



## 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/m<sup>2</sup>K 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 spærene, evt. kombineret med et lag med vandrette lægter, isolering og beklædning på indersiden.

### Energibesparelse

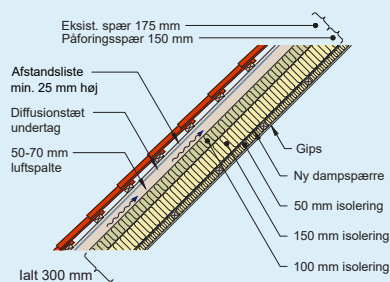
Eksisterende isoleringstykkelse	Ny samlet isoleringstykkelse	
	300 mm isolering U = 0,12	400 mm isolering U = 0,10
	Energibesparelse i kWh/m <sup>2</sup> pr. år	
0 mm	129	131
50 mm	44	46
100 mm	24	26
125 mm	18	20
150 mm	14	16
175 mm	12	14
200 mm	10	12

### Forudsætning

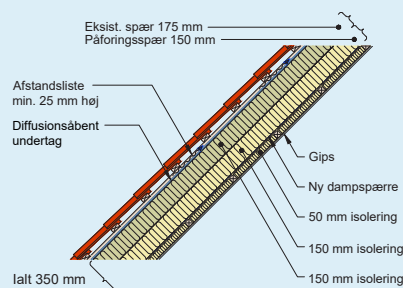
Efterisoleringen udføres med et til konstruktionen egnet isoleringsmateriale med en lambda-værdi på 37-38 mW/m K. For isolering med lavere lambdaværdier kan tykkelsen reduceres. Eksempelvis svarer 125 mm isolering med lambda 31 mW/m K til 150 mm med lambda 37 mW/m K.

Se Videncentrets isoleringstabel: [www.byggerioenergi.dk/media/1697/fra-lambdav-rdi-til-isoleringstykkelse.pdf](http://www.byggerioenergi.dk/media/1697/fra-lambdav-rdi-til-isoleringstykkelse.pdf)

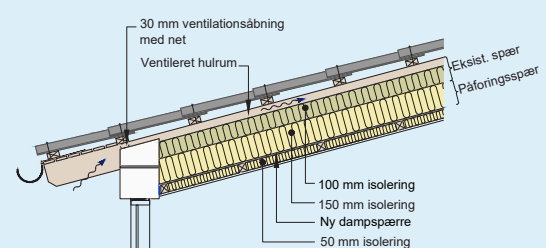
#### 1. Skråvæg med diffusionstæt undertag og indvendig påføring af spær



#### 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 CO<sub>2</sub> 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

<b>Forudsætninger</b>	Et parcelhus i et plan med et etageareal på 130 m <sup>2</sup> og 25° taghældning med loft til kip. Det samlede loftareal er 150 m <sup>2</sup> . 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 <sup>3</sup> . Gaskedlen er ny og kondenserende.	
Årlig energibesparelse kWh pr. m <sup>2</sup>		24 kWh/m <sup>2</sup>
Årlig energibesparelse kWh	$24 \text{ kWh/m}^2 \times 150 \text{ m}^2 =$	3.600 kWh
Årlig energibesparelse m <sup>3</sup>	$3.600 \text{ kWh} / 11 \text{ kWh/m}^3 =$	327 m <sup>3</sup>
Økonomisk besparelse år i, kr.	$3,80 \text{ kr./m}^3 \times 327 \text{ m}^3 =$	4.513 kr.
Årlig CO <sub>2</sub> -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 m<sup>3</sup> naturgas = 9-11 kWh.  
(højest for nye kedler)

### CO<sub>2</sub>-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO<sub>2</sub> pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO<sub>2</sub> pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO<sub>2</sub> pr. kWh
- El: 0,211 kg CO<sub>2</sub> 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.

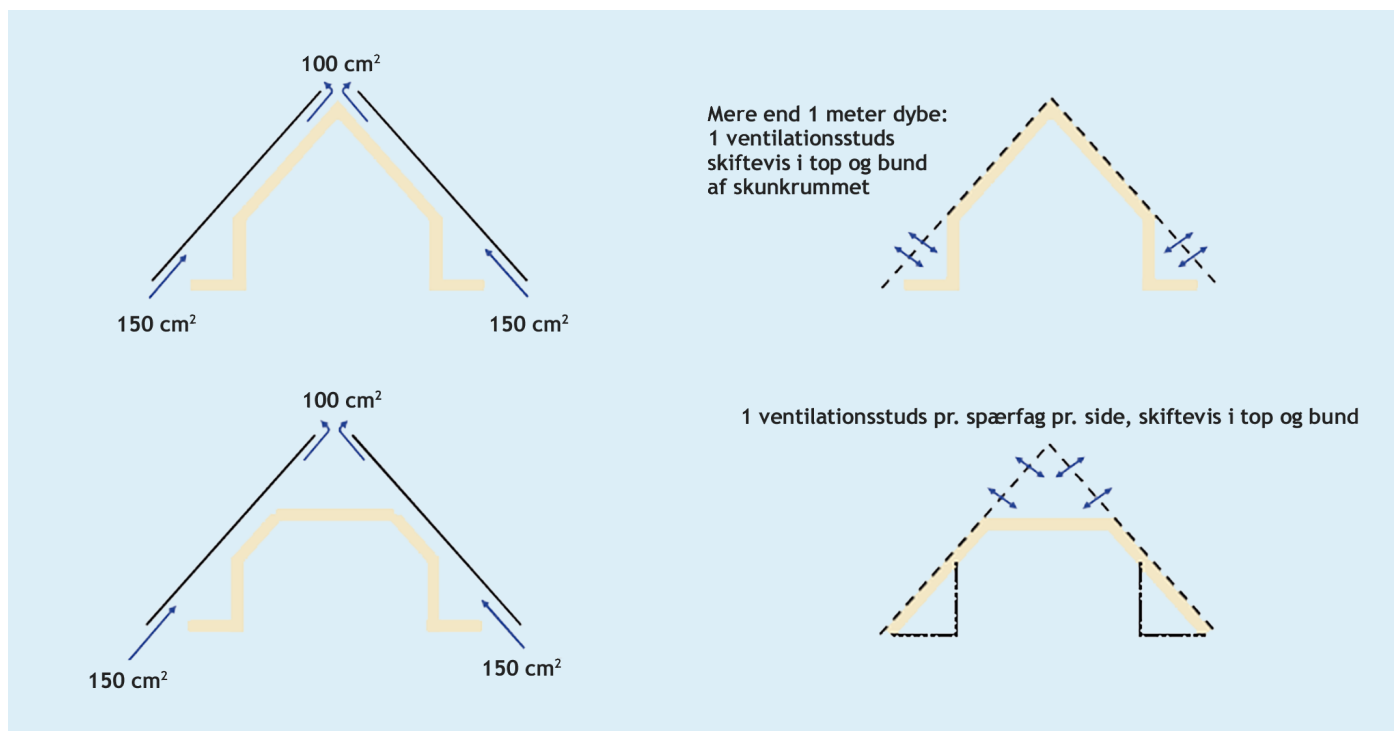
Det er vigtigt, at der etableres en lufttæt dampspærre på isoleringens varme side - typisk på spærenes underside, beskyttet af 50 mm isolering mellem lægter, dækket af indvendig lufttæt beklædning - fx en fuldspartlet gipspladebeklædning. På den udvendige side af dampspærren, skal der minimum isoleres 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 cm<sup>2</sup> og 100 cm<sup>2</sup> i hvert spærfag ved diffusionstæt undertag.

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

Der etableres 150 cm<sup>2</sup> spalte i hver side ved spærfod og 100 cm<sup>2</sup> 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 cm<sup>2</sup>) 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  $0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$  gennemføres i det omfang, det er rentabelt, og ikke medfører risiko for fugtskader.

Dette svarer fx til ca. 300 mm mineraluldsisolering (kl.  $37 \text{ mW/mK}$ ). 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.

Virksomhedens stempel og logo:



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: VarmelsoleringsForeningens produktoversigt  
[www.vif-isolering.dk](http://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](http://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](http://www.byg-erfa.dk)

Bygningsreglement  
[www.bygningsreglementet.dk](http://www.bygningsreglementet.dk)

Dansk Undertagsklassifikationsordning  
[www.duko.dk](http://www.duko.dk)

Film om indvendig efterisolering af skråvæg:  
[www.byggeriogenergi.dk/film-og-praesentationer/klimaskaerm/indvendig-efterisolering-af-skraavaeg/](http://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](http://www.ByggeriOgEnergi.dk)



Videncenter for  
Energibesparelser i Bygninger