt. udføres en skrå afslutning af efterisoleringslaget for at mindske den visuelle effekt af den øgede isolering set nedefra.

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Tagkonstruktion	Er fugtforhold i konstruktionen undersøgt?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 1
Tagkonstruktion	Er tagkonstruktionen tør, uden råd, svamp eller insektangreb?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 2
Tagdækning	Er der skader på den eksisterende tagdækning, der har medført fugtindtrængning?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 3
Tagdækning	Er der lunger og buler på tagfladen?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 4
Tagdækning	Er der built-up tag med stenbelægning?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 5
Taghætter	Er taget forsynet med taghætter?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 6
Ovenlyskupler	Er der ældre ovenlyskupler?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 7
Aftrækskanaler	Er der aftrækskanaler til naturlig ventilation?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 8
Andre gennembrydninger	Er der fx el-, antenne- eller alarminstallationer?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 9

1. Forundersøgelse og fugt

Det anbefales, at der foretages en gennemgang af den eksisterende konstruktion inden efterisoleringen. Det vurderes om den eksisterende konstruktion fugtmæssigt har fungeret korrekt. Vurderingen har fokus på, at undgå fremtidige svampeskader og skimmelvækst i et ventileret koldt tag, eller for at undgå reduceret effekt af isoleringen i et varmt tag. Gennemgangen skal yderligere afklare om konstruktionen kan optage belastningen fra efterisoleringen. Hvis anbefalingerne til den ny isoleringstykkelse fraviges, gennemføres en fugtteknisk beregning. Den relative fugtighed på tagdækningen (den fremtidige dampspærre) må højst være 75%.

2. Fugt i tagkonstruktion

Ved særligt fugtige områder med våd isolering og skimmelvækst skal kilderne til opfugtningen findes (fx utæt tagdækning eller inddækninger, mekaniske fastgørelser og ventilering med rumluft). Våd isolering udskiftes, den eksisterende konstruktion udbedres, og evt. skimmelsvamp afrensnes inden efterisolering. Ved tegn på råd, svamp eller insektangreb i loft eller tagkonstruktionen, kontaktes særlig fagkyndig person og forsikringssselskab.

3. Tagdækning

Den eksisterende tagdækning rengøres og efterses for evt. skader og fejl. Disse skal udbedres, så der sikres en tæt tagdækning, der kan fungere som dampspærre i den nye konstruktion.

4. Lunger og buler

Inden efterisoleringen udføres, skal den eksisterende tagdækning være tæt, helt tør og uden lunger eller buler. Lunger og evt. spring mellem elementer og konstruktionsdele skal udjævnes.

Større lunger på den eksisterende tagflade udfyldes - fx med løse letklinker. Mindre lunger kan udlignes ved at udlægge tagpapstrimler eller en afretningsmasse bestående af perlite og asfalt. Buler punkteres og repareres, så tagappen er tæt.

5. Built-up tag

Ved efterisolering af en ældre built-up tagdækning med sten fjernes løst liggende sten. Isoleringsmaterialet vælges - fx hård mineraluld med blød underside - så resterende sten kan presses ind i isoleringsmaterialet, og luftlommer undgås ved den mekaniske fastgørelse.

6. Taghætter

Taghætter for udluftning af tagpaptag fjernes, og konstruktionen tjekkes for fugt inden huller lukkes. Der er risiko for, at hætterne har skabt undertryk i tagkonstruktionen med øget oprængning af rumluft og fugttilgang til konstruktionen. Der kan dermed være udviklet skimmelsvampevækst på undersiden af tagbrædder/-finer i et omfang som medfører påvirkning af indeklimaet og dermed behov for skimmelsanering.

7. Ovenlyskupler

Normalt skal ovenlyskupler udskiftes i forbindelse med, at tagbelægningen skiftes, idet ovenlyskupler af ældre dato isolerer meget dårligt. Der skal efterfølgende udføres en tæt samling til både den nye og gamle tagbelægning. Den nye tagbelægning udføres med en opkant på mindst 150 mm omkring ovenlyskuplen. Ved udskiftning af ovenlyskupler skal der anvendes isolerede karme dels for at undgå kondens på karmene og dels for at opfylde isoleringskravene.

8. Aftrækskanaler

Aftrækskanaler skal forlænges, efterses for skader og evt. rengøres. Både den nye og den eksisterende tagdækning skal slutte helt tæt omkring disse. Aftrækskanaler bør være kondensisolerede.

9. Andre gennembrydninger

El-, antenne- eller alarminstallationer mv. skal afmonteres, inden efterisoleringen udføres.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved efterisolering af en tag/loft-konstruktion stiller bygningsreglementet krav om at efterisolering gennemføres i det omfang, det er rentabelt, og ikke medfører risiko for fugtskader.

For traditionelt byggeri med fladt tag vil det normalt betyde, at den samlede isoleringstykkelse af eksisterende og ny isolering skal opfylde kravet til en U-værdi på maksimalt 0,12 W/m²K. Dette svarer fx til ca. 300 mm mineraluldisolering (kl. 37 mW/mK). Det er kun i tilfælde af, at U-værdikravet ikke kan opfyldes og der i forvejen ligger mindre end 75 mm udefra eller 100 mm indefra, at der skal foretages en eftervisning af manglende rentabilitet. I tilfælde af manglende rentabilitet stilles der krav om, at det undersøges om en mindre efterisoleringsløsning er rentabel.

En efterisoleringsløsning er rentabel, hvis Besparelse x Levetid / Investering > 1,33. I investeringen medtages kun omkostninger til udførelsen af selve isoleringsarbejdet, isoleringsmaterialer og evt. ny dampspærre og andet snævert følgearbejde.

Levetiden for efterisoleringsarbejdet antages altid at være 40 år og den årlige økonomiske besparelse udregnes med udgangspunkt i det eksisterende isoleringsniveau og den aktuelle varmepris.

I tilfælde af en total udskiftning af en tagkonstruktion skal U-værdi-kravet (0,12 W/m²K) altid opfyldes, uanset rentabilitet.

Yderligere information

Se udførelsesvejledninger hos isoleringsproducenter.

VIF: VarmeisoleringsForeningens produktoversigt
www.vif-isolering.dk

SBi-anvisninger:

239: Efterisolering af småhuse - energibesparelser og planlægning
 240: Efterisolering af småhuse - byggetekniske løsninger
 224: Fugt i bygninger
www.build.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade:

(27) 13 12 28 Efterisolering af flade tage
 (27) 13 06 05 Tagkonstruktioner med lille hældning
 (47) 13 06 06 Udvendigt isolerede flade tage
 (47) 11 12 29 Afledning af vand fra flade tage ved skybrud
 (27) 10 03 22 Varme tage - efterisolering og fugtforhold
 (47) 09 08 10 Afvandingsforhold på flade tage - lunkeudfyldning, nye afløb og øget hældning
 (39) 08 06 30 Dampspærre - udførelse og detaljer mod opvarmede rum
 (39) 18 12 12 To dampspærre - ved nybyggeri og renovering

www.byg-erfa.dk

Bygningsreglementet

www.bygningsreglementet.dk

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:

www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.



Efterisolering af mansardtag - indefra

Villaer og lignende ejendomme bygget fra ca. 1860 - 1930 kan være udført med mansardtag. Nærværende løsning kan benyttes, hvis ikke taget skal fornyes. Hvis taget skal fornyes, kan efterisoleringen med fordel foretages udefra. (Se evt. energiløsningerne "Efterisolering af skråvæg udefra" og "Efterisolering af skunk").

Et mansardtag består af to dele - en nedre del, mansardetagen, med en næsten lodret tagflade og en øvre del, med et almindeligt sadeltag. Efterisolering af et mansardtag kan omfatte både mansardvægge, der en er de rumhøje skunkvægge i mansardetagen, skråvægge, almindelige skunkvægge, lofter og gulve.

Efterisolering bør udføres, hvis isoleringstykkelserne er mindre end 150 mm. Arbejdet kan udføres indefra evt. suppleret med arbejde udefra fx ved tagfod.

Arbejdet omfatter etablering af tæt dampspærre og isolering af konstruktionen samt etablering af korrekt ventilation af skråvæggen og tagkonstruktionen. For at muliggøre en isoleringstykkelse på 300 mm er det oftest nødvendigt at ombygge skunkvægge og øge spærerne indvendigt, evt. kombineret med vandrette lægter, isolering og beklædning på indersiden.

Efterisolering af skunke og mansardvæg og skråvæg forudsætter, at det vurderes at løsningerne kan udføres forsvarligt indefra, evt. suppleret med arbejde udefra. Energiløsningen kan eksempelvis anvendes, hvis tagbelægningen ikke ønskes fornyet, hvis påføring af spær

udefra vil resultere i omfattende følgearbejder, eller ændre bygningens fremtræden markant.

Hvis tagbelægningen skal udskiftes, vil efterisoleringen med fordel kunne udføres udefra.

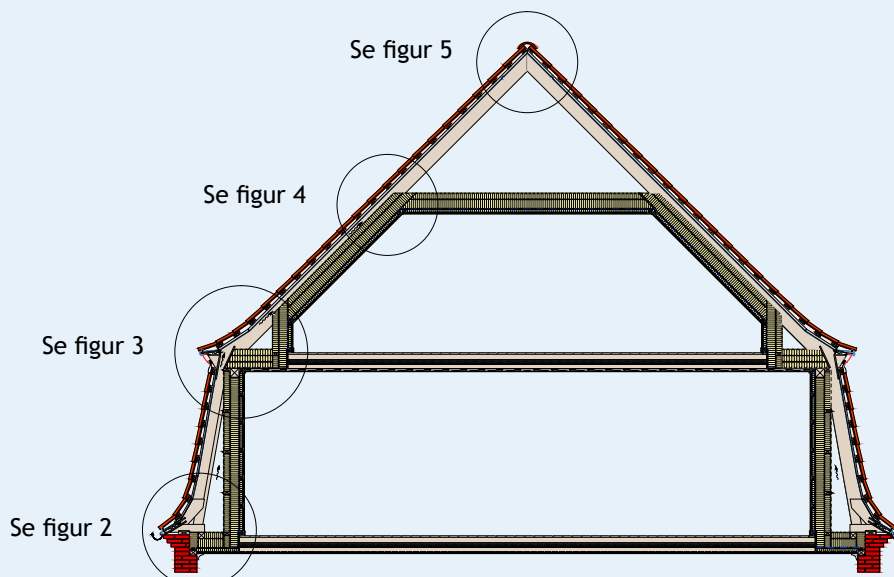
Efterisoleringen bør ske til nedenstående minimumsanbefalinger eller til et mere fremtidssikret lavenerginiveau.

Vær opmærksom på, at der kan være krav til brand og lyd, der ikke indgår i denne energiløsning.

Se i øvrigt energiløsningerne for:
Efterisolering af skunk, Efterisolering af skråvæg, udefra og Efterisolering af loft.

Fordele

- Mindre varmetab gennem mansardtaget.
- Varmere overflader mod det fri og mindre træk
- Lavere varmeregning
- Forbedring af fugtforhold i konstruktionerne og nedsat risiko for skimmel og svamp
- Lavere CO₂ udledning
- Øget ejendomsværdi



Energibesparelse

Ny samlet isoleringstykkelse		
Eksisterende isoleringstykkelse	Efterisolering af mansardvægge, skunke, loft og skråvæg	
	300 mm isolering U = 0,12	400 mm isolering U = 0,10
	Energibesparelse i kWh/m ² pr. år	
0 mm	129	131
50 mm	44	46
100 mm	24	26
125 mm	18	20
150 mm	14	16
175 mm	12	14
200 mm	10	12

Forudsætning

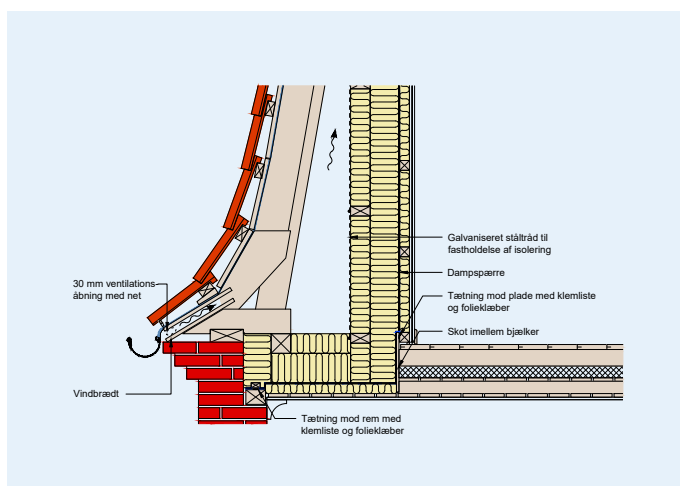
Efterisoleringen udføres med et til konstruktionen egnet isoleringsmateriale med en lambdaværdi på højst 37- 38 mW/m K. For isolering med lavere lambdaværdier kan tykkelsen reduceres. Eksempelvis svarer 150 mm isolering med lambda 31 mW/m K til 180 mm med lambda 37 mW/m K.

Se Videncentrets isoleringstabel:

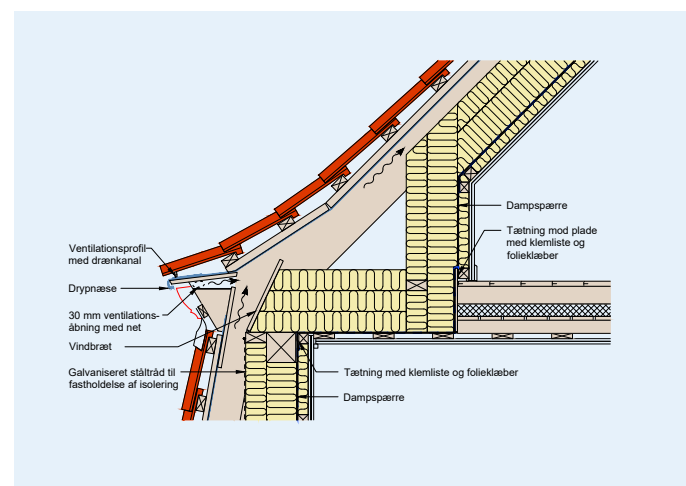
www.byggeriogenergi.dk/media/1697/fra-lambdav-rdi-til-isoleringstykkelse.pdf

Indeklima

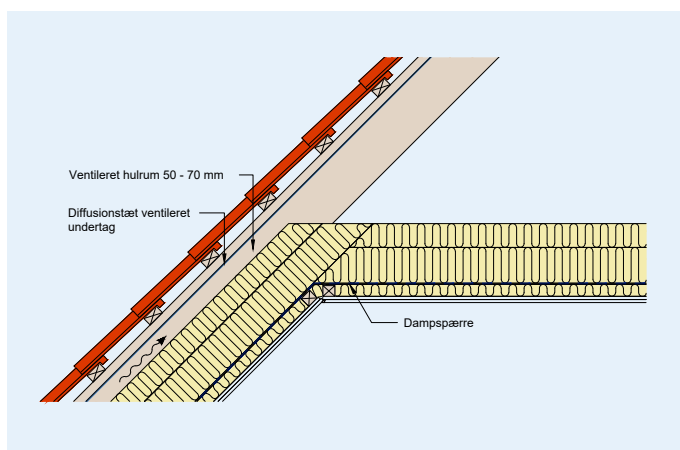
Ved efterisolering af et mansardtag bliver de indvendige overflader varmere og træk i form af kuldenedfald fra kolde overflader eller fra kold indtrængende luft i bjælkelag undgået. Samtidig mindsker risikoen for kondens med deraf følgende skimmelangreb.



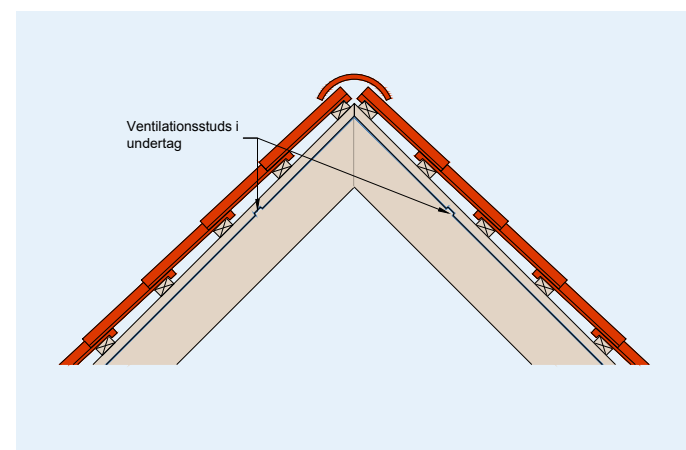
Figur 2: Snittegning i bunden af mansardtaget.



Figur 3: Snittegning i toppen af mansardtaget, hvor det fortsætter i skråtag med skunke.



Figur 4: Snittegning, hvor skråtage og hanebånd mødes.



Figur 5: Snittegning af kip i skråtag med undertag.

Eksempel på energibesparelse

Forudsætninger	<p>Tagbelægningen og undertaget er i god stand og har mange års levetid tilbage. Loftrummet over mansardetagen er efterisoleret med 300 mm isolering og har tæt dampspærre, så det besluttes kun at efterisolere mansardvæggene indefra for at løse problemet og opnå bedre komfort.</p> <p>Mansardetagen har et etageareal på 120 m², og væggene er 260 cm høje. Det samlede areal af mansardvæggene er 89 m², når vinduernes areal er fratrukket. Gulvene i skunkrummene bag mansardvæggene har et areal på i alt 15 m².</p> <p>Mansardvæggene er kun isoleret med 50 mm isolering, og det samme gælder gulvene. I tre rum er der en uisolert skunklem på 60 x 60 cm.</p> <p>Mansardvæggene og gulvene i skunkrummene efterisoleres op til en samlet tykkelse på i alt 300 mm. Skunklemmene efterisoleres med 100 mm polystyrenplade.</p> <p>Villaen opvarmes med naturgas.</p> <p>Naturgaspris: 13,80 kr. pr. m³. Gaskedlen er ny og kondenserende.</p>	
Årlig energibesparelse kWh pr. m²	Efterisolering mansardvægge:	44 kWh/m ²
	Efterisolering skungulve:	44 kWh/m ²
	Efterisolering af skunklemme:	43 kWh/stk
Årlig energibesparelse kWh	Efterisolering mansardvægge: (areal fratrukket skunklemme)	44 kWh/m ² x 89 m ² = 3.916 kWh
	Efterisolering skungulve:	44 kWh/m ² x 15 m ² = 660 kWh
	Efterisolering af skunklemme:	43 kWh/m ² x 3 stk. = 129 kWh
	I alt	4.705 kWh
Årlig energibesparelse m³ gas	4.705/11 kWh/m ³ =	428 m ³
Økonomisk besparelse år 1, kr.	13,80 kr./m ³ x 428 m ³ =	5.906 kr
Årlig CO₂-besparelse kg	0,205 kg/kWh x 4.705 kWh =	965 kg eller ca. 0,9 ton

Varmeproduktion ved forskellige brændsler
 1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
 (højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Fugtforhold ved isolering af mansardkonstruktion

En tæt dampspærre og effektiv ventilation af mansardkonstruktionen er forudsætning for en succesfuld energirenovering. Konstruktioner med træ eller træbaserede materialer er særligt sårbare overfor fugtbelastning fra indeluften. De naturlige trykforhold omkring mansardtaget betyder, at selv en meget lille utæthed kan resultere i betydelig transport af fugt ind i konstruktionen.

Fugten kan tilføres fra tilstødende opvarmede rum gennem utætte lofts- og vægbeklædninger, gennem utæt dampspærre, utætte lemme og ved diffusion gennem lofter og vægge. Yderligere kan tilføres fugt fra nedbør og fra kondens på afkølede tagflader uden undertag.

Den nye isolering vil nedsætte temperaturen i mansardskunk, skunk, yderst i skråvæg og på hanebåndsloftet.

Dermed øges luftfugtigheden og fugtigheden på overflader, især i vinter og forårsmåneder. Dette kan give grobund for skimmel på organisk materiale og risiko for svampeangreb på trækonstruktionen. Derfor skal luftfugtigheden i mansardkonstruktionerne holdes nede.

Lufttæthed sikres bedst ved indvendig beklædning - et eksisterende intakt pudset loft eller en ny fuldpartlet gipspladebeklædning. Hertil en tæt sammenhængende dampspærre på isoleringens varme side kombineret med en korrekt og tilstrækkelig ventilation af skunkrum, skrå tagflade og loft. Endelig skal tagfladen med undertag være tæt mod slagregn og fygesne. Evt. lemme skal kunne lukke helt lufttæt, ligesom fuger omkring rør og kanalføringer skal tætnes effektivt.

Det er vigtigt, at der etableres en tæt dampspærre typisk på spærenes inderside, indvendigt beskyttet af 50 mm isolering mellem lægter, og en lufttæt beklædning - fx en fuldpartlet gipspladebeklædning. På den udvendige side af dampspærren, skal der minimum isoleres med to tredjedele af den samlede isoleringstykkelse.

Nødvendig ventilation af mansardkonstruktionen

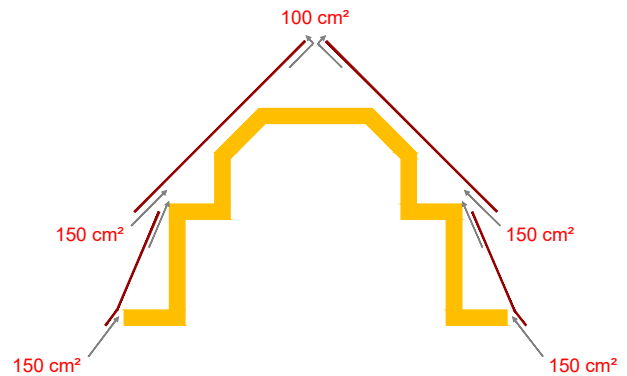
I forbindelse med efterisoleringen forbedres konstruktionens ventilation, så risikoen for fugtrelaterede problemer mindskes.

Ved mansardskunk, skunkrum og loft etableres ventilationsåbninger, der er fordelt, så der ikke opstår utilstrækkeligt ventilerede områder i tagkonstruktionen. Det samlede areal af ventilationsåbningerne bør erfaringsmæssigt være mindst 1/500 af det bebyggede areal. Areal for ventilationsåbninger er nettoareal, dvs. ved net, snefangrør mv. skal bruttoåbningen være tilsvarende større. Ved anvendelse af insektnet i åbningerne skal arealet være dobbelt så stort: 1/250 af det bebyggede areal.



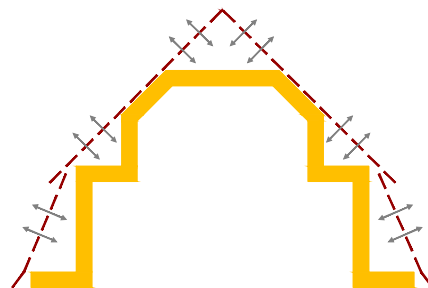
Mansardtag

Ved mansardfod og sadeltagsfod monteres vindbrædder, som beskytter isoleringen mod gennemluftning og som leder ventilationsluften op til det sammenhængende ventilerede hulrum i tagkonstruktionen. Over vindbrædderne skal der være en ventilationsåbning med net på 30 mm svarende til erfaringstallet. For at hindre brandspredning skal ventilationspalter ved mansardfod og sadeltagsfod beklædes i top og bund, fx med 12 mm krydsfinér. Kanalerne skal være min. 300 mm lange og højst 30 mm høj.



Erfaringstallene svarer til: Ved diffusionstæt ventileret undertag (ventilation mellem undertag og isolering):

Der etableres en 150 cm² spalte i hver side ved mansardtagets fod i hvert spærfag, og ved overgangen mellem mansardtag og hanebåndstag. Hertil en 100 cm² spalte i hver side øverst ved kip i hvert spærfag. Ventilationen sikres via skunkrum, og i skråvægge via en luftspalte mellem isolering og det diffusionstætte undertag (50 mm ved fast undertag og 70 mm ved banevarer).



En ventilationsstuds skiftevis i top og bund af skunkrum og loftsrums

Ved diffusionsåbent undertag (ventilation mellem tagdækning og undertag):

Ved mansardtagets fod og for hanebåndstag kan etableres 150 cm² spalte i hver side i hvert spærfag, og 100 cm² i hver side øverst ved kip i hvert spærfag. Alternativt etableres ventilationsstudse (50 cm²) pr. spærfag, skiftevis ved de to skunke og ved kip. Studsene placeres parvis nederst og øverst i hvert spærfag, se illustration. Ventilationen sker via en 20-30 mm ventilationsspalte mellem undertag og tagbelægning.

Udførelse

Indvendig efterisolering af et mansardtag foretages, når mansardetagen står for omfattende renovering. Hvis taget udskiftes, foretages isoleringen udefra. Den begrænsede plads i mansardvæggen med det næsten lodrette tag lige bag ved gør, at det er nødvendigt at flytte væggen indad. Dvs. nedtage den eksisterende vægbeklædning, eventuel dampspærre og isolering for at udføre indvendig efterisolering. I samme omgang demonteres radiatorer og elinstallationer, og rør- og kabelføringer ændres, så installationerne tilpasses den efterisolerede mansardvæg og er uden skjulte samlinger.

En forudsætning for arbejdets udførelse er, at tag eller undertag bag væggen er tilstrækkeligt tæt til at modstå vand og fygese udefra.

Over den underliggende ydervæg monteres vindbrædder, som beskytter isoleringen mod gennemblæsning og leder ventilationsluften op i tagrummet. Vindbrædderne skal stikke mindst 50 mm op over isoleringens overside og fuges tæt i samlinger og mod murværk og spær. Vindbrædderne skal desuden sikres mod opfugtning fra murværket. Vindbrædderne skal sikre en ventilationsåbning med net på minimum 30 mm. Spalten må ikke blokeres af fx nedhængende undertag.

I gulvet mellem bjælkerne monteres der et skot af krydsfiner eller andet egnet plademateriale under de kommende mansardvægge. Samlinger mellem skot, bjælker og underliggende loftbeklædning fuges for at sikre, at skottene er lufttætte. Ny dampspærre udlægges mellem bjælkerne og klemmes og klæbes med klemlister og klæbemasse til skot under skunkvægge, til bjælkerne og til rem eller murværk ved ydervæggen. I gulvet i den nederste skunk kan der med fordel placeres 50 mm hård isolering som underlag for dampspærren for at hindre, at den bliver perforeret af den underliggende konstruktion.

Gulvisoleringen i mansardskunkene udføres med flere isoleringslag med forskudte samlinger eller alternativt granulat. Der anvendes evt. et par løse brædder som flytbar arbejdsplads, så beskadigelse af det udlagte isoleringslag mellem bjælkerne undgås.

Mansardstolperne påføres et skelet af lægter eller regler, så der kan isoleres op til den ønskede tykkelse. Væggene efterisoleres med flere isoleringslag med forskudte samlinger. Til fastholdelse af isoleringen inde i skunkrummene monteres forskallingsbrædder eller galvaniseret ståltråd pr. 300 mm. Det skal sikres, at der er tilstrækkelig ventilation mellem isolering og tagbelægning eller undertag, og at evt. nedhængende undertag ikke blokerer for ventilationen.

Hvis ikke mansardvæggen flyttes langt nok ind til, at der er plads til isoleringen, kan det være nødvendigt at udføre isoleringslaget i væggen med varierende tykkelse alt efter pladsforholdene, så der bliver tykkere isoleringslag i bunden af skunkrummene og tyndere lag i toppen.

Ny dampspærre opsættes på den varme side af isoleringen, og tapes eller klemmes og klæbes fast i bunden mod det damptætte skot monteret i bjælkelaget. I toppen af mansardvæggene samles dampspærren med loftets dampspærre eller lufttæt med klæbet og klemt samling mod den eksisterende loftbeklædning. På den varme side af dampspærren udføres isoleringslag på 50 mm, eller maksimalt en tredjedel af den samlede isoleringstykkelse. Isoleringslaget beskytter dampspærren mod senere perforering ved opsætning af den nye vægbeklædning, indbygning af stikdåser e.l.

Udførelsen af dampspærren med tætte tilslutninger og samlinger er ekstremt vigtig for at undgå, at varm fugtig luft kommer ind bag isoleringen og kondenserer, med risiko for skimmel og svamp inde i væggen. Dampspærresamlinger skal udføres med mindst 150 mm overlæg, over fast underlag og enten tapet eller klæbet og klemt sammen som beskrevet. Fugemasser, klæbemidler og tape skal anvendes på rengjorte overflader for at sikre tilstrækkelig vedhæftning og tæthed.

Der afsluttes med ny vægbeklædning af gipsplader og tilpasning af nye lysningspaneler mv. omkring kviste og vinduer. For at opnå damptætte konstruktioner er det vigtigt, at dampspærren fortsættes med tætte samlinger omkring skunklemme, kviste, vinduer og evt. rør- eller kabelgennemføringer. Lemme i mansardvægge isoleres, og samlingerne mellem lemme og vægge skal udføres med tætningslister for lufttæt lukning.

Alternativ løsning

Som alternativ til efterisolering af de lodrette mansardvægge som beskrevet ovenfor, kan den næsten lodrette tagflade efterisoleres i stedet. Efterisolering udføres da som beskrevet for efterisolering af skråvægge, se energiløsningen "Efterisolering af skråvæg/loft til kip - indefra".

Det sikres, at der i hele tagfladen er tilstrækkelig hulrum mellem isolering og tagbelægning eller undertag for ventilering af tagkonstruktionen. Mellem de næsten lodrette spær i mansardetagen skal opsættes forskallingsbrædder eller ståltråd på den kolde side af isoleringen for at hindre isoleringen i at blive suget ud i det ventilerede hulrum. På de bærende lodrette mansardstolperne afsluttes med en lodret væg af gipsplade, hvorpå stikkontakter og radiatorer kan monteres.

Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Mulighed for samlet løsning	Er arbejdets omfang og fremgangsmåde afklaret?	Ja [] Nej []	Hvis nej: Se 1
Ventilation	Er ventilationen af mansardkonstruktionen valgt?	Ja [] Nej []	Hvis nej: Se 2
Dampspærre	Er eksisterende dampspærre intakt?	Ja [] Nej []	Hvis nej: Se 3
Fugt i konstruktionen	Er tagkonstruktionen tør og sund?	Ja [] Nej []	Hvis nej: Se 4
Adgangsforhold	Er adgangsmuligheder undersøgt?	Ja [] Nej []	Hvis nej: Se 5
Ovenlysvinduer og kviste	Er der ældre ovenlys og ældre kviste?	Ja [] Nej []	Hvis ja: Se 6
Gulv og bjælkelag i skunke	Er isolering og tætning afklaret?	Ja [] Nej []	Hvis nej: Se 7
Installationer i skunke	Er der installationer i mansardskunk og skunke?	Ja [] Nej []	Hvis ja: Se 8
Elinstallationer	Er der el-installationer i mansardvægge og skunkvægge?	Ja [] Nej []	Hvis ja: Se 9
Aftrækskanaler	Er aftrækskanaler ført gennem tagkonstruktionen ?	Ja [] Nej []	Hvis ja: Se 10

1. Valg af løsning

Overvej de samlede muligheder ud fra disse Energiløsninger: Efterisolering af loft, Efterisolering af skråvæg - udefra og Efterisolering af skunk, samt ud fra tagkonstruktionens beskaffenhed, herunder tagdækning, ventilation, undertag, isolering og dampspærre. Arbejdets samlede omfang, økonomi og bygningens fremtræden skal inddrages i overvejelserne. Som led i vurderingen, bør en samlet tagrenovering omfattende ny tagdækning, tagrender, inddækninger, undertag, ventilation, isolering og følgearbejder indgå.

2. Ventilation

Ventilation af mansard skunk, skråvæg, skunk og loft er afgørende for fugtforholdene. Der skal etableres effektiv ventilation af tagkonstruktionen med spalter ved tagfod og i toppen af skunkrum, alternativt med ventilationsstudse. Nuværende forhold gennemgås, og det vurderes, hvordan den nødvendige ventilation kan tilvejebringes i henhold til anbefalingerne ovenfor.

3. Dampspærre

Hvis dampspærren er defekt eller mangler, skal der monteres en ny, helt tæt dampspærre i forbindelse med isolering på konstruktionens inderside. Eksisterende isolering og eventuel dampspærre skal oftest fjernes, som udgangspunkt for opbygning af den ny konstruktion. Ødelagt, fugtig eller nedtrådt isolering udskiftes eller udbedres.

4. Tagkonstruktion - fugt

Ved fugtige områder med våd isolering og skimmelvækst skal kilderne til opfugtningen findes (utæt tagdækning eller inddækninger, eller utætheder i loftkonstruktion med kondensskader som følge). Hvis der er tegn på råd, svamp (herunder skimmelsvamp) eller insektangreb i tagkonstruktionen, tilkaldes særlig fagkyndig eller

forsikrings-selskab. Årsagen til eventuelle skader fjernes, konstruktionen udbedres, og eventuel skimmelsvamp afrenses inden efterisoleringen udføres.

5. Adgangs- og arbejdsforhold

Vurdér, hvordan arbejdet kan udføres korrekt indefra - herunder ud fra antal skunkrum med eller uden adgangsløkke, skunkrummets størrelse, omfang af arbejder ved tagfod, og mulighederne for at etablere en sammenhængende isolering med tæt dampspærre. Lemme til skunke skal isoleres og være luft- og damptætte (eller blændes). Evt. gennembrydninger etableret i forbindelse med arbejdet blændes.

6. Ovenlysvinduer og kviste

Oftest bør ældre ovenlysvinduer udskiftes i forbindelse med en tagrenovering ligesom kviste bør renoveres. Ovenlysvinduer kan overvejes udskiftet til nye, og kviste kan få nye vinduer og isolering af flunker og tag i forbindelse med efterisolering af mansardtag. Dampspærren i den efterisolerede tagkonstruktion skal tilpasses det dampspærende lag i kviste og mod nye lysningspaneler ved ovenlys. (Se i øvrigt Energiløsningerne: Kvist - efterisolering og Ovenlysvinduer - udskiftning)

7. Bjælkelag/gulv i skunke

Hvis gulvet er videreført i skunkrum, bør det fjernes for inspektion af bjælkelaget og efterisolering mellem bjælker/spærfod. Det er vigtigt, at der kan udføres en effektiv lufttætning mellem bjælkerne, gerne under skunkvæggen med fuget plade, fx krydsfinér. Hvis det er muligt bør eventuelle indskudsbrædder og ler fjernes for at give mest mulig plads til isoleringen. Da indskudsler isolerer mod brand og lyd, vil fjernelse af indskudsler kræve, at forhold omkring brand og lyd afklares og løses i henhold til gældende krav.

8. Installationer i skunke

Hvis der er rør til varmforsyning eller brugsvand, eller elinstallationer mv. i en kold skunk, skal der sikres adgang til inspektion af disse. Rørisolering øges for at hindre varmetab eller frostskafer. Alternativt flyttes installationerne.

9. Elinstallationer

Hvis der er lampeudtag, stikkontakter eller andre elinstallationer, skal de flyttes af autoriseret installatør, da skjulte samlinger ikke må forefindes. Elinstallationer bør føres på den varme side af dampspærren. Evt. gennembrydninger af dampspærren for føring af elinstallationer skal tætnes.

10. Aftrækskanaler

Er der ført ventilationsaftrækskanaler igennem tagkonstruktionen skal disse efterses og evt. udbedres og rengøres. Det er vigtigt at dampspærren slutter helt tæt om disse, og at aftrækskanalerne på den kolde side af isoleringen er isoleret.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved efterisolering af et mansardtag stiller bygningsreglementet krav om at efterisolering til en U-værdi på maksimalt 0,12 W/m²K gennemføres i det omfang, det er rentabelt, og ikke medfører risiko for fugtskader.

Dette svarer fx til ca. 300 mm mineraluldsisolering (kl. 37 mW/mK).

Kravet til efterisolering gælder alle delflader af mansardkonstruktionen. Hvis efterisolering til 300 mm af byggetekniske årsager ikke er rentabel kan der være en efterisoleringsløsning til et lavere niveau, som er rentabelt. Bygningsreglementet stiller så krav om, at det i stedet er dette arbejde, der skal udføres.

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Det er kun i tilfælde af at U-værdi-kravet ikke kan opfyldes og der ligger 150 mm isolering eller mindre i forvejen, at der skal foretages en eftervisning af den manglende rentabilitet. I tilfælde af manglende rentabilitet, stilles der krav om, at det efterfølgende undersøges, om en mindre efterisoleringsløsning er rentabel.

En efterisoleringsløsning er rentabel, hvis $Besparelse \times Levetid / Investering > 1,33$. I investeringen medtages kun omkostninger til udførelsen af selve isoleringsarbejdet, isoleringsmaterialer og evt. ny dampspærre og flytning af installationer og andet snævert følgearbejde. Levetiden for efterisoleringsarbejdet antages altid at være 40 år og den årlige økonomiske besparelse udregnes med udgangspunkt i det eksisterende isoleringsniveau og den aktuelle varmepris.

Yderligere information:

Se udførelsesvejledninger hos isoleringsleverandører.

SBi-anvisninger

SBi-anvisning 224: Fugt i bygninger

SBI-anvisning 239: Energibesparelser og planlægning

www.build.dk

VIF: VarmeisoleringsForeningens produktoversigt

www.vif-isolering.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade

(27) 07 06 29 Undertage - diffusionstætte og

diffusionsåbne

(27) 13 11 05 Tagkonstruktioner med stor hældning

(39) 15 12 29 Dampspærre - monteringsdetaljer

www.byg-erfa.dk

Bygningsreglementet

www.bygningsreglementet.dk

Dansk Undertagsklassifikationsordning

www.duko.dk

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:

www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

Efterisolering af loft

Energiløsningen gælder for efterisolering af loftet i ikke udnyttede tagrum, typisk for tagkonstruktion med gitterspær eller for hanebåndsløft.

Dækkonstruktionen ved gitterspærfag har typisk isolering mellem spærfodder med dampspærre og loftbeklædning på undersiden. Ved betondæk eller evt. tegldæk er isoleringen lagt ud på dækkets overside, og dampspærre kan være udeladt. Hanebåndsløftet har typisk bjælkelag med indskudsler med forskalling, rør og puds på undersiden.

En stor del af bygningsmassen er opført i en periode med ingen eller relativt beskedne krav til varmeisolering. Mange er dog blevet efterisoleret siden opførelsen, typisk op til 200 mm.

Arbejdet med efterisolering omfatter etablering af tæt og holdbar dampspærre, udlægning af efterisoleringen ovenpå konstruktionen samt etablering af undertag og korrekt ventilation af loftrum. Ofte indgår isoleringsarbejdet som led i en større tagrenovering.

Se i øvrigt Energi-løsningerne for store bygninger: Efterisolering af skråvæg og Efterisolering af skunk.

Hvis loftet er isoleret med op til 175 mm, bør det

efterisoleres til en U-værdi på maksimalt $0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ svarende til ca. 300 mm mineraluldsisolering (kl 37 mW/mK) eller til rentabelt niveau. Se BR krav sidst i energiløsningen.

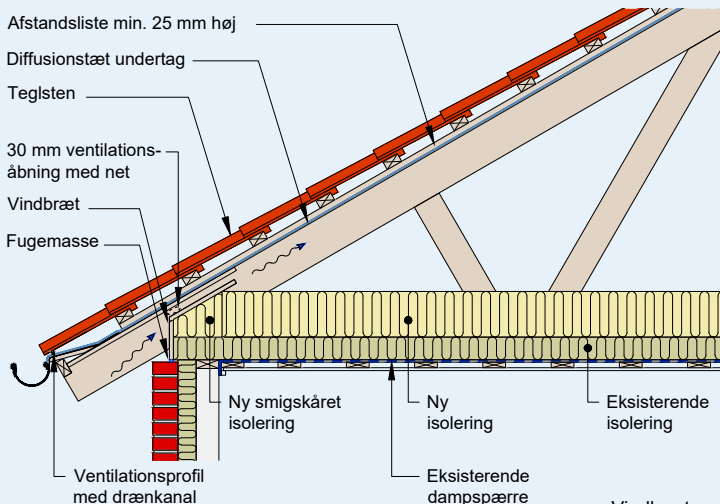
Fordele

- Mindre varmetab gennem tagkonstruktionen
- Varmere loft i øverste etage og bedre indeklima
- Lavere varmeregning
- Forbedring af fugtforhold i tagkonstruktionen og nedsat risiko for skimmel eller svamp
- Lavere CO_2 udledning
- Øget ejendomsværdi

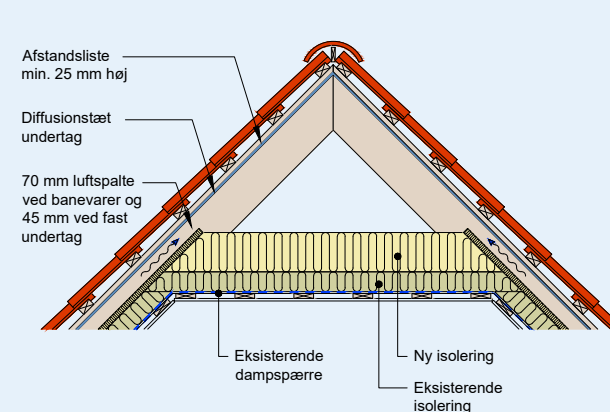
Indeklima

Når loftet efterisoleres, bliver loftets overflade i de underliggende opvarmede rum varmere, så risikoen for kondens og deraf følgende skimmelangreb minimeres. Samtidig undgås træk i form af kuldene-fald fra de kolde overflader.

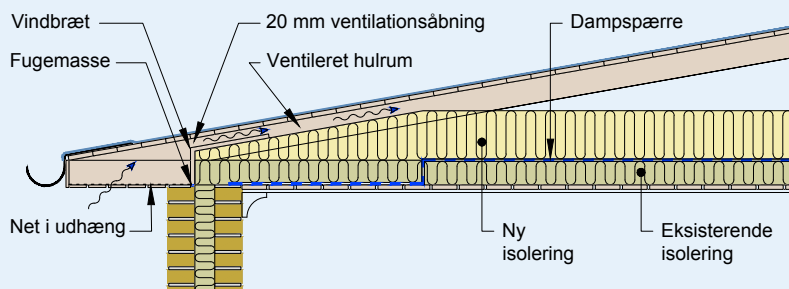
Gitterspærsløft (parcelhus, statslånshus)



Hanebåndsløft (parcelhus, muremestervilla, 50'er villa i 11/2 plan)



Funkisvilla, bungalow



Fugtforhold ved isolering af loftkonstruktion

Konstruktioner med træ eller træbaserede materialer er særligt sårbare overfor fugtbelastning fra indeluften. De naturlige trykforhold omkring en tagkonstruktion betyder, at selv en meget lille utæthed kan resultere i betydelig transport af fugt ind i konstruktionen. Dermed er der øget grobund for skimmel på organisk materiale og risiko for svampeangreb.

Luftfugtigheden i loftrummet skal holdes nede, dels ved at begrænse fugtindtrængning nedefra mest muligt, dels ved korrekt og tilstrækkelig ventilation af loftrummet. Endelig kræves der en tagflade, som er tæt for slagregn og fygesne. Den nye isolering vil nedsætte temperaturen i loftrummet og dermed øge den relative luftfugtighed og fugtigheden på overflader især i vinter og forårsmånederne.

Den indvendige loftbeklædning skal være lufttæt. Hvis der er tvivl om tæthed, kan der ved efterisolering etableres en ny lufttæt dampspærre.

I konstruktioner med intakte pudsede lofter eller fuldspartlet gipspladebeklædning kan efterisoleres med fleksibel isolering, fx plader eller løsfyld af mineraluld eller cellulosebaseret fibermateriale uden etablering af dampspærre. Det er vigtigt, at der ikke er spalter mellem isolering og spær mv., som kan tillade opstrømning af fugtig rumluft. Tykkelsen af isoleringen er uden betydning. Det er en forudsætning:

- at lufttætheden af loftkonstruktionen er tilstrækkelig. Dette kan kontrolleres ved at undersøge tagkonstruktionen, inden efterisolering påbegyndes. Hvis der ikke er synlige tegn på opfugtning eller skimmelvækst, kan lufttætheden vurderes som tilstrækkelig.
- at de konstruktionsdele, som er omfattet, er tilgængelige for inspektion, dvs. uudnyttede tag-rum, spidslofter, skunkrum mv.
- at ventilationsforholdene i tagrummet efter efterisolering opfylder gældende retningslinjer for ventilation af den pågældende type tagkonstruktion.

Loftkonstruktionens tæthed må ikke reduceres for eksempel ved perforeringer med spots, nedtagning af plader eller anden ændring af konstruktionen. Konstruktionsdele, der er omfattet af efterisoleringen, skal fremover være tilgængelige for inspektion

Eksempel på energibesparelse

Forudsætninger	På et 130 m ² loft med 100 mm eksisterende isolering udlægges yderligere 200 mm isolering til i alt 300 mm isolering. Naturgaspris: 13,80 kr. pr. m ³ . Gaskedlen er ny og kondenserende.
Årlig energibesparelse kWh pr. m ²	24 kWh/m ²
Årlig energibesparelse kWh	130 m ² x 24 kWh/ kWh/m ² = 3.120 kWh/år
Årlig energibesparelse m ³	3.120 kWh / 11 kWh/m ³ = 284 m ³
Økonomisk besparelse år 1, kr.	13,80 kr./m ³ x 284 m ³ = 3.914 kr.
Årlig CO ₂ -besparelse kg	0,205 kg/kWh x 3.120 kWh = 640 kg/0,6 tons

Energibesparelse

Ny samlet isoleringstykkel		
Eksisterende isoleringstykkel	300 mm isolering U = 0,12 W/m ² K	400 mm isolering U = 0,10 W/m ² K
Energibesparelse i kWh/m ² pr. år		
0 mm ^{*)}	64	66
50 mm	44	46
100 mm	24	26
125 mm	18	20
150 mm	14	16
175 mm	12	14
200 mm	10	12

**) Uisoleret konstruktion med 20-25 mm af ældre isoleringstyper*

Forudsætning

Efterisoleringen udføres med et til konstruktionen egnet isoleringsmateriale med en lambda-værdi på 37-38 mW/m K. Benyttes andre egnede isoleringsmaterialer ændres tykkelsen afhængigt af lambda-værdien.

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højst for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Nødvendig ventilation af kolde loftrum

Der skal etableres ventilationsåbninger, der er fordelt, så der ikke opstår utilstrækkeligt ventilerede områder. Det samlede nettoareal af ventilationsåbningerne ved tagfod og i kip skal erfaringsmæssigt være mindst 1/500 af det bebyggede areal. For ventilationsåbninger med net skal arealet fordobles til mindst 1/250 af det bebyggede areal.

Erfaringstallene svarer til:

Gitterspærfag - for hvert spærmellemrum

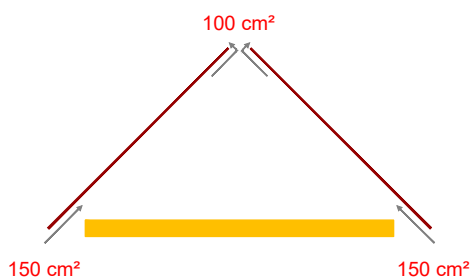
Ved diffusionstæt undertag: 150 cm² spalte i hver side ved tagfod og 100 cm² i hver side øverst ved kip i hvert spærfag. Ved diffusionsåbent undertag: 1 ventilationsstuds (50 cm²) pr. spærfag, skiftevis ved tagfod og øverst ved kip. For at sikre tilstrækkelig ventilation tilføjes yderligere ventilationsspalter ved tagfod, som ved diffusionstæt undertag, og i kip i hvert spærfag i begge tagflader. Spalte i kip kan erstattes af en ventilationsstuds i hvert spærfag i begge tagflader.

Hanebåndsløft - for hvert spær mellemrum

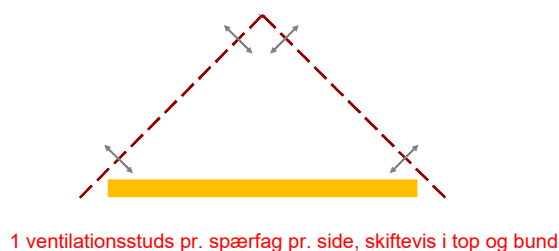
Ved diffusionstæt undertag: 150 cm² spalte i hver side ved spærfod og 100 cm² i hver side øverst ved kip i hvert spærfag. Ved diffusionsåbent undertag: 1 ventilationsstuds (50 cm²) pr. spærfag, skiftevis ved hanebånd og øverst ved kip.

For at hindre brandspredning og for at holde isoleringen på plads, skal ventilationsspalter ved tagfod beklædes i top og bund, fx med 12 mm krydsfinér. Kanalen skal være min. 300 mm lang og højst 30 mm høj.

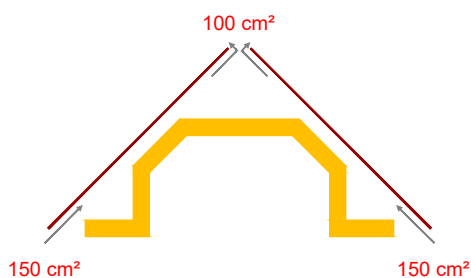
For tage med lav hældning, fx under 10° kan etableres ventilation fra ventilationsspalter ved tagfod via det flade loftrum til ventilationsspalter ved modsatte tagfod, ventilationsspalte ved kip kan evt. udelades.

Ventilation af kolde loftrum

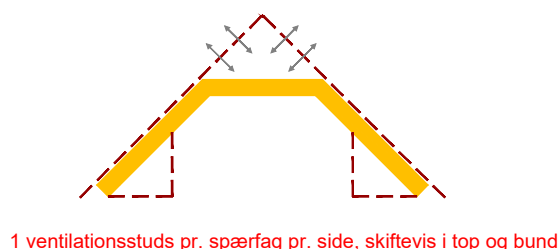
Gitterspær - diffusionstæt



Gitterspær - diffusionsåbent



Hanebåndsløft - diffusionstæt



Hanebåndsløft - diffusionsåbent

Udførelse

Eksisterende isolering og dampspærre fjernes - med mindre dampspærren er helt tæt, også mod de tilstødende bygningsdele, og isoleringen er i god stand (se nedenfor). For bjælkelag med lerindskud fjernes indskud og indskudsbrædder.

I nogle tilfælde kan en del af isoleringen genanvendes, hvis den er i god stand.

Over ydervæggen mellem spærene og parallelt med taglæggerne monteres vindbrædder, som beskytter isoleringen mod gennemluftning og leder ventilationsluften gennem en ventilationsåbning op i tagrummet. Vindbrædderne udføres af krydsfiner eller lignende og monteres mod lister på spærene. Vindbrædderne fuges mod spær og rem eller mur samt i samling mellem lodret og skrå vindbræt. Over vindbrædderne skal der være en ventilationsåbning med net på min. 30 mm svarende til erfaringstal. Det lodrette vindbræt monteres længst muligt ude over ydervæggen, så kuldebroer begrænses. Ventilationsåbninger må ikke blokeres af isolering eller nedhængende undertag. For undertag af banevarer eller træfiberplader bør spalten derfor øges til mindst 50 mm.

Ved vanskeligt tilgængelige tagfodder, hvor det ikke er muligt at montere en plade mellem spærene, kan anvendes omhyggeligt tilskåret fast isolering.

Ved uventilerede undertage (kun muligt ved diffusionsåbne undertage og absolut tæt dampspærre), hvor det ikke er muligt at etablere ventilationsspalte ved tagfoden, etableres ventilationsstudse lige over isoleringslaget.

Den indvendige beklædning skal være lufttæt. Hvis der er tvivl om tæthed, kan der ved efterisolering etableres en ny lufttæt dampspærre, der erstatter den oprindelige.

Dampspærren kan etableres på konstruktionen overside i loftrummet, når den eksisterende isolering er fjernet. Dampspærren føres 50 mm op ad spærser, hanebånd og ydervæg eller remme. Den tapes fast og hæftes eller klemmes bag liste på rengjort fast underlag med fugebånd eller fugemasse, så der overalt opnås lufttætte samlinger. Hvis der stikker søm mv. op gennem loftskonstruktionen, udlægges 50 mm isolering som underlag, der hindrer, at den ny dampspærre perforeres.

Det kan være nemmere at montere dampspærren under den eksisterende loftbeklædning og opsætte ny loftbeklædning. Tæthed mod ydervæg og skillevægge skal sikres, og lampeudtag mv. skal være lufttætte. Loftlemme skal ligeledes være isolerede og lufttætte.

Alternativt kan en ny dampspærre etableres ovenpå den eksisterende isolering. Over dampspærren skal der i så fald som minimum isoleres med to tredjedele af den samlede isoleringstykkelse. Den eksisterende dampspærre kan forblive i konstruktionen. Denne løsning kan indebære konstruktive udfordringer mht. sikring af tæthed.

I konstruktioner med intakte pudsede lofter eller fuldpartlet gipspladebeklædning kan der som nævnt efterisoleres med fleksibel isolering, fx plader eller løsfyld af mineraluld eller cellulosebaseret fibermateriale uden etablering af dampspærre.

Konstruktionen efterisoleres til det valgte niveau, dvs. samlet 300 eller 400 mm. Isoleringen udlægges i flere lag med forskudte samlinger og sluttende tæt til konstruktioner, spær og vindbrædder ved facader. Der må ikke være luftlommer.

Typisk udlægges ét lag og evt. supplerende granulat mellem spærfodder til overside spærfod og to lag over spærfodderne eller hanebåndsbjælkerne. Større spalter udfyldes med afskårne isoleringsstrimler. Mindre spalter og huller fyldes med granulat, så isoleringen slutter tæt i samlinger og mod konstruktion. Isoleringen må ikke trykkes, og den smigskæres ved ventilationsspalter ved tagfod.

Isoleringen kan også udføres ved udblæsning af granulat på loftet. Det kræver, at vindbrædderne ved facaden stikker mindst 50 mm op over den indblæste isolerings færdige overside, så der ikke er risiko for, at ventilationen bliver blokeret.

Udækket isoleringsmateriale skal opfylde brandkrav mindst svarende til klasse A.

Gangbroer udført af tætte materialer fx krydsfiner hæves mindst 50 mm over den færdige isolering, så luften kan cirkulere under gangbroen. Gangbroen skal sikre færdsel fra loftlem til installationer, tagvinduer, eller inspektion af dele af taget, så isoleringen ikke trædes flad. Gangbroer kan indgå i afstivning af tagkonstruktionen.

Ventilationen af det kolde tagrum etableres i overensstemmelse med anbefalingerne tidligere. Tagdækningen gennemgås og udbedres eller udskiftes og forsynes med undertag. Derpå sikres effektiv ventilation af loftrummet med spalter ved tagfod/hanebåndsfod og kip – alternativt med ventilationsstudse.

Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Valg af løsning	Er en løsning for loftet valgt ud fra en helhedsbetragtning for hele taget?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 1
Tagdækning	Er tagdækningen i god stand og forsynet med undertag?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 2
Ventilation	Er loftsrummet effektivt ventileret?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 3
Dampspærre og isolering	Er der en tæt dampspærre i konstruktionen? Er isoleringen i god stand?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 4
Fugt, skimmel, råd, svamp, insektangreb	Er tagkonstruktionen tør og uden råd, svamp eller insektangreb?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 5
Adgangsforhold/loftsllem	Er der let adgang til loftet?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 6
Ventilationskanaler	Er der aftrækskanaler til naturlig ventilation eller ventilationsaggregat på loftet?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 7
Gangbro	Er eksisterende gangbro egnet, tilstrækkelig og med frit over isoleringen?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 8

1. Valg af løsning

Overvej de samlede muligheder ud fra Energiløsningerne: Efterisolering af loft, Efterisolering af skråvæg - udefra, og Efterisolering af skunk samt tagkonstruktionen, herunder tagdækning, ventilation og undertag, samt isolering og dampspærre.

2. Tagdækning

Hvis tagdækningen er ældet, utæt og uden undertag, skal den repareres eller evt. udskiftes i forbindelse med loftisoleringen. Som led i isoleringen kan en samlet tagreovering overvejes inklusive ny tagdækning, tagrender, inddækninger, undertag og ventilationsåbninger til korrekt ventilering af tagrum.

3. Ventilation

Ventilation af loftrummet er afgørende for fugtforholdene. Nuværende forhold gennemgås, og det vurderes, hvordan den nødvendige ventilation kan tilvejebringes i henhold til anbefalingerne ovenfor.

4. Dampspærre og isolering

Lufttætheden kontrolleres ved at undersøge tagkonstruktionen, inden efterisoleringen påbegyndes. Hvis der ikke er synlige tegn på opfugtning eller skimmelvækst, kan lufttætheden vurderes som tilstrækkelig. Hvis dampspærren er defekt eller mangler, skal der monteres en ny, tæt dampspærre med tætte samlinger til alle tilstødende bygningsdele. Se under "fugtforhold", om dampspærren kan udelades. Eksisterende isolering og dampspærre fjernes, og konstruktionen bygges op på ny. Ødelagt, fugtig eller nedtrådt isolering udskiftes eller udbedres. Dampspærren kan placeres på undersiden af loftet nedefra, hvis isoleringsarbejdet er et led i en egentlig bygningsreovering.

5. Fugt, skimmel, råd, svamp, insektangreb

Ved fugtige områder med våd isolering og skimmelvækst må kilderne til opfugtningen findes og fjernes (utæt tagdækning eller inddækninger eller utætheder i loftkonstruktionen med kondensskader som følge).

Hvis der er tegn på råd, svamp eller insektangreb i loft eller tagkonstruktion tilkaldes særlig fagkyndig eller forsikringsselskab. Årsagen til eventuelle skader fjernes, konstruktionen udbedres, og eventuel skimmelvækst afrenses, inden efterisoleringen udføres.

6. Adgangsforhold -loftlem

Det bemærkes, at adgangsforholdene kan være uhenigtsmæssige: fx via en stige og lille loftlem. Nogle hanebåndsløfter kan være uden adgang. Det kan være hensigtsmæssigt at etablere adgang gennem tagfladen, især når den indgår i de tilhørende arbejder. I forbindelse med arbejdet skal sikres, at loftlemmen er isoleret samt luft- og damptætte.

7. Ventilationskanaler

Aftrækskanaler for både naturlig og mekanisk ventilation af boligerne skal være tætte og bør kondensisoleres i forbindelse med efterisoleringen. Ventilatorer/ventilationsaggregater placeret på loftet hæves, så de står på den ny efterisolerede konstruktion. Under anlæggene kan anvendes fast diffusionsåben isolering som underlag for lydæmpende fliser.

8. Gangbroer

Gangbroer skal hæves svarende til den nye isoleringstykkel. Alternativt kan der anvendes særlige isolerede gangbroelementer oven på den eksisterende gangbro. Der skal være gangbro fra loftlem til alle relevante steder i tagrummet fx ovenlysvinduer og installationer samt på langs af tagrummet for inspektion og vedligeholdelse af taget. Eksisterende gangbroer kan være med til at afstive huset, så de må ikke bare sløjfes.

Der skal være fri ventilation over isoleringen, således at eventuel fugt i isoleringen kan fordampe til tagrummet og ventileres bort til det fri. Hvis der etableres gulv eller opbevaringsplads i tagrummet, skal der sørges for fri ventilation under.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet

Ved efterisolering af en tag/loft-konstruktion stiller bygningsreglementet krav om at efterisolering gennemføres til en U-værdi på maksimalt 0,12 W/m²K. Dette svarer fx til ca. 300 mm mineraluldsisolering (kl. 37 mW/mK) i det omfang, det er rentabelt, og ikke medfører risiko for fugtskader.

Hvis efterisolering til 300 mm af byggetekniske årsager ikke er rentabel kan der være en efterisoleringsløsning til et lavere niveau, som er rentabelt. Bygningsreglementet stiller så krav om, at det i stedet er dette arbejde, der skal udføres.

Det er kun i tilfælde af at U-værdi-kravet ikke kan opfyldes og der i forvejen ligger mindre end 175 mm, at der skal foretages en eftervisning af den manglende rentabilitet. I tilfælde af manglende rentabilitet, stilles der krav om at det efterfølgende undersøges, om en mindre efterisoleringsløsning er rentabel.

En efterisoleringsløsning er rentabel, hvis *Besparelse x Levetid / Investering* > 1,33. I investeringen medtages kun omkostninger til udførelsen af selve isoleringsarbejdet, isoleringsmaterialer og evt. ny dampspærre, flytning af gangbro eller installationer og evt. andet snævert følgearbejde. Levetiden for efterisoleringsarbejdet antages altid at være 40 år og den årlige økonomiske besparelse udregnes med udgangspunkt i det eksisterende isoleringsniveau og den aktuelle varmepris.

I forbindelse med udskiftning af mere end 50% af en tagbelægning stiller bygningsreglementet krav om, at der samtidigt efterisoleres til et rentabelt niveau. Ved mindre udskiftninger/reparationer af tagbelægningen (under 50%) stilles der ingen krav om efterisolering. I tilfælde af en total udskiftning af en tagkonstruktion skal U-værdi-kravet (0,12 W/m²K) altid opfyldes, uanset rentabilitet.

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Yderligere information

Se udførelsesvejledninger hos isoleringsproducenter.

VIF: VarmeløsningsForeningens produktoversigt
www.vif-isolering.dk

SBi-anvisninger:

221: Efterisolering af etageboliger

224: Fugt i bygninger

273: Tage

www.build.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade:

(27) 13 11 05 Tagkonstruktioner med stor hældning

(37) 21 06 15 Efterisolering af loftkonstruktioner

uden dampspærre i ventilerede tagrum

(39) 15 12 28 Dampspærrematerialer og fugttransport

(27) 07 06 29 Undertage - diffusionstætte og diffusionsåbne

(39) 08 06 30 Dampspærre - udførelse og detaljer mod opvarmede rum

(39) 18 12 12 To dampspærre - ved nybyggeri og renovering

www.byg-erfa.dk

Bygningsreglementet

www.bygningsreglementet.dk

Dansk Undertagsklassifikationsordning

www.duko.dk

Guide: Energirenovering af klimaskærm - større bygninger

Efterisolering af skråvæg - udefra, etageejendomme

Efterisolering af skunk, etageejendomme

www.ByggeriOgEnergi.dk

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:

www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

Efterisolering af skunk

Energiløsningen gælder for efterisolering af skunkrum i bygninger med tagkonstruktioner med hanebåndsspær og udnyttet tagetage. For ældre enfamiliehuse kan dækket i skunkrum typisk være udført som bjælkelag, evt. med gulv og med indskud samt forskalling, rør og puds på undersiden mod stueetagen.

Skunkvæggen kan være dobbelt bræddeskillevæg med imprægneret pap samt forskalling, rør og puds. Den tilstødende tagflade er ofte tegl på lægter uden undertag.

For nyere bygninger kan dækket typisk være udført som bjælkelag med eller uden indskud og afsluttet med forskalling og gipsplader på undersiden. Skunkvæggene er typisk trækonstruktioner med gipsplader og med tilsvarende isolering og dampspærre. Den oprindelige isolering har afhængigt af opførelsesår været mellem 25 mm og 150 mm og udført med dampspærre. Tilgængelige skunkrum er ofte efterisoleret, typisk op til 200 mm.

Arbejdet omfatter etablering af undertag og korrekt ventilation af tagkonstruktionen, tæt dampspærre og isolering. Ved isolering af skunkrummets dæk og væg opnås et koldt skunkrum, og derfor skal evt. varmerør enten flyttes eller have øget isolering. Hvis skråvæggen isoleres mellem spærene til tagfod, opnås et varmt skunkrum, hvilket er en fordel med hensyn til anvendelse. Evt. installationer er samtidig indenfor klimaskærmens varmeisolerings.

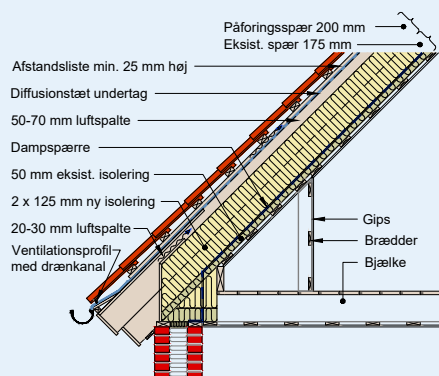
Arbejdet kan ses i sammenhæng med efterisolering af skråvæggen og en tagrenovering, der udføres udefra. Skunke kan i nogle tilfælde isoleres indefra, men ofte under vanskelige adgangs- og pladsforhold. Adgang til skunkrum sker via skunklemme; dele af skunken kan være utilgængelige.

Se i øvrigt Energiløsninger for énfamiliehuse:
Efterisolering af loft og Efterisolering af skråvæg.

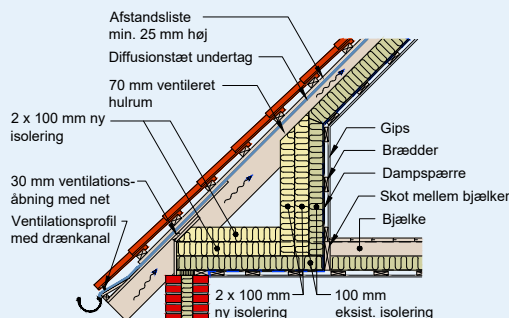
Hvis skunkens eksisterende isolering er mindre end 175 mm, bør skunken efterisoleres til U-værdi på maksimalt $0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ svarende til 300 mm isolering (ved kl. 37 mW/mK) eller til det niveau, der er rentabelt, jf. Bygningsreglementet. For nogle skunkrum kan pladsforholdene være afgørende for den valgte isoleringstykkel.

Det er en forudsætning, at der er en helt lufttæt konstruktion, og at ventilation af skunkrum og tagflade er korrekt. Uden dampspærre må isoleringstykkel ikke overskride 150 mm.

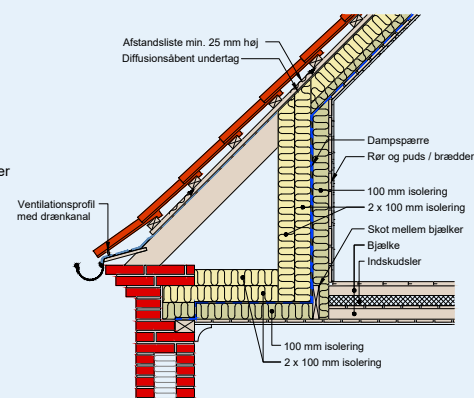
Varm skunk - diffusionstæt undertag



Kold skunk - Diffusionstæt undertag



Kold skunk - Diffusionsåben undertag



Indeklima

Når skunken efterisoleres, bliver det underliggende loft og skunkvæggen varmere, og det undgås, at der er træk i form af kuldenedfald fra de kolde overflader eller fra kold indtrængende luft i selve bjælkelaget. Er arbejdet udført korrekt, mindskes risikoen for kondens på loftets inderside, og dermed reduceres også risikoen for skimmelangreb.

Fordele

- Mindre varmetab gennem tagkonstruktionen
- Varmere skunkvægge og varmere loft i underliggende etage - bedre indeklima
- Lavere varmeregning
- Forbedring af fugtforhold i tagkonstruktionen og nedsat risiko for skimmel eller svamp
- Lavere CO₂-udledning
- Øget ejendomsværdi

Energibesparelse

Eksisterende Isoleringstykkelser - skunkgulv/skunkvæg	Ny samlet isoleringstykkelser*	
	300 mm isolering lambda 37 U = 0,12 W/m ² K	400 mm isolering lambda 37 U = 0,10 W/m ² K
0 mm**)	64	66
50 mm	50	52
75 mm	35	36
100 mm	23	25
125 mm	17	19
150 mm	13	15
175 mm	10	12
200 mm	7	9

*) Målet med energiløsningen er, at konstruktionen som minimum skal opfylde det niveau, der er rentabelt, jf. Bygningsreglementet. Dette krav må i nogle bygninger fraviges på grund af pladsforhold, konstruktive forhold eller hensyn til arkitektur.

**) Uisoleret konstruktion med 20-25 mm ældre isolering

Forudsætning

Efterisoleringen udføres med et til konstruktionen egnet isoleringsmateriale med en lambdaværdi på højst 37-38 mW/m K. For varm skunk fortsættes isoleringen af skråvæggen til tagfod.

For isolering med lavere lambdaværdier kan tykkelsen reduceres. Eksempelvis svarer 150 mm isolering med lambda 31 mW/m K til 180 mm med lambda 37 mW/m K.

Se Videncentrets isoleringstabel:

www.byggeriogenenergi.dk/media/1697/fra-lambdav-rdi-til-isoleringstykkelser.pdf

Fugtforhold ved isolering af skunkkonstruktion

Ved renovering af ældre tagkonstruktioner, som ikke er tætte, skal et nyt tæthedslan etableres. Dette gøres typisk med en dampspærre.

Konstruktioner med træ eller træbaserede materialer er særligt sårbare overfor fugtbelastning fra indeluften. De naturlige trykforhold omkring skunkrummet betyder, at selv en lille utæthed kan resultere i betydelig transport af fugt ind i konstruktionen.

Fugten kan tilføres fra tilstødende opvarmede rum (underliggende loft og skunkvæg) gennem utætte pudsede lofter og vægge, gennem utæt dampspærre, utæt skunklem og ved diffusion gennem lofter og vægge. Yderligere tilføres fugt fra nedbør og fra kondens på afkølede tagflader uden undertag.

Koldt skunkrum:

Ved koldt skunkrum vil den nye isolering nedsætte temperaturen i skunkrummet og dermed øge luftfugtigheden og fugtigheden på overflader, især i vinter og forårsmåned. Dermed kan der opstå skimmel på organisk materiale og risiko for svampeangreb af trækonstruktionen. Derfor skal luftfugtigheden i skunkrummet holdes nede. Det gøres f.x. med en helt lufttæt dampspærre på isoleringens varme side samt en korrekt og tilstrækkelig ventilation af skunkrummet og en tagflade der er tæt mod slagregn og fygesne. For den vandrette del kan lufttætte pudsede lofter eller fuldsparlet gipspladebeklædning benyttes som tæthedsplan, hvis de er intakte - dvs. uden huller og revner. Dette kræver, at lufttæthedens kontrolleres, at der ikke er tegn på opfugtning eller skimmelvækst, at de omfattede konstruktionsdele er tilgængelige for inspektion og at ventilationsforholdene opfylder retningslinjerne. Hvis skunken lukkes, er en tæt dampspærre nødvendig.

Dampspærren kan afhængigt af konstruktionen, og om arbejdet udføres indefra eller udefra, placeres på loft mod skunk og på skunkvæg eller op til 1/3 inde i isoleringslaget set indefra.

Løsningen vælges, så den kan kombineres med løsningen valgt for skråvæggen.

Evt. lemme skal kunne lukke helt lufttæt, og fuger omkring rør og kanalføringer skal tætnes effektivt.

Varm skunk:

Løsningen udføres udefra ofte ved påføring af spær, som udgangspunkt for en passende isoleringstykkelse. Ved etablering af en varm skunk, hvor tagfladen isoleres fra ydervæggen og op, etableres en tæt dampspærre inderst i forbindelse med den indvendige beklædning af den skrå tagflade, evt. beskyttet bag fx 5 cm isolering. Løsningen vælges, så den kan kombineres med løsningen valgt for skråvæggen.

Se også energiløsningerne: Efterisolering af skråvæg - loft til kip - udefra og Efterisolering af skråvæg - loft til kip - indefra.

Eksempel på energibesparelse

Forudsætninger	Et parcelhus med et etageareal på 130 m ² og udnyttet tagetage med en skunkvægshøjde på 1,2 m. Skunkvægsareal = 35 m ² . Skunkgulvsareal = 37 m ² . De er tre uisolerede skunklemme á 60 x 60 cm. Isoleringen på skunkvæggen øges til 400 mm fra oprindeligt 100 mm. Isoleringen på skunkgulvet/bjælkelaget øges til 300 mm fra oprindeligt 50 mm. Lemmen efterisoleres med en 100 mm polystyren plade. Huset opvarmes med naturgas. Naturgaspris: 13,80 kr. pr. m ³ . Gaskedlen er ny og kondenserende		
Årlig energibesparelse kWh	Skunkvæg:		26 kWh/m ²
	Skunkgulv:		44 kWh/m ²
	Pr. skunklem:		43 kWh/år
Årlig energibesparelse kWh	Skunkvæg:	35 m ² x 26 kWh/m ² =	910 kWh
	Skunkgulv:	37 m ² x 44 kWh/m ² =	1.638 kWh
	Skunklem:	3 x 43 kWh =	129 kWh
			<u>2.667 kWh</u>
Årlig energibesparelse m³		2.667 kWh / 11 kWh/m ³ =	242 m ³
Økonomisk besparelse år 1, kr.		13,80 kr./m ³ x 242 m ³ =	3.340 kr
Årlig CO₂-besparelse kg		0,205 kg/kWh x 2.667 kWh =	547 kg / 0,5 ton

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

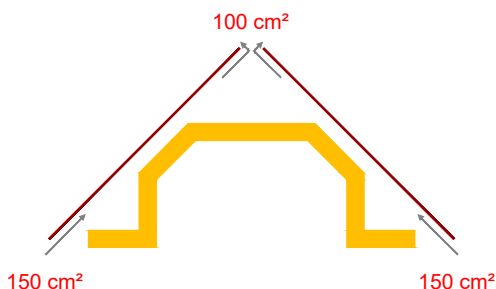
Nødvendig ventilation af kolde skunkrum

I kolde skunkrum skal der etableres ventilationsåbninger, der er fordelt, så der ikke opstår utilstrækkeligt ventilerede områder i tagkonstruktionen. Det samlede areal af ventilationsåbningerne ved tagfod og i kip skal erfaringsmæssigt være mindst 1/500 af det bebyggede areal. For ventilationsåbninger med net skal arealet fordobles til mindst 1/250 af det bebyggede areal.

Erfaringstallet svarer til følgende:

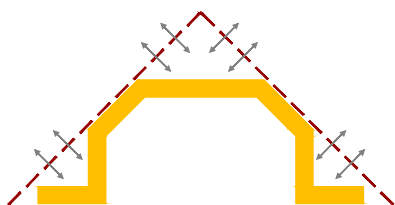
Ved diffusionstæt undertag

Der skal en 150 cm² spalte i hver side ved spærfod og 100 cm² i hver side øverst i skunken i hvert spærfag.



Ved diffusionsåbent undertag

Der skal helst være en ventilationsspalte ved tagfoden. Hvis det ikke kan lade sig gøre, etableres en ventilationsstuds (50 cm²) pr. spærfag ved spærfod og øverst i skunken. Diffusionsåbne undertage kan udføres uden ventilation mellem undertaget og isoleringen. Det bør dog udelukkende ske i de få tilfælde, hvor der er sikkerhed for en helt tæt og holdbar dampspærre i konstruktionen.



1 ventilationsstuds skiftevis i top og bund af skunkrum og loftsrum

Nødvendig ventilation af den skrå tagflade ved varme skunkrum

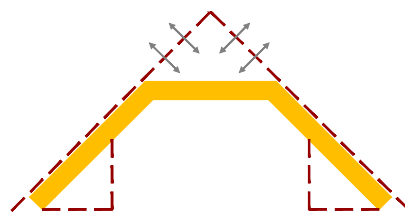
I forbindelse med tagrenovering skal der etableres ventilationsåbninger ved tagfod og kip, så der ikke opstår områder, som er utilstrækkeligt ventilerede. Det samlede areal af ventilationsåbningerne ved tagfod og i kip skal erfaringsmæssigt være mindst 1/500 af det bebyggede areal. For ventilationsåbninger med net skal arealet fordobles til mindst 1/250 af det bebyggede areal.

Ved diffusionstæt ventileret undertag (ventilation mellem undertag og isolering)

Der etableres en 150 cm² spalte i hver side ved spærfod og 100 cm² i hver side øverst ved kip i hvert spærfag. Ventilationen i skråvæggen sikres med luftspalte på 50 mm ved fast undertag og 70 mm ved banevarer.

Ved diffusionsåbent undertag (ventilation mellem tagdækning og undertag)

Der etableres en 150 cm² spalte i hver side ved spærfod og 100 cm² i hver side øverst ved kip i hvert spærfag. Alternativt kan ventilationsspalter i kip erstattes med en ventilationsstuds (50 cm²) pr. spærfag, skiftevis ved hanebånd og øverst ved kip på spidsloft. Diffusionsåbne undertage kan udføres uden ventilation mellem undertaget og isoleringen. Det bør udelukkende ske, hvis der er sikkerhed for en helt tæt og holdbar dampspærre i konstruktionen.



1 ventilationsstuds pr. spærfag pr. side, skiftevis i top og bund

Generelt for både kolde og varme skunkrum

Det nævnte areal for ventilationsåbninger er nettoareal, dvs. ved net, snefangrør mv. skal bruttoåbningen være tilsvarende større. For at hindre brandspredning skal ventilationsspalter ved tagfod beklædes i top og bund, fx med 12 mm krydsfinér. Kanalen skal være min. 300 mm lang og højst 30 mm høj.

Udførelse

Koldt skunkrum - isolering af dæk og skunkvæg

Kold skunk - udefra

Eksisterende isolering og dampspærre fjernes - medmindre det eksisterende er udført korrekt og er intakt, så dampspærren er helt tæt, og isoleringen er i god stand. For bjælkelag med indskud kan ler og brædder evt. fjernes for at give bedre plads til isoleringen. Der etableres lufttæt fuget skot under skunkvæg - så ventilation i bjælkelag hindres.

Hvis skunken er forsynet med gulvbrædder, kan disse beholdes og danne grundlag for dampspærren. Det forudsætter en helt tæt fastgørelse af dampspærren ved ydervæg, der hindrer ventilation under gulvet.

Afhængigt af den valgte løsning for hele tagfladen udføres påføring af spær, så en effektiv isoleringstykkelse og plads til ventilation sikres.

Afhængigt af konstruktionen opsættes vindplader ved tagfod mellem spær for at forhindre gennemblæsning af isolering og sikre en fast ventilationsspalte mellem isolering og undertag. Vindpladerne udføres af krydsfiner og monteres mod lister på spærene og fuges mod spær og rem eller mur samt i samling mellem lodret og skrå vindbræt. Over vindbrædderne skal der være en ventilationsåbning med net på 30 mm.

Den begrænsede plads i skunken gør, at rækkefølgen på efterisoleringsarbejdet har stor betydning for et godt resultat. Der udlægges 50 mm isolering på dæk og opsættes 50 mm isolering fastholdt på skunkvæg; isoleringen beskytter dampspærren mod perforeringer og giver jævnt underlag for arbejdet. Dampspærren monteres og føres 50 mm op ad bjælkesider og til ydervæg eller rem. Dampspærresamlinger tapes med overlap på min. 150 mm. Dampspærren for skunken udføres i damptæt forbindelse med dampspærre i skråvæg. Membranen hæftes med klammer og tapes fast eller klemmes bag liste på rengjort fast underlag med fugebånd eller fugemasse, så der overalt opnås lufttætte samlinger.

På den kolde side af dampspærren skal der minimum isoleres med to tredjedele af den samlede isoleringstykkelse. Konstruktionen efterisoleres til samlet 300 eller 400 mm eller til rentabelt niveau, afhængigt af pladsforhold. Isoleringen udlægges i flere lag med forskudte samlinger og sluttende tæt til konstruktioner, spær og eventuelle vindplader ved facader. Mindre spalter fyldes med isoleringsstrimler eller granulat, så isoleringen slutter tæt i samlinger og mod konstruktionen. Isoleringen må ikke trykkes. Isoleringen smigskæres, hvor der er vindplader ved tagfod.

Isoleringen af skunkgulvet kan evt. udføres ved udblæsning af granulat. Hvis konstruktionen har vindplader ved facaderne skal de stikke mindst 50 mm op over den indblæste isolerings færdige overside, så der ikke er mulighed for blokering af ventilationen.

Udækket isoleringsmateriale skal opfylde brandkrav mindst svarende til klasse A. Rør til varmeanlæg og evt. koldtvarsrør mv. flyttes eller isoleres omhyggeligt. Installationer i rummet skal flyttes, hvis skunklemme blændes efter isoleringen.

For skunkrum med installationer skal disse kunne inspiceres, og derfor skal der typisk etableres en smal gang/krybebro.

Adgangslemme skal isoleres og være luft- og damp-tætte.

Kold skunk - indefra

Løsningen er typisk vanskelig at udføre korrekt indefra og anbefales derfor ikke på grund af ringe adgangs- og

pladsforhold samt mindsket mulighed for at opnå korrekte løsninger, herunder en effektiv tæt dampspærre, flytning af evt. installationer, korrekt og fastholdt isolering med overgang til skråvægsmembraner og skråvægisolering, evt. udbedring af tagbelægning samt valg og etablering af undertag og ventilationsløsning.

Varmt skunkrum - isolering af skråvæg til tagfod

Varm skunk - udefra

Løsningen bør udelukkende udføres udefra og i sammenhæng med energiløsningen "Efterisolering af skråvæg - udefra".

Tagdækning, lægter, evt. undertag, eksisterende isolering og dampspærre fjernes.

Afhængigt af den valgte løsning for hele tagfladen udføres påføring af spær, så en effektiv isoleringstykkelse og plads til ventilation sikres.

I skunkrum opsættes et egnet plademateriale på spærundersiderne. Derpå udlægges evt. 25 til 50 mm isolering, som underlag for dampspærren. Dampspærren monteres derpå mellem spærene og føres 50 mm op ad spærside. Den hæftes med klammer og tapes eller klemmes bag liste på rengjort fast underlag med fugebånd eller fugemasse, så der overalt opnås lufttætte samlinger. Over dampspærren - på dampspærrens kolde side - skal der minimum isoleres med to tredjedele af den samlede isoleringstykkelse. Se i øvrigt energiløsningen: "Efterisolering af skråvæg - udefra".

Derpå etableres undertag, ventilation og tagflade.

Varm skunk - indefra

Det anbefales ikke at udføre løsningen indefra.

Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Mulighed for samlet tagløsning	Er løsningen for skunken valgt ud fra en helhedsbetragtning for hele taget?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 1
Tagdækning	Er tagdækningen i god stand og forsynet med undertag?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 2
Ventilation	Er loftrummet effektivt ventileret?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 3
Skunkkonstruktion	Er der en tæt dampspærre i konstruktionen?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 4
Tagkonstruktion	Er tagkonstruktionen tør og uden skimmel råd, svamp eller insektangreb?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 5
Skunk - adgang	Overvejes arbejdet udført indefra?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 6
Installationer	Er der installationer i skunkrum?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 7

1. Mulighed for samlet tagløsning

Overvej de samlede muligheder ud fra disse Energiløsninger: Efterisolering af loft, Efterisolering af skråvæg - udefra og Efterisolering af skunk samt ud fra tagkonstruktionens beskaffenhed, herunder tagdækning, ventilation, undertag, isolering og dampspærre. Herunder: Er der anvendelsesmuligheder for de isolerede skunke? Vælg løsning - varm eller kold skunk? Udførelse udefra eller indefra? Arbejdets samlede omfang, økonomi og bygningens fremtræden skal inddrages i overvejelserne.

2. Tagdækning

Hvis tagdækningen er ældet, utæt og uden undertag, skal den repareres eller evt. udskiftes i forbindelse med isoleringen. Som led i isoleringen kan en samlet tagrenovering overvejes omfattende ny tagdækning, tagrender, inddækninger, undertag og ventilationsåbninger til korrekt ventilering af tagkonstruktionen.

3. Ventilation

Ventilation af skunkrummet og tagkonstruktionen er afgørende for fugtforholdene. Der skal etableres effektiv ventilation af tagkonstruktionen med spalter ved tagfod og i toppen af skunkrum, alternativt med ventilationsstudse. Nuværende forhold gennemgås, og det vurderes, hvordan den nødvendige ventilation kan tilvejebringes i henhold til anbefalingerne ovenfor. Gennemluftning af bjælkelaget ved kold skunk kan hindres med et lufttæt skot mellem bjælkerne - skottet kan yderligere bruges som fast underlag for samling af dampspærre.

4. Skunkkonstruktion

Hvis dampspærren er defekt eller mangler, skal der monteres en ny, helt tæt dampspærre. Eksisterende isolering og dampspærre skal fjernes, og konstruktionen bygges op på ny. Ødelagt, fugtig eller nedtrådt isolering udskiftes eller udbedres.

5. Tagkonstruktion - fugt

Ved fugtige områder med våd isolering og skimmelvækst skal kilderne til opfugtningen findes (utæt tagdækning eller inddækninger, eller utætheder i loftkonstruktion med kondensskader som følge). Hvis der er tegn på råd, svamp (herunder skimmelsvamp) eller insektangreb i tagkonstruktionen, tilkaldes særlig fagkyndig eller forsikringsselskab. Årsagen til eventuelle skader fjernes, konstruktionen udbedres, og eventuel skimmelsvamp afrenses inden efterisoleringen udføres.

6. Skunk - adgang

Vurdér, om arbejdet kan udføres korrekt indefra - herunder adgang til skunkrum og lukkede skunkrum, skunkrummernes størrelse, omfang af arbejder ved tagfod og tilslutning til evt. dampspærre og isolering i skråvæg mv. Hvis isolering af et koldt skunkrum udføres indefra, skal lemme til skunke isoleres (fx med 15-20 cm hård isolering) og være luft- og damptætte (eller evt. blændes). Evt. gennembrydninger etableret i forbindelse med arbejdet blændes. Adgangslemme til inspektion af installationer skal bevares.

7. Installationer i kolde skunkrum

Hvis der er rør til varmforsyning eller brugsvand, eller el-installationer mv. i en kold skunk, skal der sikres adgang til inspektion af disse fx via smal gangbro/kravlebrædt gerne hævet over isoleringen. Rørisolering checkes og bør typisk øges for at hindre varmetab eller frostskafer. Alternativt flyttes installationerne.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved efterisolering af en skunk stiller bygningsreglementet krav om at efterisolering gennemføres til en U-værdi på maksimalt 0,12 W/m²K. i det omfang, det er rentabelt, og ikke medfører risiko for fugtskader.

Dette svarer fx til ca. 300 mm mineraluldsisolering (kl. 37 mW/mK)

Kravet til efterisolering gælder både skunkgulvet og skunkvæggen. Hvis efterisolering til 300 mm af byggetekniske årsager ikke er rentabel kan der være en efterisoleringsløsning til et lavere niveau, som er rentabelt. Bygningsreglementet stiller så krav om, at det i stedet er dette arbejde, der skal udføres.

Det er kun i tilfælde af at U-værdi-kravet ikke kan opfyldes, og der i forvejen ligger mindre end 175 mm isolering, at der skal foretages en eftervisning af den manglende rentabilitet. I tilfælde af manglende rentabilitet, stilles der krav om, at det efterfølgende undersøges, om en mindre efterisoleringsløsning er rentabel. En efterisoleringsløsning er rentabel, hvis Besparelse x Levetid / Investering > 1,33. I investeringen medtages kun omkostninger til udførelsen af selve isoleringsarbejdet, isoleringsmaterialer og evt. ny dampspærre og flytning af installationer og evt. andet snævert følgearbejde. Levetiden for efterisoleringsarbejdet antages altid at være 40 år og den årlige øko-nomiske besparelse udregnes med udgangspunkt i det eksisterende isoleringsniveau og den aktuelle varmepris.

Yderligere information

Se udførelsesvejledninger hos isoleringsproducenter.

VIF: VarmeløsningsForeningens produktoversigt
www.vif-isolering.dk

SBI-anvisninger

239: Efterisolering af småhuse - energibesparelser og planlægning

240: Efterisolering af småhuse - byggetekniske løsninger

224: Fugt i bygninger

273: Tage

www.build.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade:

(27) 07 06 29 Undertage - diffusionstætte og diffusionsåbne

(39) 08 06 30 Dampspærre - udførelse og detaljer mod opvarmede rum

(39) 18 12 12 To dampspærre - ved nybyggeri og renovering

(27) 13 11 05 Tagkonstruktioner med stor hældning

(42) 11 07 18 Dryp fra konstruktioner

(47) 11 07 19 Tagunderlag af krydsfiner

(47) 09 12 18 Undertag af banevarer

(37) 21 06 15 Efterisolering af loftkonstruktioner uden dampspærre i ventilerede tagrum

www.byg-erfa.dk

Bygningsreglementet

www.bygningsreglementet.dk

Dansk Undertagsklassifikationsordning:

www.duko.dk

DBI: Gode og brandsikre tage

www.brandsikretage.dk

Filmen: Efterisolering af skunk på

www.ByggeriOgEnergi.dk

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:

www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

Efterisolering af tagrem

Tagremme isoleret med mindre end 100 mm kan efterisoleres udvendigt eller indvendigt afhængigt af hvor remmen er placeret, dvs. hvor der er plads til isoleringen.

Isolering til 180 mm kan opnås ved udvendig efterisolering af let eller tung ydervæg, der fortsættes op forbi tagremmen. Se Videncentrets energiløsninger: "Udvendig efterisolering af tung ydervæg" og "Udvendig efterisolering af let ydervæg".

Fordele

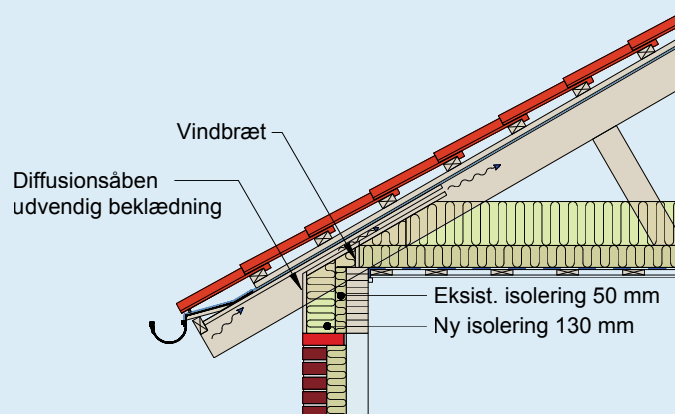
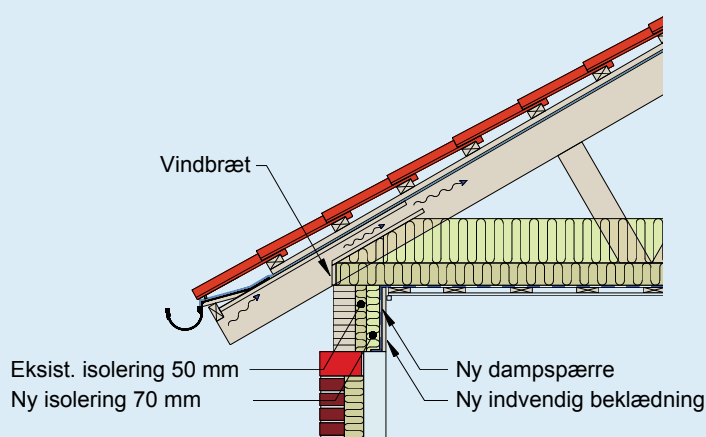
- Mindre varmetab gennem tagrem
- Bedre økonomi pga. lavere varmeregning
- Varmere overflader og mindre træk
- Øget komfort og bedre indeklima
- Lavere CO₂-udslip
- Efterisolering af tagrem forøger husets værdi

Energibesparelse

Eksisterende isoleringstykkelse	Ny samlet isoleringstykkelse	
	Indvendig 120 mm isolering U = 0,27	Udvendig 180 mm isolering U = 0,20
	Energibesparelse i kWh/m ² pr. år	
0 mm	68	75
50 mm	20	26
100 mm	-	10
125 mm	-	6

Forudsætning

Efterisoleringen udføres med et til konstruktionen egnet isoleringsmateriale med en lambda-værdi på 37-38 mW/m K. For isolering med lavere lambdaværdier kan tykkelsen reduceres.



Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Eksempel på energibesparelse

Forudsætninger	Et parcelhus med 30 meter uisolert tagrem med dimensionen 100 x 300 mm efterisoleres med 180 mm isolering udvendig. Naturgaspris: 13,80 kr. pr. m ³ . Gaskedlen er ny og kondenserende.	
Årlig energibesparelse kWh pr. m²		75 kWh/m ²
Årlig energibesparelse kWh	75 kWh/m ² x 30 m x 0,3 m =	675 kWh
Årlig energibesparelse m³	675 kWh/11 kWh/m ³ =	61 m ³
Årlig økonomisk besparelse kr.	13,80 kr./m ³ x 61 m ³ =	847 kr
Årlig CO₂-besparelse kg	0,205 kg/kWh x 675 kWh =	138 kg/ 0,1 tons

Udførelse

Efterisolering af rem kan foregå indvendigt eller udvendigt alt efter, hvor remmen er placeret.

Indvendig efterisolering

Remmen renses for eventuel maling. Derefter opsættes underlag til at kunne montere dampspærre og indvendig beklædning på efterfølgende.

En dampspærre opsættes med tæt samling til den indvendige ydervægsbeklædning og til loftbeklædningen. Ved vindues-/dørpartier videreføres dampspærren med tæt samling til overkarmen.

Der afsluttes med indvendig beklædning, og i vinduespartierne opsættes der også beklædning under isoleringen.

Udvendig efterisolering

Det inderste af tagudhængets beklædning nedtages. Der opsættes underlag til at kunne montere diffusionsåben udvendig beklædning på efterfølgende. Som vindtætning af den nye isolering kan underlaget/beklædningen videreføres parallelt med taget med et vindbræt. Se illustrationen på forrige side.

Ny isolering opsættes udvendigt uden på eksisterende isolering og tagrem. Evt. tilpasses et isoleringsstykke til placering over tagrem.

Dernæst opsættes diffusionsåben udvendig beklædning. I vinduespartierne opsættes der også beklædning under isoleringen, og i enderne lukkes med en tilsvarende beklædning.

Ved tagfoden må efterisoleringen af tagremmen ikke forhindre ventilationen af tagkonstruktionen. Der afsluttes med tætning indvendigt med fugemasse rundt om tagremmen.

Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Tagrem	Er tagremmen sund uden råd, svamp eller insektangreb?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 1
Udvendig maling	Er der udvendigt anvendt en diffusionsåben maling?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 2
Indvendig maling	Er tagremmen malet på indvendig side?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 3

1. Tagrem

Hvis der er tegn på råd, svamp eller insektangreb i remmen, tilkaldes særlig fagkyndig eller forsikrings-selskab. Eventuelle skader udbedres, inden efterisole- ringen udføres.

2. Udvendig maling

Hvis der er udvendig gammel maling, skal den fjernes, og der males derefter med diffusionsåben maling.

3. Indvendig maling

Ved indvendig efterisolering skal maling fjernes, så eventuel fugt indefra kan diffundere ud gennem rem- men.

Indeklima

Når tagremmen efterisoleres, bliver den indvendige overflade varmere. Er arbejdet udført korrekt, og er dampspærren tæt, mindskes risikoen for indvendig kon- dens og deraf følgende skimmelangreb. Samtidig undgås træk fra de kolde overflader.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved efterisolering af en tagrem stiller bygningsregle- mentet krav om at efterisolering gennemføres i det omfang, det er rentabelt, og ikke medfører risiko for fugtskader.

En tagrem betragtes i bygningsreglementet, som en del af ydervæggen og skal derfor opfylde det samme krav, svarende til en maksimal U-værdi på 0,18 W/m²K. Dette svarer fx til ca. 200 mm mineraluldsisolering (kl. 37 mW/mK).

Hvis efterisolering til 200 mm af byggetekniske årsager ikke er rentabel kan der være en efterisoleringsløsning til et lavere niveau, som er rentabelt. Bygningsreg- lementet stiller så krav om, at det i stedet er dette arbejde, der skal udføres.

Det er kun i tilfælde af at U-værdi-kravet ikke kan opfyldes, at der skal foretages en eftervisning af den manglende rentabilitet. I tilfælde af manglende rentabilitet, stilles der krav om, at det efterfølgende under- søges, om en mindre efterisoleringsløsning er rentabel.

En efterisoleringsløsning er rentabel, hvis $Besparelse \times Levetid / Investering > 1,33$. I investeringen medtages kun omkostninger til udførelsen af selve isoleringsar- bejdet, isoleringsmaterialer og evt. ny dampspærre og flytning af installationer. Levetiden for efterisoleringsar- bejdet antages altid at være 40 år og den årlige øko- nomiske besparelse udregnes med udgangspunkt i det eksisterende isoleringsniveau og den aktuelle varmepris.

Yderligere information

Se udførelsesvejledninger hos isoleringsproducenter.

VIF: VarmelsoleringsForeningens produktoversigt:
www.vif-isolering.dk

SBi-anvisninger
 239: Efterisolering af småhuse - energibesparelser og planlægning
 240: Efterisolering af småhuse - byggetekniske løsninger
 224: Fugt i bygninger
www.build.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade:
www.byg-erfa.dk

Bygningsreglementet
www.bygningsreglementet.dk

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.
 Eller gå ind på hjemmesiden:
www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Efterisolering af skråvæg/ loft til kip - indefra

Energiløsningen gælder for efterisolering af skrå tagflader mod opvarmede rum - typisk tagkonstruktioner med hanebåndsspær eller med bjælkespær.

Efterisolering af skråvæg/loft til kip - forudsætter, at det vurderes at løsningerne kan udføres forsvarligt indefra, evt. suppleret med arbejde udefra. Energiløsningen kan anvendes eksempelvis hvis tagbelægningen ikke ønskes fornyet, hvis påføring af spær udefra vil resultere i omfattende følgearbejder, eller ændre bygningens fremtræden markant.

Hvis skråvæggen eller loftets isolering er mindre end 100 mm, bør skråvæggen/loftet efterisoleres til U-værdi på maksimalt 0,12 W/m²K svarende til 300 mm mineralulds-isolering.

Isoleringsarbejdet omfatter etablering af tæt dampspærre og isolering af konstruktionen samt etablering af korrekt ventilation af skråvæggen og tagkonstruktionen. For at muliggøre en isoleringstykkelse på 300 mm er det oftest nødvendigt at forhøje spærerne, evt. kombineret med et lag med vandrette lægter, isolering og beklædning på indersiden.

Energibesparelse

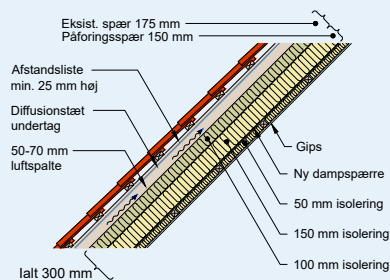
Eksisterende isoleringstykkelse	Ny samlet isoleringstykkelse	
	300 mm isolering U = 0,12	400 mm isolering U = 0,10
	Energibesparelse i kWh/m ² pr. år	
0 mm	129	131
50 mm	44	46
100 mm	24	26
125 mm	18	20
150 mm	14	16
175 mm	12	14
200 mm	10	12

Forudsætning

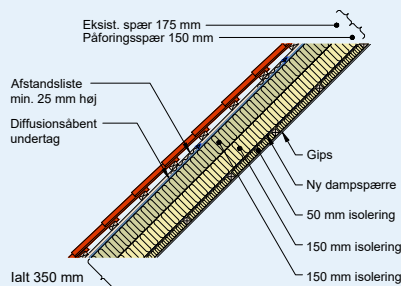
Efterisoleringen udføres med et til konstruktionen egnet isoleringsmateriale med en lambda-værdi på 37-38 mW/m K. For isolering med lavere lambdaværdier kan tykkelsen reduceres. Eksempelvis svarer 125 mm isolering med lambda 31 mW/m K til 150 mm med lambda 37 mW/m K.

Se Videncentrets isoleringstabel: www.byggeriogenergi.dk/media/1697/fra-lambdav-rdi-til-isoleringstykkelse.pdf

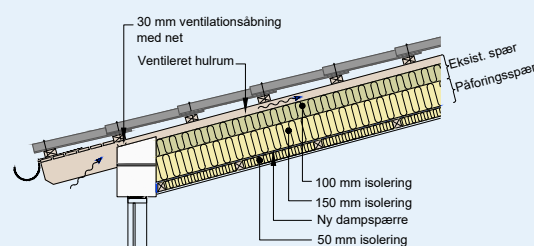
1. Skråvæg med diffusionstæt undertag og indvendig påføring af spær



2. Skråvæg med diffusionsåbent undertag og indvendig påføring af spær



3. Bjælkespær uden undertag med indvendig påføring af spær



Skråvægge efterisoleres til 300 mm eller til et niveau, der er rentabelt, jf. bygningsreglementet. 20 cm indvendig isolering får betydning for loftshøjde og rumstørrelse. Derfor kan den eksisterende spærdimension være afgørende for den valgte isoleringstykkel. Tykkelsen kan korrigeres ved isoleringsmateriale med en bedre lambda-værdi, dvs. lavere end 37-38 mW/m K.

Fordele

- Mindre varmetab gennem tagkonstruktionen
- Varmere skråvægge/loft og bedre indeklima
- Lavere varmeregning
- Forbedring af fugtforhold i tagkonstruktionen og ned-sat risiko for skimmel eller svamp
- Lavere CO₂ udledning
- Øget ejendomsværdi

Indeklima

Når skråvæggene efterisoleres, bliver væggen i de opvarmede rum varmere, så risikoen for kondens og deraf følgende skimmelangreb minimeres. Samtidig undgås træk i form af kuldenedfald fra de kolde overflader.

Eksempel på energibesparelse

Forudsætninger	Et parcelhus i et plan med et etageareal på 130 m ² og 25° taghældning med loft til kip. Det samlede loftareal er 150 m ² . Tagbelægning på diffusionsåbent undertag er forholdsvis ny og skal ikke skiftes. Tagkonstruktionen er en bjælkespærskonstruktion af 45x200 mm spær. Isoleringen mellem spærene øges til 200 mm fra oprindeligt 100 mm. Nedenunder påføres med regler til yderligere 100 mm isolering. Den totale isoleringstykkel bliver dermed 300 mm. Isoleringen kan opsættes i hele spærets dimension på 200 mm, fordi undertaget er diffusionsåbent. Huset opvarmes med naturgas. Naturgaspris: 7,60 kr. pr. m ³ . Gaskedlen er ny og kondenserende.
Årlig energibesparelse kWh pr. m ²	24 kWh/m ²
Årlig energibesparelse kWh	24 kWh/m ² x 150 m ² = 3.600 kWh
Årlig energibesparelse m ³	3.600 kWh / 11 kWh/m ³ = 327 m ³
Økonomisk besparelse år i, kr.	3,80 kr./m ³ x 327 m ³ = 4.513 kr.
Årlig CO ₂ -besparelse kg	0,205 kg/kWh x 3.600 kWh = 738 kg / 0,7 ton

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Fugtforhold ved efterisolering af skråvægge

En tæt dampspærre og ventilation af tagkonstruktionen er forudsætning for en succesfuld energireovering. Konstruktioner med træ eller træbaserede materialer er særligt sårbare overfor fugtbelastning fra indeluften. De naturlige trykforhold omkring skråvæggen betyder, at selv en meget lille utæthed kan resultere i betydelig transport af fugt ind i konstruktionen. Fugt kan ventileres ind i konstruktionen fra de opvarmede rum gennem utætheder, eller kan diffundere gennem pudsede vægge og materialer uden en effektiv dampspærre.

Yderligere kan tilføres fugt fra nedbør, og fra kondens på afkølede tagflader uden undertag.

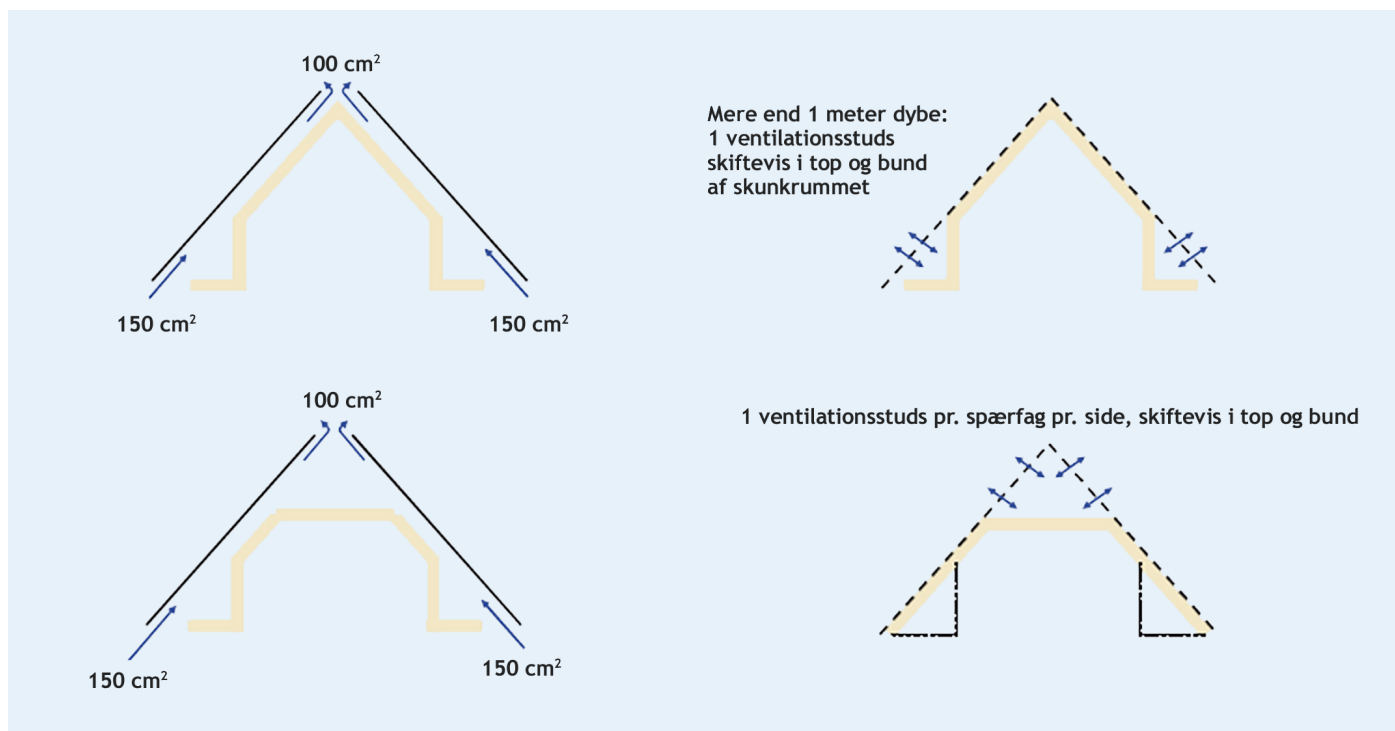
Det er vigtigt, at der etableres en lufttæt dampspærre på isoleringens varme side - typisk på spærenes underside, beskyttet af 50 mm isolering mellem lægter, dækket af indvendig lufttæt beklædning - fx en fuldspartlet gipspladebeklædning. På den udvendige side af dampspærren, skal der minimum isoleres med to tredjedel af den samlede isoleringstykkel.

I forbindelse med efterisoleringen skal konstruktionens ventilation forbedres, så risikoen for fugt-relaterede problemer mindskes: Fugt udefra hindres ved etablering af nyt diffusionstæt undertag med 50-70 mm ventilationspalte mellem undertag og isolering (Tegning 1). Alternativt etableres et diffusionsåbent undertag med 20-30 mm ventilations-spalte mellem undertag og tagbelægning (Tegning 2). Denne løsning forudsætter, at dampspærren er helt tæt. Løsninger med undertag er meget vanskelige at udføre korrekt indefra. Endelig kan en løsning uden undertag, og med min. 50 mm ventilation mellem isolering og taglægter anvendes, forudsat tagbelægningen er helt tæt, som fx fibercement bølgeplader (Tegning 3).

Ved tagfod monteres vindbrædder, som beskytter isoleringen mod gennemluftning og som leder ventilationsluften op til det ventilerede hulrum i tagkonstruktionen. Over vindbrædderne skal der være en ventilationsåbning med net på 30 mm.

Nødvendig ventilation af den skrå tagflade

I forbindelse med tagrenoveringen skal der etableres ventilationsåbninger ved tagfod og kip, og evt. ved gavle, så der ikke opstår utilstrækkeligt ventilerede områder. Det samlede areal af ventilationsåbningerne ved tagfod og i kip skal erfaringsmæssigt være mindst 1/500 af det bebyggede areal. Ved anvendelse af insektnet i åbningerne skal arealet være dobbelt så stort: 1/250 af det bebyggede areal. Det svarer til følgende:



Ventilation af skrå tagflader set i sammenhæng med ventilation af hele tagkonstruktionen - ved diffusionstæt undertag (til venstre) og diffusionsåbent undertag (til højre). Hhv. 150 cm² og 100 cm² i hvert spærfag ved diffusionstæt undertag.

Ved diffusionstæt ventileret undertag (ventilation mellem undertag og isolering):

Der etableres 150 cm² spalte i hver side ved spærfod og 100 cm² i hver side øverst ved kip i hvert spærfag. Ventilationen i skråvæggen sikres med luftspalte på 50 mm ved fast undertag og 70 mm ved banevarer.

Ved diffusionsåbent undertag (ventilation mellem tagdækning og undertag), og løsning uden undertag:

På uopvarmede spidslofter og uopvarmede skunkrum etableres 1 ventilationsstuds (50 cm²) pr. spærfag, skiftevis ved hanebånd og øverst ved kip på spidsloft, og nederst og øverst i hvert spærfag i kolde skunkrum, se illustration.

Diffusionsåbne undertage kan udføres uden ventilation mellem undertaget og isoleringen. Det bør udelukkende ske, hvis der er sikkerhed for en helt tæt og holdbar dampspærre i konstruktionen, hvilket som nævnt er en udfordring.

Generelt for ventilationsløsningerne:

Areal for ventilationsåbninger er nettoareal, dvs. ved net, snefangrør mv. skal bruttoåbningen være tilsvarende større. For ventilationsåbninger med net skal arealet fordobles. For at hindre brandspredning og for at holde isoleringen på plads, skal ventilationsspalter ved tagfod beklædes i top og bund, fx med 12 mm krydsfinér. kanelen skal være min. 300 mm lang og højest 30 mm høj.

Udførelse

Loft, eventuel dampspærre, isolering og eventuelt undertag nedtages. Understrykning og tagbelægning, inddækninger, gennemføringer og ovenlysvinduer, kontrolleres, og eventuelle mangler, herunder utætheder udbedres. Spær og lægter kontrolleres for mulige skader, der rettes op.

Spærene påføres indvendigt, så den samlede spærhøjde giver plads til 250 mm isolering plus et ventileret hulrum mellem isolering og diffusionstæt undertag, - eller mellem tagbelægning og diffusionsåbent undertag eller isolering. Af hensyn til påsømning af afstandslister og lægter udføres påføring med mindst 45 mm tykke planker.

Ventilationsåbninger ved tagfod og kip, og evt. studse etableres i tagkonstruktionen. Undertag og ventilationsspalter etableres med afstandslister til lægter. Undertag udføres med tætte samlinger til evt. ovenlysvinduer og gennembrydninger. Det sikres at ventilation langs tagfladen ikke afbrydes.

Derpå opsættes ny fastholdt isolering mellem spær, så sidste lag isolering flugter med spærunderside. Isoleringen udlægges i flere lag med forskudte samlinger og sluttende tæt til spær. Det sikres at den ligger fast og ikke kan komme til at hindre ventilation af tagfladen.

En helt tæt dampspærre opsættes og beskyttes af et mindst 50 mm tykt isoleringslag mellem vandrette lægter, så spærenes kuldebroer brydes. Dampspærre udføres med tætte samlinger omkring eventuelle ovenlysvinduer, ventilations- eller aftrækskanaler og eventuelle el-installationer. Endelig afsluttes konstruktionen med ny tæt beklædning, typisk spartlede gipsplader samt nye lysningspaneler omkring ovenlysvinduer.

Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Mulighed for samlet tagløsning	Er en løsning for skråvæggen valgt ud fra en helhedsbetragtning for hele taget?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 1
Tagkonstruktion	Kan spær og tagkonstruktion forhøjes?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 2
Tagkonstruktion	Er tagkonstruktionen tør og uden råd, svamp eller insektangreb?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 3
Ventilation	Er ventilationsforholdene i den nye konstruktion lagt fast?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 4
Ovenlys	Er der ældre ovenlysvinduer på den skrå tagflade?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 5

1. Valg af samlet tagløsning

Overvej de samlede muligheder ud fra disse Energiløsninger for énfamiliehuse: Efterisolering af loft, Efterisolering af skunk, Efterisolering af skråvæg - udefra, samt ud fra tagkonstruktionens opbygning og tilstand, herunder tagdækning, ventilation og undertag samt isolering og dampspærre.

2. Ombygning af tagkonstruktion

Inden arbejdet, og i sammenhæng med den samlede tagrenovering afgøres, om spærhøjden kan øges, så konstruktionen opfylder BR kravet - eller om den skal forblive uændret med en isoleringstykkelse, der er mindre end BR kravet, men evt. med en bedre isolering med lavere lambdaværdi. Pladsbehov for ventilationsspalter, samt indvendige arbejder skal indgå i vurderingen. Overvejelserne omfatter arbejdets samlede omfang og økonomi.

3. Fugt, skimmel, råd, svamp og insektangreb

Ved fugtige områder med våd isolering og skimmelvækst skal kilderne til opfugtningen findes (dvs. utæt tagdækning, utætte inddækninger eller utætheder i loftkonstruktion).

Hvis der er tegn på råd, svamp eller insektangreb i tagkonstruktionen, kontaktes særlig fagkyndig eller forsikringsselskab. Årsagen til eventuelle skader fjernes, konstruktionen udbedres, og eventuel skimmelsvamp afrenses, inden efterisoleringen udføres.

4. Ventilation

Ventilation af skråvæggen og resten af tagkonstruktionen er afgørende for fugtforholdene. Nuværende forhold gennemgås, og det vurderes, hvordan den nødvendige ventilation af skråvæg og evt. skunk og loft kan tilvejebringes i henhold til anbefalingerne ovenfor. Herunder valg af løsning med diffusionstæt ventileret undertag, diffusionsåbent undertag, eller uden undertag.

5. Udskiftning af ovenlysvinduer

Normalt skal ældre ovenlysvinduer og inddækninger udskiftes i forbindelse med en tagrenovering. Dels er ovenlysvinduet en udsat bygningsdel, og dels er energieffektiviteten og funktionaliteten for ovenlysvinduer forbedret markant de seneste 20 år.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved efterisolering af en tag/loftkonstruktion stiller bygningsreglementet krav om at efterisolering til en U-værdi på maksimalt 0,12 W/ m²K gennemføres i det omfang, det er rentabelt, og ikke medfører risiko for fugtskader.

Dette svarer fx til ca. 300 mm mineraluldsisolering (kl. 37 mW/mK). Hvis efterisolering til 300 mm af byggetekniske årsager ikke er rentabel kan der være en efterisoleringsløsning til et lavere niveau, som er rentabelt. Bygningsreglementet stiller så krav om, at det i stedet er dette arbejde, der skal udføres. Det er kun i tilfælde af at U-værdi-kravet ikke kan opfyldes og hvis der ligger mindre end 100 mm isolering i forvejen, at der skal foretages en eftervisning af den manglende rentabilitet. I tilfælde af manglende rentabilitet, stilles der krav om at det efterfølgende undersøges, om en mindre efterisoleringsløsning er rentabel.

En efterisoleringsløsning er rentabel, hvis Besparelse x Levetid / Investering > 1,33. I investeringen medtages kun omkostninger til udførelsen af selve isoleringsarbejdet, isoleringsmaterialer og evt. ny dampspærre, påføring af spær flytning af installationer og evt. andet snævert følgearbejde.

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Levetiden for efterisoleringsarbejdet antages altid at være 40 år og den årlige økonomiske besparelse udregnes med udgangspunkt i det eksisterende isoleringsniveau og den aktuelle varmepris.

I tilfælde af en total udskiftning af en tagkonstruktion skal U-værdi-kravet (0,12 W/m²K) altid opfyldes, uanset rentabilitet.

Yderligere information

Se udførelsesvejledninger hos isoleringsproducenter.

VIF: VarmelsoleringsForeningens produktoversigt
www.vif-isolering.dk

SBI-anvisninger
239: Efterisolering af småhuse - energibesparelser og planlægning
240: Efterisolering af småhuse - byggetekniske løsninger
224: Fugt i bygninger
www.build.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade:

(27) 07 06 29 Undertage - diffusionstætte og diffusionsåbne
(39) 08 06 30 Dampspærre - udførelse og detaljer mod opvarmede rum
(39) 18 12 12 To dampspærre - ved nybyggeri og renovering
(27) 13 11 05 Tagkonstruktioner med stor hældning
(42) 11 07 18 Dryp fra konstruktioner
(47) 11 07 19 Tagunderlag af krydsfiner
(47) 09 12 18 Undertag af banevarer
www.byg-erfa.dk

Bygningsreglement
www.bygningsreglementet.dk

Dansk Undertagsklassifikationsordning
www.duko.dk

Film om indvendig efterisolering af skråvæg:
www.byggeriogenergi.dk/film-og-praesentationer/klimaskaerm/indvendig-efterisolering-af-skraavaeg/

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:
www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

Efterisolering af skråvæg/ loft til kip - udefra

Energiløsningen gælder for efterisolering af skrå tagflader mod opvarmede rum - typisk tagkonstruktioner med hanebåndsspær eller med bjælkespær.

Efterisolering af skråvæg/loft til kip - udefra, bør udføres i forbindelse med udskiftning af tagbelægningen. Ved efterisolering af skråvæg eller loft til kip indefra er isoleringstykkelsen typisk begrænset af spærdimensioner og erkendelsen, at indvendig isolering tager plads.

Hvis skråæggen eller loftets isolering er mindre end 100 mm, bør skråæggen/loftet efterisoleres til en U-værdi på maksimalt 0,12 W/m²K svarende til 300 mm mineraluldsisolering. Isoleringsarbejdet omfatter etablering af tæt dampspærre og isolering af konstruktionen samt etablering af undertag og korrekt ventilation af skråæggen og tagkonstruktionen. For at muliggøre en isoleringstykkelse på 300 mm er det oftest nødvendigt at forhøje spærerne.

Skråægge efterisoleres til den anbefalede tykkelse eller til et niveau, der er rentabelt, jf. bygningsreglementet. For nogle tagkonstruktioner vil øgning af spærerne ændre bygningens fremtræden markant. Derfor kan spærdimensionen være afgørende for den valgte isoleringstykkelse. Tykkelsen kan korrigeres ved isoleringsmateriale med en bedre lambdaværdi, dvs. lavere end 37-38 mW/m K.

Energibesparelse

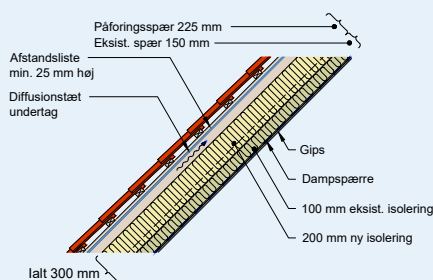
Eksisterende isoleringstykkelse	Ny samlet isoleringstykkelse	
	300 mm isolering U = 0,12	400 mm isolering U = 0,10
	Energibesparelse i kWh/m ² pr. år	
0 mm	129	131
50 mm	44	46
100 mm	24	26
125 mm	18	20
150 mm	14	16
175 mm	12	14
200 mm	10	12

Forudsætning

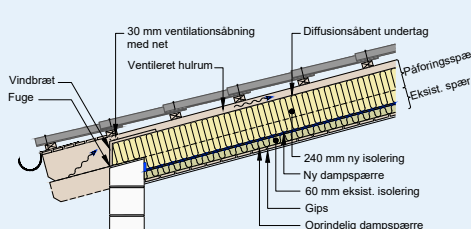
Efterisoleringen udføres med et til konstruktionen egnet isoleringsmateriale med en lambda-værdi på 37-38 mW/m K. For isolering med lavere lambdaværdier kan tykkelsen reduceres. Eksempelvis svarer 125 mm isolering med lambda 31 mW/m K til 150 mm med lambda 37 mW/m K.

Se Videncentrets isoleringstabel: www.byggerioenergi.dk/media/1697/fra-lambdav-rdi-til-isoleringstykkelse.pdf

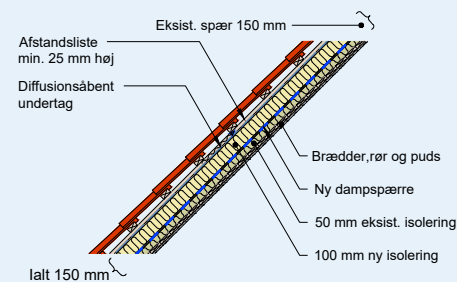
1. Skråvæg med forhøjede spær og diffusionstæt ventileret undertag



2. Forhøjede bjælkespær med diffusionsåbent undertag



3. Skråvæg med diffusionsåbent undertag



Fordele

- Mindre varmetab gennem tagkonstruktionen
- Varmere skråvægge og bedre indeklima
- Lavere varmeregning
- Forbedring af fugtforhold i tagkonstruktionen og ned-sat risiko for skimmel eller svamp
- Lavere CO₂ udledning
- Øget ejendomsværd

Indeklima

Når skråvæggene efterisoleres, bliver væggen i de opvarmede rum varmere, så risikoen for kondens og deraf følgende skimmelangreb minimeres. Samtidig undgås træk i form af kuldenedfald fra de kolde overflader.

Eksempel på energibesparelse

Forudsætninger	Et parcelhus i et plan med et etageareal på 130 m ² og 25° taghældning med loft til kip. Det samlede loftareal er 150 m ² . Taget skal skiftes og i den forbindelse udføres en efterisolering af loftet til kip. Tagkonstruktionen er bjælkespær af 50x150 mm spær, hvor der er isoleret med 100 mm. Den eksisterende tagbelægning og delvist nedbrudte lægter nedtages. Herefter påføres med spær-træ 50 x 150 mm, og der isoleres med 2 x 100 mm isolering til i alt 300 mm isolering. Der afsluttes med diffusionsåbent undertag. Naturgaspris: 13,80 kr. pr. m ³ . Gaskedlen er ny og kondenserende.	
Årlig energibesparelse kWh pr. m ²		24 kWh/m ²
Årlig energibesparelse kWh	$24 \text{ kWh/m}^2 \times 150 \text{ m}^2 =$	3.600 kWh
Årlig energibesparelse m ³	$3.600 \text{ kWh} / 11 \text{ kWh/m}^3 =$	327 m ³
Økonomisk besparelse kr. år 1	$13,80 \text{ kr./m}^3 \times 327 \text{ m}^3 =$	4.513 kr
Årlig CO ₂ -besparelse kg	$0,205 \text{ kg/kWh} \times 3.600 \text{ kWh} =$	738 kg / 0,7 ton

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Fugtforhold ved efterisolering af skråvægge

En tæt dampspærre og ventilation af tagkonstruktionen er forudsætning for en succesfuld energirenovering. Konstruktioner med træ eller træbaserede materialer er særligt sårbare overfor fugtbelastning fra indeluften. De naturlige trykforhold omkring skråvæggen betyder, at selv en meget lille utæthed kan resultere i betydelig transport af fugt ind i konstruktionen.

Fugt kan ventileres ind i konstruktionen fra de opvarmede rum gennem utætheder, eller kan diffundere gennem pudsede vægge og materialer uden en effektiv dampspærre.

Yderligere kan tilføres fugt fra nedbør, og fra kondens på afkølede tagflader uden undertag.

Det er vigtigt at den indvendige beklædning er lufttæt - fx pudsede vægge uden revner eller fuldspartlet gipspladebeklædning. Derfor kontrolleres om der er synlige tegn på opfugtning eller skimmelvækst inden arbejdet igangsættes. Hvis dette ikke er tilfældet, kan lufttætheden vurderes som tiltrækkelig. Det forudsættes at arbejdet ikke påvirker konstruktionens tæthed.

Hvis der er tvivl om tæthed. Skal der ved efterisolering etableres en lufttæt dampspærre på isoleringens varme side - typisk i isoleringslaget mellem spærene.

I forbindelse med efterisoleringen udefra, skal tagkonstruktionen forbedres, så risikoen for fugt-relaterede problemer mindskes:

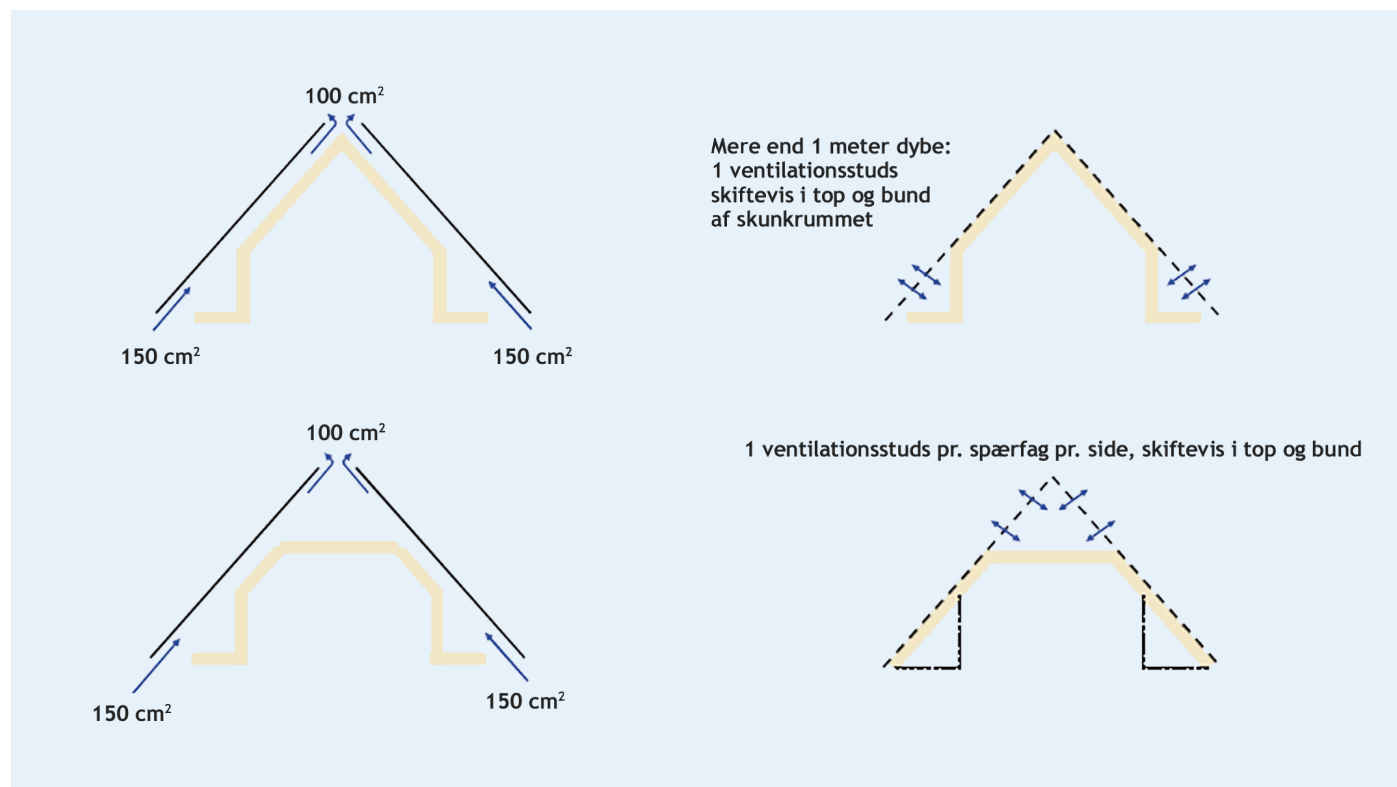
Fugttilførsel fra opvarmede rum hindres med en dampspærre på isoleringens varme side, og fugt udefra hindres ved etablering af nyt undertag samt 20-30 mm ventilation mellem undertag og tagdækning.

Ved tagfod monteres vindbrædder, som beskytter isoleringen mod gennemluftning og som leder ventilationsluften op til det ventilerede hulrum mellem det diffusions-tætte undertag og isoleringen. Over vindbrædderne skal der være en ventilationsåbning med net på 30 mm.

Undertaget kan være diffusionstæt og ventileret med 50-70 mm luftspalte mellem undertag og isolering (tegning 1), eller det kan være diffusionsåbent. Det diffusionsåbne undertag er ikke ventileret, og forudsætter at dampspærren er helt tæt, hvilket er en udfordring ved renoveringer (Tegning 2 og 3). Løsningen giver mulighed for lidt større isoleringstykkelser, men det anbefales, at der anvendes diffusionstæt ventileret undertag, som er den sikreste løsning.

Nødvendig ventilation af den skrå tagflade

I forbindelse med tagrenoveringen skal der etableres ventilationsåbninger ved tagfod og kip, og evt. ved gavle, så der ikke opstår utilstrækkeligt ventilerede områder. Det samlede areal af ventilationsåbningerne ved tagfod og i kip skal erfaringsmæssigt være mindst 1/500 af det byggede areal. Det svarer til følgende:



Ventilation af skrå tagflader set i sammenhæng med ventilation af hele tagkonstruktionen - ved diffusionstæt undertag (til venstre) og diffusionsåbent undertag (til højre). Hhv. 150 cm² og 100 cm² i hvert spærfag ved diffusionstæt undertag.

Udførelse

Tagdækning, lægter og evt. undertag, eksisterende ødelagt isolering og dampspærre samt evt. indskud fjernes. Evt. sømspidser bøjes eller knibes, og overflødige lister o.l. fjernes.

Kun hvis den eksisterende dampspærre er korrekt udført og helt tæt, og isoleringen er i god stand, kan disse dele evt. beholdes. I det følgende er antaget, at dette ikke er tilfældet.

Der udlægges 25 til 50 mm isolering, der skal beskytte dampspærren mod perforeringer og give et jævnt underlag. Der må ikke være luftlommer bag isoleringen. Dampspærren monteres derpå mellem spærene og føres 50 mm op ad spærsiderne. Den hæftes med klammer og tapes fast eller klemmes bag liste på rengjort fast underlag med fugebånd eller fugemasse, så der overalt opnås lufttætte samlinger.

Over dampspærren skal der minimum isoleres med to tredjedel af den samlede isoleringstykkelse.

Ved uændret spærhøjde

Konstruktionen efterisoleres op til spærets overkant. Der bør anvendes egnet isolering med lav lambdaværdi. Før oplægning af undertaget kontrolleres spærene for mulige skader og eventuelt rettes op. Løsningen kræver, at der arbejdes med diffusionsåbent undertag, hvilket igen forudsætter, at der etableres en helt luft- og dampstæt dampspærre.

Ved øget spærhøjde

Spærhøjden øges, typisk ved påføring med 150 til 200 mm, så der er plads til isolering og ventilationsspalte mellem undertag og isolering, og konstruktionen efterisoleres derpå til samlet 300 mm.

Af hensyn til påsømning af afstandslister og lægter udføres påføring med mindst 45 mm tykke planker. Isoleringen udlægges i flere lag med forskudte samlinger og sluttende tæt til spær.

Ved diffusionsåbent undertag kan isoleres op til spærets overkant.

Ved diffusionstæt undertag afsluttes isoleringen 70 mm fra spærets overkant for at sikre min. 50 mm effektiv luftspalte ved banevarer. Ved fast undertag kan isoleringen afsluttes 50 mm fra spærets overkant. Isoleringen skal fastholdes fx med ståltråd, så den ikke kan blokere for ventilationsspalten. Efter isoleringen monteres undertag samt afstandslister til ventilationsspalte som underlag for lægter og tagdækning.

Den samlede ventilation af tagkonstruktionen skal etableres i overensstemmelse med anbefalingerne ovenfor afhængigt af det valgte undertag. For både det diffusionsåbne og diffusionstætte undertag etableres effektiv ventilation af luftspalte mellem undertag og tagdækning. For det diffusionstætte ventilerede undertag monteres vindbrædder/studse, som beskytter isoleringen ved tagfod mod gennemluftning og leder ventilationsluften gennem luftspalten mellem isolering og undertag op i tagrummet.

Ved udskiftning eller evt. genanvendelse af ovenlysvinduer skal sikres tætte samlinger til dampspærre og undertag, samt at ovenlysvinduet ikke afbryder ventilationen af tagkonstruktionen. Montage af ovenlysvinduer og etablering af supplerende ventilationsåbninger skal følge leverandørens anvisninger.

Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Mulighed for samlet tagløsning	Er en løsning for skråvæggen valgt ud fra en helhedsbetragtning for hele taget?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 1
Tagkonstruktion	Kan spær og tagkonstruktion forhøjes?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 2
Tagkonstruktion	Er tagkonstruktionen tør og uden råd, svamp eller insektangreb?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 3
Ventilation	Er ventilationsforholdene i den nye konstruktion lagt fast?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 4
Ovenlys	Er der ældre ovenlysvinduer på den skrå tagflade?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 5

1. Valg af samlet løsning

Overvej de samlede muligheder ud fra disse Energiløsninger for énfamiliehuse: Efterisolering af loft, Efterisolering af skunk, Efterisolering af skråvæg - indefra, samt ud fra tagkonstruktionens opbygning og tilstand, herunder tagdækning, ventilation og undertag samt isolering og dampspærre.

2. Valg af spærhøjde

Inden arbejdet og i sammenhæng med den samlede tagrenovering afgøres, om spærhøjden kan øges, så konstruktionen opfylder BR kravet - eller om den skal forblive uændret med en isoleringstykkelse, der er mindre end BR kravet, men evt. med en bedre isolering med lavere lambda-værdi.

Pladsbehov for ventilationsspalter mv. skal indgå i vurderingen. Det bemærkes, at ændret spærhøjde kan nødvendiggøre følgearbejder som fx ændring af murkrone/gesims og flytning/udskiftning af ovenlys, inddækninger og tagrender.

Overvejelserne omfatter arbejdets samlede omfang, økonomi og bygningens fremtræden.

3. Fugt, skimmel, råd, svamp og insektangreb

Ved fugtige områder med våd isolering og skimmelvækst skal kilderne til opfugtningen findes (dvs. utæt tagdækning, utætte inddækninger eller utætheder i loftkonstruktion).

Hvis der er tegn på råd, svamp eller insektangreb i tagkonstruktionen, kontaktes særlig fagkyndig eller forsikringsselskab. Årsagen til eventuelle skader fjernes, konstruktionen udbedres, og eventuel skimmel-svamp afrenses, inden efterisoleringen udføres.

4. Ventilation

Ventilation af skråvæggen og resten af tagkonstruktionen er afgørende for fugtforholdene. Nuværende forhold gennemgås, og det vurderes, hvordan den nødvendige ventilation af skråvæg og evt. skunk og loft kan tilvejebringes i henhold til anbefalingerne ovenfor. Herunder valg af løsning med diffusionstæt ventileret undertag eller diffusionsåbent undertag.

5. Udskiftning af ovenlysvinduer

Normalt skal ældre ovenlysvinduer udskiftes i forbindelse med en tagrenovering. Dels kan der være udfordringer, når et ældre ovenlys med inddækninger skal flyttes ud i tagfladen, dels er ovenlysvinduet en udsat bygningsdel, og endelig er energieffektiviteten og funktionaliteten for ovenlysvinduer forbedret markant de seneste 20 år.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved efterisolering af en tag/loft-konstruktion stiller bygningsreglementet krav om at efterisolering til en U-værdi på maksimalt $0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ gennemføres i det omfang, det er rentabelt, og ikke medfører risiko for fugtskader.

Dette svarer fx til ca. 300 mm mineraluldsisolering (kl. 37 mW/mK).

Hvis efterisolering til 300 mm af byggetekniske årsager ikke er rentabel kan der være en efterisoleringsløsning til et lavere niveau, som er rentabelt. Bygningsreglementet stiller så krav om, at det i stedet er dette arbejde, der skal udføres.

Det er kun i tilfælde af at U-værdi-kravet ikke kan opfyldes og hvis der ligger mindre end 100 mm isolering i forvejen, at der skal foretages en eftervisning af den manglende rentabilitet. I tilfælde af manglende rentabilitet, stilles der krav om at det efterfølgende undersøges, om en mindre efterisoleringsløsning er rentabel.

En efterisoleringsløsning er rentabel, hvis $\text{Besparelse} \times \text{Levetid} / \text{Investering} > 1,33$. I investeringen medtages kun omkostninger til udførelsen af selve isoleringsarbejdet, isoleringsmaterialer og evt. ny dampspærre, påføring af spær flytning af installationer og evt. andet snævert følgearbejde. Levetiden for efterisoleringsarbejdet antages altid at være 40 år og den årlige økonomiske besparelse udregnes med udgangspunkt i det eksisterende isoleringsniveau og den aktuelle varmepris.

I tilfælde af en total udskiftning af en tagkonstruktion skal U-værdi-kravet ($0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$) altid opfyldes, uanset rentabilitet.

I tagkonstruktioner med hulrum med plads til mere isolering vil det normalt være rentabelt at efterisolere hulrummet. Hvis hulrummet kan efterisoleres til mindst 100 mm isolering eller mere, vil det normalt ikke være rentabelt at efterisolere op til U-værdi-kravet ved påføring af spær og yderligere efterisolering. Hvis hulrummet af byggetekniske årsager ikke kan efterisoleres op til mindst 100 mm skal det dokumenteres, at efterisolering ved påføring af spær og yderligere efterisolering ikke er rentabel.

En efterisoleringsløsning er rentabel, hvis $\text{Besparelse} \times \text{Levetid} / \text{Investering} > 1,33$. I investeringen medtages kun omkostninger til udførelsen af selve isoleringsarbejdet, isoleringsmaterialer og evt. ny dampspærre og påføring af spær og flytning af installationer og evt. andet snævert følgearbejde. Levetiden for efterisoleringsarbejdet antages altid at være 40 år og den årlige økonomiske besparelse udregnes med udgangspunkt i det eksisterende isoleringsniveau og den aktuelle varmepris.

I forbindelse med udskiftning af mere end 50% af en tagbelægning stiller bygningsreglementet krav om, at der samtidigt efterisoleres til et rentabelt niveau. Ved mindre udskiftninger/reparationer af tagbelægningen (under 50%) stilles der ingen krav om efterisolering.

I tilfælde af en total udskiftning af en tagkonstruktion skal U-værdi-kravet ($0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$) altid opfyldes, uanset rentabilitet.

Yderligere information

Se udførelsesvejledninger hos isoleringsproducenter.
VIF: VarmelsoleringsForeningens produktoversigt
www.vif-isolering.dk

SBi-anvisninger

239: Efterisolering af småhuse - energibesparelser og planlægning

240: Efterisolering af småhuse - byggetekniske løsninger

224: Fugt i bygninger

www.build.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade:

(27) 07 06 29 Undertage - diffusionstætte og diffusionsåbne

(39) 08 06 30 Dampspærre - udførelse og detaljer mod opvarmede rum

(39) 18 12 12 To dampspærre - ved nybyggeri og renovering

(27) 13 11 05 Tagkonstruktioner med stor hældning

(42) 11 07 18 Dryp fra konstruktioner

(47) 11 07 19 Tagunderlag af krydsfiner

(47) 09 12 18 Undertag af banevarer

www.byg-erfa.dk

Bygningsreglement

www.bygningsreglementet.dk

Dansk Undertagsklassifikationsordning

www.duko.dk

Se filmen: Udvendig efterisolering af skråvæg:

www.byggeriogenergi.dk/film-og-praesentationer/klimaskaerm/udvendig-efterisolering-af-skraavaeg/

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:

www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

Udskiftning af ovenlyskupler

Ovenlyskupler bør altid udskiftes i forbindelse med udskiftning af tagbelægning.

BR18-krav: Ovenlyskupler med $U_w < 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$

U_w er U -værdien for den samlede ovenlyskuppelkonstruktion inkl. ramme/karm, jf. Bygningsreglementet.

Fordele

- Mindre varmetab gennem ovenlyskuplerne
- Økonomisk besparelse pga. lavere varmetab
- Mindre kuldenedfald fra kupler
- Varmere overflader og mindre træk
- Øget komfort og bedre indeklima
- Lavere CO_2 -udledning
- Udskiftning af ovenlyskupler forøger husets værdi
- Bedre lysindfald

Energibesparelse

Tabellen viser energibesparelse pr. m^2 udvendigt overfladeareal. En typisk ovenlyskuppel på $1,2 \times 1,2 \text{ m}$ i hulmål (lysmål $1,0 \times 1,0 \text{ m}$) har et udvendigt overfladeareal på 3 m^2 .

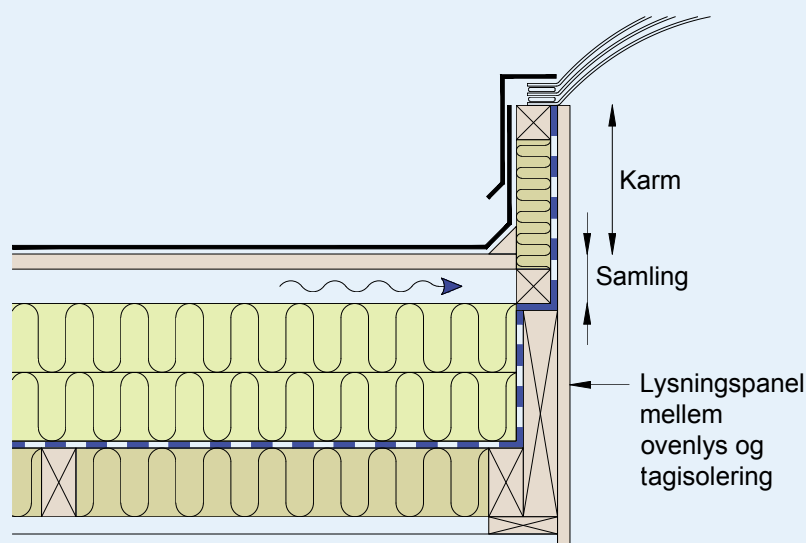
Eksisterende forhold	Nye ovenlyskupler	
	BR18-krav $U_w < 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_w < 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Energibesparelse i kWh pr. år	
1-lags med massiv uisoleret karm (U_w ca. $6 \text{ W/m}^2\text{K}$)	358	365
2-lags akrylkuppel (massiv karm) (U_w ca. $5 \text{ W/m}^2\text{K}$)	303	310

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m^3 naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

CO_2 -udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: $0,205 \text{ kg CO}_2$ pr. kWh
- Fyringsolie: $0,266 \text{ kg CO}_2$ pr. kWh
- Fjernvarme: $0,072 \text{ kg CO}_2$ pr. kWh
- El: $0,211 \text{ kg CO}_2$ pr. kWh



Eksempel på energibesparelse

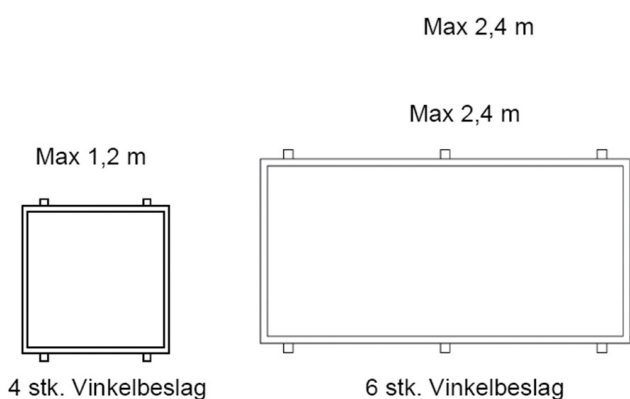
Forudsætninger	Et parcelhus med fladt tag er udstyret med 4 stk. ovenlyskupler à 1,2 x 1,2 m med et samlet udvendigt overfladeareal på 12 m ² , som ønskes udskiftet med nye. De gamle ovenlyskupler er nedslidte og utætte og har en U-værdi på ca. 5 W/m ² K. De nye ovenlyskupler har en samlet Uw-værdi for kuppel samt ramme og karm på 1,2 W/m ² K. Huset opvarmes med naturgas. Naturgaspris: 13,80 kr./m ³ . Gaskedlen er ny og kondenserende.	
Årlig energibesparelse pr. m²		310 kWh/m ²
Årlig energibesparelse kWh	310 kWh/m ² x 12 m ² =	3.720 kWh
Årlig energibesparelse m³	3.720 kWh / 11 kWh/m ³ =	338 m ³
Økonomisk besparelse år 1 kr.	13,80 kr./m ³ x 338 m ³ =	4.667 kr.
Årlig CO₂-besparelse kg	0,205 kg/kWh x 3.720 kWh =	763 kg/0,8 tons

Udførelse

Montering af ovenlys skal ske i henhold til TOR-Anvisning nr. 23 "Udførelse".

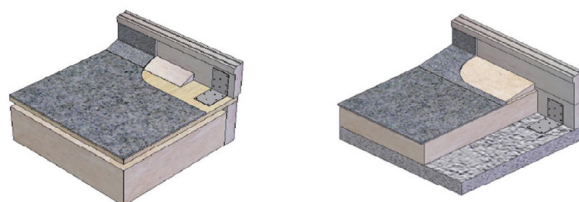
Karmen placeres over åbningen i tagkonstruktionen med hængselsside mod vest eller nord. Ret en langside op og fastgør den. Ret herefter karmen til i plan og vinkel og fastgør den modstående langside. Fastgør de to resterende sider.

Karmen fastgøres normalt med vinkelbeslag, der sømmes til karmen. Der anvendes minimum fire beslag pr. ovenlys op til en længde på 1,2 m. Ved længder over 1,2 m suppleres med to ekstra beslag pr. påbegyndt 1,2 m. For lysbånd gælder fabrikantens anvisninger. Hvordan fastgørelsen til underlaget skal foretages, afhænger af tagkonstruktionen.



Skråsom/stiksøm må ikke anvendes, da der ikke kan opnås tilstrækkelig styrke. Dette gælder både for træunderlag og tidligere anvendte indstøbte træklodser i beton.

Ved varme tage med store isoleringstykkelser monteres karmtilsætninger svarende til isoleringslagets tykkelse, således at der opnås min. 150 mm inddækning over færdig tagflade (se figur 2). Karmtilsætning samles med lim og bølgesøm pr. max. 40 cm. Det er vigtigt, at både karmtilsætning og ovenlyskarm er fastgjort forsvarligt til underlaget, samt at inddækningen er forsvarligt udført, så vandindtrængning undgås.



Figur 2: T.v.: Montering på karm med vinkelbeslag på tag. T.h.: Montering af karm på varmt tag med karmtilsætning.

Når karmen er monteret, monteres kuplen. Centrér kuplen på karm/oplukkeramme, så afstanden er ens hele vejen rundt. Monter med skruer, og sørg for, at kuplen hviler på karm/oplukkeramme, så tætningslisten mellem kuppel og karm klemmes sammen.

Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Ventilation	Skal ovenlyskuplen kunne åbnes? Er der behov for udeluftventiler?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 1
Solafskærmning	Er der nogle af boligens rum, der har behov for solafskærmning?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 2
Adgangsforhold	Skal der anvendes stillads eller lift?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 3
Tagtykkelse	Er tagtykkelsen stor, og forringer den dagslyset?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 4

1. Ventilation

Ovenlys fås både oplukkelige og ikke-oplukkelige. Er der behov for brandventilation eller ønske om at kunne komfortventilere, skal der vælges et ovenlys godkendt til formålet. I forbindelse med udskiftningen af ovenlyset, bør der etableres udeluftventiler i rummene, hvis de ikke er der i forvejen, jf. Bygningsreglementet. Udeluftventiler bør være kondens- og lydisolerede.

2. Solafskærmning

Hvis boligen eller enkelte rum er generet af høje rumtemperaturer forårsaget af stort solindfald, bør der etableres udvendig solafskærmning. Eventuelt kan den klare akryl/polykarbonat udskiftes med en opal, der reducerer direkte solindfald. Dette påvirker ikke energibesparelsen. Er rummene generet af blænding, kan indvendig solafskærmning monteres.

3. Adgangsforhold

Hvis der er problemer med adgangsforholdene, og der skal anvendes stillads eller lift, bør det aftales med ejeren.

4. Tagtykkelse

Hvis tagtykkelsen er forøget, fx efter en efterisolering af tagkonstruktionen, kan dagslyset fra ovenlyset blive forringet. I så fald er det værd at overveje, om lyskaktten skal skæres skråt af, således at lysningspanelerne får en hældning på fx 45°.

Indeklima

En ovenlyskuppel skaber mulighed for at få dagslys indenfor, selv i dybe rum. Når ovenlyskupler udskiftes til bedre isolerende kupler, bliver kuppelens indvendige overflade varmere. Den varmere overflade nedsætter risikoen for kondens på undersiden af kuppelene og giver mindre træk i form af kuldenedfald.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved udskiftning af en ovenlyskuppel stiller bygningsreglementet krav om, at den nye ovenlyskuppel har en U-værdi der maksimalt er 1,40 W/m². U-værdien skal baseres på den faktiske størrelse.

Hvis udskiftningen reducerer ventilationen stilles der krav om at ventilationen genetableres på anden vis, fx ved brug af udeluftventiler i ovenlyskuplen eller alternativt i tag eller ydervægge. I opholdsrum skal udeluftventilerne have en samlet fri åbning på mindst 60 cm² pr. 25 m² gulvareal.

Bygningsreglementets krav til linjetabet (kuldebroafbrydelsen) mellem tagkonstruktion og ovenlyskuppel skal kun overholdes, hvis der samtidigt foretages en renovering af taget. I det tilfælde må linjetabet ikke overstige 0,10 W/mK.

Yderligere information

SBi-anvisninger

239: Efterisolering af småhuse - energibesparelser og planlægning

240: Efterisolering af småhuse - byggetekniske løsninger

224: Fugt i bygninger

www.build.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade:

(47) 09 08 10 Afvandingsforhold på flade tage - lunkeudfyldning, nye afløb og øget hældning

www.byg-erfa.dk

Bygningsreglementet

www.bygningsreglementet.dk

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:

www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Udskiftning af ovenlysvinduer

Ovenlysvinduer med begyndende tegn på råd eller andre tegn på nedbrydning bør udskiftes. Det samme gælder ovenlysvinduer med punkteret termorude.

Overvej om den nuværende størrelse og placering kan optimeres mht. dagslys, udsyn og betjening - skift evt. til et større vindue eller flere vinduer.

Bygningsrelementets krav

- Ovenlysvindue med energibalancen (E_{ref}) ≥ 10 kWh/m² pr. år

Fordele

- Mindre varmetab gennem ovenlysvinduerne
- Økonomisk besparelse pga. lavere varmetab
- Varmere overflader og mindre risiko for indvendig kondens
- Mindre træk pga. kuldenedfald
- Øget komfort og bedre indeklima
- Lavere CO₂-udledning
- Udskiftning af ovenlysvinduer forøger husets værdi

Energibesparelse

Eksisterende ovenlysvinduer	Nye ovenlysvinduer	
		$E_{ref} \geq 10$ kWh/m ² pr. år
	Energibesparelse i kWh/m ² /år	
Ovenlysvindue med 2-lags termorude ($U = 3,1$ W/m ² K)	-	100
Ovenlysvindue med 3-lags termorude ($U = 2,3$ W/m ² K)	-	40

Forudsætning

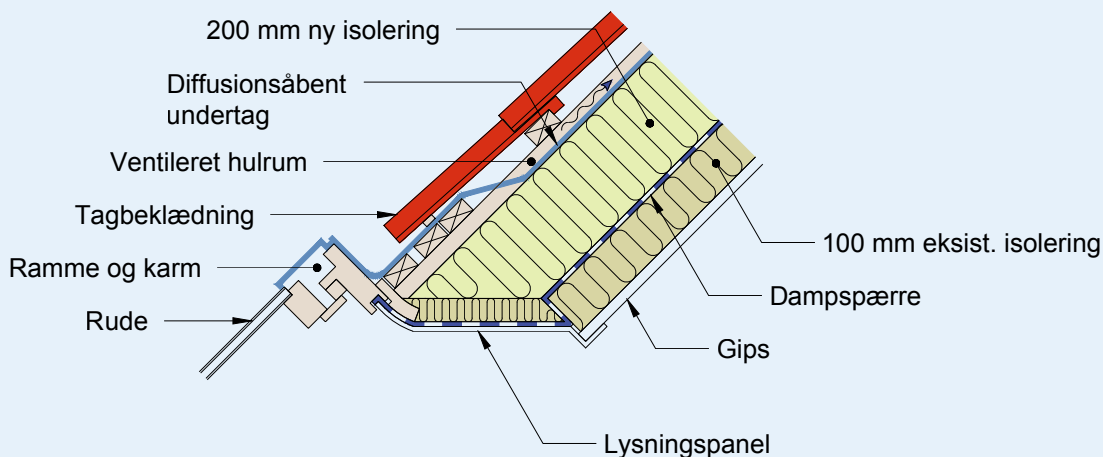
Ovenlysvinduets (E_{ref} - værdi) er en teoretisk beregning af referencevinduet energibalance mellem solindfald og varmetab beregnet for fyringssæsonen og for en fastlagt fordeling mod de fire verdenshjørner. Beregningen for et ovenlysvindue foretages for et oplukkeligt referencevindue i standardmålene (bxh) 1230x1480 mm for et referencehus med 45° taghældning og ved brug af producentens standardrudeløsning.

Energibalancen beregnes som:

$$E_{ref} = 345 \times g_w - 90,36 \times U_w$$

g_w = Total solenergitransmittans for ovenlysvinduet

U_w = Varmetransmissionskoefficient for ovenlysvinduet



Eksempel på energibesparelse

Forudsætninger	I et parcelhus med udnyttet tagetage med fire ovenlysvinduer på 1,14 x 1,4 m med et samlet areal på 6,38 m ² udskiftes ovenlysvinduerne. De gamle ovenlysvinduer har termoruder og en U-værdi på 3,1. De nye ovenlysvinduer har et energitilskud (Eref) større end 10 kWh/m ² pr. år. Huset opvarmes med naturgas. Naturgaspris: 13,80 kr./m ³ . Gaskedlen er ny og kondenserende.	
Årlig energibesparelse pr. m ²		100 kWh/m ²
Årlig energibesparelse kWh	100 kWh/m ² x 6,4 m ² =	640 kWh
Årlig energibesparelse m ³	640 kWh / 11 kWh/m ³ =	m ³ 803 kr
Økonomisk besparelse år 1, kr.	13,80 kr./m ³ x 58 m ³ =	442 kr
Årlig CO ₂ -besparelse kg / tons	0,205 kg/kWh x 640 kWh =	131 kg/0,1 tons

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Udførelse

Monteringen af et ovenlysvindue afhænger både af typen af ovenlysvindue og typen af tagbelægning, som ovenlysvinduet indbygges i. Derfor anbefales det at følge producentens monteringsvejledning for det specifikke ovenlysvindue. Nedenfor gennemgås en montagevejledning for et typisk ovenlysvindue.

Først afmonteres det gamle ovenlysvindue.

Først løftes rammen af. Ved ældre koblede rammer gøres dette ved at skrue en skrue ved slidsen i karmparten ud til stop. Herefter skubbes skruen op i slidsen. Ved vippevinduer med ventilationsklap åbnes vinduesrammen, og skrue i hængseltap skrues ind. Herefter løftes rammen af. Tagmaterialet afmonteres og karme demonteres ved at fjerne skrue i montagebeslag

Herefter afmonteres vinduesbeklædning. Karmen saves over, karmtræet fjernes forsigtigt og sideindskud, skotrende og forkant trækkes forsigtigt ud.

Inden montering af det nye vindue, anbefales det at tage rammen ud af det nye vindue for at lette monteringen. Rammen stilles på overrammen på et rent og plant underlag.

Før vinduet monteres, anbringes karmisoleringen på lægterne. Den fastgøres ikke selvstændigt, men fastholdes af vinduets monteringsbeslag. Hvis den fri afstand mellem spærene ikke er tilstrækkelig stor, kan karmisoleringen evt. tilpasses for at kunne placeres korrekt.

Opretning af vinduet er vigtigt for at sikre vinduets tæthed. Underkarmen fastgøres først til den nederste monteringslægte, som placeres i vater. Afstanden mellem karm og ramme justeres, så den er ens i siderne. Underkarm og underramme skal være parallelle.

Såfremt der er undertag, foretages tilslutning til undertag med en undertagskrave, der fastgøres til karmen. Afvandingsrenden anbringes lige over den første gennemgående lægte over vinduet, så den kan opsamle og lede det vand bort, der kommer ind på undertaget over vinduet.

Inddækning og beklædning monteres i den rækkefølge, der er angivet i monterings- og inddækningsvejledningen.

Isolering omkring vinduet er vigtig for at undgå kuldebroer, og der isoleres langs karmen helt op til lægteoverside.

For at sikre tætheden af huset skal husets dampspærre føres helt ind til noten i vinduets karm, hvilket lettest gøres med en dampspærrekrave og damptæt tape.

Til sidst afsluttes den indvendige beklædning med et lysningspanel, hvis tilsætninger i top og bund udføres hhv. vandret og lodret. Det giver den bedste cirkulation af varm luft hen over ruden, den bedste indstråling af lys samt det bedste udsyn.

Monteringen afsluttes med at sætte vinduesrammen tilbage i karmen.

Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Solafskærmning	Er der nogle af boligens rum, der har behov for solafskærmning?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 1
Adgangsforhold	Skal der anvendes stillads eller lift?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 2
Type af tagbelægning	Hvilken type tagbelægning skal ovenlysvinduet indbygges i?		se 3
Åben tagbelægning	Har taget åben tagdækning såsom tegl- eller betontagsten?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 4
Undertag	Er der undertag i den eksisterende tagkonstruktion?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 5
Spærafstand	Passer ovenlysvinduets placering og størrelse til spærafstanden?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 6
Luftfugtighed	Skal ovenlysvinduet sidde i et rum med høj luftfugtighed?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 7
Funktion af rum	Sidder ovenlysvinduet over opholdsrum?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 8
Vinduestype	Passer vinduestypen til rummet?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 9
Vinduesplacering	Betyder vinduets placering, at vinduet ikke kan betjenes manuelt?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 10
Redningsåbning	Skal ovenlysvinduet fungere som redningsåbning?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 11

1. Solafskærmning

Hvis boligen eller enkelte rum er generet af høje rumtemperaturer forårsaget af stort solindfald, bør der etableres udvendig solafskærmning. Er rummene generet af blænding, kan indvendig solafskærmning monteres.

2. Adgangsforhold

Hvis der er problemer med adgangsforholdene, og der skal anvendes stillads eller lift, bør det aftales med ejeren.

3. Type af tagbelægning

Afhængigt af om ovenlysvinduet skal indbygges i et tag med tegltagsten, bølgeplader, skifer, tagpap, strå eller andre typer, kan monteringen variere. Sørg derfor for at være i besiddelse af den korrekte montagevejledning.

4. Åben tagbelægning

Ved tag med åben tagdækning, som tegl- eller betontagsten, kan fygesne trænge ind under stenene. Afvandingsrenden over ovenlysvinduerne skal monteres korrekt, så smeltevandet ved tøvejr kan løbe af.

5. Undertag

Hvis der ikke er noget undertag i den eksisterende tagkonstruktion, skal tætning ske til den eksisterende tagbelægning.

6. Spærafstand

Spærafstanden har betydning for, hvor store vinduer man kan benytte, hvis man ikke ønsker at udveksle spær. Undersøg derfor først, om placering og størrelse af ovenlysvinduerne passer ind i de eksisterende spærfag. Hvis ikke, er en udveksling i spærkonstruktionen nødvendig. De fleste udvekslinger af enkelte spær udføres oftest ved løsninger baseret på erfaringer. Eksempelvis udføres udvekslingen oftest i samme dimension som spærene. Bemærk: Ved nogle konstruktioner kan det være nødvendigt at udføre en statisk eftervisning af udvekslingens og de bevarede spærs bæreevne.

7. Luftfugtighed

Hvis vinduet skal sidde i et rum med høj luftfugtighed som fx et badeværelse, kan ovenlysvinduer af polyuretan (trævindue beklædt med et kompositmateriale af plastik) være en god løsning.

8. Funktion af rum

Hvis ovenlysvinduet sidder over opholds-, arbejds- eller soveplads, kan det være en god idé at vælge vinduer med lamineret glas indvendigt. Lamineringen beskytter mod, at glasstykker fra en rude, der går i stykker, falder ned og forårsager personskaade.

9. Vinduestype

En udskiftning af et ovenlysvindue giver mulighed for at ændre vinduestypen, fx fra et vippevindue til et tophængt, hvis det passer bedre til rummet.

10. Vinduesplacering

Hvis vinduet er placeret højt i rummet, og det derfor ikke kan betjenes manuelt, bør man overveje at installere elektrisk betjening. En anden mulighed er en betjeningsstang.

11. Redningsåbning

Redningsåbninger er helt afgørende, hvis personsikkerheden bygges på, at personer i tilfælde af blokeret flugtvej skal kunne forblive i det rum, hvor de opholder sig, indtil de kan reddes ud. Det gælder bl.a. alle rum, der indrettes med kun én dør.

For at kunne godkendes som redningsåbning skal åbningshøjden og bredden sammenlagt være mindst 1,5 m, hvor højden er mindst 0,6 m og bredden mindst 0,5 m. Desuden skal redningsåbningen være let at identificere, nå og anvende. Vær opmærksom på, at det er de vandrette mål. Måske skal ovenlysvinduet være tophængt, for at det kan godkendes.

Indeklima

Et ovenlysvindue skaber mulighed for at få dagslys indenfor i rum med skrå vægge eller loft til kip. Når ovenlysvinduerne udskiftes, bliver vinduets overflade varmere. Forudsat at vindueskonstruktionen er godt designet, nedsætter den varmere overflade risikoen for kondens på indersiden af vinduerne og giver mindre træk i form af kuldenedfald.

Hvis rummet er mørkt, kan et bedre lysindfald opnås ved at forstørre vinduet eller montere flere ved siden af hinanden. Hvis der er støjgener udefra, kan disse afhjælpes med støjdæmpende ruder.

Da vinduet kan åbnes, giver det god mulighed for at ventilere rummet.

Hvilke andre krav stiller bygningsreglementet?

Lydglas (støjdæmpende glas) og andre funktionsglas, kan anvendes, hvis referencevinduet mindst opfylder E_{ref} kravet. Hvis vinduesudskiftningen reducerer ventilationen, stilles der krav om at ventilationen genetableres på anden vis, fx ved brug af udeluftventiler i ovenlysvinduet eller alternativt i tag eller ydervægge. I opholdsrum skal udeluftventilerne have en samlet fri åbning på mindst 60 cm² pr. 25 m² gulvareal.

Bygningsreglementets krav til linjetabet (kuldebroafbrydelsen) mellem tagkonstruktion og ovenlysvinduer skal kun overholdes, hvis der samtidigt foretages en renovering af taget. I det tilfælde må linjetabet ikke overstige 0,10 W/mK.

Yderligere information

SBi-anvisninger

239: Efterisolering af småhuse - energibesparelser og planlægning

240: Efterisolering af småhuse - byggetekniske løsninger

224: Fugt i bygninger

www.build.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade:

(27) 97 11 25 Undertage - Udførelse og detaljer

www.byg-erfa.dk

Bygningsreglementet

www.bygningsreglementet.dk

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:

www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.



FACADE, VINDUER, RUDER OG DØRE

Bygningers facader kan blive mere energirigtige ved at rovere eller udskifte vinduer, døre og ruder og ved at efterisolere ydervæggen.

Afhængig af konstruktionen og bygningens alder er der forskellige muligheder. Især i ældre bygninger med klassiske smukke vinduer kan det være en god løsning blot at skifte ruderne eller tilføje forsatsrammer for at få et lavere energiforbrug og en varmere bygning. I andre bygninger er det påkrævet med en komplet udskiftning, når de gamle vinduer og yderdøre viser tegn på råd og nedslidning.

Udvendig efterisolering er især hensigtsmæssig, når ydervægsbeklædningen alligevel skal skiftes, eller husejeren gerne vil have et nyt udtryk på facaden, fx skifte fra gasbeton eller mursten yderst til en pudset facade.

Både lette og tunge ydervægge kan efterisoleres, men potentialet er størst ved hulmursisolering og lette ydervægge i parcelhuse fra 1960-70'erne (utætte). Begge dele giver en betydeligt bedre komfort. Samtidig er det væsentligt at have fokus på energibesparelser, når døre og vinduer eller ruder står til udskiftning.

Se besparelspotentialet, og hvordan arbejdet udføres korrekt på de næste sider.



Udskiftning af vinduer med termoruder

Vinduer med termoruder, som er begyndt at rådne eller viser andre tegn på nedbrydning, bør udskiftes til nye vinduer med energiruder. Hvis vinduerne er i god stand anbefales en udskiftning af termoruden - se Videncentrets Energiøsning: "Udskiftning af termoruder".

Hvis vinduernes stil ikke er som den, huset oprindeligt blev opført med, bør man overveje at skifte tilbage til den oprindelige stil.

Bygningsreglementets Krav

Energiltalskud (Eref) større end 0 kWh/m² pr. år (Energimærke A).

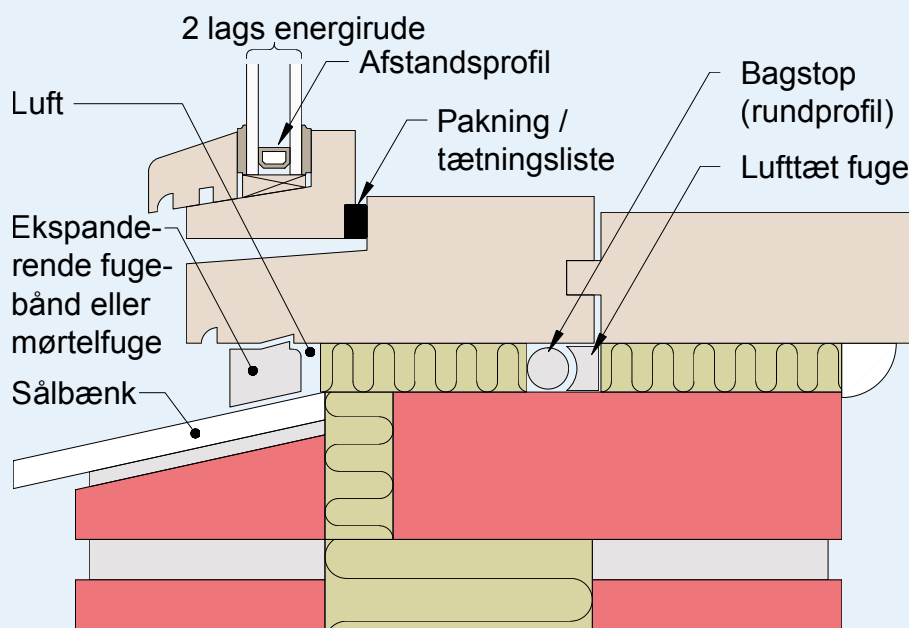
Se mere om Eref på næste side.

Find energimærkede vinduer på:




www.energivinduer.dk

Fordele

- Mindre varmetab gennem vinduerne
- Bedre økonomi pga. lavere varmeregning
- Varmere overflader og mindre risiko for indvendig kondens
- Mindre træk og kuldenedfald
- Øget komfort og bedre indeklima
- Lavere CO₂-udledning
- Nye vinduer forøger husets værdi



Energibesparelse

Eksisterende vinduer	Nye vinduer		
	1-fløjede vinduer	Vinduer opdelt i 2 med en lodret eller vandret post	Vinduer opdelt i 4 med en lodret og en vandret post
			
	Energibesparelse i kWh/m ² pr. år		
	Uw = 0,87 Eref = 0	Uw = 1,1 Ew = -31	Uw = 1,23 Ew = -46
Vinduer med 2-lags termorude	140	130	130
Vinduer med 3-lags termorude	90	-	-

Forudsætning

Energibesparelserne er fundet ud fra forskellen mellem det gamle og det nye vindues energitilskud (Eref). Energitilskuddet er et tal, som viser, hvor meget et vindue i referencestørrelsen 1,23 m x 1,48 m uden poster og sprosser, og ved brug af producentens standardrude-løsning i et referencehus bidrager til bygningens varmebalance i fyringssæsonen.

Energitilskuddet beregnes som:

$E_{ref} = 196,4 \times g_w - 90,36 \times U_w$, hvor:

g_w : Total solenergitransmittans for vinduet

U_w : Varmetransmissionskoefficient for vinduet

E_w er et vindues energitilskud, når vinduet har en anden størrelse end referencevinduet og/eller er opdelt af poster og sprosser. Besparelsen er regnet med referencevinduet størrelse, da det aktuelle vindues størrelse ikke kendes. Hvis vinduet er større end referencestørrelsen, bliver besparelsen større. Hvis vinduet er mindre end referencestørrelsen, bliver besparelsen mindre.

Eksempel på energibesparelse

Forudsætninger	I et parcelhus med 30 m ² oprindelige 1-fløjede vinduer i træ med ældre 2-lags termoruder udskiftes vinduerne til nye A-mærkede energivinduer i samme stil. (Lavenergi niveau). Huset opvarmes med naturgas. Naturgaspris: 13,80 kr. pr. m ³ . Gaskedlen er ny og kondenserende.
Årlig energibesparelse pr. m ²	140 kWh/m ²
Årlig energibesparelse kWh	140 kWh/m ² x 30 m ² = 4.200 kWh
Årlig energibesparelse m ³	4.200 kWh / 11 kWh/m ³ = 382 m ³
Økonomisk besparelse år 1, kr.	13,80 kr./m ³ x 382 m ³ = 5.272 kr.
Årlig CO ₂ -besparelse kg	0,205 kg/kWh x 4.200 kWh = 861 kg / 0,8 ton

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Udførelse

Først og fremmest er omhyggelig måltagning særdeles vigtig, så vinduerne hverken er for store eller små til vindueshullerne.

Ved monteringen af nye vinduer vil det normalt være hensigtsmæssigt at aftage vinduesrammen under første del af karmmontagen.

Karmen fastgøres i alle hjørner med kiler til vindueshullet med ensartet fugebredde hele vejen rundt. Den fri afstand (fugebredden) mellem karm og ydervæg bør normalt være 10 til 15 mm. Karmen skal justeres og fastholdes, så der opnås korrekt anslag mellem ramme og karm.

Forkant vindue må aldrig placeres længere fremme end forkant ydervæg. Vinduet placeres normalt i samme afstand som det udskiftningsmodne vindue - hvilket typisk er 25-60 mm fra forkant.

Vinduerne fastgøres til de omgivende bærende bygningsdele med karmskruer/-dyvler eller beslag. For antal af fastgørelsespunkter og afstand mellem fastgørelsespunkterne henvises til producentens anvisninger.

Det samme gælder for eventuel fastgørelse i over- og underkarm samt blivende opklodsning.

Det anbefales at udføre en 2-trins fuge. Ved arbejdet med isoleringsmaterialet (stopningen) må der ikke ske komprimering, der medfører krumning af karmdelene, eller nedsætter isoleringsevnen af stopningsmaterialet.

Ved udvendig side skal der altid afsluttes med en diffusionsåben beskyttende fuge/afdækning. Den kan bestå af:

- Mørtelfuge (kræver fugefals udvendig på karmen)
- En ventileret elastisk fuge dvs. en fuge, der på de to sider og i toppen ligger længere fremme end fugen i bunden, så evt. vand på bagsiden af fugen kan dryppe af.
- Fugebånd (må kun bruges under vinduet med en hældning på sålbænken på maksimalt 7 grader)
- En liste af træ (fortrinsvis brugt ved træhuse)

Bag fugen/afdækningen skal der være et ventileret hulrum.

På indvendig side skal der afsluttes med en diffusions-tæt fuge, dvs. enten en elastisk eller plastisk fuge.

Håndværker- og brugervejledning, udgivet af Vinduesindustrien, og vinduesproducentens montagevejledning skal altid følges.

Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Ventilation	Er der behov for udeluftventiler?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 1
Støj	Er boligen generet af støj fra fx trafik eller industri?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 2
Solafskærmning	Er der nogle af boligens rum, der har behov for solafskærmning?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 3
Montageforhold	Skal der anvendes stillads eller lift?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 4
Vindueshul/murhul	Skal der foretages reparation af vindueshullet? Fx sætningsskader over vinduer eller udskiftning af træbeklædning?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 5
Sålbænk	Skal sålbænkene udskiftes?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 6
Lysningspaneler	Er der lysningspaneler?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 7
Sikkerhedsglas	Er der ønske om bedre sikring mod personskaade?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 8
Redningsåbning	Skal vinduet kunne fungere som redningsåbning i dette rum?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 9
Oplukkelighed	Er vinduet oplukkeligt?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 10
Bortskaffelse	Indeholder termoruderne eller fugerne PCB?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 11

1. Ventilation

I forbindelse med vinduesudskiftningen bør der etableres udeluftventiler i rummene, hvis de ikke er der i forvejen, jf. bygningsreglementet, Kapitel 6.3 Luftkvalitet. Det anbefales at etablere udeluftventiler i ydervæggen frem for i vinduerne. Fordelen ved udeluftventiler i væggen er bl.a., at de har et større areal. Det betyder tilstrækkeligt med frisk luft og mindre træk. Udeluftventiler bør placeres ved siden af vinduet, over en radiator oppe under loftet. Udeluftventiler bør være kondens- og lydisolerede.

2. Støj

Hvis boligen er generet af støj, bør vinduer med støj-dæmpende ruder (lydruder) anvendes. Den støj-dæmpende rude virker ved at have forskellige glastykkelser ind- og udvendigt og en større afstand mellem glassene. Lydruder er derfor ekstra tykke, og det skal sikres, at der er plads til disse. Hvis lydruderne skal være lige så tynde som de eksisterende ruder, bliver energibesparelsen en smule mindre.

3. Solafskærmning

Hvis boligen eller enkelte rum er generet af høje rumtemperaturer forårsaget af stort solindfald, bør der etableres en udvendig solafskærmning. Hvis der i stedet anvendes solafskærmende ruder, vil solindfaldet mindskes, men der sker også en reduktion af det gratis varmetilskud fra solen om vinteren.

4. Montageforhold

Hvis der er problemer med adgangsforholdene, og der skal anvendes stillads eller lift, bør det aftales med ejeren. Hvis der er tale om 3-lags energiruder, vejer de en halv gang mere end 2-lags ruder, og derfor kræver monteringen lidt mere planlægning og evt. brug af løftegrej.

5. Murhul

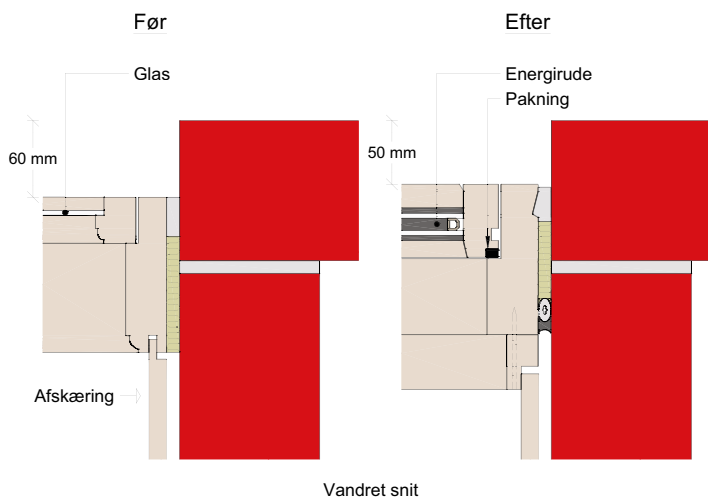
Hvis der skal foretages reparationer af hullet, som vinduet skal monteres i, bør dette foretages inden monteringen af det nye vindue.

6. Sålbenke

Hvis sålbænken skal udskiftes, anbefales en svømmende montering. Det vil sige, at elementerne bør ligge på en klæber, som giver en solid forankring, og samtidig tillader små bevægelser (fx en butylklæber). For at opnå at sålbænkene forbliver i samme niveau, bør de understøttes med afstandsbrikker. Sålbænken monteres således, at det nye vindues bundkarm har et udhæng på 2 til 4 cm. Sålbænkens hældning bør være mindst 8-10° eller 1 cm pr. 5 cm.

7. Lysningspaneler

For at kunne udføre en indvendig lufttæt fuge mellem karm og ydervæg bør de eksisterende lysningspaneler afmonteres - se "Før" på illustrationen. Alternativt kan der skæres 25-30 mm af lysningspanelet, hvorefter fugningen kan udføres. Efterfølgende monteres en falsset træliste - se "Efter" på illustrationen.



Vandret snit

8. Sikkerhedsglas

Hvis der er behov for bedre sikring mod personskade, kan ruder med lamineret eller hærdet glas anvendes. Der er ikke krav om brug af sikkerhedsglas i enfamiliehuse, men det er der i institutioner og andre bygninger, hvor der færdes mange mennesker.

9. Redningsåbning

Bygningsreglementets mindstekrav er, at den frie højde + den frie bredde af en redningsåbning skal være 1,5 m. Desuden skal højden mindst være 0,6 m og bredden mindst 0,5 m. Der skal være et vindue eller en dør i hvert rum, der fungerer som redningsåbning. Hvis der er flere vinduer i samme rum, behøver de ikke alle sammen at være oplukkelige. Faste vinduespartier er tættere og holder derfor bedre på varmen.

10. Oplukkelighed

Det nye vindue bør kunne fastholdes i flere positioner i åben tilstand, så det ikke smækker op eller i med blæsten, når der luftes ud. Fx på klem og fuldt åbent. Det er en stor fordel, når det er for varmt om sommeren, eller når husejer ønsker at sove koldt.

11. Bortskaffelse

Termoruder og gammelt fugemateriale, der indeholder PCB, skal bortskaffes forsvarligt

Energiruder

I en 2-lags energirude er det inderste af de to glas belagt med en lav-emissionsbelægning, der reducerer varmeudstråling markant. I en 3-lags energirude er det inderste og yderste glas belagt på overfladen, der vender mod det midterste glas.

For at mindske varmetabet yderligere, anvendes gasarten argon mellem glassene. Argon er tungere end luft og mindsker derved den cirkulation, der opstår i en rude, som er kold på den ene side og varm på den anden side.

Varme kanter

Glassene i en energirude holdes adskilt af et afstandsprofil. Tidligere blev disse ofte lavet af aluminium eller galvaniseret stål, som leder varmen/kulden særdeles godt. Derved fik selv nye energiruder en relativ lav overfladetemperatur langs den indvendige rudekant med risiko for kondensdannelse, hvis luften indeholder for meget fugt.

Regelmæssig kondens vil i første omgang medføre skimmelsvamp på vinduets rammer/karme. Hvis der ikke gøres noget ved det, kan der ske nedbrydning af overfladebehandlingen, og vinduet kan begynde at rådne. For at minimere dette problem, er der udviklet "varme kanter" af plastmaterialer.

Varmebesparelsen for et typisk vindue eller dør med høj glasandel med "varme kanter" er ca. 10-20 kWh pr. år.

Indeklima

Når et gammelt vindue udskiftes til et nyt med energiruder, bliver dets indvendige overflade varmere. Forudsat at vindueskonstruktionen er godt designet, nedsætter den varmere overflade risikoen for kondens på ruderne og ramme-/karmkonstruktionen og giver mindre træk i form af kuldenedfald.

Nye vinduer er dels mere tætte, og dels vil kondens ikke mere indikere fugt i rummet; derfor skal der sørges for god og hyppig udluftning. Under visse vejrforhold kan der være kondens på rudens yderside til gene for lysindfald og udsyn.

Hvis rummet er mørkt, kan et bedre lysindfald opnås ved at gøre vinduet større. Der kan etableres flere vinduer/større vinduesareal, hvis der kompenseres for et evt. øget energiforbrug med andre energibesparende tiltag.

Hvilke andre krav stiller bygningsreglementet?

Lydglas og andre funktionsglas kan anvendes, hvis referencevinduet opfylder kravet til energitilskuddet. Der kan dog vælges glas med en lavere solvarmetransmittans (g-værdi), hvis der kan påvises en energibesparelse ved det.

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Hvis vinduesudskiftningen reducerer ventilationen stilles der krav om at ventilationen genetableres på anden vis, fx ved brug af udeluftventiler i vinduet eller alternativt i ydervægge. I opholdsrum skal udeluftventilerne have en samlet fri åbning på mindst 60 cm² pr. 25 m² gulvareal.

Bygningsreglementets krav til linjetabet (kuldebroafbrydelsen) omkring vinduer skal kun overholdes ved udskiftning af vinduer og samtidig renovering af ydervæg.

Yderligere information

Bygningsreglementet

www.bygningsreglementet.dk

Mærkningsordning for vinduer:

www.energivinduer.dk

Beregningsprogram for vinduer:

www.eref.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade:

(31) 05 12 07 Termo- og energiruder - dugdannelser, revner og udskiftning

(31) 03 05 08 Kondens på glasflader - termoruder og energiruder

(41) 06 12 31 Fuger omkring vinduer i teglydervægge - udskiftning

(31) 12 07 19 Sålbenke i murværk

(29) 10 11 17 Energibesparelser og fugtgener

(31) 05 12 07 Termo- og energiruder - dugdannelser, revner og udskiftning

www.byg-erfa.dk

Vinduesindustrien:

www.vinduesindustrien.dk

Glasindustrien:

www.glasindustrien.dk

Se filmen: Udskiftning af vinduer og døre på <https://byggeriogenergi.dk/film-og-praesentationer/klimaskaerm/udskiftning-af-vinduer-og-doere/>

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:

www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

Udskiftning af termoruder

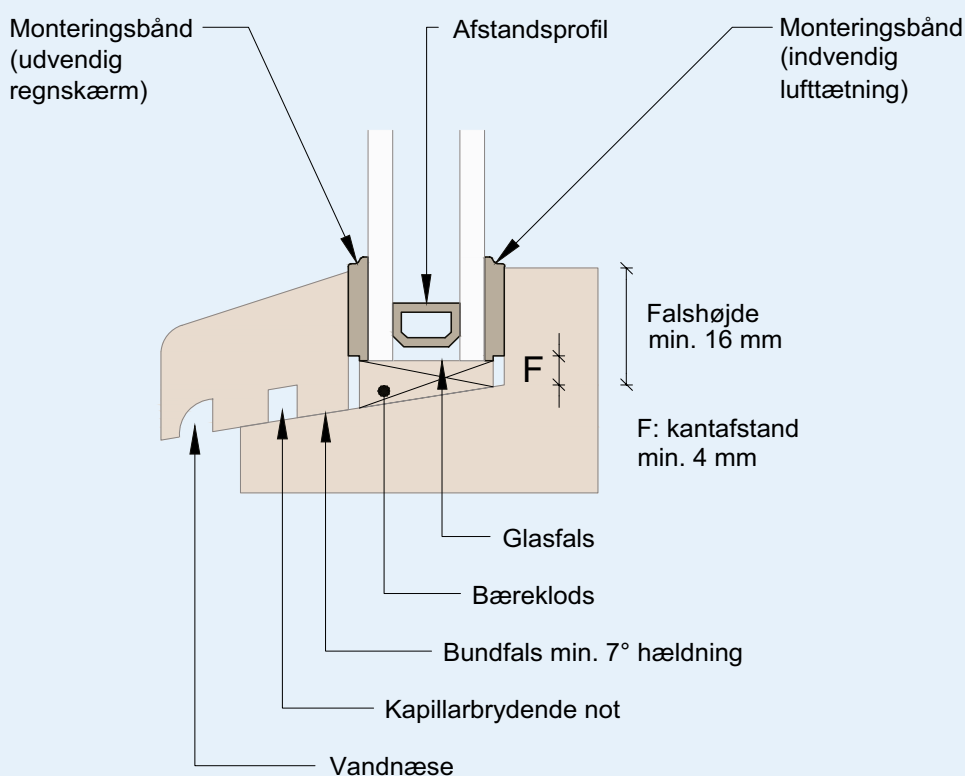
Når en termorude skal udskiftes, bør det vurderes, om det er nok med ruden. Hvis de eksisterende vinduesrammer og -karme har tegn på råd eller anden nedbrydning, bør hele vinduet udskiftes - se Videncentrets energiløsning: "Udskiftning af vinduer med termoruder".

Er vinduet derimod i fin stand, og det er ruden alene, der er brug for at skifte, så vælg nye 2- eller 3-lags energiruder med varm kant af energihensyn. Bredden af falsen vil være bestemmende for, om der er plads til en rude med 2 eller 3 lag glas. I gående rammer isættes en energirude med samme antal lag af glas som før af hensyn til rammens og hængslernes bæreevne. I faste partier - især hvis disse er store og fx går fra gulv til loft - kan der ofte med fordel isættes en 3-lags energirude.



Udskiftning af ruder til lavenerginiveau giver den bedste økonomi på lang sigt.





Fordele

- Mindre varmetab gennem ruderne
- Bedre økonomi pga. lavere varmeregning
- Varmere overflader og mindre risiko for indvendig kondens
- Mindre træk og kuldenedfald
- Øget komfort og bedre indeklima
- Lavere CO₂-udledning
- Nye energiruder forøger husets værdi



Energibesparelse

Eksisterende ruder i 1-fløjede vinduer (vinduer uden poster)	Eksisterende vinduer med ny rude	
	Energibesparelse i kWh/m ² vindue pr. år	
	2-lags energirude  Uw = 1,3 W/m ² K Eref = -30 kWh/m ²	3-lags energirude  Uw = 1,0 W/m ² K Eref = -20 kWh/m ²
2-lags termoruder	100	110
3-lags termoruder	55	65
2-lags energiruder	-	10

Eksisterende ruder i vinduer opdelt med poster og sprosser	Eksisterende vinduer med nye ruder			
	Vinduer opdelt i 2 med en lodret eller en vandret post  Uw = 1,40 W/m ² K Ew = -50 kWh/m ²	Vinduer opdelt i 4 med en lodret og en vandret post  Uw = 1,45 W/m ² K Ew = -65 kWh/m ²	Vinduer opdelt i 6 med lodret post og gennemgående sprosser  Uw = 1,55 W/m ² K Ew = -75 kWh/m ²	Vinduer opdelt i 10 eller flere med lodret og vandret post og gennemgående sprosser  Uw = 1,70 W/m ² K Ew = -105 kWh/m ²
	Energibesparelse i kWh/m ² vindue pr. år			
	Minimum 2-lags energirude	Minimum 2-lags energirude	Minimum 2-lags energirude	Minimum 2-lags energirude
2-lags termoruder	95	85	95	85

Forudsætninger

Energibesparelserne er fundet som forskellen mellem det gamle og det nye vindues energitilskud (Eref). Energitilskuddet er et tal, som viser, om vinduet i reference-størrelsen 1,23 m x 1,48 m i et referencehus bidrager positivt eller negativt til bygningens varmebalance i fyringssæsonen.

Energitilskuddet beregnes som:

$E_{ref} = 196,4 \times g_w - 90,36 \times U_w$, hvor
 g_w : Total solenergitransmittans for vinduet
 U_w : Varmetransmissionskoefficient for vinduet

E_w er et vindues energitilskud, når vinduet har en anden størrelse end referencevinduet og/eller er opdelt af poster og sprosser. Besparelsen er regnet med referencevinduet's størrelse, da det aktuelle vindues størrelse ikke kendes. Hvis vinduet er større end referencestørrelsen, bliver besparelsen større. Hvis vinduet er mindre end referencestørrelsen, bliver besparelsen mindre.

Besparelserne forudsætter, at de eksisterende ruder har afstandsprofiler af aluminium mellem glassene og udskiftes til nye energiruder med afstandsprofiler af plastmateriale (varme kanter).

Eksempel på energibesparelse

Forudsætninger	I et parcelhus med 30 m ² ældre 2-lags termovinduer udskiftes ruderne til nye 2-lags energiruder. Huset opvarmes med naturgas. Naturgaspris: 13,80 kr./m ³ . Gaskedlen er ny og kondenserende.	
Årlig energibesparelse pr. m²		100 kWh/m ²
Årlig energibesparelse kWh	$100 \text{ kWh/m}^2 \times 30 \text{ m}^2 =$	3.000 kWh
Årlig energibesparelse m³	$3.000 \text{ kWh} / 11 \text{ kWh/m}^3 =$	273 m ³
Årlig økonomisk besparelse kr.	$13,80 \text{ kr./m}^3 \times 273 \text{ m}^3 =$	3.767 kr.
Årlig CO₂-besparelse kg	$0,205 \text{ kg/kWh} \times 3.000 \text{ kWh} =$	615 kg/0,6 ton

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.

(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Udførelse

Korrekt montering af ruder er væsentlig af hensyn til elementernes funktion og levetid. Derfor bør montagen foretages af folk med erfaring i montering af ruder og efter Glasindustriens montagevejledning eller prEN 12488 - rudemontering. Garantiforhold for ruden bør altid undersøges før montering.

Se monteringsvejledningen på: www.glasindustrien.dk eller køb montagestandarden prEN 12488 hos Dansk Standard.

Bemærk især, at der er specifikke krav til oplødsning af ruden og afstand mellem rude og ramme, der skal overholdes.

Ruden skal monteres med den belægning, der holder varmen inde i rummet, på ydersiden af det inderste glas.

Glaslister af træ samt monterings- og fugebånd bør altid udskiftes ved rudeskift. Glaslister kan, når de er med aluminiumsbeklædning eller af pvc-profiler, genanvendes ved udskiftning af monteringsbåndet mellem rude og glasliste.

I bunden skal glaslisten kunne bortlede evt. indtrængende vand gennem drænkanaler.

Bund-glaslisten bør desuden have en drypnæse forskudt udover rammen.

Det kontrolleres, at de eksisterende tætningslister mellem ramme og karm er tætte. Ellers udskiftes de.

Det samme gælder fugningen omkring vinduet. Hvis den ikke er tæt længere, anbefales en ny to-trinsfuge som beskrevet i Videncentrets energiløsning: "Udskiftning af vinduer med termoruder".

Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Ventilation	Er der behov for udeluftventiler?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 1
Støj	Er boligen generet af støj fra fx trafik eller industri?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 2
Solafskærmning	Er der nogle af boligens rum, der har behov for solafskærmning?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 3
Sikkerhedsglas	Er der ønske om bedre sikring mod personskader?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 4
Montageforhold	Skal der anvendes stillads eller lift?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 5
Rudetykkelse	Nye energiruder kan være 2-3 mm tykkere. Kan dette lade sig gøre pladsmæssigt i den gamle ramme?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 6
Bortskaffelse	Indeholder termoruderne PCB?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 7
Redningsåbning	Skal vinduet kunne fungere som redningsåbning i dette rum?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 8

1. Ventilation

I forbindelse med udskiftning af ruderne bør der etableres udeluftventiler i rummene, hvis de ikke er der i forvejen jf. Bygningsreglementet. Det anbefales at etablere udeluftventiler i ydervæggen frem for i vinduerne. Fordelen ved udeluftventiler i væggen er bl.a., at de har et større areal. Det betyder tilstrækkeligt med frisk luft og mindre træk. Udeluftventiler bør placeres ved siden af vinduet, over en radiator oppe under loftet. Udeluftventiler bør være kondens- og lydisolerede.

2. Støj

Hvis boligen er generet af støj, bør støjdæmpende ruder anvendes. Den støjdæmpende rude virker ved at have forskellige glastykkelser ind- og udvendigt og en større afstand mellem glassene.

3. Solafskærmning

Hvis boligen eller enkelte rum er generet af høje rumtemperaturer forårsaget af stort solindfald, bør der etableres en udvendig solafskærmning. Solafskærmende ruder mindsker tilskuddet af gratis varme i fyringssæsonen.

4. Sikkerhedsglas

Hvis der er behov for bedre sikring mod personskade, kan ruder med lamineret eller hærdet glas anvendes.

Der er ikke krav om brug af sikkerhedsglas i enfamiliehuse, men det er der i institutioner og andre bygninger, hvor der færdes mange mennesker.

5. Montageforhold

Hvis der er problemer med adgangsforholdene, og der skal anvendes stillads eller lift, bør det aftales med ejeren. Hvis der er tale om 3-lags energiruder, vejer de en halv gang mere end 2-lags ruder, og derfor kræver montagen lidt mere planlægning og evt. brug af løftegrej.

6. Rudetykkelse

Nye 2-lags energiruder er typisk 23-24 mm i total tykkelse og ældre termoruder 20-21 mm. For nogle vinduer kan dette give problemer, hvis glaslisterne derved stikker for lagt frem. Hvis glaslisterne alligevel skal udskiftes, kan en smallere glasliste anvendes. Lydruder er ekstra tykke, og det skal derfor sikres at der er plads til disse.

7. Bortskaffelse

Termoruder, der indeholder PCB, skal bortskaffes forsvarligt.

8. Redningsåbning

Bygningsreglementets mindstekrav er, at den frie højde + den frie bredde af en redningsåbning skal være 1,5 m. Desuden skal højden mindst være 0,6 m og bredden mindst 0,5 m.

Energiruder

I en 2-lags energirude er det inderste af de to glas belagt med en lav-emissionsbelægning, der reducerer varmeudstråling markant. I en 3-lags energirude er det inderste og yderste glas belagt på overfladen, der vender mod det midterste glas.

For at mindske varmetabet yderligere, anvendes gasarten argon mellem glassene. Argon er tungere end luft og mindsker derved den cirkulation, der opstår i en rude, som er kold på den ene side og varm på den anden side.

Varme kanter

Glassene i en energirude holdes adskilt af et afstandsprofil. Tidligere blev disse ofte lavet af aluminium eller galvaniseret stål, som leder varmen/kulden særdeles godt. Derved fik selv nye energiruder en relativt lav overfladetemperatur langs den indvendige rudekant med risiko for kondensdannelse, hvis luften indeholder for meget fugt.

Regelmæssig kondens vil i første omgang medføre skimmelsvamp på vinduets rammer/karme. Hvis der ikke gøres noget ved det, kan der ske nedbrydning af overfladebehandlingen, og vinduet kan begynde at rådne. For at minimere dette problem, er der udviklet "varme kanter" af plastmaterialer.

Indeklima

Når termoruder udskiftes til energiruder, bliver vinduets indvendige overflade varmere. Dette nedsætter risikoen for kondens på rudernes inderside og giver mindre træk i form af kuldenedfald. Da vinduet dels er blevet tættere, og dels vil kondens ikke mere indikere fugt i rummet, skal der sørges for god og hyppig udluftning.

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved udskiftning af termoruder stiller bygningsreglementet ikke krav til den nye rudes energimæssige ydeevne. Udskiftning af en termorude betragtes i bygningsreglementet som reparation/vedligeholdelse af en bygningsdel, hvor der ikke stilles krav. Udskiftningen må dog ikke forringe vinduets energimæssige ydeevne og skal mindst leve op til de krav der var gældende, da vinduet blev installeret/monteret.

Yderligere information

Bygningsreglementet

www.bygningsreglementet.dk

Beregningsprogram for vinduer:

www.eref.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade:

(31) 05 12 07 Termo- og energiruder - dugdannelser, revner og udskiftning

(31) 03 05 08 Kondens på glasflader - termoruder og energiruder

(41) 06 12 31 Fuger omkring vinduer i teglydervægge - udskiftning

(31) 95 12 20 Nedbrydning af trævinduer

www.byg-erfa.dk

Glasindustrien:

www.glasindustrien.dk

Se filmen: Udskiftning af termoruder på

www.ByggeriOgEnergi.dk

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:

www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

Energiforbedring af vinduer med forsatsrammer

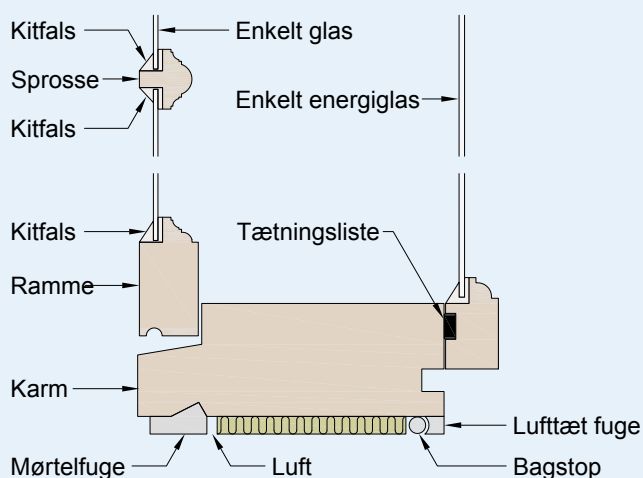
Oprindelige og bevaringsværdige vinduer fra før 1950-60 med ét lag glas bør energiforbedres med en forsats ramme med en energirude i. For vinduer, som allerede har en forsatsramme, bør glasset i den udskiftes til energiglas. Alternativt kan der fremstilles nye forsatsrammer med plads til et energiglas eller en energirude i rammen.

Vinduer med begyndende tegn på råd eller andre tegn på nedbrydning bør totalrenoveres eller udskiftes til nye koblede vinduer med energiruder i den koblede ramme. Alternativt kan vinduerne udskiftes til nye vinduer med energiruder under hensyntagen til husets arkitektur. Se Videncentrets *Energiløsning: Udskiftning af vinduer med ét lag glas*.

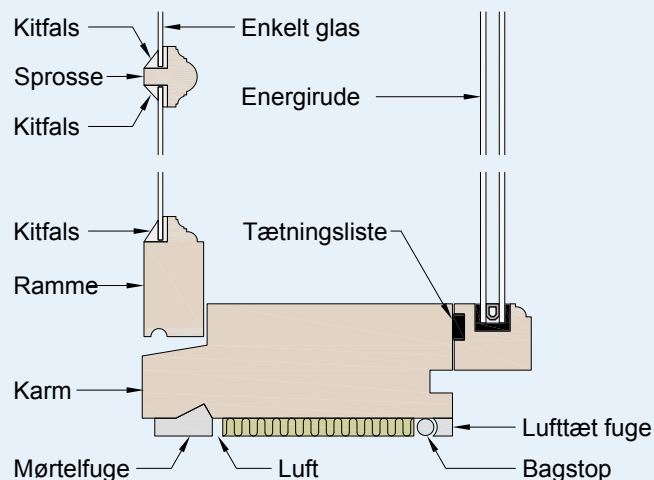
Fordele




- Mindre varmetab gennem vinduerne
- Bedre økonomi pga. lavere varmeregning
- Varmere overflader og mindre risiko for indvendig kondens
- Mindre træk og kuldenedfald
- Øget komfort og bedre indeklima
- Lavere CO₂ udledning
- Energiforbedring af vinduer med forsatsrammer forøger husets værdi




Forsatsramme med energiglas



Forsatsramme med energirude



Eksisterende vinduer med ét lag glas	Energiforbedrede vinduer	
	Energiglas i forsatsramme	Energirude i forsatsramme
	Energibesparelse i kWh/m ² pr. år	
1-fløjede vinduer 	280	290
Vinduer opdelt i 2 (med en lodret eller en vandret post) 	260	265
Vinduer opdelt i 4 (med en lodret og en vandret post) 	245	245

Eksisterende vinduer med ét lag glas samt forsatsramme med ét lag glas	Energiforbedrede vinduer	
	Energiglas i forsatsramme	Energirude i forsatsramme
	Energibesparelse i kWh/m ² pr. år	
1-fløjede vinduer 	70	80
Vinduer opdelt i 2 (med en lodret eller en vandret post) 	65	70
Vinduer opdelt i 4 (med en lodret og en vandret post) 	55	55

Forudsætning

Besparselsen kan variere meget afhængigt af det eksisterende vindues stand specielt mht. tæthed. Ovenstående besparelser svarer til et typisk standard trævindue uden utætheder.

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Eksempel på energibesparelse

Forudsætninger	En bungalow med 30 m ² oprindelige vinduer i træ og opdelt med lodrette poster, energiforbedres med nye forsatsrammer med en 2-lags energirude. Huset opvarmes med naturgas. De 20 m ² har allerede en forsatsramme med 1 lag glas, og de 10 m ² er med ét lag glas uden forsatsramme. Naturgaspris: 13,80 kr. pr. m ³ . Gaskedlen er ny og kondenserende.	
Årlig energibesparelse kWh pr. m ²	Vinduer uden forsatsramme (10 m ²) Vinduer med forsatsramme (20 m ²)	265 kWh/m ² 70 kWh/m ²
Årlig energibesparelse kWh	265 kWh/m ² x 10 m ² + 70 kWh/m ² x 20 m ² = 4.050 kWh	
Årlig energibesparelse m ³	4.050 kWh / 11 kWh/m ³ = 368 m ³	
Årlig økonomisk besparelse kr.	13,80 kr./m ³ x 368 m ³ = 5.078 kr.	
Årlig CO ₂ -besparelse kg	0,205 kg/kWh x 4.050 kWh = 830 kg / 0,8 tons	

Udførelse

Trænger de eksisterende vinduer til vedligeholdelse som fx maling, bør det foretages inden energiforbedringen. De eksisterende vinduer skal desuden kontrolleres mht. tætningslister, hængsler, greb, anverfere, stormkroge m.m. inden montering af forsatsramme.

Vindue med ny forsatsramme

Måltagningen til forsatsrammen bør foretages efter producentens anvisninger. Der skal desuden tages højde for husejerens ønsker til oplukkelighed for udluftning.

Nye forsatsrammer bør udføres med energiruder.

Forsatsrammen bør være placeret foran vinduets karm set indefra, da det giver størst solindfald og dermed mest dagslys.

For at sikre en tæt samling mellem vinduet og forsatsrammen skal der være en plan flade hele vejen rundt langs karmen på det eksisterende vindue. Desuden skal der være en tætningsliste mellem forsatsrammen og karmen. Større niveauspring i karmen må udlignes med trælister og mindre ujævnheder tættes med fugemasse. Selv små utætheder mellem forsatsrammen og karmen på det eksisterende vindue kan medføre kondens (dug) på den indvendige side af det yderste glas, hvis tætningslisten ikke slutter tæt. For at minimere risikoen for kondens kan der etableres mindre udluftningsåbninger mellem hulrummet og det fri.

Generelt bør producentens montagevejledning altid følges.

Vindue med eksisterende forsatsramme

Eksisterende forsatsrammer med almindeligt glas energiforbedres med et nyt energiglas med en hård lav-emissionsbelægning af hensyn til vinduespudsning. Hvis falsen i den eksisterende forsatsramme er større end 23-25 mm, kan der anvendes en tynd energirude med dimensionen 4-9-4 mm. Evt. kan energiruden bestilles med belægning på indersiden af begge glas. Hvis der ikke er plads til en energirude i den eksisterende ramme, kan der fremstilles en ny forsatsramme.

Korrekt montering af glas og ruder er væsentlig i relation til elementernes funktion og levetid. Derfor bør montagen foretages af en håndværker/glarmester med erfaring i montering af glas og ruder og efter Glasindustriens montagevejledning. Montagevejledning bør altid følges af hensyn til garantien. Bemærk især, at der er specifikke krav til oplødsning af ruden og afstand mellem rude og ramme, der skal overholdes.

Se monteringsvejledningen på www.glasindustrien.org

Glaslister af træ, monterings- og fugebånd bør altid udskiftes ved glas- eller rudeskift.

Det skal sikres, at der forsat er en tæt samling mellem forsatsrammen og vinduets karm for at forhindre luft indefra i at trænge ud og skabe kondens. Har der tidligere været problemer med indvendig kondens, kan det være en ide at udskifte tætningslisten. Hvis problemet fortsætter, skal der etableres ventilationsåbninger mellem hulrummet og det fri.

Se illustration på side 1.

Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Ventilation	Er der behov for udeluftventiler?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 1
Støj	Er boligen generet af støj fra fx trafik eller industri?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 2
Sikkerhedsglas	Er der ønske om bedre sikring mod personskade?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 3
Gardiner og persienner	Er der gardiner eller persienner?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 4
Redningsåbning	Fungerer vinduerne som redningsåbninger?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 5

1. Ventilation

Forsatsrammer kan øge bygningens tæthed. Dermed øges behovet for ventilation af rummet, hvilket kan ske ved installation af udeluftventiler i ydervæggen. Fordelen ved udeluftventiler i væggen frem for i vinduet er bl.a., at de har et større areal. Det betyder tilstrækkeligt med frisk luft og mindre træk. Udeluftventiler bør placeres ved siden af vinduet, over en radiator oppe under loftet. Udeluftventiler bør være kondens- og lydisolerende.

2. Støj

En forsatsløsning lydisolerer rigtigt godt, pga. den store afstand mellem glassene. Hvis boligen er generet af støj med en standard forsatsramme med et lag glas, kan der anvendes en forsatsløsning med en 2-lags støjdæmpende energirude. Den støjdæmpende rude virker ved at have forskellige glastykkelser ind- og udvendigt og en større tykkelse mellem glassene.

3. Sikkerhedsglas

Hvis der er behov for bedre sikring mod personskaade, kan ruder med lamineret eller hærdet glas anvendes. Der er ikke krav om brug af sikkerhedsglas i enfamiliehuse, men det er der i institutioner og andre bygninger, hvor der færdes mange mennesker.

4. Gardiner og persienner

Hvis der på vinduet/karmen er monteret gardiner eller persienner skal man være opmærksom på, om dette giver problemer med forsatsrammen. Den nye løsning bør aftales med ejeren.

5. Redningsåbning

Bygningsreglementets mindstekrav er, at den frie højde + den frie bredde af en redningsåbning skal være 1,5 m. Desuden skal højden mindst være 0,6 m og bredden mindst 0,5 m.

Energiglas og 2-lags energiruder

Til forsatsrammer anvendes i dag normalt 1-lag energiglas med én hård lav-emissionsbelægning eller en 2-lags energirude, hvor det inderste af de to glas er belagt med en blød lav-emissionsbelægning. Lav-emissionsbelægningen reducerer varmeudstrålingen markant. Forskellen på den hårde og bløde belægning er, at den hårde tåler almindelig vedligeholdelse som fx vinduespudsning.

For at mindske varmetabet yderligere i 2-lags energiruden anvendes gasarten argon mellem glassene. Argon er tungere end luft og mindsker derved den cirkulation, der opstår i en rude, som er kold på den ene side og varm på den anden side.

Varme kanter

Glassene i en energirude holdes adskilt af et afstandsprofil. Tidligere blev disse ofte lavet af aluminium eller galvaniseret stål, som leder varmen/kulden særdeles godt. Derved fik selv nye energiruder en relativ lav overfladetemperatur langs den indvendige rudekant med risiko for kondensdannelse, hvis luften indeholder for meget fugt.

Regelmæssig kondens vil i første omgang medføre skimmelsvamp på vinduets rammer/karme. Hvis der ikke gøres noget ved det, kan der ske nedbrydning af overfladebehandlingen, og vinduet kan begynde at rådne. For at minimere dette problem, er der udviklet nye "varme kanter" af plastmaterialer.

Indeklima

Når vinduerne energiforbedres, bliver vinduets indvendige overflade varmere. Forudsat at forsatsrammen slutter tæt, nedsætter den varmere overflade risikoen for kondens på indersiden af glasset og giver mindre træk i form af kuldenedfald.

Ved en tætsluttende forsatsramme kan den varme luft fra rummet ikke trænge ind i vinduets mellemrum og dermed undgå problemer med dug.

Desuden skal det vurderes inden valg af løsning, om der er brug for at kunne åbne vinduet, samt om det skal være muligt at regulere åbningsgraden.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved forbedring af vinduer ved montering af en forsatsramme stiller bygningsreglementet ikke krav til den nye forsatsrammes energimæssige ydeevne.

Ved udskiftning af eksisterende vinduer til nye vinduer med en forsatsløsning, skal den samlede vinduesløsning opfylde mindstekravet om en U-værdi på maksimalt 1,40 W/m²K, beregnet for den faktiske størrelse.

Hvis der er tale om udskiftning af eksisterende vinduer med renoverede vinduer med en forsatsløsning, skal den samlede vinduesløsning opfylde mindstekravet om en U-værdi på maksimalt 1,65 W/m²K, beregnet for den faktiske størrelse. Renoverede forsatsvinduer er vinduer, der demonteres, renoveres og genmonteres i en anden bygning.

Hvis monteringen af forsatsløsningen reducerer ventilationen stilles der krav om at ventilationen genetableres på anden vis, fx ved brug af udeluftventiler i vinduet eller alternativt i ydervægge. I beboelsesrum skal udeluftventilerne have en samlet fri åbning på mindst 60 cm² pr. 25 m² gulvareal.

Yderligere information

Bygningsreglementet

www.bygningsreglementet.dk

BYG-ERFA:

(21) 01 12 27 Ældre trævinduer - vedligehold og istandsættelse

(31) 02 02 14 Forsatsløsninger til ældre vinduer - varme- og lydisolering samt dagslys

(41) 06 12 31 Fuger omkring vinduer i teglydervægge - udskiftning

(21) 01 12 27 Ældre trævinduer - vedligehold og istandsættelse

(49) 07 05 02 Linoliebehandling af udvendigt træværk

(41) 05 12 28 Rustbeskyttelse af gamle beslag

www.byg-erfa.dk

Center for Bygningsbevaring

www.bygningsbevaring.dk

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:

www.ByggeriOgEnergi.dkVidencenter for
Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Energiforbedring af vinduer med koblede rammer

Oprindelige bevaringsværdige vinduer fra før 1950-60 med ét lag glas bør energiforbedres med en koblet ramme med en energirude i. For vinduer, som allerede har en koblet ramme, bør glasset i den eksisterende koblede ramme udskiftes til et energiglas. Alternativt kan der fremstilles nye koblede rammer med plads til et energiglas eller en energirude.

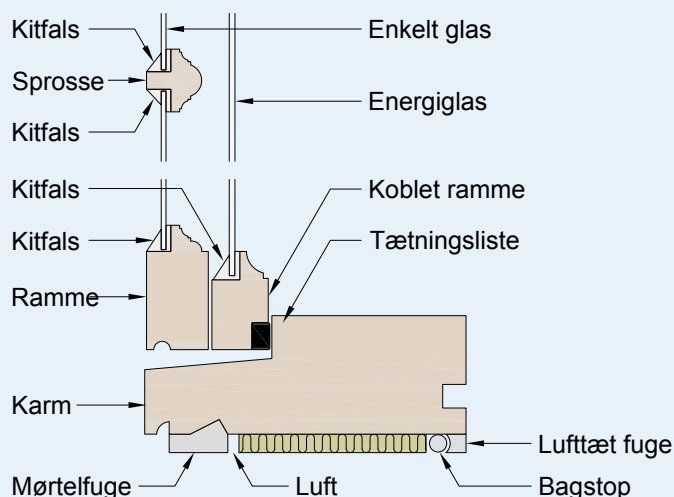
Vær opmærksom på rammen og hængslernes bæreevne, som vil være bestemmende for, om en energirude vil kunne anvendes.

Vinduer med begyndende tegn på råd eller andre tegn på nedbrydning bør totalrenoveres eller udskiftes til nye koblede vinduer med energiruder i den koblede ramme. Alternativt kan vinduerne udskiftes til nye vinduer med energiruder og energisprosser under hensyntagen til husets arkitektur. Se Videncentrets energiløsning: Udskiftning af vinduer med ét lag glas.

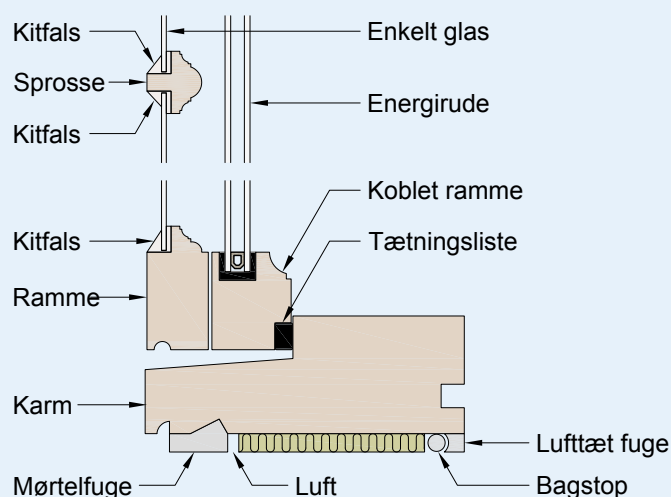
Fordele

- Mindre varmetab gennem vinduerne
- Bedre økonomi pga. lavere varmeregning
- Varmere overflader og mindre risiko for indvendig kondens
- Mindre træk og kuldeneffald
- Øget komfort og bedre indeklima
- Lavere CO₂-udledning
- Energiforbedring af vinduer med koblede rammer forøger husets værdi

Koblet ramme med energiglas



Koblet ramme med energirude









Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Eksisterende vinduer med ét lag glas	Energiforbedrede vinduer	
	Energiglas i koblet ramme	Energirude i koblet ramme
	Energibesparelse i kWh/m ² pr. år	
1-fløjede vinduer 	270	290
Vinduer opdelt i 2 med en lodret eller en vandret post 	250	265
Vinduer opdelt i 4 med en lodret og en vandret post 	230	245

Eksisterende vinduer med ét lag glas og koblet ramme med ét lag glas	Energiforbedrede vinduer	
	Energiglas i koblet ramme	Energirude i koblet ramme
	Energibesparelse i kWh/m ² pr. år	
1-fløjede vinduer 	70	90
Vinduer opdelt i 2 med en lodret eller en vandret post 	65	80
Vinduer opdelt i 4 med en lodret og en vandret post 	60	70

Forudsætning

Besparelsen kan variere meget afhængigt af det eksisterende vindues stand specielt med hensyn til tæthed. Vinduet er et standardvindue uden utætheder.

Eksempel på energibesparelse

Forudsætninger	En muremestervilla med 30 m ² oprindelige dannebrogsvinduer i træ energiforbedres med nye koblede rammer med 2-lags energiruder. De 20 m ² har allerede en koblet ramme med ét lag glas, og de 10 m ² er med ét lag glas uden koblet ramme. Huset opvarmes med naturgas. Naturgaspris: 7,60 kr. pr. m ³ . Gaskedlen er ny og kondenserende.	
Årlig energibesparelse kWh pr. m²	Vinduer uden koblet ramme Vinduer med koblet ramme	245 kWh/m ² 70 kWh/m ²
Årlig energibesparelse kWh	245 kWh/m ² x 10 m ² + 70 kWh/m ² x 20 m ² = 3.850 kWh	
Årlig energibesparelse m³	3.850 kWh / 11 kWh/m ³ = 350 m ³	
Økonomisk besparelse, år 1, kr.	13,80 kr./m ³ x 350 m ³ = 4.830 kr.	
Årlig CO₂-besparelse kg	0,205 kg/kWh x 3.850 kWh = 789 kg/ 0,8 ton	

Udførelse

Trænger de eksisterende vinduer til vedligeholdelse som fx maling, bør det foretages inden eller samtidig med energiforbedringen. Inden monteringen af en koblet ramme skal de eksisterende vinduer desuden kontrolleres med hensyn til tætningslister, hængsler, greb, anverfere, stormkroge m.m.

Vinduer med nye koblede rammer

Måltagningen til de nye koblede rammer bør foretages efter producentens anvisninger. Det samme gælder montering af de koblede rammer samt evt. udfræsning i det eksisterende vindue for at få plads til disse.

Nye koblede rammer bør udføres med energiruder, såfremt det ikke bliver for tungt for det oplukkelige vindue.

For at sikre en tæt samling mellem vinduet og den koblede ramme skal der være en plan flade hele vejen rundt langs karmen på det eksisterende vindue. Desuden skal der være en tætningsliste mellem den koblede ramme og den eksisterende karm. Større niveauspring i karmen må udlignes med trælister, og mindre ujævnheder tættes med fugemasse. Selv små utætheder mellem den koblede ramme og karmen på det eksisterende vindue kan medføre kondens (dug) på den indvendige side af det yderste glas. For at minimere risikoen for kondens kan der etableres mindre udluftningsåbninger mellem hulrummet og det fri.

Det anbefales, at anslaget mellem ramme og karm er størst muligt, for at der opnås en tæt samling. Generelt bør producentens montagevejledning altid følges.

Vindue med eksisterende koblede rammer

Eksisterende koblede rammer med almindeligt glas energiforbedres med et nyt energiglas med en hård lav-emissionsbelægning af hensyn til vinduespudning. Hvis falsen i den koblede ramme er større end 23-25 mm, kan der anvendes en energirude med dimensionen 4-9-4 mm. Evt. kan energiruden bestilles med belægning på indersiden af begge glas. Hvis der ikke er plads til en energirude, kan der alternativt fremstilles en ny koblet ramme. Sandsynligvis medfører det, at der skal fræses ud i det gamle vindue for at få plads til rammen.

Korrekt montering af glas og ruder er væsentlig i relation til elementernes funktion og levetid. Derfor bør montagen foretages af en håndværker/glarmester med erfaring i montering af glas og ruder og efter Glasindustriens montagevejledning. Bemærk især, at der er specifikke krav til opklodsning af ruden og afstand mellem rude og ramme, der skal overholdes.

Se monteringsvejledningen på www.glasindustrien.dk

Glaslister af træ samt monterings- og fugebånd bør altid udskiftes ved glas eller rudeskift.

Det skal desuden sikres, at der er en tæt samling mellem den koblede ramme og vinduesrammen til indvendig rumluft. Har der tidligere været problemer med indvendig kondens, kan det være en ide at udskifte tætningslisten. Hvis problemet fortsætter, skal der etableres ventilationsåbninger mellem hulrummet og det fri.

Se illustrationen på side 1

Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Ventilation	Er der behov for udeluftventiler?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 1
Støj	Er boligen generet af støj fra fx trafik eller industri?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 2
Sikkerhedsglas	Er der ønske om bedre sikring mod personskade?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 3
Gardiner og persienner	Er der gardiner eller persienner?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 4
Redningsåbninger	Fungerer vinduerne som redningsåbninger?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 5

1. Ventilation

Koblede rammer kan øge bygningens tæthed. Dermed øges behovet for ventilation af rummet, hvilket kan ske ved installation af friskluftventiler i ydervæggen. Fordelen ved friskluftventiler i væggen frem for i vinduet er bl.a., at de har et større areal. Det betyder tilstrækkeligt med frisk luft og mindre træk. Friskluftventiler bør placeres ved siden af vinduet over en radiator oppe under loftet. Udeluftventiler bør være kondens- og lydisolerede.

2. Støj

Hvis boligen er generet af støj, bør der anvendes en 2-lags støjdæmpende energirude. Den støjdæmpende rude virker ved at have forskellige glastykkelser ind- og udvendigt.

3. Sikkerhedsglas

Hvis der er behov for bedre sikring mod personskaade, kan ruder med lamineret eller hærdet glas anvendes. Der er ikke krav om brug af sikkerhedsglas i enfamiliehuse, men det er der i institutioner og andre bygninger, hvor der færdes mange mennesker.

4. Gardiner og persienner

Hvis der på vinduet/karmen er monteret gardiner eller persienner, skal man være opmærksom på, om dette giver problemer, hvis der monteres koblede rammer. Ny løsning bør aftales med ejeren.

5. Redningsåbninger

Bygningsreglementets mindstekrav er, at den frie højde + den frie bredde af en redningsåbning skal være 1,5. Desuden skal højden mindst være 0,6 m og bredden mindst 0,5 m.

Energiglas og 2-lags energiruder

Til koblede rammer anvendes i dag normalt 1-lag energiglas med én hård lav-emissionsbelægning eller en 2-lags energirude, hvor det inderste af de to glas også er belagt med en blød lav-emissionsbelægning. Lav-emissionsbelægningen reducerer varmeudstrålingen markant. Forskellen på den hårde og bløde belægning er, at den hårde tåler almindelig vedligeholdelse som fx vinduespudding.

For at mindske varmetabet yderligere i 2-lags energiruden anvendes gasarten argon mellem glassene. Argon er tungere end luft og mindsker derved den cirkulation, der opstår i en rude, som er kold på den ene side og varm på den anden side.

Varme kanter

Glassene i en energirude holdes adskilt af et afstandsprofil. Tidligere blev disse ofte lavet af aluminium eller galvaniseret stål, som leder varmen/kulden særdeles godt. Derved fik selv nye energiruder en relativ lav overfladetemperatur langs den indvendige rudekant med risiko for kondensdannelse, hvis luften indeholder for meget fugt.

Regelmæssig kondens vil i første omgang medføre skimmelsvamp på vinduets rammer/karme. Hvis der ikke gøres noget ved det, kan der ske nedbrydning af overfladebehandlingen, og vinduet kan begynde at rådne. For at minimere dette problem, er der udviklet nye "varme kanter" af plastmaterialer.

Indeklima

Når vinduerne energiforbedres, bliver vinduets indvendige overflade varmere. Forudsat at den koblede ramme slutter tæt, nedsætter den varmere overflade risikoen for kondens på indersiden af glasset og giver mindre træk i form af kuldenedfald. Ved en tætsluttende ramme kan den varme luft fra rummet ikke trænge ind i vinduets mellemrum, og derved undgås problemer med dug.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved forbedring af vinduer ved montering af koblede rammer stiller bygningsreglementet ikke krav til de nye koblede rammers energimæssige ydeevne.

Ved udskiftning til et nyt vindue med koblede rammer stiller bygningsreglementet krav om at det nye vindue har et energimærke B eller bedre.

Hvis monteringen af de koblede rammer reducerer ventilationen stilles der krav om at ventilationen genetableres på anden vis, fx ved brug af udeluftventiler i vinduet eller alternativt i ydervægge. I opholdsrum skal udeluftventilerne have en samlet fri åbning på mindst 60 cm² pr. 25 m² gulvareal.

Yderligere information

Bygningsreglementet

www.bygningsreglementet.dk

Beregningsprogram for vinduer:

www.eref.dk

BYG-ERFA

(21) 01 12 27 Ældre trævinduer - vedligehold og istandsættelse

(31) 02 02 14 Forsatsløsninger til ældre vinduer - varme- og lydisolering samt dagslys

(41) 06 12 31 Fuger omkring vinduer i teglydervægge - udskiftning

(21) 01 12 27 Ældre trævinduer - vedligehold og istandsættelse

(49) 07 05 02 Linoliebehandling af udvendigt træværk

(41) 05 12 28 Rustbeskyttelse af gamle beslag

www.byg-erfa.dk

Center for Bygningsbevaring

www.bygningsbevaring.dk

Glasindustrien:

www.glasindustrien.dk

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:

www.ByggeriOgEnergi.dk

Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Udskiftning af vinduer med ét lag glas

Vinduer med ét lag glas med begyndende tegn på råd eller andet tegn på nedbrydning kan, såfremt de oprindelige vinduer er med sprosser, udskiftes til nye koblede vinduer med en 2-lags energirude i den koblede ramme. En anden mulighed er at udskifte vinduerne til nye vinduer med energiruder og energisprosser under hensyntagen til husets arkitektur.

Oprindelige bevaringsværdige vinduer med ét lag glas, der er i god stand, kan snedkerrepareres og energirenoveres ved at påmontere en forsatsramme eller koblet ramme med en energirude i. Hvis vinduerne allerede er forbedret med en forsatsramme, bør glasset udskiftes til et energiglas. Se Videncentrets Energi-løsning: "Energi-forbedring af vinduer med forsatsrammer".

Det samme gælder for vinduer med koblede rammer med ét lag glas. Se Videncentrets Energi-løsning: Energi-forbedring af vinduer med koblede rammer.

Bygningsreglementets Krav

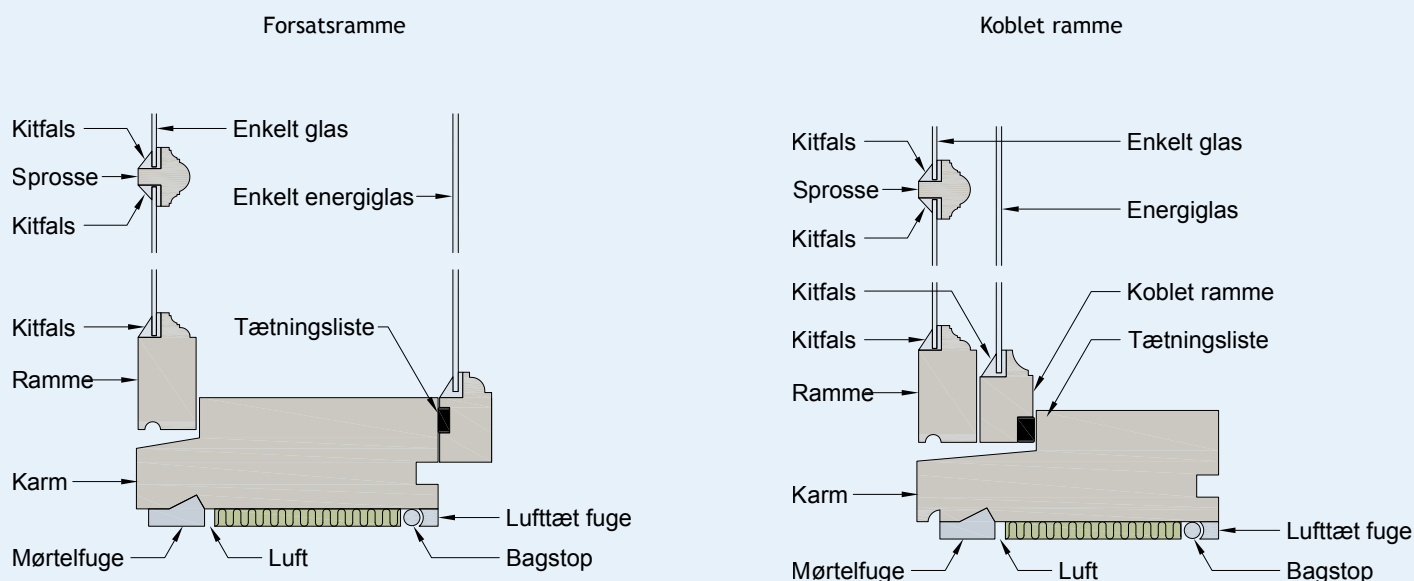
Energitilskud (Eref) større end 0 kWh/m² pr. år (Energimærke A).

Se mere om Eref på næste side.




Find energimærkede vinduer på: www.energivinduer.dk

Fordele

- Mindre varmetab gennem vinduerne
- Bedre økonomi pga. lavere varmeregning
- Varmere overflader og mindre risiko for indvendig kondens
- Mindre træk og kuldenedfald
- Øget komfort og bedre indeklima
- Lavere CO₂-udledning
- Nye vinduer forøger husets værdi



Energibesparelse

Eksisterende vinduer	Nye vinduer		
	1-fløjede vinduer	Vinduer opdelt i 2 (med en lodret eller en vandret post)	Vinduer opdelt i 4 (med en lodret og en vandret post)
			
	Energibesparelse i kWh/m ² pr. år		
	Uw = 0,87 W/m ² K Eref = 0 kWh/m ²	Uw = 1,10 W/m ² K Ew = -31 kWh/m ²	Uw = 1,23 W/m ² K Ew = -46 kWh/m ²
1-fløjede vinduer med ét lag glas	320	290	270
1-fløjede vinduer med ét lag glas og forsatsramme med ét lag glas	110	80	65
1-fløjede vinduer med ét lag glas og koblet ramme med ét lag glas.	120	85	70
Vinduer opdelt i 2 med ét lag glas	310	280	265
Vinduer opdelt i 2 med ét lag glas og forsatsramme med ét lag glas	110	80	65
Vinduer opdelt i 2 med ét lag glas og koblet ramme med ét lag glas.	125	95	80
Vinduer opdelt i 4 med ét lag glas	300	265	250
Vinduer opdelt i 4 med ét lag glas og forsatsramme med ét lag glas	110	80	65
Vinduer opdelt i 4 med ét lag glas og koblet ramme med ét lag glas.	125	95	80

Forudsætning

Besparelserne er fundet som forskellen mellem det gamle og nye vindues energitilskud (Eref). Energitilskuddet er et tal, som viser, om et vindue i referencestørrelsen 1,23 m x 1,48 m i et referencehus bidrager positivt eller negativt til bygningens varmebalance i fyringssæsonen.

Energitilskuddet beregnes som:

$E_{ref} = 196,4 \times g_w - 90,36 \times U_w$, hvor
 g_w : Total solenergitransmittans for vinduet
 U_w : Varmetransmissionskoefficient for vinduet

E_w er et vindues energitilskud, når vinduet har en anden størrelse end referencevinduet og/eller er opdelt af poster og sprosser. Besparelsen er regnet med referencevinduet størrelse, da det aktuelle vindues størrelse ikke kendes. Hvis vinduet er større end referencestørrelsen, bliver besparelsen større. Hvis vinduet er mindre end referencestørrelsen, bliver besparelsen mindre.

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,086 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,226 kg CO₂ pr. kWh

Eksempel på energibesparelse

Forudsætninger	I en villa fra 1950'erne med 30 m ² 1-fløjede vinduer med ét lag glas og ét lag glas i koblede, tophængte rammer udskiftes vinduerne til nye A-mærkede energivinduer i samme stil (lavenerginiveau). Huset opvarmes med naturgas. Naturgaspris: 13,80 kr. pr. m ³ . Gaskedlen er ny og kondenserende.	
Årlig energibesparelse pr. m²		120 kWh/m ²
Årlig energibesparelse kWh	120 kWh/m ² x 30 m ² =	3.600 kWh
Årlig energibesparelse m³	3.600 kWh/11 kWh/m ³ =	327 m ³
Økonomisk besparelse år 1, kr.	13,80 kr./m ³ x 327 m ³ =	4.513 kr
Årlig CO₂-besparelse kg	0,205 kg/kWh x 3.600 kWh =	738 kg / 0,7 ton

Udførelse

Først og fremmest er omhyggelig måltagning særdeles vigtig, så vinduerne hverken er for store eller små til vindueshullerne.

Ved monteringen af nye vinduer vil det normalt være hensigtsmæssigt at aftage vinduesrammen under første del af karmmontagen.

Karmen fastgøres i alle hjørner med kiler til vindueshullet med ensartet fugebredde hele vejen rundt. Den fri afstand (fugebredden) mellem karm og ydervæg bør normalt være 10 til 15 mm. Karmen skal justeres og fastholdes, så der opnås korrekt anslag mellem ramme og karm.

Forkant vindue må aldrig placeres længere fremme end forkant ydervæg. Vinduet placeres normalt i samme afstand som det udskiftningsmodne vindue - hvilket typisk er 25-60 mm fra forkant.

Vinduerne fastgøres til de omgivende bærende bygningsdele med karmskruer/-dyvler eller beslag. For antal af fastgørelsespunkter og afstand mellem fastgørelsespunkterne henvises til producentens anvisninger.

Det samme gælder for eventuel fastgørelse i over- og underkarm samt blivende opklodsning.

Det anbefales at udføre en 2-trins fuge. Ved arbejdet med isoleringsmaterialet (stopningen) må der ikke ske komprimering, der medfører krumning af karmdelene, eller nedsætter isoleringsevnen af stopningsmaterialet.

Ved udvendig side skal der altid afsluttes med en diffusionsåben beskyttende fuge/afdækning. Den kan bestå af:

- Mørtelfuge (kræver fugefals udvendig på karmen)
- En ventileret elastisk fuge. dvs. en fuge, der på de to sider og i toppen ligger længere fremme end fugen i bunden, så evt. vand på bagsiden af fugen kan dryppe af.
- Fugebånd (må kun bruges under vinduet med en hældning på sålbænken på maksimalt 7 grader)
- En liste af træ (fortrinsvis brugt ved træhuse)

Bag fugen/afdækningen skal der være et ventileret hulrum.

På indvendig side skal der afsluttes med en diffusions-tæt fuge, dvs. enten en elastisk eller plastisk fuge.

Håndværker- og Brugervejledning, udgivet af Vinduesindustrien, og vinduesproducentens montagevejledning skal altid følges.

Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Ventilation	Er der behov for udeluftventiler?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 1
Støj	Er boligen generet af støj fra fx trafik eller industri?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 2
Solafskærmning	Er der nogle af boligens rum, der har behov for solafskærmning?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 3
Montageforhold	Skal der anvendes stillads eller lift?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 4
Vindueshul/murhul	Skal der foretages reparation af murhullet? Fx sætningsskader over vinduer eller udskiftning af træbeklædning?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 5
Sålbænk	Skal sålbænkene udskiftes?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 6
Lysningspaneler	Er der lysningspaneler?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 7
Sikkerhedsglas	Er der ønske om bedre sikring mod personskade?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 8
Redningsåbning	Skal vinduet kunne fungere som redningsåbning i dette rum?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 9
Oplukkelighed	Er vinduet oplukkeligt?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 10
Bortskaffelse	Indeholder fugerne PCB?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 11

1. Ventilation

I forbindelse med vinduesudskiftningen bør der etableres udeluftventiler i rummene, hvis de ikke er der i forvejen, jf. Bygningsreglementet. Det anbefales at etablere udeluftventiler i ydervæggen frem for i vinduet. Fordelen ved udeluftventiler i væggen er bl.a., at de har et større areal. Det betyder tilstrækkeligt med frisk luft og mindre træk. Udeluftventiler bør placeres ved siden af vinduet over en radiator oppe under loftet. Udeluftventiler bør være kondens- og lydisolerede.

2. Støj

Hvis boligen er generet af støj, bør vinduer med støj-dæmpende ruder (lydruder) anvendes. Den støj-dæmpende rude virker ved at have forskellige glastykkelser ind- og udvendigt og en større afstand mellem glassene. Lydruder er derfor ekstra tykke, og det skal sikres, at der er plads til disse. Hvis lydruderne skal være lige så tynde som de eksisterende ruder, bliver energibesparelsen en smule mindre.

3. Solafskærmning

Hvis boligen eller enkelte rum er generet af høje rumtemperaturer forårsaget af stort solindfald, bør der etableres en udvendig solafskærmning. Hvis der i stedet anvendes solafskærmende ruder, vil solindfaldet mindskes, men der sker også en reduktion af det gratis varmetilskud fra solen om vinteren.

4. Montageforhold

Hvis der er problemer med adgangsforholdene, og der skal anvendes stillads eller lift, bør det aftales med ejeren. Hvis der er tale om 3-lags energiruder, vejer de en halv gang mere end 2-lags ruder, og derfor kræver montagen lidt mere planlægning og evt. brug af løftegrej.

5. Vindueshul/murhul

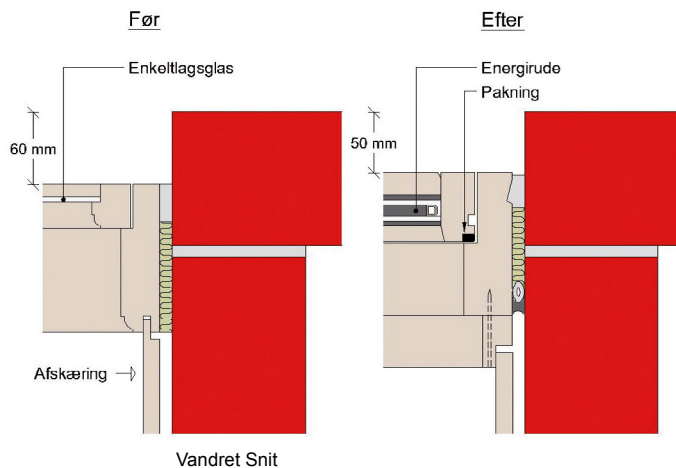
Hvis der skal foretages reparationer af murhullet omkring vinduet, bør dette foretages inden monteringen af det nye vindue.

6. Sålbænk

Hvis sålbænken skal udskiftes, anbefales en svømmende montering. Det vil sige, at elementerne bør ligge på en klæber, som giver en solid forankring, og samtidig tillader små bevægelser (fx en butylklæber). For at opnå at sålbænken forbliver i samme niveau, bør de understøttes med afstandsbrickes. Sålbænken monteres således, at det nye vindues bundkarm har et udhæng på 2 til 4 cm. Sålbænkens hældning bør være mindst 8-10° eller 1 cm pr. 5 cm.

7. Lysningspaneler

For at kunne udføre en indvendig lufttæt fuger mellem karm og ydervæg bør de eksisterende lysningspaneler afmonteres - se "Før" på illustrationen. Alternativt kan der afskæres 25-30 mm af lysningspanelet, hvorefter fugningen kan udføres. Efterfølgende monteres en falset træliste - se "Efter" på illustrationen.



8. Sikkerhedsglas

Hvis der er behov for bedre sikring mod personskaade, kan ruder med lamineret eller hærdet glas anvendes. Der er ikke krav om brug af sikkerhedsglas i enfamiliehuse, men det er der i institutioner og andre bygninger, hvor der færdes mange mennesker.

9. Redningsåbning

Bygningsreglementets mindstekrav er, at den frie højde + den frie bredde af en redningsåbning skal være 1,5 m. Desuden skal højden mindst være 0,6 m og bredden mindst 0,5 m. Der skal være et vindue eller en dør i hvert rum, der fungerer som redningsåbning. Hvis der er flere vinduer i samme rum behøves de ikke alle sammen at være oplukkelige. Faste vinduespartier er tættere og holder derfor bedre på varmen.

10. Oplukkelighed

Det nye vindue bør kunne fastholdes i flere positioner i åben tilstand, så det ikke smækker op eller i med blæsten, når der luftes ud. Fx på klem og fuldt åbent. Det er en stor fordel, når det er for varmt om sommeren, eller når husejer ønsker at sove koldt.

11. Bortskaffelse

Gammelt fugemateriale, der indeholder PCB, skal bortskaffes forsvarligt

Energiruder

I en 2-lags energirude er det inderste af de to glas belagt med en lav-emissionsbelægning, der reducerer varmeudstråling markant. I en 3-lags energirude er det inderste og yderste glas belagt på overfladen, der vender mod det midterste glas.

For at mindske varmetabet yderligere anvendes gasarten argon mellem glassene. Argon er tungere end luft og mindsker derved den cirkulation, der opstår i en rude, som er kold på den ene side og varm på den anden side.

Varme kanter

Glassene i en energirude holdes adskilt af et afstandsprofil. Tidligere blev disse ofte lavet af aluminium eller galvaniseret stål, som leder varmen/kulden særdeles godt. Derved fik selv nye energiruder en relativ lav overfladetemperatur langs den indvendige rudekant med risiko for kondensdannelse, hvis luften indeholder for meget fugt.

Regelmæssig kondens vil i første omgang medføre skimmelsvamp på vinduets rammer/karme. Hvis der ikke gøres noget ved det, kan der ske nedbrydning af overfladebehandlingen, og vinduet kan begynde at rådne. For at minimere dette problem, er der udviklet nye "varme kanter" af plastmaterialer.

Indeklima

Når et vindue udskiftes, bliver dets indvendige overflade varmere, forudsat at vindueskonstruktionen er godt designet. Den varmere overflade nedsætter risikoen for kondens på ruderne og ramme-/karmkonstruktionen og giver mindre træk i form af kuldenedfald. Nye vinduer er dels mere tætte, og dels vil kondens ikke mere indikere fugt i rummet; derfor skal der sørges for god og hyppig udluftning. Under visse vejrforhold kan der være kondens på rudens yderside til gene for lysindfald og udsyn.

Hvis rummet er mørkt, kan et bedre lysindfald opnås ved at forstørre vinduet. Der kan etableres flere vinduer/større vinduesareal, hvis der kompenseres for et evt. øget energiforbrug med andre energibesparende tiltag.

Hvilke andre krav stiller bygningsreglementet?

Lydglas (støjdæmpende glas) og andre funktionsglas, kan anvendes, hvis referencevinduet mindst opfylder kravet til et energimærke B.

Ved forbedring af vinduer ved montering af en forsatsramme eller en koblet ramme stiller bygningsreglementet ikke krav til den energimæssige ydeevne.

Hvis vinduesudskiftningen reducerer ventilationen stilles der krav om at ventilationen genetableres på anden vis, fx ved brug af udeluftventiler i vinduet eller alternativt i ydervægge. I opholdsrum skal udeluftventilerne have en samlet fri åbning på mindst 60 cm² pr. 25 m² gulvareal.

Bygningsreglementets krav til linjetabet (kuldebroafbrydelsen) omkring vinduer skal kun overholdes ved udskiftning af vinduer og samtidig reovering af ydervæggen. I det tilfælde må linjetabet ikke overstige 0,03 W/mK.

Yderligere information

Bygningsreglementet

www.bygningsreglementet.dk

Mærkningsordning for vinduer:

www.energivinduer.dk

Beregningsprogram for vinduer:

www.eref.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade:

(31) 05 12 07 Termo- og energiruder - dugdannelser, revner og udskiftning

(31) 03 05 08 Kondens på glasflader - termoruder og energiruder

(41) 06 12 31 Fuger omkring vinduer i teglydervægge - udskiftning

(31) 12 07 19 Sålbenke i murværk

(29) 10 11 17 Energibesparelser og fugtgener

(31) 05 12 07 Termo- og energiruder - dugdannelser, revner og udskiftning

www.byg-erfa.dk

Vinduesindustrien:

www.vinduesindustrien.dk

Glasindustrien:

www.glasindustrien.dk

Se filmen: Udskiftning af vinduer og døre på

www.ByggeriOgEnergi.dk

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål. Eller gå ind på hjemmesiden:

www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.



Udskiftning af yderdøre

Yderdøre med begyndende tegn på råd eller andre tegn på nedbrydning bør udskiftes til nye. Hvis yderdørens stil ikke er som dem, huset oprindeligt blev opført med, bør man overveje at skifte tilbage til den oprindelige stil af hensyn til det arkitektoniske udtryk.

Bygningsreglementets krav

Med glas: $U_w < 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ eller $E_{ref} \geq 0 \text{ W/m}^2\text{K}$. (Fx dør med mindst 35 mm isolering og evt. rudefelter med 3-lags energirude)

Døre med funktionskrav: $U_w < 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$

E_{ref} -værdien er en teoretisk beregning af referencevinduet energibalance mellem solindfald og varmetab beregnet for fyringssæsonen og for en fastlagt fordeling mod de fire verdenshjørner.

U-værdien skal baseres på referencestørrelsen 1,23 x 2,18 m.

Funktionskrav er fx personsikkerhed, brandhæmning, sikring af flugtvej, indbrudshæmning

Fordele og ulemper

- Mindre varmetab gennem ruderne
- Bedre økonomi pga. lavere varmeregning
- Varmere overflader og mindre risiko for indvendig kondens
- Mindre træk og kuldenedfald
- Lavere CO₂-udledning
- Nye yderdøre forøger husets værdi
- Kondens på ydersiden af glas ved visse vejrforhold

Energibesparelse

Eksisterende yderdøre	Nye yderdøre	
	Fyldning med mindst 35 mm isolering 3-lags energirude	
	Energibesparelse i kWh/m ² pr. år	
Dør med under 20 % rudeareal med 1 lag glas	175	
Dør med 20 - 50 % rudeareal med og 1 lag glas	200	
Dør med 50 - 80 % rudeareal med 1 lag glas	225	
Dør med under 20 % rudeareal med termorude	175	
Dør med 20 - 50 % rudeareal med termorude	165	
Dør med 50 - 80 % rudeareal med termorude	150	
Pladedør uden rudefelt	135	



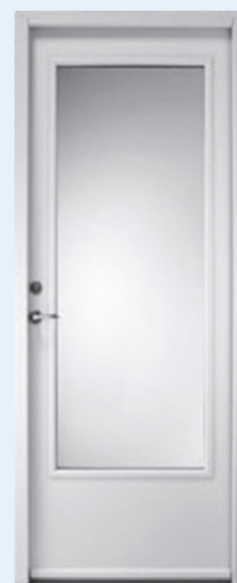
Pladedør



Mindre end 20% rudeandel



20-50% rudeandel



50-80% rudeandel

Eksempel på energibesparelse

Forudsætninger	Et parcelhus med tre yderdøre: Hoveddør med 35 % rudeareal med termorude. Bryggersdør med 10 % rudeareal med 1 lag glas. Pladedør til kælder. Dørene udskiftes til tilsvarende nye med lavenerginiveau. Huset opvarmes med naturgas.		
	Naturgaspris: 13,80 kr. pr. m ³ . Gaskedlen er ny og kondenserende.		
Årlig energibesparelse kWh pr. m²	Hoveddør		165 kWh/m ²
	Bryggersdør		175 kWh/m ²
	Kælderdør		135 kWh/m ²
Årlig energibesparelse kWh	Hoveddør	165 kWh/m ² x 2,12 m x 0,95 m =	332 kWh
	Bryggersdør	175 kWh/m ² x 2,05 m x 0,89 m =	330 kWh
	Kælderdør	135 kWh/m ² x 2,05 m x 0,89 m =	246 kWh
	I alt		909 kWh
Årlig energibesparelse m³ naturgas		909 kWh/11 kWh/m ³ =	83 m ³
Økonomisk besparelse år 1, kr.		13,80 kr./m ³ x 83 m ³ =	1.145 kr.
Årlig CO₂-besparelse kg		0,205 kg/kWh x 909 kWh =	186 kg / 0,2 ton

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.

(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Udførelse

Karmen fastgøres i alle hjørner med kiler til murhullet med ensartet fugebredde hele vejen rundt. Den fri afstand (fugebredden) mellem karm og ydervæg bør normalt være 10 til 15 mm. Karmen skal justeres og fastholdes midlertidigt med kiler, så der opnås korrekt anslag mellem ramme og karm.

Forkant på yderdøren må aldrig placeres længere fremme end forkanten på ydervæggen. Typisk trækkes yderdøren 25-50 mm tilbage.

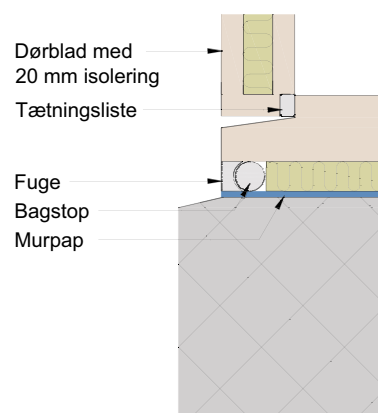
Yderdøren fastgøres til de omgivende bærende bygningsdele med karmskruer/dyvlere eller beslag. Antallet af fastgørelsespunkter retter sig efter producentens montagevejledning. I hængselsiden fastgøres så tæt på disse som muligt.

Bundkarmen skal altid understøttes, så den er trædefast i hele dørens bredde. Dette gøres bedst med punktvis fugtfaste opklodsninger à 20 cm² pr. max. 30 cm. Mellem opklodsninger isoleres med trykfast isolering, og der laves en vandtæt tætning mellem husets konstruktion og bundstykket i karmen på den udvendige side, fx med en gummifuge eller med fugebånd.

For yderdøre skal der normalt være en supplerende opklodsning/fastgørelse ved låseblivet af hensyn til sikring mod indbrud.

Det anbefales at udføre en 2-trins fuge mellem karm og ydervæg. Ved arbejdet med isoleringsmaterialet (stopningen) må der ikke ske komprimering, der medfører krumning af karmdelene. Ved udvendig side skal der altid afsluttes med en beskyttende afdækning i form af fugebånd eller mørtelfuge, og indvendigt skal der afsluttes med en lufttæt fuge.

Yderdørens tæthed mellem karm og ramme kan reguleres ved låseblivet ved at bøje justeringstungen med en skruetrækker.



Vindues/dørproducentens montagevejledning skal altid følges.

Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Ventilation	Er der behov for udeluftventiler?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 1
Adgangsforhold	Kan yderdøren transporteres frem uden hindringer, eller skal der fx anvendes en lift til 1. sal?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 2
Dørhul/murhul	Skal der foretages reparation af dørhullet? Fx sætningsskader over døren eller udskiftning af træbeklædning?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 3
Vindfang/overdækning	Skal der foretages renovering af vindfang eller overdækning?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 4
Støj	Er boligen generet af støj fra fx trafik eller industri?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 5
Lysningspaneler	Er der lysningspaneler?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 6
Sikkerhedsglas	Er der ønske om bedre sikring mod personskade?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 7
Bortskaffelse	Indeholder termoruderne PCB?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 8

1. Ventilation

I forbindelse med udskiftningen bør der etableres udeluftventiler i rummet, hvis de ikke er der i forvejen jf. bygningsreglementet, Kapitel 6.3 Luftkvalitet. Det anbefales at etablere udeluftventiler i ydervæggen frem for i vinduerne. Fordelen ved udeluftventiler i væggen er bl.a., at de har et større areal. Det betyder tilstrækkeligt med frisk luft og mindre træk. Udeluftventiler bør placeres ved siden af døren, over en radiator oppe under loftet. Udeluftventiler bør være kondens- og lydisolerede.

2. Adgangsforhold

Hvis der er problemer med afgangsforsloholdene, og der fx skal anvendes en lift, bør det aftales med ejeren.

3. Dørhul/murhul

Hvis der skal foretages reparationer af dørhullet, bør dette foretages inden monteringen af den nye yderdør.

4. Vindfang/overdækning

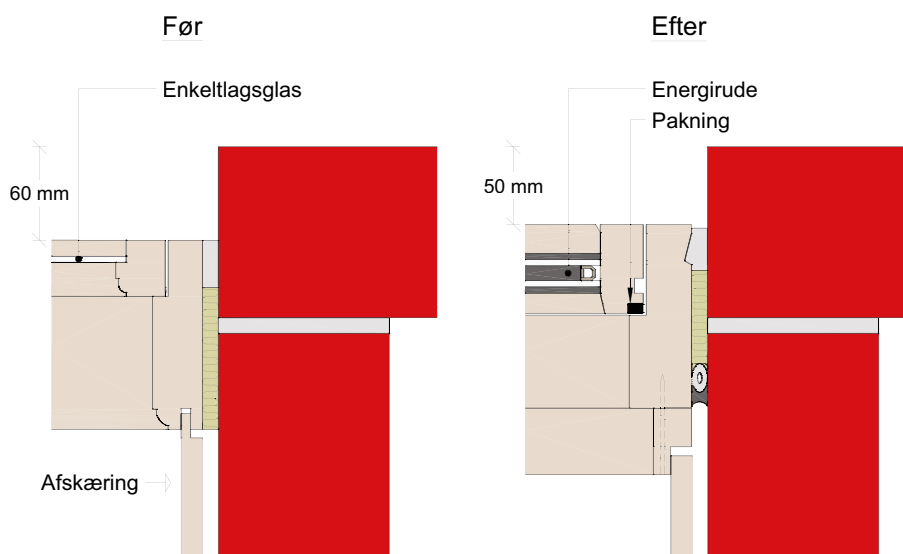
Hvis der skal foretages reparationer af vindfang eller overdækning, bør dette foretages inden monteringen af den nye yderdør.

5. Støj

Hvis boligen er generet af støj, bør døren med støj-dæmpende ruder anvendes. Den støj-dæmpende rude virker ved at have forskellige glastykkelser ind- og udvendigt og en større afstand mellem glassene.

6. Lysningspaneler

For at kunne udføre en indvendig lufttæt fuge mellem karm og ydervæg bør de eksisterende lysningspaneler afmonteres. Alternativt kan der afskæres 25-30 mm af lysningspanelet, som vist nedenfor, hvorefter fugningen kan udføres.



7. Sikkerhedsglas

Hvis der er behov for bedre sikring mod ulykker, bør ruder med lamineret eller hærdet glas anvendes. Der er ikke krav om brug af sikkerhedsglas i enfamiliehuse, men det er der i institutioner og andre bygninger, hvor der færdes mange mennesker.

8. Bortskaffelse

Termoruder, der indeholder PCB, skal bortskaffes forsvarligt.

Energiruder

I en 2-lags energirude er det inderste af de to glas belagt med en lav-emissionsbelægning, der reducerer varmeudstrålingen markant. I en 3-lags rude er det inderste og yderste glas belagt på overfladen, der vender mod det midterste glas. For at mindske varmetabet yderligere anvendes der argongas mellem glassene.

Argon er tungere end luft og mindsker derved den cirkulation, der opstår i en rude, som er kold på den ene side og varm på den anden side.

Varme kanter

Glassene i en energirude holdes adskilt af et afstandsprofil. Tidligere blev disse ofte lavet af aluminium eller galvaniseret stål, som leder varmen/kulden særdeles godt. Derved fik selv nye energiruder en relativ lav overfladetemperatur langs den indvendige rudekant med risiko for kondensdannelse.

Regelmæssig kondens kan medføre råd og svamp i vinduesrammerne og nedbrydning af overfladebehandling og dermed både reducere vinduets levetid og forårsage et dårligt indeklima.

For at undgå dette er der udviklet nye ”varme kanter” af plastmaterialer. Varmebesparelsen for et typisk vindue eller en dør med høj glasandel med varme kanter er ca. 10-20 kWh pr. år.

Indeklima

Når døren udskiftes, bliver den indvendige overflade varmere, hvilket nedsætter risikoen for kondens og giver mindre træk i form af kuldenedfald.

Da evt. glas i døren er godt isoleret, bliver ydersiden kold, hvilket medfører risiko for kondens på ydersiden under visse vejrforhold.

Hvis entréen er mørk, kan der vælges en dør med et større vinduesareal. Døren bør passe til husets stil. Kontakt evt. en arkitekt for at afdække dette.

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Linjetab

Bygningsreglementets krav til linjetabet (kuldebroafbrydelsen) mellem for- og bagmur omkring yderdøren skal kun overholdes, hvis der samtidigt foretages en renoivering af ydervæggen. I det tilfælde må linjetabet ikke overstige 0,03 W/mK.

Yderligere information

Bygningsreglement
www.bygningsreglementet.dk

Mærkningsordning for vinduer:
www.energivinduer.dk

Beregningsprogram for vinduer:
www.eref.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade:
 (31) 05 12 07 Termo- og energiruder - dugdannelser, revner og udskiftning
 (31) 03 05 08 Kondens på glasflader - termoruder og energiruder
 (41) 06 12 31 Fuger omkring vinduer i teglydervægge - udskiftning
 (31) 12 07 19 Sålbenke i murværk
www.byg-erfa.dk

Vinduesindustrien:
www.vinduesindustrien.dk

Glasindustrien:
www.glasindustrien.dk

Se filmen: Udskiftning af vinduer og døre på
www.byggeriogenergi.dk/film/klimaskaerm-praktiske-anvisninger/udskiftning-af-vinduer-og-doere/

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.

www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

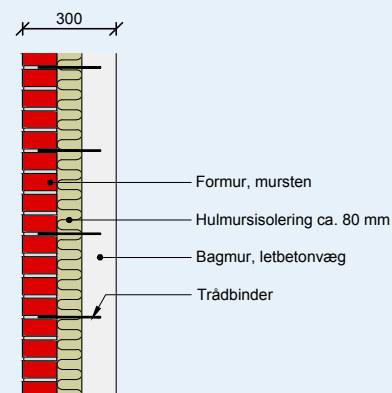
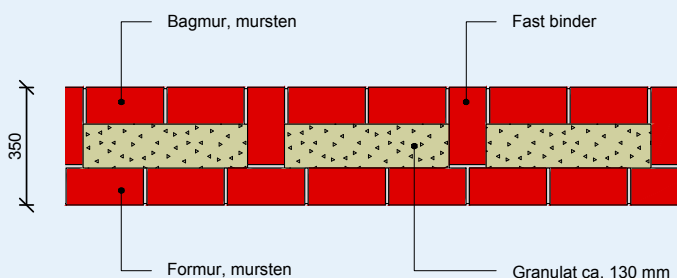
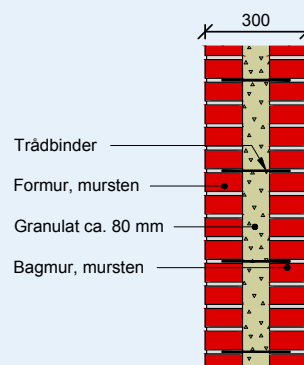
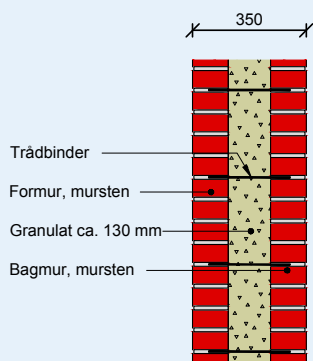
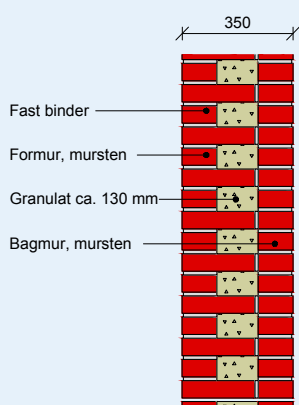


Hulmursisolering

Tunge ydervægge med uisoleret hulmur bør efterisoleres. Det gælder, uanset om hulumuren allerede er isoleret med lecanødder (letklinker) eller ekspanderet glimmer (vermiculite).

Fordele

- Mindre varmetab gennem ydervæggene
- Bedre økonomi pga. lavere varmeregning
- Varmere overflader og mindre træk
- Øget komfort og bedre indeklima
- Lavere CO₂-udledning
- Efterisolering af hulumuren forøger husets værdi



Energibesparelse

Eksisterende isoleringstykkel	Ny isoleringstykkel		
	300 mm mur 75-80 mm isolering i hulmur mursten - mursten trådbindere U = 0,88	360 mm mur 125-130 mm isolering i hulmur mursten - mursten trådbindere U = 0,62	360 mm mur 125-130 mm isolering i hulmur mursten - mursten faste bindere (kanalmur) U = 0,77
	Energibesparelse i kWh/m ² pr. år		
Uisoleret (hulmur uden isolering)	66	87	60
Hulmur isoleret med leca	23	20	13

Forudsætning

Efterisoleringen udføres med et til konstruktionen egnet isoleringsmateriale med en lambda-værdi på 44 mW/m K.

Eksempel på energibesparelse

Forudsætninger	En bungalow fra 1935 med uisoleret hulmur ønskes efterisoleret i én etages højde i hele husets omkreds. Med et endoskop konstateres det, at der er plads til en efterisolering på 75-80 mm i hulumuren. Det samlede hulumursareal er 85 m ² . Naturgaspris: 7,60 kr. pr. m ³ . Gaskedlen er ny og kondenserende.	
Årlig energibesparelse pr. m ²		66 kWh/m ²
Årlig energibesparelse kWh	66 kWh/m ² x 85 m ² =	5.610 kWh
Årlig energibesparelse m ³	5.610 kWh/11 kWh/m ³ =	510 m ³
Årlig økonomisk besparelse kr.	13,80 kr./m ³ x 510 m ³ =	7.038 kr.
Årlig CO ₂ -besparelse kg	0,205 kg/kWh x 5.610 kWh =	1.150 kg / 1,2 ton

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.

(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Udførelse

Indblæsning af isolering i hulumuren foretages af specialiserede firmaer. Vælg et firma, der er tilknyttet en garantiordning.

Alle hulumure kan efterisoleres, hvis murværket er i god stand. Tilstanden bør derfor undersøges, inden hulmursisoleringen udføres, og evt. mangler udbedres. Det er især vigtigt at få udelukket fugt og utætheder i ydervæggen, før hulmursisoleringen udføres. Både formur og bagmur skal kontrolleres

visuelt. Hulumuren kontrolleres ved at tage enkelte mursten ud eller ved at bore hul i en fuge og inspicere med et endoskop.

Hvis hulumuren er fyldt med leca, tages dette ud, inden der indblæses ny isolering. Lecaen løber nemt ud, hvis der fjernes nogle mursten i bunden af hulumuren. Det samme gælder, hvis hulumuren har været isoleret med ekspanderet glimmer. Bunden af muren bør suges efter, så der ikke efterlades nogen klumper.

Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Eksisterende ydervæg og fundament	Er der nyere sætningsskader eller revnedannelser?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 1
Murpap	Er der murpap mellem ydervæg og fundament?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 2
Bagmur	Er der utætheder i bagmuren i form af revner, sprækker, huller etc.?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 3
Maling/tapet/puds	Hæfter maling, tapet og puds godt til bagmuren?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 4
Formur	Er der utætheder i formuren i form af revner, sprækker, huller e.l.?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 5
Fuger i formur	Er fugerne i formuren i god stand?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 6
Utætte tagrender/nedløbsrør	Er der utætte tagrender/nedløbsrør, så væggen fugtbelastes?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 7
Ødelagte mursten	Er der forvitrede eller frostsprængte mursten i formuren?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 8
Organisk materiale i hulmur	Er der organisk materiale i hulmuren?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 9
Løse murbrokker i hulmur	Ligger der løse mursten eller mørtel i hulmuren?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 10
Afgrænsninger for hulmursisolering	Er der afgrænsninger i form af udmuringer?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 11
Hulmurens tykkelse	Er hulmuren nogle steder tyndere end 7-8 cm?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 12
Rustne murbindere	Er der rustne murbindere i muren?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 13
Diffusionstæt maling	Er ydervæggen overfladebehandlet med diffusionstæt maling?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 14

1. Eksisterende ydervæg og fundament

Hvis der er nyere revnedannelser eller sætningsskader, tilkaldes særlig fagkyndig eller forsikringsselskab. Ældre skader udbedres, inden efterisoleringen udføres.

2. Murpap

Inden der hulmursisoleres, bør der etableres murpap for at undgå, at fugt nedefra trænger op i formuren.

3. Bagmur

Utætheder i bagmuren skal udbedres inden hulmursisolering.

4. Maling/tapet/puds

Hvis maling/tapet eller puds ikke hæfter, bør man finde ud af hvorfor, og fejlen udbedres inden hulmursisolering.

5. Formur

Utætheder i formuren skal udbedres inden indblæsning af isolering.

6. Fuger i formur

Hvis fugerne i formuren er forvitrede, bør der foretages en omfugning inden hulmursisolering.

7. Utætte tagrender/nedløbsrør

Utætte tagrender og nedløbsrør repareres inden hulmursisolering.

8. Ødelagte mursten

Forvitrede eller frostsprængte mursten bør udskiftes før hulmursisolering.

9. Organisk materiale i hulmur

Evt. organisk materiale fjernes før indblæsning.

10. Løse murbrokker i hulmur

Evt. løse murbrokker og mørtelrester fjernes, såfremt det er muligt.

11. Afgrænsninger for hulmursisolering

Det skal kontrolleres, at der er afgrænsninger i form af massiv mur eller anden lukning i top og i bund af mur, så hulmursisoleringen holdes på plads, når den indblæses.

12. Hulmurens tykkelse

Hvis hulmuren nogle steder er tyndere end 7-8 cm, kan det være nødvendigt at etablere flere huller for indblæsning af isoleringen og bruge granulat med mindre størrelse. Det vil sikre, at hulrummet fyldes så godt som muligt.

13. Rustne murbindere

Hvis murbinderne er rustne, bør de udskiftes inden hulmursisolering.

14. Diffusionstæt maling

Hvis formuren er malet med diffusionstæt maling, skal denne afrensnes inden hulmursisolering.

Indeklima

Når hulmuren isoleres, bliver den indvendige overflade af ydervæggen varmere, hvilket nedsætter risikoen for kondens på væggenes inderside og giver mindre træk i form af kuldenedfald.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved hulmursisolering af en tom hulmur stiller bygningsreglementet krav om at efterisolering gennemføres i det omfang, det er rentabelt, og ikke medfører risiko for fugtskader.

I konstruktioner med hulrum med plads til isolering, som f.eks. en tom hulmur, vil det normalt være rentabelt af efterisolere hulrummet. Det vil normalt ikke være rentabelt at efterisolere mere end den tomme hulmur. Det skal derfor ikke dokumenteres, om det er rentabelt at efterisolere op til U-værdikravet på maksimalt 0,18 W/m²K ved påføring og yderligere efterisolering af konstruktionen.

Yderligere information

Se udførelsesvejledninger hos isoleringsproducenter.

VIF: VarmeisoleringForeningens produktoversigt
www.vif-isolering.dk

SBi-anvisninger
 224: Fugt i bygninger
 239: Efterisolering af småhuse - energibesparelser og planlægning
 240: Efterisolering af småhuse - byggetekniske løsninger
www.sbi.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade:
 (21) 11 12 27 Efterisolering af hulmur - forundersøgelser og forudsætninger
 (21) 04 12 31 Trådbindere i murværk - undgå risiko for nedstyrtning
www.byg-erfa.dk

Bygningsreglementet
www.bygningreglementet.dk

Se filmen: Hulmursisolering

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:

www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Udvendig efterisolering af let ydervæg

Lette ydervægge er typisk træskeletvægge, der enten er beklædt med brædder/plader eller med en skalmur foran et ventileret hulrum. Træskeletvæggen er normalt bærende. Lette ydervægge bør efterisoleres, hvis isoleringstykkelsen er mindre end 125 mm. Hvis ydervægsbeklædningen alligevel skal skiftes, skal ydervæggen i henhold til Bygningsreglementet energioptimeres samtidig, hvis det er rentabelt.

Soklen bør efterisoleres samtidig. Se energiløsningen: "Efterisolering af sokkel".

Fordele

- Mindre varmetab gennem ydervæggene
- Bedre økonomi pga. lavere varmeregning
- Varmere overflader og mindre træk
- Øget komfort og bedre indeklima
- Lavere CO₂-udledning
- Udvendig efterisolering giver mulighed for at ændre facadens udtryk

Energibesparelse

Eksisterende isoleringstykkelse	Ny samlet isoleringstykkelse	
	250 mm isolering U = 0,18	300 mm isolering
0 mm	152	154
75 mm	24	26
100 mm	16	18
125 mm	11	12
150 mm	6	8

Forudsætning

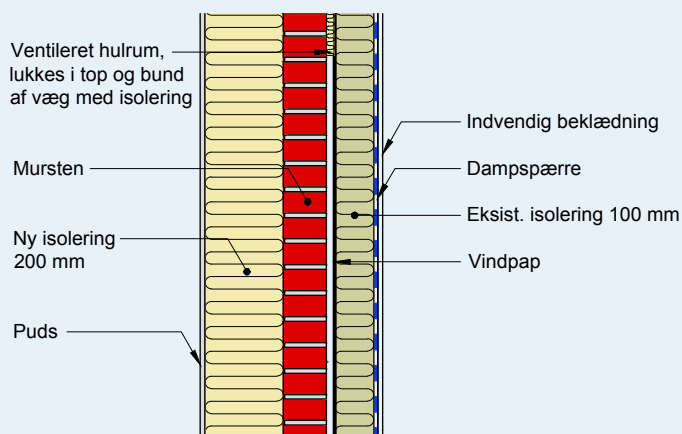
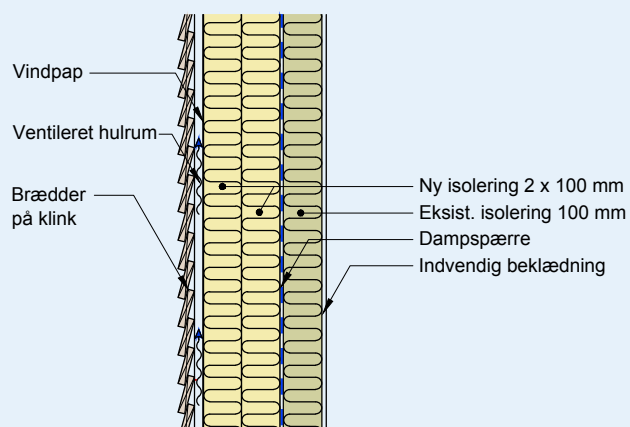
Efterisoleringen udføres med et til konstruktionen egnet isoleringsmateriale med en lambda-værdi på 37-38 mW/m K.

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh



Eksempel på energibesparelse

Forudsætninger	I et parcelhus med 80 m ² lette ydervægge med 100 mm isolering efterisoleres med yderligere 200 mm isolering til i alt 300 mm isolering. Soklen isoleres ikke. Naturgaspris: 13,80 kr. pr. m ³ . Gaskedlen er ny og kondenserende.	
Årlig energibesparelse pr. m²		21 kWh/m ²
Årlig energibesparelse kWh	21 kWh/m ² x 80 m ² =	1.680 kWh
Årlig energibesparelse m³ naturgas	1.680 kWh / 11 kWh/m ³ =	153 m ³
Årlig økonomisk besparelse kr.	13,80 kr./m ³ x 153 m ³ =	2.108 kr.
Årlig CO₂-besparelse kg	0,205 kg/kWh x 1.680 kWh =	344 kg 0,3 ton

Udførelse

Efterisolering af ydervæggen bør foretages under hensyntagen til husets arkitektur. Her tænkes der især på beklædningen, der anvendes uden på isoleringsmaterialet. Ved tagfoden må efterisoleringen ikke forhindre ventilationen af tagkonstruktionen, og ved soklen bør ydervægsbeklædningen have udvendigt overlap/fremspring i forhold til sokkelisoleringen.

Sokkelisolering

Hvis soklen efterisoleres samtidigt, skal dette gøres først. Langs det eksisterende fundament/sokkel udføres en efterisolering med terrænisolering i mindst 600 mm dybde under jordniveau og med tykkelse tilpasset den nye efterisolering af ydervæggen. Efterisoleringen af soklen udføres efter isoleringsproducentens montagevejledning. Se energiløsningen: "Efterisolering af sokkel".

Beklædning med træ eller andet let materiale

Facadebeklædningen, afstandslister for ventileret hulrum og vindspærre demonteres. Den eksisterende isolering tages ud, og eventuel dampspærre fjernes. Hvis isoleringen er intakt, indsættes den igen. Hvis den er beskadiget, udskiftes den med ny isolering. Der monteres dampspærre på ydersiden af det eksisterende træskelet.

På den eksisterende ydervæg opbygges et skelet i form af træstolper eller stålrigler til den nye isolering og

ydervægsbeklædning. Der isoleres i skelettet, så isoleringen sidder stramt. Isoleringen bør bestå af to isoleringslag med forskudte samlinger. På ydersiden af skelettet monteres vindspærre, afstandslister for ventileret hulrum og ny beklædning.

Hvis facaden består af en skalmur, der ikke er bærende eller afstivende, kan denne fjernes på samme måde som en eventuelt brædde- eller pladebeklædning.

Pudset facade

Hvis den nye facade ønskes pudset, klæbes isoleringen fast til en cementbaseret diffusionsåben plade og fastgøres med dyvler i træskelettet under pladen. Hvis skalmuren ikke nedrives, kan isoleringen klæbes og dyvles til den. Isoleringen kan i dette tilfælde godt være i et lag med omhyggeligt udførte samlinger. Enten opsættes der cementbaserede plader på ydersiden af isoleringen, som efterfølgende puds. Her kan der eventuelt være et ventileret hulrum bag pladen. Eller også afsluttes facaden med puds direkte på isoleringen.

Hvis ydervægsbeklædningen er diffusionstæt, skal der være et ventileret hulrum mellem isoleringslaget og ydervægsbeklædningen. Er beklædningen diffusionsåben, kan den opsættes direkte på isoleringslaget. Diffusionsåben beklædning kræver en tæt dampspærre.

Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Tagudhæng	Er der plads til den nye efterisolering og beklædning inden for tagudhænget?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 1
Eksisterende ydervægs styrke	Kan den eksisterende ydervæg optage belastningerne fra et nyt efterisoleringssystem?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 2
Udeluftventiler	Er der udeluftventiler?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 3
Vinduer og døre	Er der vinduer eller døre i væggen?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 4
Tagedløbsrør	Er der tagedløbsrør tæt ved fundamentet?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 5
Belysning	Er der monteret udendørs belysning på ydervæggen?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 6

1. Tagudhæng

Hvis tagudhænget ikke kan dække over den nye efterisoleringstykkelse inkl. beklædning, kan der isoleres med en reduceret isoleringstykkelse eller en isolering, der isolerer bedre end standard.

2. Styrke

Hvis den eksisterende ydervægskonstruktion ikke har styrke nok til at optage belastningen fra den nye ydervæg, skal der udføres et nyt randfundament. (Det er sjældent tilfældet). De øverste 600 mm skal udføres med fundamentsblokke med kuldebroisolering.

3. Udeluftventiler

Udeluftventiler i ydervæggen skal udskiftes til en længere udgave, så ventilerne kan nå ud til udvendig side af den nye beklædning. De bør være kondens- og lydisolerede.

4. Vinduer eller døre

Hvis der i den lette ydervæg er udtjente vinduer eller døre, bør disse udskiftes samtidigt. Eksisterende vinduer og døre, der bibeholdes, skal integreres i den nye ydervæg med regn- og lufttæt samling mellem karm og vindueshul. Det bedste resultat opnås ved at forskyde vinduerne/dørene frem mod den udvendige side af ydervæggen.

5. Tagedløbsrør og brønde

Nedløbsbrønde skal flyttes ud til en passende afstand og placering i forhold til ydervægskonstruktionen. Nedløbsrør skal ligeledes tilpasses den nye konstruktion.

6. Udendørsbelysning

Udendørsbelysning m.m. afmonteres fra eksisterende ydervægsbeklædning. Hvis belysningen ikke umiddelbart kan flyttes til den nye beklædning, tilkaldes en elektriker.

Indeklima

Når ydervæggen isoleres, bliver dens indvendige overflade varmere, hvilket nedsætter risikoen for kondens på væggens inderside og giver mindre træk i form af kuldenedfald.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved efterisolering af en let ydervæg stiller bygningsreglementet krav om at efterisolering gennemføres i det omfang, det er rentabelt, og ikke medfører risiko for fugtskader.

For en typisk let ydervægskonstruktion vil det normalt betyde, at den samlede isoleringstykkelse af eksisterende og ny isolering skal opfylde kravet til en U-værdi på maksimalt 0,18 W/m²K. Dette svarer fx til ca. 250 mm mineraluldsisolering (kl. 37 mW/mK).

I lette ydervægskonstruktioner med hulrum med plads til mere isolering vil det normalt være rentabelt at efterisolere hulrummet. Hvis hulrummet kan efterisoleres til mindst 125 mm isolering eller mere, vil det normalt ikke være rentabelt at efterisolere op til U-værdikravet ved yderligere efterisolering. Hvis hulrummet af byggetekniske årsager ikke kan efterisoleres op til mindst 125 mm skal det ved ombygning af ydervæg dokumenteres, at yderligere udvendig efterisolering ikke er rentabel.

En efterisoleringsløsning er rentabel, hvis *Besparelse x Levetid / Investering* > 1,33. I investeringen medtages kun omkostninger til udførelsen af selve isoleringsarbejdet, isoleringsmaterialer og evt. ny dampspærre og flytning af installationer og evt. andet snævert følgearbejde. Levetiden for efterisoleringsarbejdet antages altid at være 40 år og den årlige økonomiske besparelse udregnes med udgangspunkt i det eksisterende isoleringsniveau og den aktuelle varmepris.

Bemærk desuden at en udvendig efterisolering på maksimalt 25 cm ikke betragtes som en udvidelse af etagearealet.

Yderligere information

Se udførelsesvejledninger hos isoleringsproducenter.

VIF: VarmeisoleringsForeningens produktoversigt

www.vif-isolering.dk

SBi-anvisninger

239: Efterisolering af småhuse - energibesparelser og planlægning

240: Efterisolering af småhuse - byggetekniske løsninger

224: Fugt i bygninger

www.build.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade:

(39) 08 06 30 Dampspærre - udførelse og detaljer mod opvarmede rum

(39) 07 10 29 Dampspærre i klimaskærmen - fugttransport og materialer

(39) 11 11 22 Dampspærresamlinger og tætningsmidler

(21) 05 09 28 Vindgips i lette ydervægge - risiko for fugtskader

(21) 15 05 05 Fugtsugende vindspærreplader

(21) 15 05 29 Vindspærre i facader - afdækning i byggeperioden

(21) 14 10 07 Vindspærre og brandteknik - lette ydervægge

Bygningsreglementet

www.bygningsreglementet.dk

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Se filmen: Udvendig efterisolering af let ydervæg på

www.ByggeriOgEnergi.dk

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:

www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Indvendig efterisolering af let ydervæg

Lette ydervægge er typisk træskeletvægge, der enten er beklædt med brædder/plader eller med en skalmur foran et ventileret hulrum. Træskeletvæggen er normalt bærende. Lette ydervægge bør efterisoleres, hvis isoleringstykkelsen er mindre end 100 mm. Efterisoleringen kan relativt nemt foretages indefra f.eks. i forbindelse med, at der alligevel skal males.

Fordele

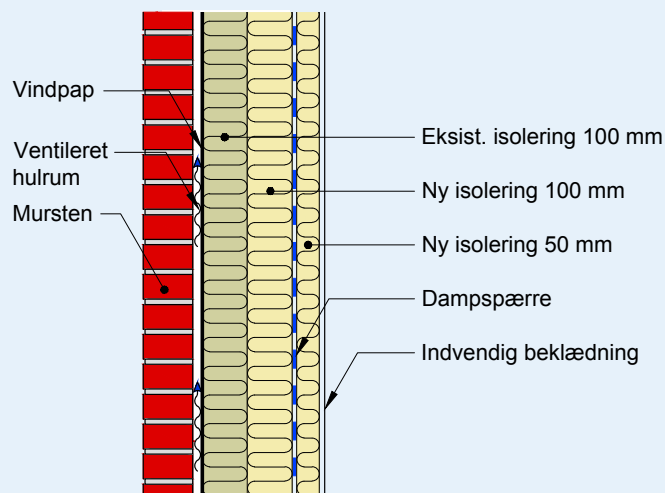
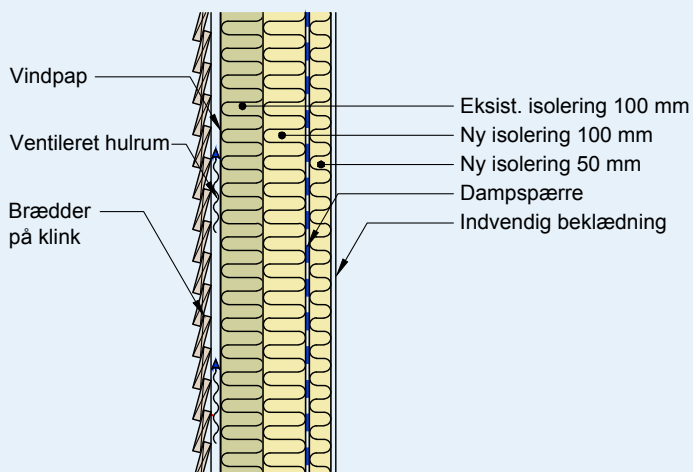
- Mindre varmetab gennem ydervæggene
- Bedre økonomi pga. lavere varmeregning
- Varmere overflader og mindre træk
- Øget komfort og bedre indeklima
- Lavere CO₂-udledning
- Husets værdi forøges
- Mulighed for at opholde sig i en større del af rummet, idet ydervæggene er varmere.

Energibesparelse

Eksisterende isoleringstykkelse	Ny samlet isoleringstykkelse	
	250 mm isolering U = 0,18	300 mm isolering U = 0,12
	Energibesparelse i kWh/m ² pr. år	
0 mm	152	154
75 mm	24	26
100 mm	16	18
125 mm	11	12
150 mm	6	8

Forudsætning

Efterisoleringen udføres med et til konstruktionen egnet isoleringsmateriale med en lambda-værdi på 37-38 mW/m K.



Eksempel på energibesparelse

Forudsætninger	I et parcelhus med 80 m ² lette ydervægge med 100 mm isolering efterisoleres med 250 mm isolering indvendigt til i alt 350 mm isolering. Naturgaspris: 13,80 kr. pr. m ³ . Gaskedlen er ny og kondenserende.	
Årlig energibesparelse pr. m ²		22 kWh/m ²
Årlig energibesparelse kWh	22 kWh/m ² x 80 m ² =	1.760 kWh
Årlig energibesparelse m ³	1.760 kWh / 11 kWh/m ³ =	160 m ³
Årlig økonomisk besparelse, kr.	13,80 kr./m ³ x 160 m ³ =	2.208 kr
Årlig CO ₂ -besparelse kg	0,205 kg/kWh x 1.760 kWh =	361 kg / 0,3 tons

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Udførelse

Efterisolering af ydervæggen indvendigt bør foretages til en fornuftig isoleringstykkelse, hvor den mulige energibesparelse opvejes i forhold til den plads, den indvendige efterisolering tager i rummet.

Radiatorer nedtages, og eventuel nødvendig ændring af rørføringen udføres før opsætning af væg. Vær opmærksom på, at der ikke må forekomme skjulte samlinger på rørene.

Indvendig vægbeklædning demonteres og en eventuel eksisterende dampspærre fjernes.

Der monteres skelet i form af træstolper eller stålrigler på indersiden af den eksisterende væg. Der isoleres i skelettet, så isoleringen sidder stramt imellem træstolper/stålrigler. Der monteres dampspærre på indersiden af isoleringen.

Hvis der er stikkontakter i den væg, der efterisoleres, skal disse flyttes med indad i rummet. Stikkontakter bør placeres på indersiden af væggen for ikke at ødelægge dampspærren. Der, hvor kablet trækkes gennem dampspærren, skal der tætnes med en såkaldt kabelkrave. Vær opmærksom på, at der ikke må forekomme skjulte samlinger på kablerne.

Dampspærren skal være tæt omkring eventuelle udeluftventilen.

Det kan gøres med en såkaldt rørkrave.

Der opsættes dampspærre med tape i alle samlinger og med tæt tilslutning mod tilstødende konstruktioner som vinduer, loft, gulv og tilstødende vægge samt gennem-brydende installationer. Den tætte tilslutning er ekstremt vigtig for at undgå, at varm, fugtig luft kommer ind bag isoleringen og kondenserer, hvilket giver risiko for skimmel og svamp inde i væggen.

Der monteres lægter på tværs og et tyndt lag isolering mellem disse. Væggen beklædes med gipsplade. Stikkontakter, radiatorer og udeluftventiler monteres.

Dampspærren kan placeres op til en tredjedel inde i den samlede isoleringstykkelse fra den varme side. Det muliggør indbygning af stikdåser mm uden, at dampspærren gennembrydes.



Efterisolering af let ydervæg udført før BR15. Konstruktion set fra ydersiden (venstre): Regnskærm af brædder, hulrum, vindgips, eksisterende træskelet incl. 100-125 mm isolering, ny indvendig isolering i stålskelet, dampspærre og gipsplader.

Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Sætningsskader/revner	Er der nyere sætningsskader eller revnedannelser?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 1
Råd, svamp eller skadedyr	Er træskelettet sundt uden råd, svamp eller insektangreb?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 2
El-installationer	Er der el-installationer i ydervæggen?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 3
Udeluftventiler	Er der udeluftventiler i ydervæggen?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 4
Varmeinstallationer	Er der radiatorer og rør for disse på væggen?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 5
Ventilation	Lufte husejeren tilstrækkeligt ud?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 6
Ophængning på den nye forsatsvæg	Ønsker husejeren at hænge reoler, malerier eller andet op?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 7

1. Sætningsskader/revner

Hvis der er nyere revnedannelser eller sætningsskader, tilkaldes særlig fagkyndig eller forsikringselskab. Ældre skader udbedres, inden efterisoleringen udføres.

2. Råd, svamp eller skadedyr

Hvis der er tegn på råd, svamp eller insektangreb i vægkonstruktionen, tilkaldes særlig fagkyndig eller forsikringselskab. Årsagen til skaden findes og udbedres inden efterisoleringen udføres.

3. El-installationer

Er der el-installationer i ydervæggen, skal disse flyttes til indvendig side af den nye vægbeklædning. Samlingen mellem el-installationer og dampspærre skal være helt lufttæt. Vær opmærksom på, at der ikke må forekomme skjulte samlinger på kablerne.

4. Udeluftventiler

Udeluftventiler i ydervæggen udskiftes til en længere udgave, så den kan nå indvendig side af ny vægbeklædning. Samlingen mellem udeluftventil og dampspærre skal være helt lufttæt. Udeluftventiler bør være kondens- og lydisolerede.

5. Varmeinstallationer

Eventuelle radiatorer på væggen og rør for disse flyttes med ind på indersiden af den nye væg. Vær opmærksom på, at der ikke må forekomme skjulte samlinger på rørene.

6. Ventilation

Husejeren skal informeres om vigtigheden om at lufte ud med gennemtræk 2-3 gange om dagen i 5-10 minutter samt efter bad og madlavning. En anden mulighed er at få monteret ventilation med varmegenvinding.

7. Ophængning på den nye forsatsvæg

I samarbejde med husejeren bør der placeres ophængningsmuligheder i form af vandrette lægter i bestemte højder over gulv eller en skruefast plade, så husejeren kan komme til at hænge malerier og reoler op uden at perforere dampspærren.

Indeklima

Når ydervæggen isoleres, bliver dens indvendige overflade varmere, hvilket nedsætter risikoen for kondens på væggenes inderside og giver mindre træk i form af kuldenedfald.

Når der isoleres indvendigt, bliver den gamle del af væggen koldere. Det betyder risiko for fugtproblemer, hvis dampspærren ikke er tæt. Det er derfor helt afgørende at sikre en tæt dampspærre - både under udførelsen og senere, når man fx skal hænge noget op på væggen.

Indvendig efterisolering medfører, at gulvarealet bliver formindsket. Til gengæld bliver det rarere at opholde sig ved ydervæggen.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved efterisolering af en let ydervæg stiller bygningsreglementet krav om at efterisolering gennemføres i det omfang, det er rentabelt, og ikke medfører risiko for fugtskader.

For en typisk let ydervægskonstruktion vil det normalt betyde, at den samlede isoleringstykkelse af eksisterende og ny isolering skal opfylde kravet til en U-værdi på maksimalt 0,18 W/m²K. Dette svarer fx til ca. 250 mm mineraluldsisolering (kl. 37 mW/mK).

I lette ydervægskonstruktioner med hulrum med plads til mere isolering vil det normalt være rentabelt at efterisolere hulrummet. Hvis hulrummet kan efterisoleres til mindst 100 mm isolering eller mere, vil det normalt ikke være rentabelt at efterisolere op til U-værdi-kravet ved yderligere efterisolering. Hvis hulrummet af byggetekniske årsager ikke kan efterisoleres op til mindst 100 mm skal det dokumenteres, at yderligere efterisolering ikke er rentabel.

En efterisoleringsløsning er rentabel, hvis $Besparelse \times Levetid / Investering > 1,33$. I investeringen medtages kun omkostninger til udførelsen af selve isoleringsarbejdet, isoleringsmaterialer og evt. andet snævert følgearbejde. Levetiden for efterisoleringsarbejdet antages altid at være 40 år og den årlige økonomiske besparelse udregnes med udgangspunkt i det eksisterende isoleringsniveau og den aktuelle varmepris.

Yderligere information

Se udførelsesvejledninger hos isoleringsproducenter.

VIF: VarmelsoleringsForeningens produktoversigt

www.vif-isolering.dk

SBi-anvisninger

239: Efterisolering af småhuse - energibesparelser og planlægning

240: Efterisolering af småhuse - byggetekniske løsninger

224: Fugt i bygninger

www.sbi.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade:

(39) 08 06 30 Dampspærre - udførelse og detaljer mod opvarmede rum

(39) 07 10 29 Dampspærre i klimaskærmen - fugttransport og materialer

(39) 11 11 22 Dampspærresamlinger og tætningsmidler

www.byg-erfa.dk

Bygningsreglementet

www.bygningsreglementet.dk

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål. Eller gå ind på hjemmesiden:

www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

Udvendig efterisolering af tung ydervæg

Tunge ydervægge er vægge af enten mursten eller letbeton. Bagmuren er normalt bærende. Hvis væggen er massiv, er hele væggen bærende. Tunge ydervægge bør efterisoleres, hvis den eksisterende isoleringstykkelser er mindre end 25 mm.

Soklen bør efterisoleres samtidig. Se energiløsningen: "Efterisolering af sokkel".

Fordele

- Mindre varmetab gennem ydervæggene
- Bedre økonomi pga. lavere varmeregning
- Varmere overflader og mindre træk
- Øget komfort og bedre indeklima
- Lavere CO₂-udledning
- Udvendig efterisolering giver mulighed for at ændre facadens udtryk

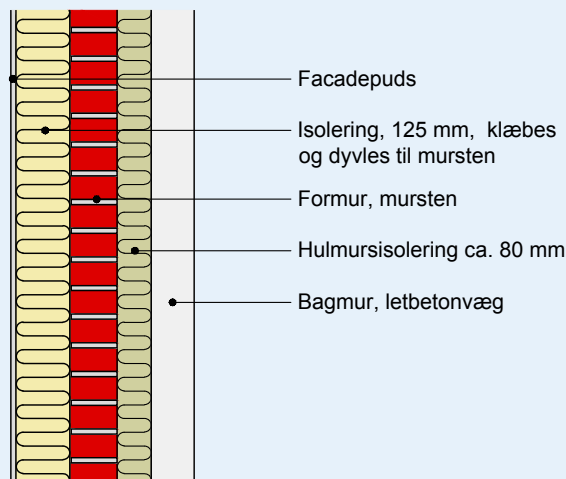
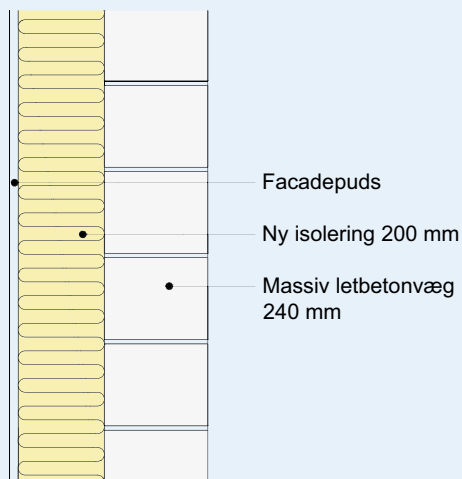
Energibesparelse

Eksisterende forhold	Ny udvendig isoleringstykkelser	
	200 mm isolering	300 mm isolering
	Energibesparelse i kWh/m ² pr. år	
200 mm letbeton (porebeton/letklinkerbeton)	101	106
240 mm letbeton (porebeton/letklinkerbeton)	84	88

Eksisterende forhold	Ny udvendig isoleringstykkelser	
	125 mm isolering	225 mm isolering
	Energibesparelse i kWh/m ² pr. år	
Formur: Mursten Hulmur: 75-80 mm isolering Bagmur: Mursten	17	22
Formur: Mursten Hulmur: 75-80 mm isolering Bagmur: Letbeton (porebeton/letklinkerbeton)	14	21

Forudsætning

Efterisoleringen udføres med et til konstruktionen egnet isoleringsmateriale med en lambda-værdi på 37-38 mW/mK.



Eksempel på energibesparelse

Forudsætninger	På 100 m ² ydervæg af 240 mm porebeton opsættes 200 mm facadeisolering, som pudses. Soklen isoleres ikke. Naturgaspris: 13,80 kr. pr. m ³ . Gaskedlen er ny og kondenserende.	
Årlig energibesparelse pr. m ²		84 kWh/m ²
Årlig energibesparelse kWh	84 kWh/m ² x 100 m ² =	8.400 kWh
Årlig energibesparelse m ³	8.400 kWh / 11 kWh/m ³ =	764 m ³
Økonomisk besparelse kr., år 1	13,80 kr./m ³ x 764 m ³ =	10.538 kr.
Årlig CO ₂ -besparelse kg	0,205 kg/kWh x 8.400 kWh =	1.722 kg/1,7 ton

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Udførelse

Efterisolering af ydervæggen bør foretages under hensyntagen til husets arkitektur. Her tænkes der især på beklædningen, der anvendes uden på isoleringsmaterialet. Ved tagfoden må efterisoleringen ikke forhindre ventilationen af tagkonstruktionen, og ved soklen bør ydervægsbeklædningen have udvendigt overlap/fremspring i forhold til sokkelisoleringen.

Sokkelisolering

Hvis soklen efterisoleres samtidigt, skal dette gøres først. Langs det eksisterende fundament/sokkel udføres en efterisolering med terrænisolering i mindst 600 mm dybde under jordniveau og med tykkelse tilpasset den nye efterisolering af ydervæggen.

Efterisoleringen af soklen udføres efter isoleringsproducentens montagevejledning. Se også energiløsningen: "Efterisolering af sokkel".

Beklædning med træ eller andet let materiale

På den eksisterende ydervæg opbygges et skelet i form af træstolper eller stålriger til den nye isolering og ydervægsbeklædning. Der isoleres i skelettet således, at isoleringen sidder stramt. Isoleringen bør

bestå af to isoleringslag med forskudte samlinger. På ydersiden af skelettet monteres vindspærre, afstandslistor for ventileret hulrum og ny beklædning.

Hvis facaden består af en skalmur, der ikke er bærende eller afstivende, kan denne fjernes på samme måde som en eventuelt brædde- eller pladebeklædning.

Pudset facade

Hvis den nye facade ønskes pudset, klæbes og dyvles isoleringen fast til formuren. Isoleringen kan i dette tilfælde godt være i et lag med omhyggeligt udførte samlinger. Facaden afsluttes med puds direkte på isoleringen.

Hvis ydervægsbeklædningen er diffusionstæt, skal der være ét ventileret hulrum mellem isoleringslaget og ydervægsbeklædningen. Er beklædningen diffusionsåben, kan den opsættes direkte på isoleringslaget. Diffusionsåben beklædning kræver, at dampspærren er tæt.

Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Eksisterende ydervæg og fundament	Er der nyere sætningsskader eller revnedannelser?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 1
Eksisterende ydervægs styrke	Kan den eksisterende ydervæg optage belastningerne fra et nyt efterisoleringssystem?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 2
Tagudhæng	Er der plads til den nye efterisolering og beklædning indenfor tagudhænget?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 3
Ventilation	Er der udeluftventiler?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 4
Vinduer og døre	Er der vinduer eller døre i væggen?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 5
Tagedløbsrør	Er der tagedløbsrør tæt ved fundamentet?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 6
Belysning	Er der monteret udendørs-belysning på ydervæggen?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 7

1. Eksisterende ydervæg og fundament

Hvis der er nyere revnedannelser eller sætningsskader, tilkaldes særlig fagkyndig eller forsikringsselskab. Ældre skader udbedres, inden efterisoleringen udføres.

2. Styrke

Hvis den eksisterende ydervægskonstruktion ikke har styrke nok til at optage belastningen fra den nye ydervæg, skal der etableres et nyt randfundament (Det er sjældent tilfældet). De øverste 600 mm skal udføres med fundamentsblokke med kuldebroisolering.

3. Tagudhæng

Hvis tagudhænget ikke kan dække over den nye efterisoleringstykkelse inkl. beklædning, kan der udføres en løsning med en reduceret isoleringstykkelse.

4. Ventilation

Udeluftventiler i ydervæggen udskiftes til en længere udgave, så den kan nå indvendig side af ny vægbeklædning. De bør være kondens- og lydisolierende.

5. Vinduer eller døre

Hvis der i ydervæggen er udtjente vinduer eller døre, bør disse udskiftes samtidigt. Eksisterende vinduer og døre, der bibeholdes, skal integreres i den nye ydervæg med regn- og lufttæt samling mellem karm og vindueshul. Det bedste resultat opnås, såfremt vinduerne og dørene kan forskydes frem mod den udvendige side af ydervæggen.

6. Tagedløbsrør og brønde

Nedløbsbrøndene skal flyttes ud til en passende afstand og placering i forhold til ydervægskonstruktionen, og nedløbsrør skal ligeledes tilpasses den nye konstruktion.

7. Udendørsbelysning

Udendørsbelysning m.m. afmonteres fra eksisterende ydervægsbeklædning. Hvis belysningen ikke umiddelbart kan flyttes til den nye beklædning, tilkaldes en elektriker.

Indeklima

Når ydervæggen isoleres, bliver dens indvendige overflade varmere, hvilket nedsætter risikoen for kondens på væggens inderside og giver mindre træk i form af kuldenedfald.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved efterisolering af en tung ydervæg stiller bygningsreglementet krav om at efterisolering gennemføres i det omfang, det er rentabelt, og ikke medfører risiko for fugtskader.

For en typisk tung ydervægskonstruktion vil det normalt betyde, at den samlede isoleringstykkelse af eksisterende og ny isolering skal opfylde kravet til en U-værdi på maksimalt 0,18 W/m²K. Dette svarer fx til ca. 200 mm mineraluldsisolering (kl. 37 mW/mK).

Hvis efterisolering til 200 mm af byggetekniske årsager ikke er rentabel kan der være en efterisoleringsløsning til et lavere niveau, som er rentabelt. Bygningsreglementet stiller så krav om, at det i stedet er dette arbejde, der skal udføres.

Det er kun i tilfælde af at U-værdi-kravet ikke kan opfyldes og der er mindre end 25 mm isolering i forvejen, at der skal foretages en eftervisning af den manglende rentabilitet. I tilfælde af manglende rentabilitet, stilles der krav om, at det efterfølgende undersøges, om en mindre efterisoleringsløsning er rentabel

En efterisoleringsløsning er rentabel, hvis *Besparelse x Levetid / Investering* > 1,33. I investeringen medtages kun omkostninger til udførelsen af selve isoleringsarbejdet, isoleringsmaterialer og evt. flytning af installationer og andet snævert følgearbejde. Levetiden for efterisoleringsarbejdet antages altid at være 40 år og den årlige økonomiske besparelse udregnes med udgangspunkt i det eksisterende isoleringsniveau og den aktuelle varmepris.

Bemærk desuden at en udvendig efterisolering på maksimalt 25 cm ikke betragtes som en udvidelse af etagearealet.

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Yderligere information

Se udførelsesvejledninger hos isoleringsproducenter.

VIF: VarmeisoleringsForeningens produktoversigt
www.vif-isolering.dk

SBi-anvisninger
239: Efterisolering af småhuse - energibesparelser og planlægning
240: Efterisolering af småhuse - byggetekniske løsninger
224: Fugt i bygninger
www.build.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade:
(41) 99 12 20 Udvendig facadeisolering med puds på mineraluld
(29) 08 04 28 Revner i bygninger - udbedring i beton og murværk
(29) 07 12 28 Revner i bygninger - eksempler
(29) 07 12 27 Revner i bygninger - undersøgelse og analyse
(22) 98 09 22 Revner i vægge af etagehøje letbetonelementer

www.byg-erfa.dk

Se filmen: udvendig efterisolering af tung ydervæg på www.ByggeriOgEnergi.dk

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:

www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

Murede ydervægge

- udvendig efterisolering afsluttet med flytning af formur

Energiløsningen gælder for enfamiliehus ved udvendig isolering af murede ydervægge - primært hule mure og kanalmure, men kan også anvendes på 1½ stens fuld mur. Som led i løsningen nedtages hulumrens formur eller yderste ½ sten af den massive mur. Energiløsningen kan tilpasses 1 stens mur, hvor det eksisterende murværk er uændret, og hvor den udvendige isolering afsluttes med ny formur.

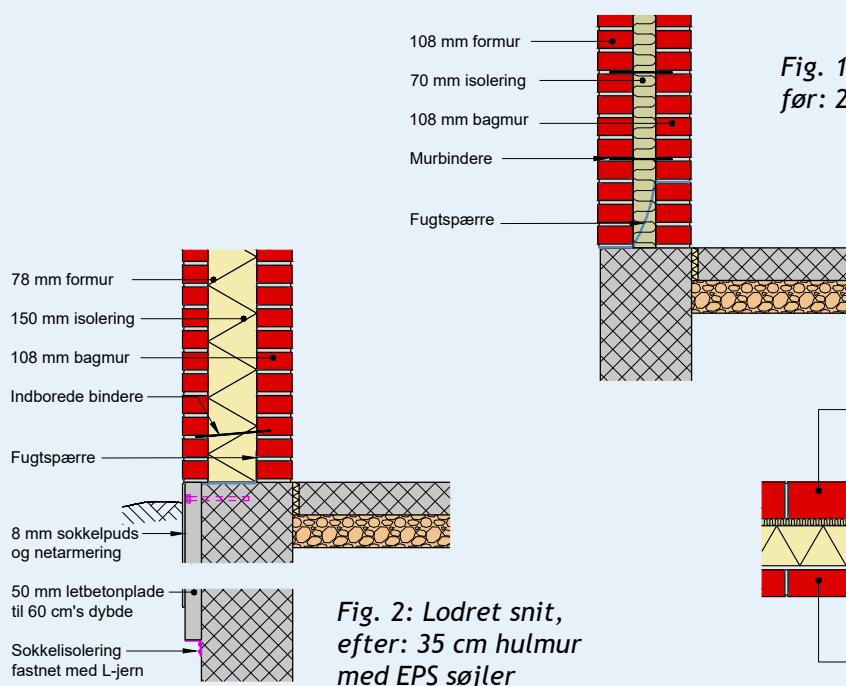
Ydervæggene i størstedelen af enfamiliehusene fremstår med blank mur. Ydervægge i bygninger opført frem til 1979 bør efterisoleres. Energiløsningen er relevant, hvor der ønskes en udvendig efterisolering, der ikke ændrer den murede bygnings fremtræden og arkitektoniske værdi væsentligt, og hvor der ønskes en god varmeisolering og en relativt lille murtykkelse.

Udvendig efterisolering er varmeteknisk og fugtteknisk set den bedste løsning. Isoleringen kan afsluttes med den eksisterende formur, der nedtages og genanvendes (rykkes ud). Alternativt kan formuren opføres af nye og evt. smallere sten. Løsningen kan tilpasses, så gavle har én isoleringstykkelse, og facader en anden.

Se i øvrigt energiløsningerne for enfamiliehus: Indvendig efterisolering af tung ydervæg, Udvendig efterisolering af tung ydervæg og Hulumisolering.

Fordele

- Mindre varmetab gennem ydervæggene
- Varmere vægge og bedre indeklima
- Lavere varmeregning
- Lavere CO₂-udledning
- Øget ejendomsværdi
- Fastholder det murede facadeudtryk
- Forbedret indeklima og mindre risiko for skimmelsvamp



Indeklima

Når ydermurene efterisoleres, bliver den indvendige overflade varmere, så risikoen for kondens og deraf følgende risiko for skimmelsvampeangreb minimeres. Samtidig opnås der en bedre termisk komfort, da eksempelvis træk i form af kuldenedfald fra kolde ydervægge undgås.

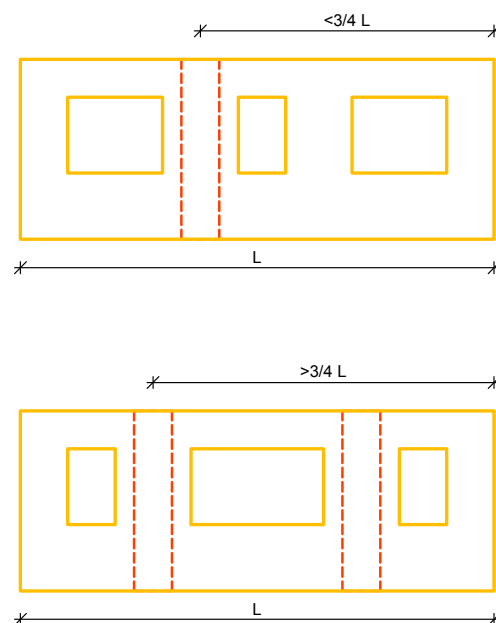
Slank formur og EPS søjler

Forudsætningen for at kunne reducere tykkelsen på en ny formur uden at reducere ydervæggens samlede bæreevne er, at der etableres såkaldte EPS-søjler. En EPS-søjle udnytter styrken i EPS-isolering (Ekspanderet PolyStyren), når isoleringen er klæbet sammen med både for- og bagmur med limmørtel og har en indlagt armering. Den sammenklæbte for- og bagmur virker som en sandwich-konstruktion, der afstiver et helt murværksfelt.

Der skal normalt placeres 1-2 EPS-søjler pr. facade i et typisk enfamiliehus for at afstive muren ved energirenovering.

Se mere om EPS-søjler:

<https://www.mur-tag.dk/udfoerelse/opmuring/eps-soejler/>



Eksempler på placering af EPS søjler

Energibesparelse

Eksisterende forhold	Isoleret ydervæg med ny/flyttet formur	
	125 mm isolering	225 mm isolering
	Energibesparelse i kWh/m ² pr. år	
24 cm mur	163	173
36 cm fuld mur	115	125
Formur og bagmur: Mursten Hulmur: uden isolering	124	133
Formur og bagmur: Mursten Hulmur: 75-80 mm isolering	53	62
Formur: Mursten, Bagmur: Letbeton (porebeton/letklinkerbeton) Hulmur: 75-80 mm isolering	36	45

Forudsætning

Efterisoleringen udføres med et egnet isoleringsmateriale med en lambdaværdi på højst 37-38 mW/mK. Med fordel kan der anvendes isolering med særlig lav lambdaværdi af hensyn til ydervæggens dimensioner. Eksempelvis svarer 125 mm isolering med lambda 31 mW/mK til 150 mm med lambda 37 mW/mK.

Ved samtidig efterisolering af sokkel eller ydervæg mod opvarmet kælder opnås yderligere besparelser.

Se Videncenterets isoleringstabel:

<http://www.byggeriogenergi.dk/media/1697/fra-lambdav-rdi-til-isoleringstykkelse.pdf>

Eksempel på energibesparelse

Forudsætninger	På 100 m ² uisoleret hulmur fjernes formuren/den yderste ½ sten, og der isoleres med 225 mm isolering og opmures ny, smal teglformur. Soklen isoleres ikke. Naturgaspris: 13,80 kr. pr. m ³ . Gaskedlen er ny og kondenserende.	
Årlig energibesparelse kWh pr. m ²		133 kWh/m ²
Årlig energibesparelse i kWh	133 kWh/m ² x 100 m ² =	13.300 kWh
Årlig energibesparelse i m ³ gas	13.300 kWh x 11 kWh/m ³ =	1.209 m ³
Årlig energibesparelse i kr.	13,80 kr./kWh x 1.209 kWh =	16.685 kr
Årlig CO ₂ -besparelse i kg/tons	0,205 kg/kWh x 13.300 kWh =	2.727 kg 2,7 ton

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Udførelse

Alt arbejde udføres i overensstemmelse med leverandørernes anvisninger.

Den eksisterende formur nedtages/hugges af, og udmuringer/faste bindere og mørtelpuder fjernes. Isoleringen fastgøres, og den nye formur opmures. Trådbindere bores ind i bagmur. Der vælges en slank formur i tegl, der giver plads til mere isolering, uden at murtykkelsen øges. Eventuelle skader i eksisterende bagmur af betydning for fugtforhold og statik udbedres.

Konstruktionens bæreevne under renoveringen skal sikres i forbindelse med nedtagningen af formuren, eksempelvis med stålsøjler. I forbindelse med selve renoveringen etableres afstivninger med EPS-søjler, så den samlede bæreevne ikke forringes. Dokumentation med analyse af de statiske forhold under udførelsen og projekteringsvejledning med principper for etablering af bæreevne under renovering kan findes i en dokumentationspakke med beskrivelser og vejledninger på: https://www.mur-tag.dk/fileadmin/user_upload/Editor/filer/EUDP-I_Parcel_Materiale/Projekteringsanv_for_plac_af_EPS-soejler_ifm_energiren._Ver_IV.pdf

Når EPS-søjlerne er etableret, kan isoleringsmateriale mellem søjlerne vælges frit, da isoleringen ikke skal bidrage styrkemæssigt. Der kan anvendes normal mineraluld eller højeffektive isoleringsmaterialer som fx PIR-skum, så U-værdien reduceres kraftigt.

Efterisolering af ydervæggen bør foretages under hensyntagen til husets arkitektur. Her tænkes der især på stenvæg til formuren, murtykkelsen og vinduernes placering. Ved tagfoden må efterisoleringen ikke forhindre ventilationen af tagkonstruktionen, og ved soklen bør formuren have et lille udvendigt fremspring i forhold til sokkelisolering/puds.

I nogle tilfælde er det af hensyn til konstruktionen og arkitekturen nødvendigt at bevare præcis samme tykkelse på hulmuren. I andre tilfælde kan man med fordel øge den samlede tykkelse med fx 60 mm og dermed få plads til mere isolering i hulmuren og samtidig få en kold sokkel isoleret. Udvidelsen kan ske ved at flytte den nye facademur ud på konsoller fastgjort til den eksisterende sokkel.

Sokkelisolering

Om nødvendigt etableres fundamentløsning med konsol og betonbjælker/teglbjælker eller sribefundament. Hvis soklen efterisoleres samtidigt med den udvendige isolering, skal dette gøres først. Langs det eksisterende fundament/sokkel udføres en efterisolering med terrænisolering i mindst 600 mm dybde under jordniveau og med tykkelse tilpasset den nye efterisolering af ydervæggen.

Efterisoleringen af soklen udføres efter isoleringsproducentens montagevejledning. Se også energiløsningen: Efterisolering af sokkel.

Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Valg af løsning	Er alternative løsninger til ydervægsisoleringen vurderet?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 1
Vurdering af udgangspunkt	Er ydervæggens konstruktioner kortlagt?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 2
Ydervæggens stabilitet	Er nødvendige tiltag til sikring af murens stabilitet fastlagt?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 3
Konstruktion og materialer	Er den eksisterende murs tilstand og fugtforholdene i den ny konstruktion vurderet?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 4
Udseende	Er den ny formurs udseende vurderet?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 5
Fundament	Er fundamentløsningen vurderet i sammenhæng med isoleringstykkelsen?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 6
Tag	Er ændringer ved tag vurderet?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 7
Vinduer og altandøre	Er vinduers placering i konstruktionen vurderet?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 8
Udeluftventiler, elinstallationer, nedløb mv.	Er mindre følgearbejder på facaden vurderet?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 9

1. Valg af løsning

Overvej mulighederne ud fra ydervæggens konstruktion og tilstand samt arbejdets omfang inkl. følgearbejder som ændring af fundament, ændringer ved vinduer, afslutninger ved tag, ændringer af kældernedgange mv. Se i øvrigt energiløsningerne: Indvendig efterisolering af tung ydervæg, Udvendig efterisolering af tung ydervæg og Hulmursisolering.

Før en løsning vælges, må en kritisk gennemgang afgøre, om de nødvendige forudsætninger er til stede for at nedrive formuren og opbygge en skalmur.

På mur-tag.dk findes en vejledning:

https://www.mur-tag.dk/fileadmin/user_upload/Editor/filer/EUDP-I_Parcel_Materiale/Vejledning_forundersogelser_EUDP_parcel.pdf, som beskriver en systematisk metode til at undersøge, at forudsætningerne er opfyldt. Der gives desuden anbefalinger til at vurdere, om konceptet er egnet set ud fra et konstruktions- og energimæssigt samt økonomisk synspunkt. Vejledningen henvender sig til rådgivere og udførende med en vis teknisk baggrund.

2. Vurdering af udgangspunkt

Et godt overblik kan sikres med termograferinger, der kan vise, om der er tale om isoleret hulmur, uisoleret hulmur, murværk med faste stenbindere eller andre kuldebroer, eller fuld mur.

Bygningstegninger og projektmateriale er en god hjælp, men er ikke altid helt korrekte. Der kan være forskel på murværkskonstruktionerne fra bygning til bygning i en ensartet enfamiliehus bebyggelse.

3. Ydervæggens stabilitet

Udrykning/genanvendelse af formur og etablering af EPS søjler: En rådgiver bør vurdere, om den ombyggede eksisterende ydervægskonstruktion har styrke nok til at optage lodrette og vandrette belastninger, og hvordan murens stabilitet sikres både under og efter renoveringen. Valg af sten og mørteltyper samt tiltag til midlertidig afstivning og tiltag til sikring af murens fremtidige stabilitet fastlægges af en rådgiver.

4. Konstruktion og materialer

Ydervægge og fundament gennemgås for sætningskader og revner. Eventuelle skader vurderes, og afhjælpning fastlægges, så den kan indgå i det samlede arbejde. I den færdige konstruktion skal bagmuren være lufttæt, og formuren være diffusionsåben, så konstruktionen kan fungere fugtmæssigt korrekt. Da formuren i den efterisolerede konstruktion bliver relativt kold og fugtig, skal stenene være frostfaste, så frostsprængninger undgås. Genanvendelse af formur: Inden valg af løsning afklares, om murstenene kan anvendes i den nye velisolerede konstruktion. En formur med ikke-frostfaste og/eller diffusionstætte facadesten kan medføre afskalninger og revner i mursten.

5. Udseende

Ikke alle afhuggede sten kan genanvendes og evt. nye sten skal ligne de oprindelige bedst muligt. Ved opmureringen skal en evt. blanding af nye og gamle sten ske med omtanke. Fuger og sålbænke i den nye formur udføres svarende til det oprindelige murværk, medmindre andet taler herfor. Evt. ikke ændret murværk kan afrenses, så det kommer til at fremstå som det nyopførte murværk i højest mulig grad.

6. Fundament

Afhængigt af isoleringstykkelsen og dermed den ny murs samlede tykkelse kan vælges en konsolløsning med betonbjælker eller teglbjælker eller et nyt sribefundament støbt på stedet. Minipæle med betonbjælker er også en mulighed. Hvis løsningen omfatter bedre isolering og/eller tyndere formur, så murtykkelsen kun øges med 10-20 mm, kan det eksisterende fundament anvendes.

7. Tag

Ændringer i murtykkelsen vil ofte kunne tilpasses eksisterende tagudhæng. For bygninger uden tagudhæng eller uden tagudhæng i gavle, må tagfladen forlænges, og tagrender og nedløbsrør over facader flyttes ud.

8. Vinduer og altandøre

Ved mindre ændringer af ydervæggens tykkelse bliver ændringer af murfals ved vinduer og altandøre beskedne. Ved større ændringer, fx i forbindelse med ny formur, bør vinduer og døre flyttes til formuren med traditionel murfals. Ved smal formur kan fastgørelse med beslag i bagmur være nødvendig. Det bør i forbindelse med renoveringen overvejes, om vinduerne skal udskiftes.

9. Udeluftventiler, elinstallationer, nedløb mv.

Ydervægsventiler til ventilation udskiftes, og belysning mv. flyttes ud til ny formur.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved efterisolering af en tung ydervæg stiller bygningsreglementet krav om at efterisolering gennemføres i det omfang, det er rentabelt, og ikke medfører risiko for fugtskader.

For en typisk tung ydervægskonstruktion vil det normalt betyde, at den samlede isoleringstykkelse af eksisterende og ny isolering skal opfylde kravet til en U-værdi på maksimalt 0,18 W/m²K. Dette svarer fx til ca. 200 mm mineraluldsisolering (kl. 37 mW/mK).

Hvis efterisolering til 200 mm af byggetekniske årsager ikke er rentabel kan der være en efterisoleringsløsning til et lavere niveau, som er rentabelt. Bygningsreglementet stiller så krav om, at det i stedet er dette arbejde, der skal udføres.

Det er kun i tilfælde af at U-værdi-kravet ikke kan opfyldes og der er mindre end 25 mm isolering i forvejen, at der skal foretages en eftervisning af den manglende rentabilitet. I tilfælde af manglende rentabilitet, stilles der krav om, at det efterfølgende undersøges, om en mindre efterisoleringsløsning er rentabel.

En efterisoleringsløsning er rentabel, hvis *Besparelse x Levetid / Investering* > 1,33. I investeringen medtages kun omkostninger til udførelsen af selve isoleringsarbejdet, isoleringsmaterialer og evt. andet snævert følgearbejde. Levetiden for efterisoleringsarbejdet antages altid at være 40 år og den årlige økonomiske besparelse udregnes med udgangspunkt i det eksisterende isoleringsniveau og den aktuelle varmepris.

Bemærk desuden at en udvendig efterisolering på maksimalt 25 cm ikke betragtes som en udvidelse af etagearealet.

Yderligere information

Se udførelsesvejledninger hos isoleringsproducenter.
VIF: VarmelsoleringsForeningens produktoversigt
www.vif-isolering.dk

SBi-anvisninger
224: Fugt i bygninger
www.sbi.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade:
(21) 98 05 25: Revner i skalmure og formure fra temperatur- og fugtbevægelser
www.byg-erfa.dk

Mur- og tagdetaljer (KT93)
<http://www.mucdesign.dk/murtag/>

Vejledning i forundersøgelser, projekteringsanvisning, case-beskrivelse m.m.: https://www.mur-tag.dk/fileadmin/user_upload/Editor/filer/EUDP-I_Parcel_Materiale/Vejledning_forundersoegelser_EUDP_parcel.pdf

Energiløsninger, enfamiliehuse:
Indvendig efterisolering af tung ydervæg, Udvendig efterisolering af tung ydervæg, Hulmursisolering

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.
Eller gå ind på hjemmesiden:
www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.



GULV, SOKKEL/ FUNDAMENT OG KÆLDER

Efterisolering af gulv, sokkel/fundament, terrændæk, kælder og krybekælder giver energibesparelser og et bedre indeklima med mindre fodkulde.

Vær dog opmærksom på, at særligt indvendig efterisolering af kælder-væg og efterisolering af gulv over krybekælder kan være følsomt i forhold til fugt.

Se besparelspotentialet, og hvordan arbejdet udføres korrekt på de næste sider.



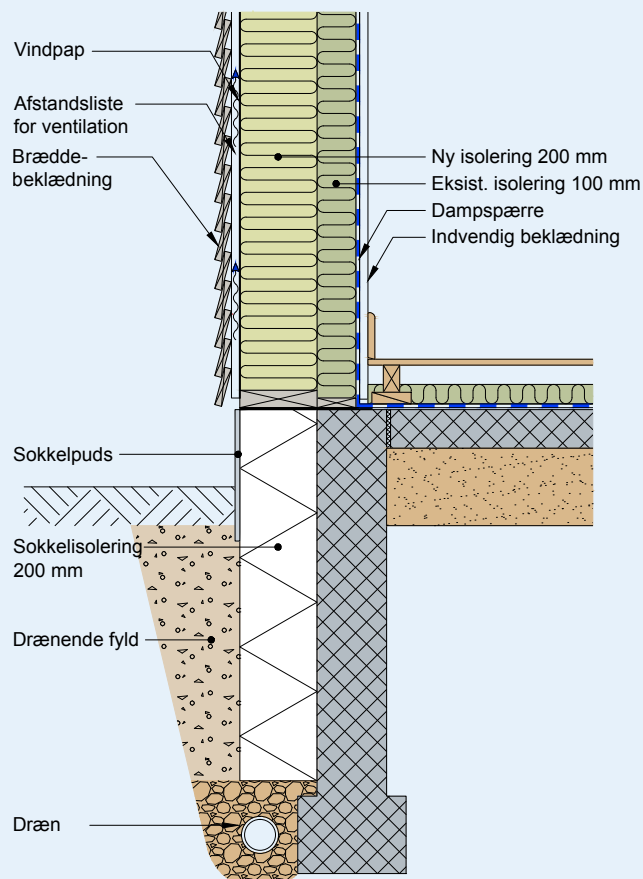
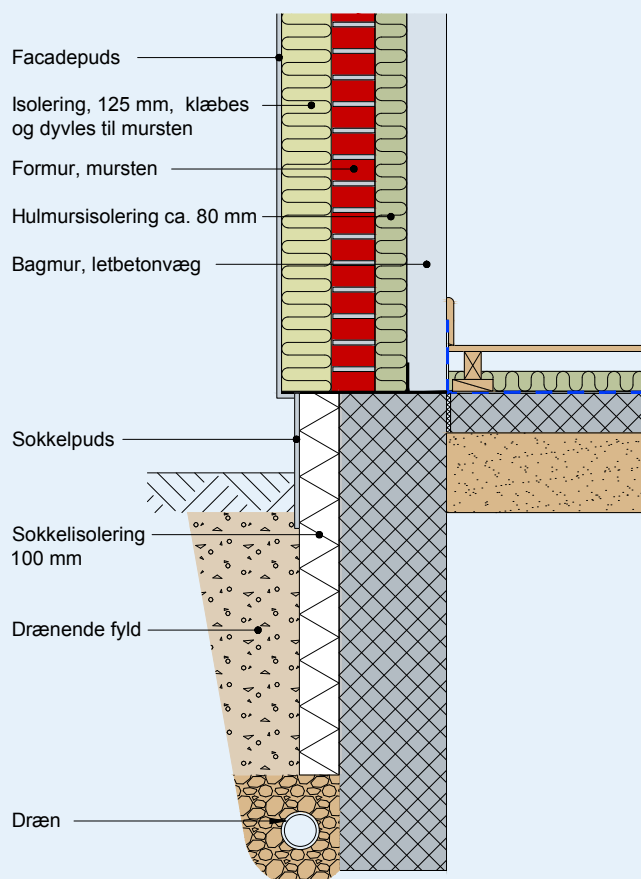
Efterisolering af sokkel

Ikke isolerede eller kun ringe isolerende sokler bør overvejes efterisoleret. Efterisolering af sokkel kan udføres som et selvstændigt energirenoveringstiltag eller samtidig med en udvendig efterisolering af ydervæggen.

Ved samtidig efterisolering af både sokkel og ydervæg opnås et tillæg til energibesparelsen, idet linjetabet i samlingen mellem sokkel og ydervæg minimeres. Efterisoleringen bør følge nedenstående anbefaling.

Fordele

- Mindre varmetab gennem sokkel og ydervægge
- Bedre økonomi pga. lavere varmeregning
- Varmere gulvoverflader langs ydervægge
- Øget komfort og bedre indeklima
- Forbedrer fugtforholdene indvendigt i samlingen mellem ydervæg og gulv
- Lavere CO₂-udledning
- Udvendig efterisolering af sokkel forøger husets værdi



Energibesparelse

Energibesparelse ved efterisolering af sokkel

Konstruktion sokkel/fundament	Terrændæk: Linoleum/vinyl på beton, med ca. 20 cm letklinker under betonplade. U-værdi ca. 0,44 W/m ² K						
	Hulmursisoleret tung ydervæg		Efterisoleret tung ydervæg		Efterisoleret let ydervæg		
	Ny isoleringstykkelse på sokkel i mm						
	100	200	100	200	100	200	
	Energibesparelse i kWh/løbende m pr. år						
Massiv beton uden isolering	20	21	35	38	42	46	
Massiv beton med 15 mm kuldebroydelse	11	12	22	24	27	29	
Letklinkerblokke øverste 40 cm	5	6	11	12	12	14	
Letklinkerblokke øverste 40 cm, med midterisolering	4	4	8	9			
Konstruktion sokkel/fundament	Terrændæk: Trægulv med strøer på beton, med ca. 50 mm isolering + 15 cm letklinker. U-værdi ca. 0,20 W/m ² K						
	Massiv beton uden isolering	7	7	15	16	11	12
	Massiv beton med 15 mm kuldebroydelse	5	6	12	13	8	9
	Letklinkerblokke øverste 40 cm	3	3	7	8	5	7
	Letklinkerblokke øverste 40 cm, med midterisolering	2	3	5	6		

Tillæg til energibesparelse ved samtidig isolering af sokkel og udvendig isolering af ydervæg

Tung ydervæg Eksisterende forhold	Ny isoleringstykkelse på sokkel i mm	
	200 mm isolering + sokkelisolering	300 mm isolering + sokkelisolering
	Energibesparelse i kWh/løbende m pr. år	
200 mm letbeton (porebeton/letklinkerbeton)	32	32
240 mm letbeton (porebeton/letklinkerbeton)	32	32
Tung ydervæg Eksisterende forhold	125 mm isolering + sokkelisolering	225 mm isolering + sokkelisolering
Formur: Mursten Hulmur: 75-80 mm isolering Bagmur: Mursten	30	32
Formur: Mursten Hulmur: 75-80 mm isolering Bagmur: Letbeton (pore/letklinkerbeton)	30	32
Let ydervæg Eksisterende isoleringstykkelse	300 mm isolering + sokkelisolering	400 mm isolering + sokkelisolering
0 mm	0	0
75 mm	24	24
100 mm	24	24
125 mm	24	24
150 mm	21	24

Forudsætning

Efterisoleringen udføres med et til konstruktionen egnet isoleringsmateriale med en lambda-værdi på 37-38 mW/m K.

Eksempel på energibesparelse

Forudsætninger	Et hulmurisoleret enfamiliehus får efterisoleret soklen med 100 mm i forbindelse med, at ydervæggen efterisoleres udvendigt med 125 mm. Huset har for- og bagmur af mursten, sokkel/fundament er af massiv beton, og terrændækket består af trægulv med strøer på beton med ca. 50 mm isolering. Husets omkreds er 50 meter. Naturgaspris: 13,80 kr. pr. m ³ . Gaskedlen er ny og kondenserende.	
Årlig energibesparelse kWh pr. m	Isolering af sokkel:	15 kWh/m
	Tillæg for samtidig isolering af sokkel og ydervæg udvendigt	30 kWh/m
	I alt	45 kWh/m
Årlig energibesparelse kWh	45 kWh/m x 50 m = 2.250 kWh	
Årlig energibesparelse m³	2.250 kWh / 11 kWh/ m ³ = 205 m ³	
Økonomisk besparelse år 1, kr.	13,80 kr./m ³ x 205 m ³ = 2.829 kr	
Årlig CO₂-besparelse kg	0,205 kg/kWh x 2.250 kWh = 461 kg / 0,4 ton	

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.

(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Udførelse

Soklen/fundamentet graves fri til minimum 600 mm under terræn - dog aldrig dybere end til fundamentets underkant. Soklen/fundamentet rengøres. Hvis sokkel/fundament er for ujævn til, at isoleringen kan slutte tæt til soklen/fundamentet, berappes den, inden isoleringen monteres.

Langs eksisterende sokkel/fundament efterisoleres med isolering i mindst 600 mm dybde under terræn og med en tykkelse tilpasset evt. ny efterisolering af ydervæggen.

Hvis kun soklen efterisoleres, vil isoleringen stikke frem i forhold til ydervæggen. Isoleringen afsluttes derfor med et zinkprofil eller lignende i toppen for at sikre mod vandindtrængen og beskadigelse af isoleringen.

I forbindelse med efterisolering af ydervæg isoleres sokkel/fundament bedst muligt, dvs. så den udvendige facadeisolering stikker en smule ud over sokkel/fundamentisoleringen.

Den del af isoleringen, der stikker over jorden, beklædes eller pudses, så det kan modstå fysiske belastninger. Beklædningen/pudsningen føres et stykke under jordoverfladen.

Det er vigtigt, at isoleringen er diffusionsåben, dvs. drænende og ikke vandsugende.

Der foretages efterfyldning med drænende materialer, fx grus, op mod isoleringen. Ren lerjord bør ikke anvendes direkte mod isoleringen, da overfladevandet derved kan blive standset og ikke komme ned til omfangsdrænet.

Der anvendes et efterisoleringssystem med tilstrækkelig stivhed til at optage jordtrykket og de mekaniske påvirkninger over terræn. Isoleringen fastholdes med dyvler og/eller klæbes fast.

Såfremt der anvendes et isoleringsprodukt specielt udviklet til efterisolering og pudsning af sokkel, udføres arbejdet efter isoleringsproducentens montagevejledning.

Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Sokkel/fundament	Er der nyere sætningsskader eller revnedannelser?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 1
Planhed af sokkel/fundament	Er sokkel/fundament plan nok til, at isoleringen kan slutte helt tæt til sokkel/fundament?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 2
Eksisterende omgangsdræn	Er der et eksisterende dræn, og virker det i så fald efter hensigten?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 3
Tagedløbsrør og brønde	Er der tagedløbsrør og brønde tæt ved sokkel/fundament?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 4

1. Eksisterende sokkel/fundament

Hvis der er nyere revnedannelser eller sætningsskader, tilkaldes særlig fagkyndig eller forsikringselskab. Ældre skader udbedres, inden efterisoleringen udføres.

2. Planhed af sokkel/fundament

Hvis der ikke er tilstrækkelig planhed for tæt montering af isolering, skal soklen/fundamentet berappes.

3. Eksisterende omgangsdræn

Hvis der ikke er noget dræn, bør der udføres omfangsdræn i forbindelse med efterisoleringen af sokkel/fundament. Hvis det eksisterende dræn ikke virker efter hensigten, bør det bringes i orden.

4. Tagedløbsrør og brønde

Nedløbsbrønde skal flyttes ud til en passende afstand, og placering i forhold til ydervægskonstruktionen og nedløbsrør skal ligeledes tilpasses den nye konstruktion.

Indeklima

Når soklen efterisoleres, reduceres varmetabet fra gulvet gennem soklen, og der bliver mindre fodkoldt.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved efterisolering af en sokkel og samtidig efterisolering af ydervæggen stiller bygningsreglementet krav, hvis efterisoleringsløsningen er rentabel og ikke medfører risiko for fugtskader.

Den samlede efterisoleringsløsning af soklen og ydervæggen skal medføre at linjetabet (kuldebroen) i samlingen mellem fundament, ydervæg og terrændæk skal være mindre end 0,12 W/mK.

Hvis efterisoleringsløsningen der opfylder linjetabskravet af byggetekniske årsager ikke er rentabel kan der være en efterisoleringsløsning til et lavere niveau, som er rentabel. Bygningsreglementet stiller så krav om, at det i stedet er dette arbejde, der skal udføres. Det er kun i tilfælde af at linjetabskravet ikke kan opfyldes, at der skal foretages en eftervisning af den manglende rentabilitet. I tilfælde af manglende rentabilitet, stilles der krav om, at det efterfølgende undersøges, om en mindre efterisoleringsløsning er rentabel.

En efterisoleringsløsning er rentabel, hvis $Besparelse \times Levetid / Investering > 1,33$. I investeringen medtages kun omkostninger til udførelsen af selve isoleringsarbejdet, isoleringsmaterialer og evt. flytning af installationer og evt. andet følgearbejde. Levetiden for efterisoleringsarbejdet antages altid at være 40 år og den årlige økonomiske besparelse udregnes med udgangspunkt i det eksisterende isoleringsniveau og den aktuelle varmepriis.

Ved efterisolering af en sokkel uden samtidig efterisolering af ydervæggen, fx i forbindelse med nedlægning af et omfangsdræn, stiller bygningsreglementet ikke krav.

Yderligere information

Se udførelsesvejledninger hos isoleringsproducenter.

VIF: VarmeisoleringsForeningens produktoversigt:
www.vif-isolering.dk

SBi-anvisninger:

224: Fugt i bygninger

239: Efterisolering af småhuse - energibesparelser og planlægning

240: Efterisolering af småhuse - byggetekniske løsninger

www.build.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade:

(19) 15 11 14 Kældervægge og -gulve - fugtsikring og varmeisolering

(50) 11 02 25 Omfangsdræn - ved enfamiliehuse og småhuse

(99) 15 01 02 Radonsikring - nye bygninger

(13) 14 12 10 Radonsug - i eksisterende enfamiliehuse

(13) 97 04 24 Varmetab fra og fugtskader i ældre huse med terrændæk

www.byg-erfa.dk

Bygningsreglementet

www.bygningsreglementet.dk

Danske Standarder:

DS 436 Norm for dræning af bygværker mv

Se filmen: Efterisolering af sokkel og kældervæg på

www.ByggeriOgEnergi.dk

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:

www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

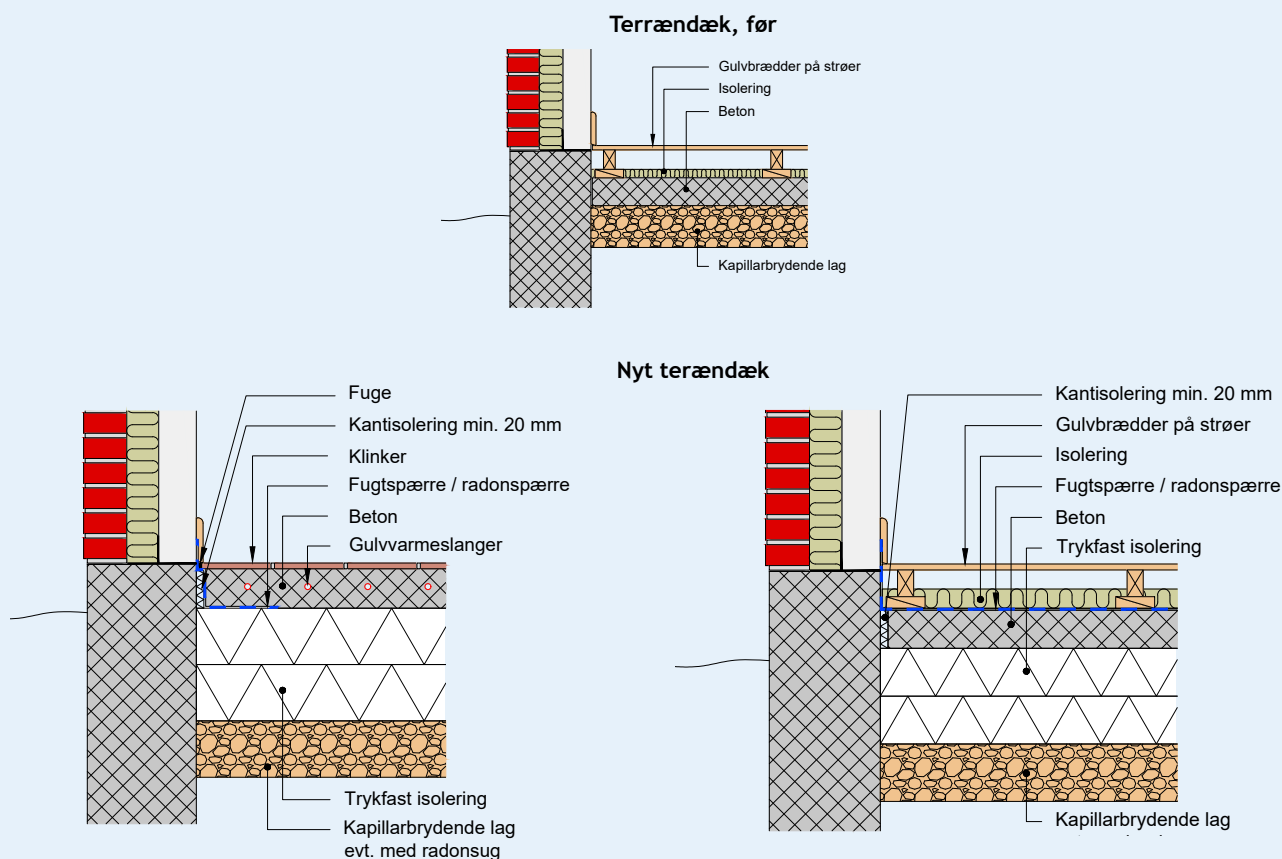
VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Efterisolering af terrændæk ved opbygning af nyt terrændæk

Terrændæk i småhuse opført frem til 1979 er relativt dårligt isolerede. Især i huse opført før 1972 er varmeisoleringsen ringe og giver anledning til et væsentligt varmetab og fodkulde. Hertil kommer, at fugt i konstruktionen kan give problemer med gulvbelægningen og bidrage til skimmelvækst. Endelig kan et ældre terrændæk med revner i betonen under gulvet give anledning til et uacceptabelt højt radonniveau i bygningen.

Et veldrænet terrændæk uden fugtproblemer og med fx 25 mm isolering kan efterisoleres ovenfra, så den samlede isoleringstykkelse bliver 75 mm. Det forudsætter en grundig undersøgelse af fugtstrømme og varmemstrømme i konstruktionen. Dette sikrer dog ikke tilstrækkelig energieffektivitet og muligheden indgår ikke i denne energiløsning.

Denne energiløsning "Efterisolering af terrændæk ved opbygning af nyt terrændæk" anbefales til løsning af ovenstående problemer og i forbindelse med ombygning af terrændæk ved etablering af gulvvarme.



Fordele

- Mindre varmetab gennem gulvet
- Lavere varmeregning
- Lavere CO₂-udledning
- Bedre indeklima
- Ændringen øger bygningens værdi
- Effektiv radonsikring
- Fjerner risikoen for opfugtning og skimmelvækst i konstruktionen
- Kan kombineres med etablering af gulvvarme

Indeklima

Den ny konstruktion giver et varmere gulv og mindsker fodkulde, ligesom vækstbetingelser for skimmelsvamp fjernes. Endelig kan en effektiv radonsikring indgå i løsningen.

Energibesparelse

Eksisterende terrændæk	Nyt terrændæk 200 mm isolering U = 0,15 W/m ² K		Nyt terrændæk 300 mm isolering U = 0,10 W/m ² K	
	Uden gulvvarme	Med gulvvarme	Uden gulvvarme	Med gulvvarme
Trægulv på strøer, isolering over eller under beton. Drænlag af grus eller sten.	Energibesparelse i kWh/m ² pr. år			
0 mm isolering	30	17	35	21
30 mm isolering	20	10	25	15
50 mm isolering	15	6	20	11
75 mm isolering	12	4	16	9
Trægulv på strøer, isolering og drænlag af letklinker	Energibesparelse i kWh/m ² pr. år			
150 mm letklinker	12	4	17	9
200 mm letklinker	9	2	13	7
250 mm letklinker	6	0	11	5

Forudsætning

Efterisoleringen udføres med et til konstruktionen egnet isoleringsmateriale med en lambdaværdi på højst 38 mW/m K (se ovenfor under anbefalet isoleringstykkelse).

Hvis drænlaget i det ny terrændæk består af 150 mm egnede letklinker, kan isoleringstykkelsen reduceres med ca. 50 mm.

Eksempel på energibesparelse

Forudsætninger	120 m ² terrændæk med trægulv på strøer og 50 mm isolering erstattes af nyt terrændæk med 250 mm isolering og 150 mm drænlag af letklinker, svarende til i alt 300 mm isolering. Terrændækket udføres med gulvvarme overalt. Naturgaspris: 13,80 kr. pr. m ³ . Gaskedlen er ny og kondenserende.	
Årlig energibesparelse kWh/m ²		11 kWh/m ²
Årlig energibesparelse kWh	11 kWh/m ² x 120 m ² =	1.320 kWh
Årlig energibesparelse m ³	1.320 kWh / 11 kWh =	120 m ³
Økonomisk besparelse år 1, kr.	13,80 kr./m ³ x 120 m ³ =	1.656 kr.
Årlig CO ₂ -besparelse kg	0,205 kg/kWh x 1.320 kWh =	271 kg / 0,2 ton

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Udførelse

Se altid leverandørernes seneste anvisninger.

Alle installationer ført i det eksisterende terrændæk til el, varme og vand afbrydes.

Terrændækket inkl. gulvbelægning, beton og isolering samt drænlag fjernes. Der graves ud til det nye terrændæk, som har en samlet tykkelse på i alt ca. 60-65 cm: 15 cm drænlag, 30 cm isolering, 8-10 cm beton samt gulvbelægning. Der graves ikke dybere end fundament.

Varmerør, vandrør, afløb, el-ledninger mv. fjernes, omlægges eller fornyes som led i udførelsen.

Fundament gennemgås og evt. sætningsrevner mv. repareres. Hvis der ikke findes en vandret fugtspærre, kan fremtidige fugtgener hindres ved indlægning af vandret fugtspærre nederst i væggen.

Evt. understøtninger af indervægge gennemgås og udbedres. Om nødvendigt etableres vandret fugtspærre.

Nye afløb og rør mv. etableres som led i processen nedenfor.

Terrændæk med støbt betondæk (velafprøvet løsning)

Der etableres et drænlag - dvs. et kapillarbrydende lag af nøddesten, ral, singels eller coatede løse letklinker (kornstørrelse 10-20 mm). Drænlaget skal være min. 150 mm tykt og helt plant. Drænlaget og det varmeisolerende lag kan kombineres, hvis materialet har de nødvendige varmeisolerende egenskaber (nogle typer letklinker).

Om nødvendigt forberedes etablering af radonsug til radonsikring i forbindelse med drænlaget. Se nedenfor under radon.

Der udlægges trykfast isolering (mineraluld eller egnede celleplastplader) på det afrettede drænlag, som underlag for betonpladen. Isoleringen udlægges i mindst to lag med forskudte samlinger. Afhængigt af gulvkonstruktionen kan en mindre del af isoleringen placeres over betonpladen. Varmetabet gennem fundamentet kan reduceres yderligere med en udvendig isolering af fundamentet (se energiløsning).

Indvendigt langs fundamentet etableres en kuldebro-

Udførelse (fortsat)

afbrydelse med min. 20 mm trykfast isolering. Der-efter støbes en 100 mm tyk betonplade (C20/25 eller bedre) med svindarmering. Oversiden af betonpladen skal være min. 50 mm over terræn. Fugt-niveauet må max. være 85 % RF målt i midten af betontværsnittet, når membran og gulv udlægges. Udtørringstiden kan reduceres med "selvudtørrende beton" (vand/cement tal $\leq 0,4$). Det giver samtidig en øget betonstyrke, så betonpladens tykkelse kan reduceres til 80 mm.

Hvis terrændækket skal afsluttes med trægulv udlægges en fugt- og radonspærre, der dækker hele betonfladen og klæbes til ydervægge og indervægge (fx 0,2 - 0,3 mm polyethylenfolie med klæbede overlæg på min. 100 mm). Membranen skal være helt tæt også ved evt. installationsgennemføringer, hvor der fx kan anvendes radonsikre rørmanchetter.

Der må ikke være revner ved overgangen mellem terrændækket (den vandrette del) og fundamentet/ ydervæggen (den lodrette del). Det er vigtigt, at fugt- og radonspærren, også ved en strøgulvs-løsning, lukker tæt over kantisoleringen mellem sokkelunderside og betondæk. Hvor muligt anvendes en klæbet løsning, da der kan være risiko for fugeslip.

Endelig etableres gulv - svømmende trægulv, trægulv på strøer eller klinker. Ved klinker kan fugtmembranen udelades under en støbt betonplade, men der skal være en effektiv fugt- og radonmembran mod fundament og understøttede indervægge.

Ved gulvvarme kan indstøbes gulvvarmeslanger i betonen - alternativt udlægges et let gulvvarmesystem på membranen. Ved gulvbelægning med fliser eller klinker anbefales indstøbte gulvvarmeslanger. Gulvbelægnings af træ skal udlægges efter producentens anvisninger og skal være egnede til gulvvarme.

Membran og evt. gulvvarme udlagt på konstruktionen samt gulvbelægning etableres som beskrevet ovenfor.

Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Terrændæk	Er alternative løsninger og alle følgearbejder vurderet?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 1
Fugtforhold	Har terrændæk og ydervægge tegn på fugt eller angreb af skimmelsvamp?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 2
Radon	Er radonproblematikken vurderet?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 3
Installationer	Er der installationer i terrændækket?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 4
Gulvvarme	Ønsker bygherren gulvvarme?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 5

1. Fra gammelt til nyt terrændæk

Terrændækket kortlægges. En løsning vælges, og arbejdet planlægges ud fra konstruktioner og installationsføringer. Herunder valg af traditionel eller "tør" løsning mht. tid for udtørring af byggefugt samt evt. gulvvarmekonstruktion og ændringer i boligen fx af køkken eller baderum. Konsekvenser for brug af boligen, adgang og afdækning mv. afklares med bygherre.

2. Fugtforhold

Fugtforhold vurderes, herunder terrænets højde og hældning i forhold til det ny terrændæk. Hvis der er tegn på fugt i ydervæggen, kan efterisolering øge problemet.

Ved tydelige tegn på opstigende grundfugt fra fundament til ydervægge eller fra understøtninger til inder-vægge afklares årsagen. Løsningen kan være at etablere en vandret fugtspærre evt. kombineret med et effektivt omfangsdræn. Eventuelle skimmelsvampeangreb, der ikke fjernes med krybekælderdekke, afrensnes.

3. Radon

Radon er en radioaktiv luftart der trænger ind i boligen fra jorden gennem revner i konstruktioner. En måling af radon i indeluften tager 2-3 måneder. En måling på 1-2 uger i fyringssæsonen kan dog give et fingerpeg om problemets størrelse. Koncentrationen af radon i boligen bør være lavere end 100 Bq/m³. Derfor skal der etableres en lufttæt radonmembran i terrændækket. Den kan oftest etableres sammen med den diffusionstætte fugtsikring. I de fleste tilfælde er en korrekt udført radonmembran tilstrækkeligt. I alvorligere tilfælde hvor målinger viser over 200 Bq/m³ kan problemet løses ved at etablere radonsug i terrændækkets drænlag.

Et passivt radonsug består af sugbrønde, fx perforerede plastbeholdere, med aftræksrør ført fra drænlaget til afkast over tag. Hvis drænlaget er opdelt i afsnit, etableres en sugbrønd for hvert afsnit. Sugene samles i ét rør. Radonsug er mest effektive, når aftræksrøret forsynes med en ventilator ("aktivt radonsug"). Hvis aftrækket føres ud gennem ydervæggen ved fundamentet, skal det forsynes med en ventilator.

Ved etablering af terrændækket kan sugbrønde indbygges, så radonsug er forberedt. Aftræk/ventilator kan så påkøbes, hvis målinger viser behov for det.

4. Installationer

Varmerør, vandrør, afløbsledninger, el-ledninger mv. skal omlægges eller fornyes, hvis de skal indgå i terrændækket. Kontakt et VVS-firma og læg plan for installationsarbejdet. Installationer og rør skal isoleres efter DS 452. Fremføringsrør til gulvvarme skal isoleres uden for det rum, hvor der er gulvvarme.

5. Gulvvarme

Et velisoleret terrændæk giver mulighed for gulvvarme. Hvis der skal etableres et terrændæk med gulvvarme i hele bygningen, skal det sikres, at gulvvarmen er korrekt dimensioneret og efterfølgende vil kunne dække varmebehovet i kolde perioder. Det forudsætter typisk, at resten af bygningen er velisoleret. Valg og dimensionering af anlæg bør ske i samarbejde med rådgiver.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Der er tale om udskiftning af en bygningsdel. Den nye bygningsdel skal opfylde krav til varmeisolering, udtrykt ved krav til U-værdi og linjetab. Kravet skal opfyldes uanset rentabilitet. Der skal dog kun efterisoleres til det niveau, som er byggeteknisk forsvarligt. Det vil sige at udgravningen normalt ikke må være dybere end fundamentet.

Det nye terrændæk skal opfylde U-værdi-kravet på 0,10 W/m²K svarende til en isoleringstykkelse på ca. 300 mm mineraluld eller 250 mm mineraluld og 200 mm letklinker.

Terrændækkets samlede tykkelse kan reduceres ved brug af egnet isoleringsmateriale med lavere lambda-værdi, se www.byggerienergi.dk/media/1697/fra-lambda-værdi-til-isoleringstykkelse.pdf

En indvendig kantisoleringstykkelse mellem terrændækspladen og ydervæggen på ca. 20-30 mm vil reducere linjetabet betydeligt. Hvis linjetabskravet på 0,12 W/mK ikke kan opfyldes ved 20-30 mm kantisolering vil det kræve yderligere tiltag i samlingen, som ikke er byggeteknisk forsvarligt.

Yderligere information

VIF: VarmeisoleringsForeningens Produktoversigt
www.vif-isolering.dk

SBi-anvisninger

Sbi-anvisning 247: Radonsikring af eksisterende bygninger

Sbi-anvisning 267: Småhuse - Klimaskærmen, 2016

www.build.dk

BYG-ERFA erfaringsblade:

(13) 14 12 12 Opfugtet betonplade i terrændæk

(13) 98 12 01 Kapillarbrydende lag i terrændæk

(19) 11 12 28 Terrændæk i ældre bygninger - fugtopstigning i ydermure efter reovering.

www.byg-erfa.dk

Bygningsreglementet

www.bygningsreglementet.dk

Kontakt Videncenter

for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:

www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.



Efterisolering af kældergulv

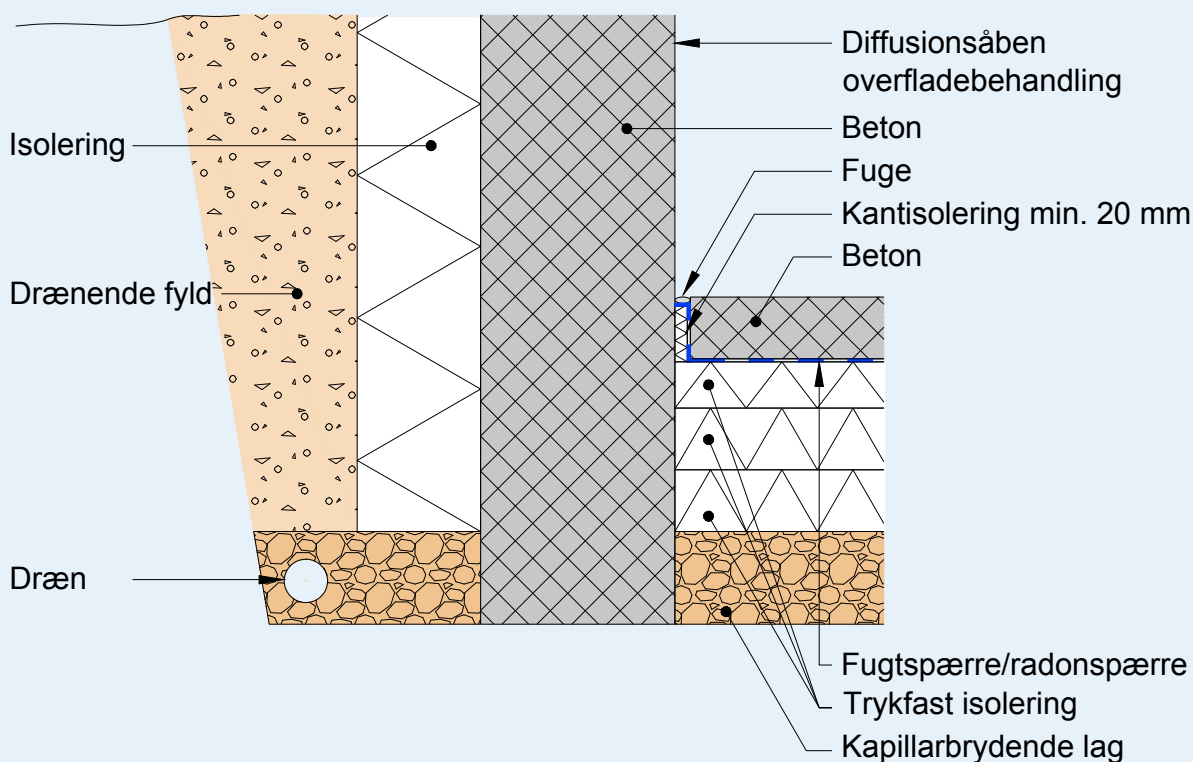
Et kældergulv, som er isoleret med mindre end 100 mm, bør efterisoleres, hvis gulvet alligevel skal brydes op fx i forbindelse med vand i kælderen, ny kloak eller lignende.

Det bør ske til nedenstående minimumsanbefaling eller til et mere fremtidssikret lavenerginiveau. Efterisolering til lavenerginiveau giver den bedste økonomi på lang sigt.

Efterisolering af kældergulvet bør kombineres med en udvendig efterisolering af kældervæg - se Videncentrets Energiøsning om dette. Efterisolering af kældergulv bør udføres først.

Fordele

- Mindre varmetab gennem kældergulvet
- Bedre økonomi pga. lavere varmeregning
- Varmere overflader og dermed mindre træk
- Øget komfort og bedre indeklima
- Lavere CO₂-udledning
- Nyt kældergulv forøger husets værdi
- Færre fugtproblemer i kælderen



Energibesparelse

Eksisterende gulve	Kældergulv	
	275 mm isolering 0,10 U = W/m ² K	375 mm isolering U = 0,08 W/m ² K
	Energibesparelse i kWh/m ² pr. år	
Uisoleret	33	36
50 mm isolering	15	18
100 mm isolering	8	11

Forudsætning

Efterisoleringen udføres med et til konstruktionen egnet isoleringsmateriale med en lambda-værdi på 37-38 mW/m K.

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Eksempel på energibesparelse

Forudsætninger	I en bungalow med et kælderareal på 80 m ² ønsker husejeren at få 2,30 m i loftshøjde og dermed en bedre udnyttelse af kælderen. Det eksisterende kældergulv brydes op, og der graves ud, så der er plads til 150 mm kapillarbrydende lag, 275 mm isolering og 100 mm betonplade med indlagt gulvvarme. Der var ingen isolering i det eksisterende kældergulv.	
	Naturgaspris: 13,80 kr. pr. m ³ . Gaskedlen er ny og kondenserende.	
Årlig energibesparelse kWh/m ²		33 kWh/m ²
Årlig energibesparelse kWh	33 kWh/m ² x 80 m ² =	2.640 kWh
Årlig energibesparelse m ³	2.640 kWh/11 kWh/m ³ =	240 m ³
Økonomisk besparelse år 1, kr.	13,80 kr./m ³ x 240 m ³ =	3.312 kr.
Årlig CO ₂ -besparelse kg	0,205 kg/kWh x 2.640 kWh =	541 kg / 0,5 ton

Udførelse

De anbefalede isoleringstykkelser kan kun opnås ved at bryde det eksisterende kældergulv op.

Ved at udskifte kældergulvet opnår man ikke kun, at varmetabet nedsættes; eventuelle problemer med fugt i kældergulvene kan sandsynligvis også afhjælpes.

Alle installationer i det eksisterende kældergulv, som fx kloak eller stikledning til el eller vand afinstalleres.

Inden opbrydningsarbejdet påbegyndes, udføres en lufttæt afdækning (plastfolie e.l.) for alle døre og åbninger til kælderrum, der ikke skal renoveres.

Det eksisterende kældergulv brydes op, og der udgraves, indtil den ønskede isoleringstykkelse kan opnås.

Hvis fundamentet ikke når langt nok ned, understøbes dette i små stykker i takt med, at der graves ud til kældergulvet. Det gælder både under kældervæggene og de indvendige skillevægge mod de resterende kælderrum. Dette arbejde bør ikke udføres uden forudgående kontakt med en rådgivende ingeniør.

Ny kloak, stikledninger til el og vand mm. etableres i udgravningen.

For at hindre optrængende jordfugt bør der udføres et kapillarbrydende lag på min. 150 mm. Det kan være i form af letklinker eller sten med min. korntørrelse på 4 mm. Underlaget skal være stabilt (vibreret), så sætningsskader undgås.

Isoleringen udlægges i mindst 2 lag med forskudte samlinger. Inden betonpladen støbes, skal der langs fundamentet udføres en kantisolering på mindst 20 mm. Denne mindsker kuldebroen fra fundamentet.

Den færdige gulvbelægning bør være et klinkegulv eller en anden uorganisk belægning. Der bør udlægges radonsikring under betonpladen. Denne føres langs kantisoleringen og afsluttes med en elastisk fuge langs væg.

Skal der indstøbes gulvvarmerør i betonpladen, udføres dette efter producentens montagevejledning.

Den støbte betonplade udføres med svindarmering, fx Ø 5 mm rundstål pr. 150 mm i begge retninger. For at reducere udtørningstiden anbefales det at anvende "selvudtørrende beton" (vand/cement tal $\leq 0,4$).

Der skal udvises stor omhyggelighed ved tætning omkring gennemføring i radonspærren.

Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Opstigende grundfugt	Har den eksisterende gulvkonstruktion tegn på opstigende grundfugt?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 1
Adgangsforhold	Er der direkte og uhindret adgang til kælderrummet, der skal renoveres?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 2
Gulvvarme	Ønsker ejeren, at det nye kældergulv udføres med gulvvarme?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 3

1. Opstigende grundfugt

Hvis der er problemer med opstigende grundfugt, skal årsagen afklares. Hvis ikke det kapillarbrydende lag under det nye gulv løser problemet, kan et omfangsdræn være løsningen. Se Videncentrets Energiløsning: "Efterisolering af kældervægge". Omfangsdrænet bør udføres efter det nye kældergulv.

2. Adgangsforhold

Det skal aftales med ejeren, hvilken adgangsvej der skal anvendes under arbejdet.

3. Gulvvarme

Hvis det er et ønske, at der etableres et kældergulv med gulvvarme, bør kældervæggene også efterisoleres udvendigt. Se Videncentrets energiløsning "Udvendig efterisolering af kældervægge". Gulvvarme i kældergulvet kan med fordel kombineres med solvarme, så kælderen holdes tør om sommeren. Se Videncentrets Energiløsning: "Solvarme til varmt brugsvand og opvarmning".

Indeklima

Når kældergulvet efterisoleres, bliver varmetabet gennem gulvet mindre, og der bliver mindre fodkoldt. Gulvets højere overfladetemperatur vil også nedsætte risikoen for problemer med sommerkondens.

Sommerkondens er, hvis overfladerne på kældergulve og -vægge i sommerperioden bliver så kolde, at der opstår kondens, når den varme sommerluft møder de kolde vægge og gulve og dermed bliver afkølet til under dugpunktet.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Der er tale om udskiftning af en bygningsdel. Den nye bygningsdel skal opfylde krav til varmeisolering, udtrykt ved krav til U-værdi og linjetab. Kravet skal opfyldes uanset rentabilitet. Der skal dog kun efterisoleres til det niveau, som er byggeteknisk forsvarligt. Det vil sige at udgravningen normalt ikke må være dybere end fundamentet.

Det nye kældergulv skal opfylde U-værdi-kravet på $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ svarende til en isoleringstykkelse på ca. 275 mm mineraluld eller 225 mm mineraluld og 200 mm letklinker.

En indvendig kantisoleringsstykkelse mellem kældergulvet (betonpladen) og ydervæggen på ca. 20-30 mm vil reducere linjetabet betydeligt. Hvis linjetabskravet på $0,12 \text{ W/mK}$ ikke kan opfyldes ved 20-30 mm kantisolerings vil det kræve yderligere tiltag i samlingen, som ikke er byggeteknisk forsvarligt.

Yderligere information

VIF: VarmeisoleringsForeningens Produktoversigt
www.vif-isolering.dk

SBi-anvisninger:

239: Efterisolering af småhuse - energibesparelser og planlægning

240: Efterisolering af småhuse - byggetekniske

224: Fugt i bygninger

233: Radonsikring af nye bygninger

www.build.dk

BYG-ERFA erfaringsblade:

(13) 04 08 03 Terrændæk - kuldebroer ved indervægge og rørgennemføringer

(13) 14 12 10 Radonsug - i eksisterende enfamiliehuse

(19) 15 11 14 Kældervægge og -gulve - fugtsikring og varmeisolering

(99) 15 01 02 Radonsikring - nye bygninger

(13) 98 12 01 Kapillarbrydende lag i terrændæk

www.byg-erfa.dk

Bygningsreglementet

www.Bygningsreglementet.dk

Kontakt Videncenter

for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:

www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Dæk over krybekælder ændres til nyt terrændæk

Krybekælderdek er især anvendt i småhuse frem til 1960, men findes også i nyere byggeri. Konstruktionen i ældre bygninger har typisk ringe varmeisolering, giver anledning til træk og fodkulde og kan afhængigt af fugtforholdene i krybekælderen være grobund for skimmelsvamp.

Højden i en kold ventileret krybekælder kan være mellem 20 og 180 cm, men ligger ofte på mellem 30 og 50 cm. Krybekælderen i nyere byggerier kan være udført med membran eller betonklaplag i bunden.

Hvis gulvet/dækket over en krybekælder ønskes efterisoleret, er den bedste løsning at nedlægge krybekælderen og i stedet etablere et velisoleret terrændæk, evt. med gulvvarme.

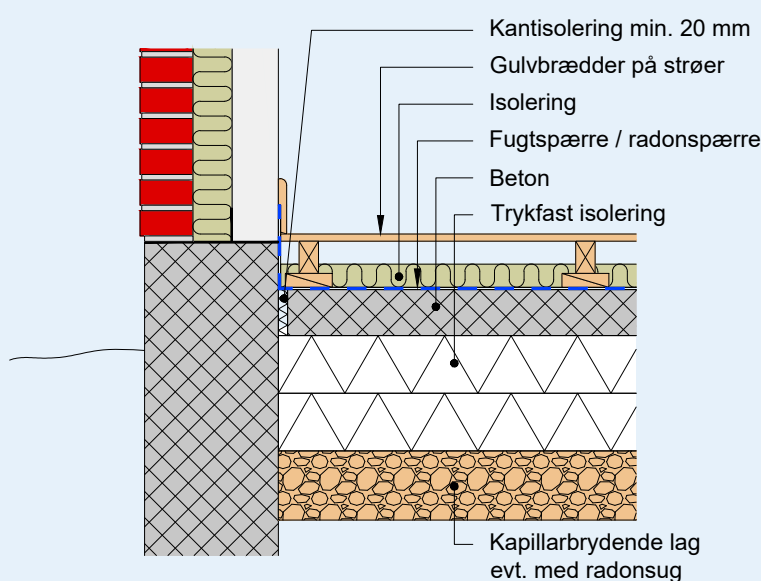
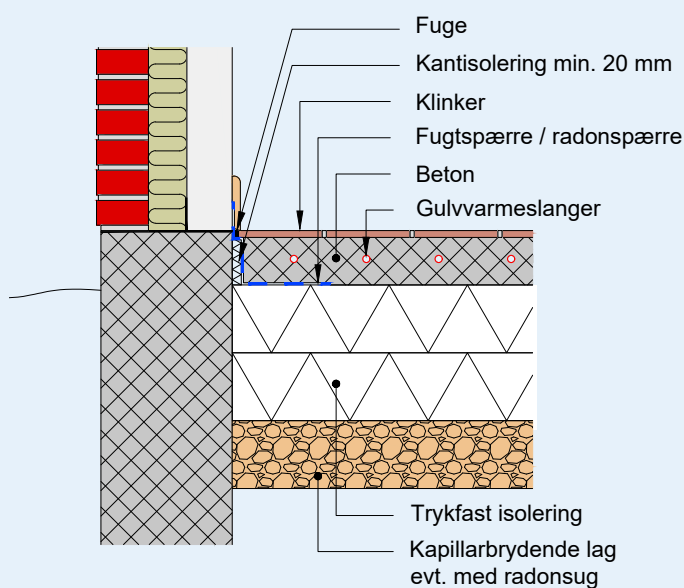
Udgangspunktet for denne anbefaling er erfaringer, der viser, at risikoen for skimmelvækst i krybekælderen kan øges væsentligt, når dækket efterisoleres:

Isoleringen reducerer varmetilførslen til krybekælderen, de lavere temperaturer øger luftfugtigheden i krybekælderen, og risikoen for fugtophobning og skimmelvækst vokser.

Desuden har mange krybekældre adgangsforhold, pladsforhold og arbejdsforhold i øvrigt, der vanskeliggør eller helt umuliggør isoleringsarbejde.

Her beskriver vi, hvordan krybekælderdekkes erstattes af et nyt terrændæk.

Nyt terrændæk



Kravet i BR 18 er U-værdi 0,10 W/m²K (se s. 5). Kravet gælder, fordi hele konstruktionen udskiftes. Byggetekniske forhold kan indebære, at kravet til iso-leringstykkelse ikke kan opfyldes. Der skal isoleres til det niveau, der er byggeteknisk forsvarligt. Det vil sige, at der fx ikke skal udgraves til et niveau, der er dybere end fundamentet for at få plads til isoleringen.

Isoleringstykkelsen vælges dels ud fra ønsket om varmeisolering, dels ud fra pladsforhold, når krybekælderdekke er fjernet og terrændækkonstruktionen skal etableres med drænlag, isolering, betonplade, evt. gulvvarme og gulvbelægning.

Fordele

- Mindre varmetab gennem gulvet
- Lavere varmeregning
- Lavere CO₂-udledning
- Bedre indeklime
- Ændringen øger bygningens værdi
- Effektiv radonsikring
- Fjerner risikoen for opfugtning og skimmelvækst i konstruktionen
- Kan kombineres med etablering af gulvvarme

Indeklima

Evt. træk fra ventilation af krybekælderen fjernes ved at etablere terrændækket. Den ny konstruktion giver et varmere gulv og mindsker fodkulde, ligesom vækstbetingelser for skimmelsvamp fjernes. Endelig kan en effektiv radonsikring indgå i løsningen.

Eksisterende krybekælder	Nyt terrændæk 200 mm isolering U = 0,15 W/m ² K		Nyt terrændæk 300 mm isolering U = 0,10 W/m ² K	
	Uden gulvvarme	Med gulvvarme	Uden gulvvarme	Med gulvvarme
	Energibesparelse i kWh/m ² pr. år			
Træbjælkelag med lerindskud	94	62	99	66
Træbjælkelag/betondæk med 50 mm isolering	40	24	45	29
Træbjælkelag/betondæk med 75 mm isolering	27	15	32	19
Træbjælkelag/betondæk med 100 mm isolering	19	9	24	14

Forudsætning

Efterisoleringen udføres med et til konstruktionen egnet isoleringsmateriale med en lambdaværdi på højst 38 mW/m K (se ovenfor under anbefalet isoleringstykkelse).

Hvis drænlaget i det ny terrændæk består af 150 mm egnede letklinker, kan isoleringstykkelsen reduceres med ca. 50 mm

Eksempel på energibesparelse

Forudsætninger	80 m ² krybekælder dæk erstattes af terrændæk, heraf 8 m ² med gulvvarme. Krybekælderen er 50 cm høj, dækket er bjælkelag med lerindskud og trægulv. Efter fjernelse af dæk er der i alt ca. 68 cm til opbygningen af terrændækket - 21-26 cm til drænlag, 30 cm trykfast isolering, 10 cm betondæk, membran (fugt og radon) og 2-7 cm gulv. Naturgaspris: 13,80 kr. pr. m ³ . Gaskedlen er ny og kondenserende.
Årlig energibesparelse kWh/m²	99 kWh/m ² uden gulvvarme 66 kWh/m ² ved gulvvarme
Årlig energibesparelse kWh	$99 \text{ kWh/m}^2 \times 72 \text{ m}^2 + 66 \text{ kWh/m}^2 \times 8 \text{ m}^2 = 7.656 \text{ kWh}$
Årlig energibesparelse m³	$7.656 \text{ kWh} / 11 \text{ kWh/m}^3 = 696 \text{ m}^3$
Økonomisk besparelse år 1, kr.	$13,80 \text{ kr./kWh} \times 696 \text{ m}^3 = 9.605 \text{ kr.}$
Årlig CO₂-besparelse kg	$0,205 \text{ kg/kWh} \times 7.656 \text{ kWh} = 1.569 \text{ kg} / 1,6 \text{ ton}$

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Udførelse

Se altid leverandørens seneste anvisninger.

Alle installationer ført i det eksisterende krybekælder dæk til el, varme og vand afbrydes.

Krybekælder dækket inkl. gulv, indskud, isolering, bjælker og murede understøtninger mv. fjernes. Yderligere organisk materiale, fx i forbindelse med understøtninger, erstattes af uorganisk materiale. Krybekælderen ryddes.

Varmerør, evt. hovedledninger, vandrør, afløbsledninger, el-ledninger mv. fjernes, omlægges eller fornyes som led i udførelsen.

Afhængigt af krybekælders højde graves om nødvendigt ud, så der er plads til terrændækkonstruktionen. Ved for høje krybekælder fyldes op til ønsket niveau med komprimeret stabilgrus som underlag for drænlag.

Fundamentet gennemgås, ventilationsåbninger lukkes, og evt. sætningsrevner mv. reparerer. Hvis der ikke findes en vandret fugtspærre, kan fremtidige fugtgener hindres ved at indlægge en vandret fugtspærre nederst i væggen.

Evt. understøtninger eller fundamenter under indervægge gennemgås og udbedres. Om nødvendigt etableres vandret fugtspærre.

Nye afløb og rør mv. etableres som led i processen nedenfor.

Terrændæk med støbt betondæk (velafprøvet løsning)

Der etableres et drænlag - dvs. et kapillarbrydende lag af nøddesten, ral, singels eller coatede løse letklinker (kornstørrelse 10-20 mm). Drænlaget skal være min. 150 mm tykt og helt plant. Drænlaget og det varmeisolerende lag kan kombineres, hvis materialet har de nødvendige varmeisolerende egenskaber (nogle typer letklinker).

Om nødvendigt forberedes etablering af radonsug til radonsikring i forbindelse med drænlaget. Se nedenfor under radon.

Der udlægges trykfast isolering (mineraluld eller egnede celleplastplader) på det afrettede drænlag, som underlag for betonpladen. Isoleringen udlægges i mindst to lag med forskudte samlinger.

Udførelse (fortsat)

Afhængigt af gulvkonstruktionen kan en mindre del af isoleringen placeres over betonpladen.

Varmetabet gennem fundamentet kan reduceres yderligere med en udvendig isolering af fundamentet (se energiløsning).

Indvendigt langs fundamentet etableres en kuldebro-afbrydelse med min. 20 mm trykfast isolering. Derefter støbes en 100 mm tyk betonplade (C20/25 eller bedre) med svindarmering. Oversiden af betonpladen skal være min. 50 mm over terræn. Fugtniveauet må max. være 85 % RF målt i midten af betontværsnittet, når membran og gulv udlægges. Udtørringstiden kan reduceres med "selvudtørrende beton" (vand/cement tal $\leq 0,4$). Det giver samtidig en øget betonstyrke, så betonpladens tykkelse kan reduceres til 80 mm.

Hvis terrændækket skal afsluttes med trægulv, udlægges en fugt- og radonspærre, der dækker hele betonfladen og klæbes til ydervægge og indervægge (fx 0,2 - 0,3 mm polyethylenfolie med klæbede overlæg på min. 100 mm). Membranen skal være helt tæt også ved evt. installationsgennemføringer, hvor der fx kan anvendes radonsikre rørmanchetter.

Der må ikke være revner ved overgangen mellem terrændækket (den vandrette del) og fundamentet/ ydervæggen (den lodrette del). Det er vigtigt, at

fugt- og radonspærren, også ved en strøgulvsløsning, lukker tæt over kantisoleringen mellem sokkelinder-side og betondæk. Hvor muligt anvendes en klæbet løsning, da der kan være risiko for fugeslip.

Endelig etableres gulv - svømmende trægulv, trægulv på strøer eller klinker. Ved klinker kan fugtmembranen udelades under en støbt betonplade, men der skal være en effektiv fugt- og radonmembran mod fundament og understøttede indervægge.

Ved gulvvarme kan indstøbes gulvvarmeslanger i betonen - alternativt udlægges et let gulvvarmesystem på membranen. Ved gulvbelægning med fliser eller klinker anbefales indstøbte gulvvarmeslanger. Gulvbelægnings af træ skal udlægges efter producentens anvisninger og skal være egnede til gulvvarme.

Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Krybekælder	Er muligheder, alternative løsninger og alle følgearbejder vurderet?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 1
Fugtforhold	Har krybekælderen tegn på fugt eller angreb af skimmelsvamp?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 2
Radon	Er radonproblematikken vurderet?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 3
Installationer	Er der installationer i krybekælderen?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 4
Gulvvarme	Ønsker bygherren gulvvarme?	Ja [] Nej []	Hvis js: se 5

1. Fra krybekælder til terrændæk

Krybekælderen kortlægges. En løsning vælges, og arbejdet planlægges ud fra krybekælderens højde, konstruktioner og installationsføringer. Herunder valg af traditionel eller "tør" løsning mht. tid for udtørring af

byggefugt, samt evt. gulvvarmekonstruktion og ændringer i boligen fx af køkken eller baderum. Hvis bygningen har en kombination af krybekælder og terrændæk eller kælder, afklares konsekvenser for brug af boligen, adgang og afdækning mv. med bygherre.

2. Fugtforhold

Fugtforhold vurderes, herunder terrænets højde og hældning i forhold til det kommende terrændæk. Hvis der er tegn på fugt i ydervæggen, kan efterisolering øge problemet.

Ved tydelige tegn på opstigende grundfugt fra fundament til ydervægge eller fra understøtninger til inder-vægge afklares årsagen. Løsningen kan være at etablere en vandret fugtspærre evt. kombineret med et effektivt omfangsdræn. Eventuelle skimmelsvampeangreb, der ikke fjernes med krybekælderdekke, afrensnes.

3. Radon

Radon er en radioaktiv luftart, der trænger ind i boligen fra jorden gennem revner i konstruktioner. En måling af radon i indeluften tager 2-3 måneder. En måling på 1-2 uger i fyringssæsonen kan dog give et fingerpeg om problemets størrelse. Koncentrationen af radon i boligen bør være lavere end 100 Bq/m³.

Ventilationen af krybekælderen sikrer, at en del radon ventileres til det fri. Udfordringen med radon øges, når en ventilert krybekælder erstattes af et terrændæk. Derfor skal der etableres en lufttæt radonmembran i terrændækket. Den kan oftest etableres sammen med den diffusionstætte fugtsikring. I de fleste tilfælde er en korrekt udført radonmembran tilstrækkelig. I alvorligere tilfælde, hvor målinger viser over 200 Bq/m³, kan problemet løses ved at etablere radonsug i terrændækkets drænlag.

Et passivt radonsug består af sugbrønde, fx perforerede plastbeholdere, med aftræksrør ført fra drænlaget til afkast over tag. Hvis drænlaget er opdelt i afsnit, etableres en sugbrønd for hvert afsnit. Sugene samles i ét rør. Radonsug er mest effektive, når aftræksrøret forsynes med en ventilator ("aktivt radonsug"). Hvis aftrækket føres ud gennem ydervæg ved fundament, skal det forsynes med en ventilator. Ved etablering af terrændækket kan sugebrønde indbygges, så radonsug er forberedt. Aftræk/ventilator kan så påkøbes, hvis målinger viser behov for det.

4. Installationer

Varmerør, evt. hovedledninger, vandrør, afløbsledninger, el-ledninger mv. i krybekælderen skal omlægges eller fornyes, hvis de skal indgå i terrændækket. Kontakt et VVS-firma, og læg plan for installationsarbejdet. Installationer og rør skal isoleres efter DS 452. Fremføringsrør til gulvvarme skal isoleres uden for det rum, hvor der er gulvvarme.

5. Gulvvarme

Et velisoleret terrændæk giver mulighed for gulvvarme. Hvis der skal etableres et terrændæk med gulvvarme i hele bygningen, skal det sikres, at gulvvarmen er korrekt dimensioneret og efterfølgende vil kunne dække varmebehovet i kolde perioder. Det forudsætter typisk, at resten af bygningen er velisoleret. Valg og dimensionering af anlæg bør ske i samarbejde med rådgiver.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Den nye bygningsdel skal opfylde krav til varmeisolering, udtrykt ved krav til U-værdi og linjetab. Kravet skal opfyldes uanset rentabilitet. Der skal dog kun isoleres til det niveau, som er byggeteknisk forsvarligt. Det vil sige at der fx ikke skal udgraves til et niveau der er dybere end fundamentet.

Det nye terrændæk skal opfylde U-værdi-kravet på 0,10 W/m²K svarende til en isoleringstykkelse på ca. 300 mm mineraluld eller 250 mm mineraluld og 200 mm letklinker.

Terrændækkets samlede tykkelse kan reduceres ved brug af egnet isoleringsmateriale med lavere lambda-værdi, se www.byggeriogenergi.dk/media/1697/fra-lambdav-rdi-til-isoleringstykkelse.pdf

En indvendig kantisoleringstykkelse mellem terrændækspladen og ydervæggen på ca. 20-30 mm vil reducere linjetabet betydeligt. Hvis linjetabskravet på 0,12 W/mK ikke kan opfyldes ved 20-30 mm kantisolering vil det kræve yderligere tiltag i samlingen, som normalt ikke er byggeteknisk forsvarligt.

Yderligere information

VIF: VarmeisoleringsForeningens Produktoversigt
www.vif-isolering.dk

SBi-anvisninger

Sbi-anvisning 247: Radonsikring af eksisterende bygninger

Sbi-anvisning 267: Småhuse - Klimaskærmen, 2016

www.build.dk

BYG-ERFA erfaringsblade:

(13) 14 12 12 Opfugtet betonplade i terrændæk

(13) 98 12 01 Kapillarbrydende lag i terrændæk

(19) 09 12 30 Risiko ved udeluftventilerede krybekældre

(19) 11 12 28 Terrændæk i ældre bygninger - fugtopstigning i ydermure efter reovering.

www.byg-erfa.dk

Bygningsreglementet

www.bygningsreglementet.dk

Kontakt Videncenter

for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255,
hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:

www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.



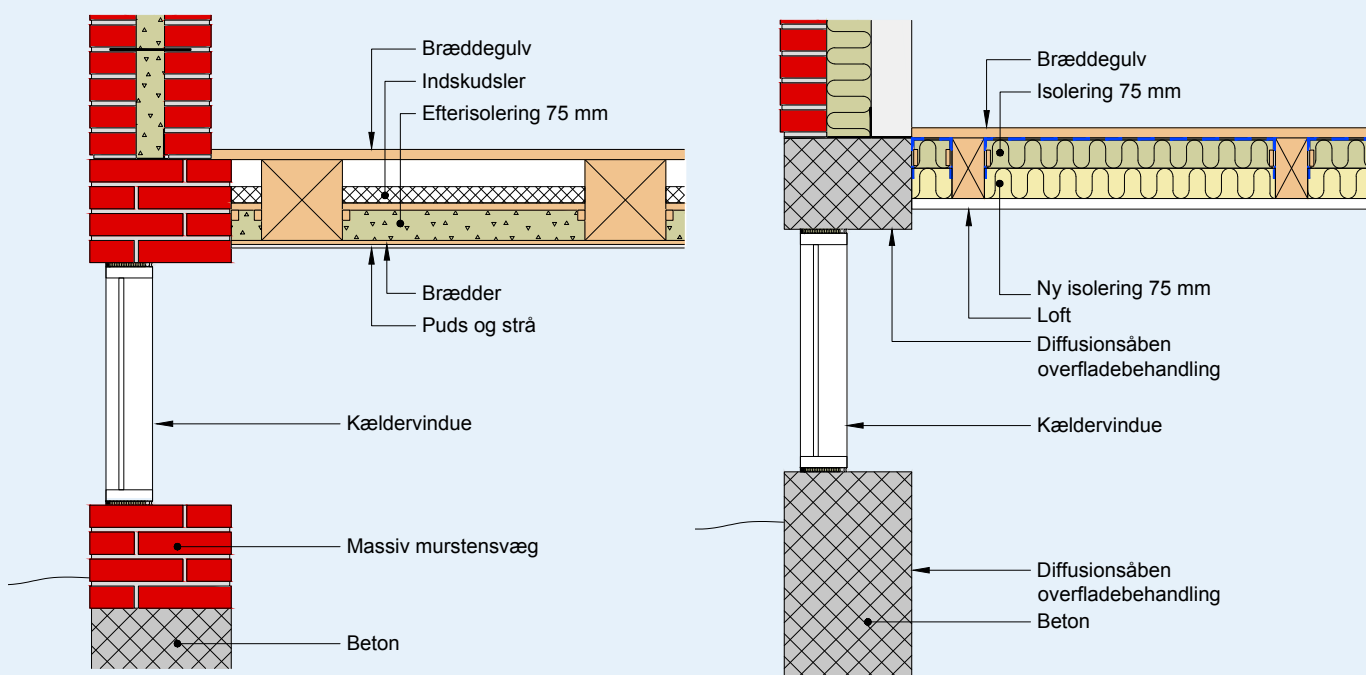
Efterisolering af gulv over uopvarmet kælder

Et gulv over en uopvarmet kælder isoleret med mindre end 75 mm bør efterisoleres.

Kælderen vil efter efterisoleringen ikke være egnet til opbevaring af organisk materiale, dvs. materiale, der er fugtfølsomt.

Fordele

- Mindre varmetab gennem gulvet mod kælder
- Bedre økonomi pga. lavere varmeregning
- Varmere overflader og dermed mindre træk
- Øget komfort og bedre indeklima
- Lavere CO₂-udledning
- Efterisolering af gulv mod kælder forøger husets værdi



Energibesparelse

Eksisterende forhold	Ny samlet isoleringstykkelser	
	75 mm isolering U = 0,4	150 mm isolering U = 0,26
	Energibesparelse i kWh/m ² pr. år	
Uisoleret træbjælkelag	121	143
Bjælkelag med tørv eller lerindskud	17	47
Træbjælkelag med 50 mm isolering	15	24
Træbjælkelag med 100 mm isolering	-	9

Forudsætning

Efterisoleringen udføres med et til konstruktionen egnet isoleringsmateriale med en lambda-værdi på 37-38 mW/mK.

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Eksempel på energibesparelse

Forudsætninger	Efterisolering af 130 m ² uisoleret gulv over uopvarmet ventileret kælder. Der isoleres med 150 mm. Bjælkelaget er i forvejen uisoleret. Naturgaspris: 13,80 kr. pr. m ³ . Gaskedlen er ny og kondenserende.
Årlig energibesparelse kWh/m ²	143 kWh/m ²
Årlig energibesparelse kWh	143 kWh/m ² x 130 m ² = 18.590 kWh
Årlig energibesparelse m ³	18.590 kWh / 11 kWh/m ³ = 1.690 m ³
Økonomisk besparelse år 1, kr.	13,80 kr./m ³ x 1.690 m ³ = 23.322 kr.
Årlig CO ₂ -besparelse kg	0,205 kg/kWh x 18.590 kWh = 3.811 kg 3,8 ton

Udførelse

Det er en forudsætning for at udføre efterisoleringen, at kælderen ikke har tegn på fugt eller skimmelsvamp.

Den nye efterisolering må ikke dække over eksisterende elinstallationer som fx lampeudtag og samleåser. Disse skal derfor afinstalleres, inden efterisoleringen udføres.

Der opsættes en dampspærre direkte under gulvbelægningen og 5 til 10 cm ned ad bjælkesiderne, hvor der afsluttes med en lufttæt tapesamling eller fastklemt butylbånd.

Dernæst opsættes isolering mellem bjælkerne, indtil efterisoleringen har samme niveau som undersidebjælkerne.

Anvendes kælderen til fx opbevaring, bør der afsluttes med en loftpladebeklædning for at beskytte isoleringen. Anvendes kælderen ikke, kan der afsluttes med en uorganisk vindspærre. Husk brandkrav til etageadskillelsen ved etablering af loftbeklædning.

Ved efterisoleringen af etageadskillelsen vil temperaturen i kælderen blive lavere. Herved øges risikoen for fugtproblemer, hvis der ikke ventileres. Det anbefales at etablere udeluftventiler i alle rum. Husejeren bør instrueres i korrekt udluftning af kælderen.

Dvs. at der skal luftes ud, når luften udenfor er koldere end indenfor - og der samtidig er så lidt fugt i luften som muligt, dvs. når det er koldt og klart vejr.

Nedtagne lampeudtag og samleåser genetableres.

Centralvarmerør og rør til varmt brugsvand med mindre end 30 mm isolering efterisoleres, hvis de er placeret under isoleringen. Se Videncentrets Energi-løsninger: "Efterisolering af rør til radiatorer mm." og "Efterisolering af rør til varmt brugsvand".

Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Fugt eller skimmelsvamp	Har kælderen tegn på fugt eller angreb af skimmelsvamp?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 1
Kælderens anvendelse	Bruges kælderen til opbevaring af ting, der er frost- eller fugtfølsomme?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 2
Eksisterende gulvbelægning	Har ejeren planer om udskiftning af gulvbelægningen over kælderen?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 3
Eksisterende isoleringslag	Er der eksisterende isoleringslag af tørv eller lerindskud?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 4
Rør- og el-installationer	Er der centralvarmerør/vandrør eller elinstallationer/kabler ført direkte under det eksisterende gulv?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 5
Ventilation	Er kælderen ventileret?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 6

1. Fugt og skimmelsvamp

Hvis kælderen har det mindste tegn på fugt eller angreb af skimmelsvamp, vil en efterisolering normalt forværre problemet. Kontakt derfor fagfolk. Udvendig efterisolering af kældervæggen kan være et alternativ i kombination med et effektivt omfangsdræn.

2. Anvendelse

En efterisolering vil ændre fugt- og temperaturforholdene i kælderen så meget, at kælderen anvendelse påvirkes. Der vil blive fugtigere og koldere, og evt. kan der forekomme frost. Organiske materialer som fx bøger og tøj kan blive angrebet af skimmelsvamp, hvis de opbevares i kælderen. Hvis kælderen ønskes brugt til opbevaring af organiske materialer, anbefales Videncentrets Energiløsninger: "Udvendig efterisolering af kældervæg" og "Efterisolering af kældergulv".

3. Eksisterende gulvbelægning

Hvis ejeren har planer om at udskifte hele eller dele af den eksisterende gulvbelægning i stueetagen, kan efterisolering med fordel udføres oppefra i den forbindelse.

4. Eksisterende isoleringslag

Hvis der er eksisterende lag af fx tørv eller lerindskud, kan der udføres en bedre efterisoleringsløsning, hvis dette materiale fjernes inden opsætningen af den nye isolering. Vær dog opmærksom på, at lyd gennemgang forøges væsentligt, når det tunge materiale fjernes. Hvis indskudsleret fjernes, bør etageadskillelsen også brandsikres.

5. Eksisterende centralvarmerør / el-installationer

Er der centralvarmerør/rør til varmt brugsvand eller el-installationer/kabler ført direkte under det eksisterende gulv, skal de flyttes, så efterisoleringsarbejdet kan udføres, og så fremtidig inspektion/vedligehold er mulig, uden at efterisoleringen skal nedtages. Efterisolering evt. rørene samtidig med, at de flyttes. Kælderen kan ikke længere anses for at være frostfri, og der skal evt. etableres frostsikring af installationer.

6. Ventilation

Ventilationen sikres vha. udeluftventiler, der bl.a. sørger for, at fugt og radon fjernes fra kælderen. Udeluftventilerne bør være kondens- og lydisolerede.

Indeklima

Når gulvet efterisoleres, bliver varmetabet gennem gulvet mindre, og der bliver mindre fodkoldt.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved efterisolering af en gulvkonstruktion over en uopvarmet kælder stiller bygningsreglementet krav om at efterisolering gennemføres i det omfang, det er rentabelt, og ikke medfører risiko for fugtskader.

For en typisk gulvkonstruktion vil det normalt betyde, at den samlede isoleringstykkelse af eksisterende og ny isolering skal opfylde kravet til en U-værdi på maksimalt 0,40 W/m²K. Dette svarer fx til ca. 75 mm mineraluldsisolering (kl. 37 mW/mK).

Hvis efterisolering til 75 mm af byggetekniske årsager ikke er rentabel kan der være en efterisoleringsløsning til et lavere niveau, som er rentabelt. Bygningsreglementet stiller så krav om, at det i stedet er dette arbejde, der skal udføres.

Det er kun i tilfælde af at U-værdi-kravet ikke kan opfyldes, at der skal foretages en eftervisning af den manglende rentabilitet. I tilfælde af manglende rentabilitet, stilles der krav om, at det efterfølgende undersøges, om en mindre efterisoleringsløsning er rentabel.

En efterisoleringsløsning er rentabel, hvis *Besparelse x Levetid / Investering* > 1,33. I investeringen medtages kun omkostninger til udførelsen af selve isoleringsarbejdet, isoleringsmaterialer og evt. dampspærre og flytning af installationer og evt. snævert følgearbejde. Levetiden for efterisoleringsarbejdet antages altid at være 40 år og den årlige økonomiske besparelse udregnes med udgangspunkt i det eksisterende isoleringsniveau og den aktuelle varmepris.

Yderligere information

VIF: VarmeisoleringsForeningens Produktoversigt
www.vif-isolering.dk

SBi-anvisninger
 239: Efterisolering af småhuse -
 energibesparelser og planlægning
 240: Efterisolering af småhuse - byggetekniske
 løsninger
 224: Fugt i bygninger
 233: Radonsikring af nye bygninger
www.build.dk

BYG-ERFA erfaringsblade:
 (13) 14 12 10 Radonsug - i eksisterende en-
 familiehuse
 (19) 15 11 14 Kældervægge og -gulve - fugt-
 sikring og varmeisolering
 (50) 11 02 25 Omfangsdræn - ved enfamiliehuse
 og småhuse
www.byg-erfa.dk

Bygningsreglementet
www.bygningsreglementet.dk

Kontakt Videncenter
 for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255,
 hvis du har spørgsmål.
 Eller gå ind på hjemmesiden:
www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
 Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Indvendig efterisolering af kældervæg

Kældervægge bør efterisoleres, hvis den samlede isoleringstykkelse svarer til 50 mm eller mindre. Efterisolering af kældervægge bør ske udefra - se Videncentrets Energiøsning: "Udvendig efterisolering af kældervæg".

På nuværende tidspunkt kan Videncenteret ikke anvise en 100 % sikker løsning på indvendig efterisolering af kældervægge, idet efterisolering indefra altid vil medføre en vis risiko for fugt og deraf følgende risiko for skimmelsvamp. Risikoen kan nedsættes, men aldrig helt elimineres ved at følge denne energiøsning. For at understrege, at der er risiko ved løsningen, er illustrationerne overstregede.

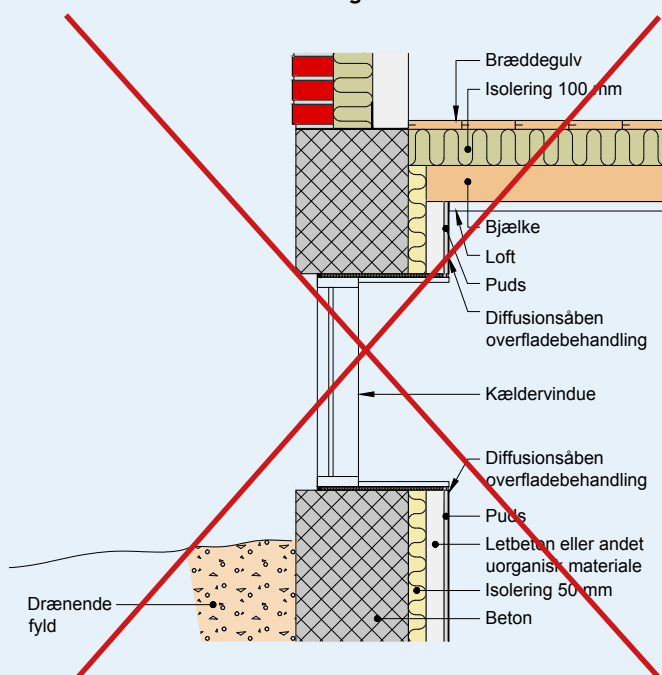
Anbefaling til isoleringstykkelse

Hvis en kældervæg skal efterisoleres indvendigt, bør det ske med enten 50 eller maksimalt med 75 mm. Det gælder for alle typer kældervægge, hvad enten de består af beton, letklinkerbeton eller mursten.

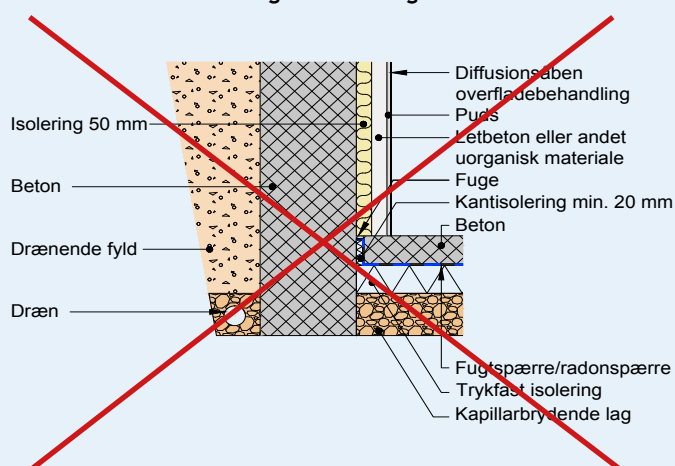
Fordele

- Mindre varmetab gennem kældervæggene
- Bedre økonomi pga. lavere varmeregning
- Varmere overflader og mindre træk
- Lavere CO₂-udledning
- Husets værdi forøges
- Flere anvendelsesmuligheder for kælderen, idet kældervæggene er varmere

Kældervæg ved vindue



Kældervæg ved kældergulv



Energibesparelse

Eksisterende forhold	Tykkelse på tilføjet indvendig efterisolering	
	50 mm isolering U = 0,60	75 mm isolering U = 0,44
	Energibesparelse i kWh/m ² pr. år	
Uisoleret 300 mm beton		
Over terræn	211	224
Under terræn	107	117

Eksisterende forhold	Tykkelse på tilføjet indvendig efterisolering	
	50 mm isolering U = 0,38	75 mm isolering U = 0,31
	Energibesparelse i kWh/m ² pr. år	
Uisoleret 300 mm letklinkerbeton		
Over terræn	36	42
Under terræn	27	33

Eksisterende forhold	Tykkelse på tilføjet indvendig efterisolering	
	50 mm isolering U = 0,50	75 mm isolering U = 0,39
	Energibesparelse i kWh/m ² pr. år	
Uisoleret 300 mm massivt murværk		
Over terræn	121	132
Under terræn	70	78

Forudsætning

Efterisoleringen udføres med et til konstruktionen egnet isoleringsmateriale med en lambda-værdi på 37-38 mW/m K. Det antages, at kælderen er opvarmet til 20 °C.

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Eksempel på energibesparelse

Forudsætninger	På 75 m ² kældervæg af 300 mm beton efterisoleres indvendigt med 50 mm isolering, og der afsluttes med en væg i letklinkerbeton, som pudses. Ca. 1/3 del af kældervæggens areal er over terræn, mens de resterende 2/3 er under terræn. Naturgaspris: 13,80 kr. pr. m ³ . Gaskedlen er ny og kondenserende.	
Årlig energibesparelse kWh/m ²	Over terræn Under terræn	211 kWh/m ² 107 kWh/m ²
Årlig energibesparelse kWh		211 kWh/m ² x 1/3 x 75 m ² = 5.275 kWh 107 kWh/m ² x 2/3 x 75 m ² = 5.350 kWh 10.625 kWh
Årlig energibesparelse m ³		10.625 kWh / 11 kWh/m ³ = 966 m ³
Økonomisk besparelse år 1, kr.		13,80 kr./m ³ x 966 m ³ = 13.331 kr.
Årlig CO ₂ -besparelse kg		0,205 kg/kWh x 10.625 kWh = 2.178 kg 2,1 ton

Udførelse

Det er en forudsætning for at udføre efterisoleringen, at kældervæggen ikke har nogen tegn på fugt eller skimmelsvamp. Desuden skal der være et omfangsdræn, der fungerer, og der skal være fyldt op med drænende fyld omkring kælderens.

En indvendig efterisolering af en kældervæg må af hensyn til fugt og skimmel ikke indeholde nogen organiske materialer. En indvendig efterisolering optager plads i rummet, men gør det samtidig mere anvendeligt. Selvom isoleringstykkelsen er lille, giver det en relativt stor energibesparelse

Radiatorer nedtages, og evt. nødvendig ændring af rørføring udføres før opsætning af isolering. Vær opmærksom på, at der ikke må forekomme skjulte samlinger af rørene.

Det samme gælder el-installationer, hvor der ikke må forekomme skjulte kablesamlinger.

Indersiden af kældervæggen afrenses for maling, tapet og andet organisk materiale, så væggen fremstår rå i enten beton, letklinkerbeton eller mursten. Det gøres af to grunde:

- for at fjerne organisk materiale, som kan danne grobund for svamp og skimmel, hvis der er tilstrækkeligt fugtigt
- for at fjerne damptætte lag, der kan medføre kondensdannelse og dermed skabe gode levevilkår for svamp og skimmel

Isoleringen skal enten fuldklæbes eller på anden måde tilpasses, så den slutter helt tæt til den afrensende kældervæg, for at der ikke kan ske luftcirkulation mellem væg og isolering.

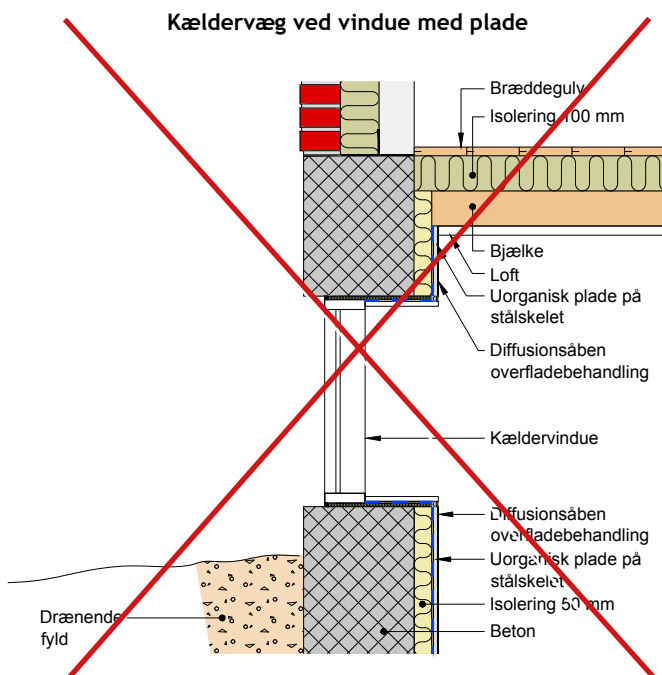
Afslutningen på indersiden af isoleringen består af enten en væg i 50 mm letbeton, hvor overfladen afsluttes med puds og en diffusionsåben overfladebehandling, eller en uorganisk plade på et stålskelet. Dvs. aldrig gipsplader. Stålskelettet skal holdes fri af væggen - fx med 10-20 mm kuldebrosisolering. Den uorganiske plade enten pudses eller spartles med et uorganisk materiale, før en diffusionsåben overfladebehandling påføres.

Eventuelle radiatorrør føres synligt fra loft og lodret ned ad væggene.

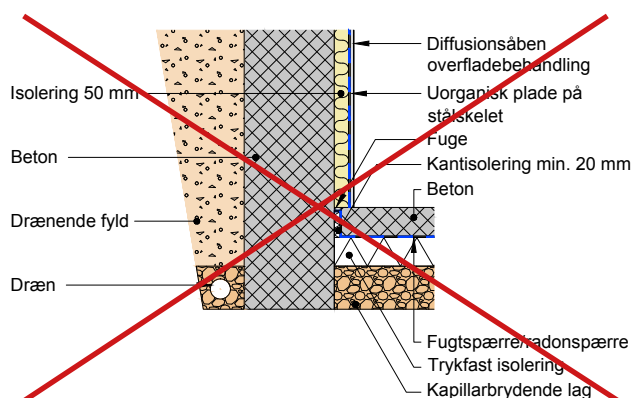
Der bør ikke indbygges el-installationer i den isolerede væg, dvs. at kabler skal føres synligt til stikdåser placeret på indersiden af letbetonvæggen. Hvis husejeren ønsker indbyggede stikkontakter, bør de indbygges i skillevæggene mod andre kælderrum i stedet for i den efterisolerede kældervæg.

Der bør monteres udeluftventiler i alle rum. Udeluftventiler bør være kondens- og lydisolerede.

Kældervæg ved vindue med plade



Kældervæg ved kældergulv med plade



Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Sætningsskader/revner	Er der nyere sætningsskader eller revnedannelser?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 1
Fugt i kældervæggen	Er kældervæggen fugtig?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 2
Fungerende dræn	Er der et fungerende dræn?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 3
Indvendig overflade af eksisterende kældervæg	Er den indvendige overflade af kældervæggen total fri for maling, tapet og andet organisk materiale?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 4
El-installationer	Er der el-installationer i kældervæggen?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 5
Varmeinstallationer	Er der radiatorer og rør for disse på kældervæggen?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 6
Ventilation	Er husejeren klar over, hvordan man lugter korrekt ud i kælderen?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 7
Møbler op ad den nye væg	Ønsker husejeren at placere møbler som fx skabe og reoler op ad kældervæggen?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 8

1. Sætningsskader/revner

Hvis der er nyere revnedannelser eller sætningsskader, tilkaldes en særlig fagkyndig virksomhed eller et forsikringselskab. Ældre skader udbedres, inden efterisoleringen udføres.

2. Fugt i ydervæggen

Hvis den eksisterende kældervæg er fugtig, må den under ingen omstændigheder efterisoleres fra indvendig side.

3. Fungerende dræn

Hvis drænet ikke fungerer, eller hvis der ikke er fyldt op med drænende materiale omkring kælderen, må der ikke efterisoleres indefra.

4. Indvendig overflade af eksisterende ydervæg

Den eksisterende overflade på den indvendige side af kældervæggen skal være afrenset ind til rå væg, inden efterisoleringen udføres.

5. El-installationer

Er der el-installationer i ydervæggen, skal disse flyttes til indvendig side af den nye væg. Den bedste løsning opnås, hvis de kan flyttes til skillerumsvægge for at undgå gennemboringer af den nye kældervægs indvendige overflade. Vær opmærksom på, at der ikke må forekomme skjulte samlinger på kablerne.

6. Varmeinstallationer

Eventuelle radiatorer på væggen og rør for disse flyttes med ind på indersiden af den nye væg. Vær opmærksom på, at der ikke må forekomme skjulte samlinger af rørene.

7. Ventilation

Husejeren bør informeres om, at det er vigtigt at lufte ud, når luften udenfor er koldere end indenfor - og der samtidig er så lidt fugt i luften som muligt, dvs. når det er koldt og klart vejr.

8. Møbler op ad den nye væg

Husejeren bør gøres opmærksom på at større møbler, som skabe, reoler mm. ikke må placeres op ad kældervæggen, da det øger risikoen for skimmelsvampevækst. Disse bør i stedet placeres op ad skillevæggene mod de andre kælderrum.

Indeklima

Når kældervæggen efterisoleres, bliver den indvendige overflade varmere, hvilket giver mindre træk i form af kuldenedfald. Det indvendige areal bliver imidlertid mindre, da isoleringen i væggen optager plads.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved ombygningsarbejde af en kælderydervæg indefra stiller bygningsreglementet krav om at efterisolering gennemføres i det omfang, det er rentabelt, og ikke medfører risiko for fugtskader.

For en typisk kælderydervæg vil det normalt betyde, at den samlede isoleringstykkelse af eksisterende og ny isolering skal opfylde kravet til en U-værdi på maksimalt 0,18 W/m²K. Dette svarer fx til ca. 200 mm mineraluldsisolering (kl. 37 mW/mK), men kravet vil ofte af fugtteknisk årsager ikke skulle opfyldes. I stedet isoleres op til fx 50 - 75 mm mineraluldsisolering.

Yderligere information

VIF: VarmeisoleringsForeningens Produktoversigt
www.vif-isolering.dk

SBi-anvisninger
 239: Efterisolering af småhuse - energibesparelser og planlægning
 240: Efterisolering af småhuse - byggetekniske løsninger
 224: Fugt i bygninger
www.build.dk

BYG-ERFA erfaringsblade:
 (31) 15 11 15 Indvendig efterisolering - ældre ydervægge af murværk
www.byg-erfa.dk

Bygningsreglementet
www.bygningsreglementet.dk

Kontakt Videncenter
 for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.
 Eller gå ind på hjemmesiden:
www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
 Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.



Udvendig efterisolering af kældervæg

Opvarmede kældre hvor kælderydervæggen er isoleret med mindre end 100 mm, bør efterisoleres til nedenstående minimumsanbefaling eller til et mere fremtids-sikkert lavenerginiveau. Efterisolering til lavenerginiveau giver den bedste økonomi på lang sigt.

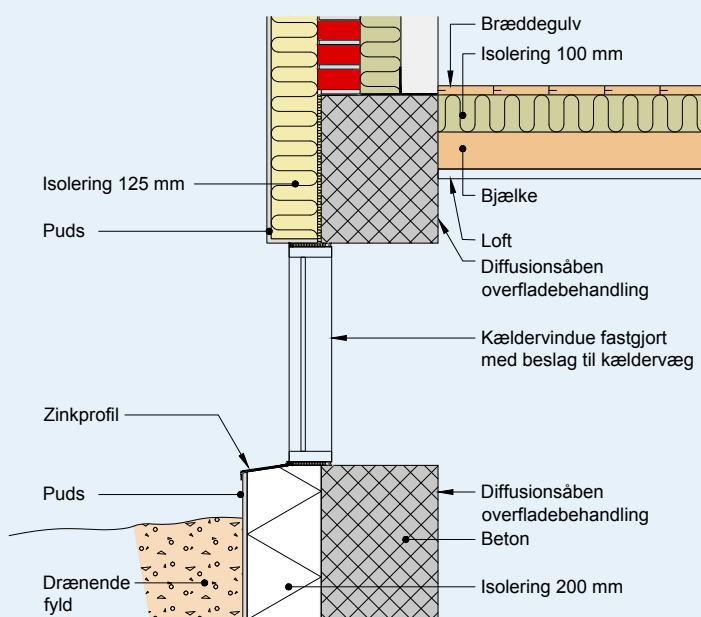
Indvendig efterisolering af uisolerede kældervægge anbefales generelt ikke, da der er stor risiko for efterfølgende problemer med fugt og skimmelsvamp. Hvis det alligevel ønskes udført, så benyt Videncentrets Energi-løsning: "Indvendig efterisolering af kældervæg".

Efterisolering af kældervæg kan kombineres med en efterisolering af kældergulv. Se Videncentrets Energi-løsning: "Efterisolering af kældergulv". Efterisolering af kældergulv bør udføres først.

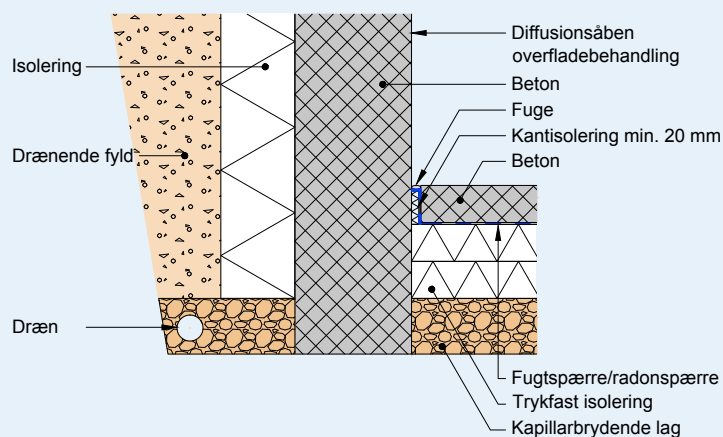
Fordele

- Mindre varmetab gennem kældervæggene
- Bedre økonomi pga. lavere varmeregning
- Varmere overflader og dermed mindre træk
- Øget komfort og bedre indeklima
- Lavere CO₂-udledning
- Udvendig efterisolering og dræning omkring husets kælder forøger husets værdi
- Færre fugtproblemer i kælderen

Kældervæg ved vindue



Kældervæg ved kældergulv



Energibesparelse

Eksisterende forhold Uisoleret 300 mm beton	Ny samlet isoleringstykkelse	
	200 mm isolering U = 0,17	300 mm isolering U = 0,12
	Energibesparelse i kWh/m ² pr. år	
Over terræn	324	330
Under terræn	149	154

Eksisterende forhold Uisoleret 300 mm letklinkerbeton	Ny samlet isoleringstykkelse	
	200 mm isolering U = 0,15	300 mm isolering U = 0,11
	Energibesparelse i kWh/m ² pr. år	
Over terræn	57	61
Under terræn	43	47

Eksisterende forhold Uisoleret 300 mm massivt murværk	Ny samlet isoleringstykkelse	
	200 mm isolering U = 0,17	300 mm isolering U = 0,11
	Energibesparelse i kWh/m ² pr. år	
Over terræn	127	132
Under terræn	82	87

Forudsætning

Efterisoleringen udføres med et til konstruktionen egnet isoleringsmateriale med en lambda-værdi på 37-38 mW/m K.

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Eksempel på energibesparelse

Forudsætninger	Udenpå en opvarmet kælder med 60 m ² uisoleret kælderydervæg af 300 mm beton opsættes 200 mm udvendig efterisolering i forbindelse med dræning. Kælderydervæggen har en højde over terræn på 1 meter og tilsvarende 1 meter under terræn. Naturgaspris: 13,80 kr. pr. m ³ . Gaskedlen er ny og kondenserende.	
Årlig energibesparelse kWh/m²	Over terræn Under terræn indtil 2 meters dybde	324 kWh/m ² 149 kWh/m ²
Årlig energibesparelse kWh		324 kWh/m ² x 30 m ² = 9.720 kWh 149 kWh/m ² x 30 m ² = 4.470 kWh 14.190 kWh
Årlig energibesparelse m³		14.190 kWh/11 kWh/m ³ = 1.290 m ³
Økonomisk besparelse år 1, kr.		13,80 kr./m ³ x 1.290 m ³ = 17.802 kr.
Årlig CO₂-besparelse kg		0,205 kg/kWh x 14.190 kWh = 2.909 kg / 2,9 ton

Udførelse

Hvis der ikke er et omfangsdræn, bør det etableres i forbindelse med efterisoleringsarbejdet.

Omfangsdrænet skal sørge for at lede regn- og grundvand væk fra huset, så kældervæggen holdes tør udefra. Drænledningen skal mindst have en diameter på 70 mm og et fald på mindst 3 ‰. For at modvirke tilstopning af drænledningen skal den omgives af et filter som fx fiberduk, grus, sten eller løse klinker i en såkaldt drænkasse. Filtret vælges ud fra den omkringliggende jordtype. Omfangsdræn er specialisterarbejde, og skal udføres af en autoriseret kloakmester.

Der kan være behov for at afstive kælderydervæggen under udgravningen for at hindre udskridning. Udgravningen sikres ligeledes, evt. ved at anvende skrå sider. Den nødvendige vinkel er afhængig af jordbunden.

Den udvendige efterisolering af kældervæggen udføres til så stor dybde som muligt. Normalt mindst svarende til samme niveau som underside af indvendigt færdigt kældergulv for at mindske kuldebroen. Der må dog aldrig graves dybere end kældervægsfundamentet.

Hvis dæk over kælder (stuegulvet) er af beton, vil det være en fordel at føre efterisoleringen to skifter over sokkelniveau for også at begrænse denne kuldebro.

Inden opsætning af efterisoleringen rengøres kælderydervæggen, så der opnås en plan flade, der sikrer god kontakt til efterisoleringsmaterialet. Huller og utætheder repareres med mørtel.

Såfremt der anvendes et efterisoleringsprodukt til kælderydervægge, udføres arbejdet efter producentens montagevejledning.

Isoleringen bør være diffusionsåben, så fugt i kældervæggen kan fordampe både udadtil og indadtil.

Efter opsætning af efterisoleringen udføres der en regntæt inddækning øverst på efterisoleringen. Den udformes, så vand, der løber ned ad facaden, bortledes effektivt. Hvor efterisoleringen er ført over terræn, er det nødvendigt at beskytte efterisoleringen, så den kan modstå fysiske belastninger, fx ved at pudse overfladen.

Udgravningen fyldes til med et drænende materiale, der let leder vandet ned til omfangsdrænet, fx grus. Det drænende lag skal være mindst 200 mm tykt.

Efter opfyldning af vægdrænet skal det færdige terræn have fald på 1:40 væk fra bygningen de første 3 meter for at reducere fugtbelastningen på facaden og kældervæggen.

Hvis det er nødvendigt, flyttes nedløbsrør og tagbrønde.

Indvendigt må kælderydervæggen kun gives en diffusionsåben overfladebehandling, så evt. fugt kan fordampe. Udtørringen af kælderydervæggen kan tage flere år.

Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Sætningsskader og fundament	Er der nyere sætningsskader eller revnedannelser?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 1
Eksisterende kældervægs styrke	Kan den eksisterende kældervæg blotlægges uden afstivning?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 2
Eksisterende omfangsdræn	Er der et eksisterende omfangsdræn?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 3
Skimmelsvamp	Har kælderen omfattende angreb af skimmelsvamp?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 4
Opstigende grundfugt	Har kælderen problemer med opstigende grundfugt?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 5
Kælder ligger i vådt område	Er området, kælderen ligger i, meget vådt? Står regnvand fx længe som pytter på græs eller bar jord?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 6
Gennemgående installationer	Er det afmærket, hvor gennemgående rørinstallationer til varme, vand og kloak samt el og telefonledninger tilgår huset?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 7
Vinduer og døre	Er der vinduer eller døre i kælderydervæggen?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 8
Trappeskakter eller lyskasser	Er der trappeskakter eller lyskasser til kælderen?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 9
Andre udvendige forhold	Er der flisebælgninger, hegn, bede, buske eller andre forhold, der kommer i vejen for efterisolerings-arbejdet?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 10
Tagnedløbsrør/ tagbrønde	Er der tagnedløbsrør/tagbrønde tæt ved kælderydervæggen?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 11
Ventilation	Er der udeluftventiler i kælderydervæggen?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 12

1. Sætningsskader og fundament

Hvis der er nyere revnedannelser eller sætningsskader, tilkaldes særlig fagkyndig eller forsikringsselskab. Ældre skader udbedres, inden efterisoleringen udføres.

2. Eksisterende kældervægs styrke

Hvis den eksisterende kælderydervægskonstruktion ikke har styrke nok til at optage belastningen, når jorden fjernes, opdeles arbejdet i mindre sektioner, og der afstives løbende i takt med, at kælderydervæggen blotlægges.

3. Eksisterende omfangsdræn

Hvis der er et eksisterende omfangsdræn, må det ikke beskadiges under udgravning. Inden arbejdet afsluttes, skal det kontrolleres, om drænet stadig fungerer.

4. Skimmelsvamp

Hvis kælderen har omfattende og gennemgribende angreb af skimmelsvampe eller andre svampe, kontaktes

fagfolk, der har forstand på renovering af bygninger med svampeangreb.

5. Opstigende grundfugt

Hvis kælderen har problemer med opstigende grundfugt, kan der udføres en vandret fugtspærring af ydervæggen fx i form af indpressede eller indskårne stålplader. Kontakt fagfolk for dette arbejde.

6. Kælder ligger i vådt område

Hvis vandet generelt har svært ved at løbe ned gennem jorden, kan der være fare for, at der sker midlertidig opstuvning ved kælderen, hvis drænet ikke virker. For at forhindre at dette vand trænger ind i kælderen, kan væggen tætnes udefra, fx ved asfaltering eller brug af "vandtæt" mørtel som berapning bag efterisoleringen. Hvis denne løsning vælges, vil udtørring af vand fra opstigende grundfugt eller inde fra kælderen dog blive begrænset.

7. Gennemgående installationer

Inden gravearbejdet påbegyndes, skal der være overblik over, hvor de forskellige stikledninger tilføres huset. Er der ikke klarhed over dette, kontaktes det pågældende forsyningselskab, inden arbejdet påbegyndes. Der kan også rekvireres tegningsmateriale fra kommunen.

8. Vinduer eller døre

Hvis der i kælderydervæggen er udtjente vinduer eller døre, bør disse udskiftes samtidigt med dræningen og efterisoleringen.

Eksisterende vinduer og døre, der bibeholdes, skal integreres i den nye kælderydervæg med regn- og vindtæt samling mellem karm og vindueshul. Det bedste resultat opnås, såfremt vinduer/døre kan forskydes frem mod den udvendige side af kælderydervæggen. Helst så de sidder i plan med den udvendige efterisolering. Herved reduceres kuldebroen omkring vinduet.

9. Trappeskakter og lyskasser

Hvis der er trappeskakter eller lyskasser, skal det aftales med ejeren, hvordan efterisolering og dræn bedst føres omkring disse.

10. Andre udvendige forhold

Hvis der fx er terrasser, bede, buske, hegn eller hække, der står i vejen for arbejdet, skal en løsning aftales med ejeren.

11. Tagnedløbsrør og brønde

Nedløbsbrøndene skal flyttes ud til en passende afstand og placering i forhold til kældervægskonstruktionen, og nedløbsrør skal ligeledes tilpasses den nye konstruktion.

12. Ventilation

Der bør monteres udeluftventiler i alle rum. Udeluftventiler bør være kondens- og lydisolerede.

Indeklima

Når kældervæggen isoleres udefra, bliver den indvendige overflade varmere, hvilket nedsætter risikoen for kondens på indersiden og giver mindre træk i form af kuldenedfald. Væggenes højere overfladetemperatur vil også nedsætte risikoen for problemer med sommerkondens.

Sommerkondens er, hvis overfladerne på kældergulve og vægge i sommerperioden bliver så kolde, at der opstår kondens, når den varme sommerluft møder de kolde vægge og gulve og dermed bliver afkølet til under dugpunktet.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved ombygningsarbejde af en kælderydervæg udefra stiller bygningsreglementet krav om at efterisolering gennemføres i det omfang, det er rentabelt, og ikke medfører risiko for fugtskader.

For en typisk kælderydervægskonstruktion vil det normalt betyde, at den samlede isoleringstykkelse af eksisterende og ny isolering skal opfylde kravet til en U-værdi på maksimalt 0,18 W/m²K. Dette svarer fx til ca. 200 mm mineraluldsisolering (kl. 37 mW/mK).

Hvis efterisolering til 200 mm af byggetekniske årsager ikke er rentabel kan der være en efterisoleringsløsning til et lavere niveau, som er rentabelt. Bygningsreglementet stiller så krav om, at det i stedet er dette arbejde, der skal udføres.

Det er kun i tilfælde af at U-værdi-kravet ikke kan opfyldes og der er mindre end 50 mm isolering i forvejen, at der skal foretages en eftervisning af den manglende rentabilitet. I tilfælde af manglende rentabilitet, stilles der krav om, at det efterfølgende undersøges, om en mindre efterisoleringsløsning er rentabel.

En efterisoleringsløsning er rentabel, hvis *Besparelse x Levetid / Investering* > 1,33. I investeringen medtages kun omkostninger til udførelsen af selve isoleringsarbejdet, isoleringsmaterialer og evt. flytning af installationer og evt. andet snævert følgearbejde. Levetiden for efterisoleringsarbejdet antages altid at være 40 år og den årlige økonomiske besparelse udregnes med udgangspunkt i det eksisterende isoleringsniveau og den aktuelle varmepris.

Yderligere information

VIF: VarmeisoleringsForeningens Produktoversigt
www.vif-isolering.dk

SBi-anvisninger
 239: Efterisolering af småhuse -
 energibesparelser og planlægning
 240: Efterisolering af småhuse - byggetekniske
 løsninger
 224: Fugt i bygninger
www.build.dk

BYG-ERFA erfaringsblade:
 (50) 110225 Omfangsdræn ved enfamiliehuse
 og småhuse
 (19) 15 11 14 Kældervægge og -gulve -
 fugtsikring og varmeisolering
www.byg-erfa.dk

Bygningsreglementet
www.bygningsreglementet.dk

Dansk standard:
 DS436; Norm for dræning af bygninger mv.

Se filmen: Efterisolering af sokkel og
 kældervæg på:
www.ByggeriOgEnergi.dk

Kontakt Videncenter
 for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255,
 hvis du har spørgsmål.
 Eller gå ind på hjemmesiden:
www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
 Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Fra lambdaværdi til isoleringstykkelse

44 mW/mK	40 mW/mK	37 mW/mK	34 mW/mK	32 mW/mK	31 mW/mK	26 mW/mK	25 mW/mK	22 mW/mK	21 mW/mK	19 mW/mK	14 mW/mK	7 mW/mK	5 mW/mK
119 mm	108 mm	100 mm	92 mm	87 mm	84 mm	70 mm	68 mm	60 mm	57 mm	51 mm	38 mm	19 mm	14 mm
149 mm	135 mm	125 mm	115 mm	108 mm	105 mm	88 mm	85 mm	74 mm	71 mm	64 mm	47 mm	24 mm	17 mm
178 mm	162 mm	150 mm	138 mm	130 mm	126 mm	105 mm	101 mm	89 mm	85 mm	77 mm	57 mm	28 mm	20 mm
208 mm	189 mm	175 mm	161 mm	151 mm	147 mm	123 mm	118 mm	104 mm	99 mm	90 mm	66 mm	33 mm	24 mm
238 mm	216 mm	200 mm	184 mm	173 mm	168 mm	141 mm	135 mm	119 mm	114 mm	103 mm	76 mm	38 mm	27 mm
268 mm	243 mm	225 mm	207 mm	195 mm	189 mm	158 mm	152 mm	134 mm	128 mm	116 mm	85 mm	43 mm	30 mm
297 mm	270 mm	250 mm	230 mm	216 mm	209 mm	176 mm	169 mm	149 mm	142 mm	128 mm	95 mm	47 mm	34 mm
327 mm	297 mm	275 mm	253 mm	238 mm	230 mm	193 mm	186 mm	164 mm	156 mm	141 mm	104 mm	52 mm	37 mm
357 mm	324 mm	300 mm	276 mm	259 mm	251 mm	211 mm	203 mm	178 mm	170 mm	154 mm	114 mm	57 mm	41 mm
387 mm	351 mm	325 mm	299 mm	281 mm	272 mm	228 mm	220 mm	193 mm	185 mm	167 mm	123 mm	62 mm	44 mm
416 mm	378 mm	350 mm	322 mm	303 mm	293 mm	246 mm	237 mm	208 mm	199 mm	180 mm	132 mm	66 mm	47 mm
446 mm	405 mm	375 mm	345 mm	324 mm	314 mm	264 mm	253 mm	223 mm	213 mm	193 mm	142 mm	71 mm	51 mm
476 mm	432 mm	400 mm	368 mm	346 mm	335 mm	281 mm	270 mm	238 mm	227 mm	205 mm	151 mm	76 mm	54 mm
505 mm	459 mm	425 mm	391 mm	368 mm	356 mm	299 mm	287 mm	253 mm	241 mm	218 mm	161 mm	80 mm	58 mm
535 mm	486 mm	450 mm	414 mm	389 mm	377 mm	316 mm	304 mm	268 mm	255 mm	231 mm	170 mm	85 mm	61 mm
565 mm	514 mm	475 mm	436 mm	411 mm	398 mm	334 mm	321 mm	282 mm	270 mm	244 mm	180 mm	90 mm	64 mm
595 mm	541 mm	500 mm	459 mm	432 mm	419 mm	351 mm	338 mm	297 mm	284 mm	257 mm	189 mm	95 mm	68 mm
624 mm	568 mm	525 mm	482 mm	454 mm	440 mm	369 mm	355 mm	312 mm	298 mm	270 mm	199 mm	99 mm	71 mm
654 mm	595 mm	550 mm	505 mm	476 mm	461 mm	386 mm	372 mm	327 mm	312 mm	282 mm	208 mm	104 mm	74 mm
684 mm	622 mm	575 mm	528 mm	497 mm	482 mm	404 mm	389 mm	342 mm	326 mm	295 mm	218 mm	109 mm	78 mm
714 mm	649 mm	600 mm	551 mm	519 mm	503 mm	422 mm	405 mm	357 mm	341 mm	308 mm	227 mm	114 mm	81 mm

37 mW/mK er den lambdaværdi på isoleringsmateriale, som anvendes i vore energiløsninger

Ud fra 37 mW/mK kan man se hvilken isoleringstykkelse med anden lambdaværdi, der giver samme isoleringsværdi



Øvrige energiløsninger

Du kan på ByggeriOgEnergi.dk finde yderligere Energiløsninger om installationer i små bygninger og om klimaskærm og installationer i store bygninger (primært beboelsesejendomme).

Energiløsninger til store bygninger

TAG OG LOFT

- Efterisolering af fladt tag
- Efterisolering af mansardtag - indefra
- Efterisolering af loft
- Efterisolering af skunk
- Efterisolering af skråvæg - udefra
- Efterisolering af kviste

FACADE

- Hulmursisolering
- Udvendig efterisolering af letbetonvægge
- Udvendig efterisolering af massive murede vægge
- Murede ydervægge - udvendig efterisolering afsluttet med formur
- Udvendig efterisolering af betonsandwichelementer

ETAGEADSKILLELSE

- Efterisolering af hulrum i etageadskillelser

VARMEINSTALLATIONER

- Konvertering af oliefyret varmecentral til fjernvarme
- Renovering af fjernvarmeforsynet varmecentral
- Renovering af naturgasfyret varmecentral
- Udskiftning af varmtvandsbeholder
- Solvarmeanlæg til større bygninger
- Udskiftning af store cirkulationspumpe
- Automatik i varmecentraler
- Isolering af rørinstallation til centralvarme og varmt brugsvand
- Fuld konvertering til varmepumpe
- Delkonvertering til luft-vandvarmepumpe

VENTILATION

- Central ventilation med varmegenvinding
- Decentral ventilation med varme-genvinding

ELFORBRUG

- LED-belysning og -styringer til gang- og fællesarealer

Energiløsninger til installationer

VARMEINSTALLATION

Varmepumper

- Brugsvandvarmepumpe
- Luft-luftvarmepumpe
- Konvertering fra luft-vand varmepumpe fra olie eller gas
- Konvertering fra elvarme til luft-vandvarmepumpe
- Konvertering til jordvarme
- Eksisterende gaskedel med add-on varmepumpe

Fjernvarme

- Konvertering til fjernvarme
- Udskiftning af fjernvarmeunit

Gas, olie og fast brændsel

- Udskiftning af gaskedel
- Udskiftning af oliekedel
- Konvertering til brænde- eller pillefyret kedel

Solvarme

- Solvarmeanlæg til varmt brugsvand
- Solvarmeanlæg til varmt brugsvand og opvarmning

Forbedring af eksisterende varmeinstallation

- Efterisolering af rør, ventiler m.m. i forbindelse med varmekilde
- Efterisolering af rør til varmt brugsvand
- Efterisolering af rør til radiatorer m.m.
- Styring af cirkulationspumpe til varmt brugsvand
- Udskiftning af cirkulationspumpe i rumvarme-installation
- Udskiftning af radiatorventiler/termostatstyringer
- Vejrkompensering og natsækning
- Udskiftning af varmtvandsbeholder
- Fuld konvertering til varmepumpe
- Delkonvertering til luft-vandvarmepumpe

VENTILATION

- Ventilationsanlæg med varmegenvinding
- Boligventilationsvarmepumpe
- Etablering af hybridventilation

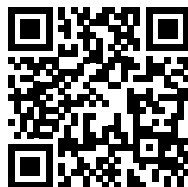
ELINSTALLATIONER

- Styring af udendørs belysning
- Solcelleanlæg til elproduktion

Videncenter for Energibesparelser i Bygninger under Energistyrelsen samler og formidler viden om konkrete og praktiske muligheder for at reducere energiforbruget i bygninger. Videncentret medvirker til, at byggeriets parter opnår flere kvalifikationer og nye værktøjer til at gennemføre energibesparende tiltag i bygninger.

Hermed understøtter Videncentret den samlede energispareindsats i Danmark.

Scan koden eller besøg Videncentrets hjemmeside
www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

Gregersensvej 1 • Bygning 2 • 2630 Taastrup • Tlf. 7220 2255 • www.ByggeriOgEnergi.dk