



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 skråvæggen eller loftets isolering er mindre end 100 mm, bør skråvæggen/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 skråvæggen og tagkonstruktionen. For at muliggøre en isoleringstykkelse på 300 mm er det oftest nødvendigt at forhøje spærerne.

Skråvægge 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

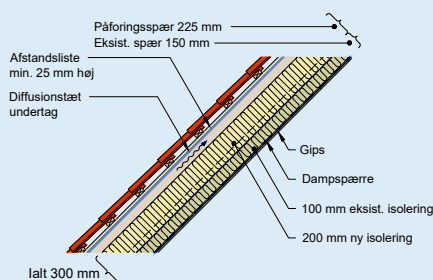
Eksisterende isoleringstykkelse	Ny samlet isoleringstykkelse	
	300 mm isolering U = 0,12	400 mm isolering U = 0,10
	Energibesparelse i kWh/m ² pr. år	
0 mm	129	131
50 mm	44	46
100 mm	24	26
125 mm	18	20
150 mm	14	16
175 mm	12	14
200 mm	10	12

Forudsætning

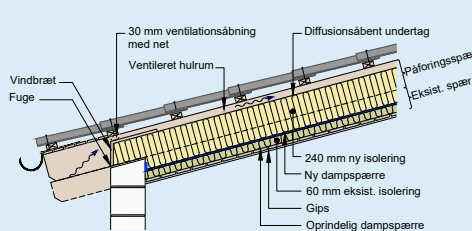
Efterisoleringen udføres med et til konstruktionen egnet isoleringsmateriale med en lambda-værdi på 37-38 mW/m K. For isolering med lavere lambdaværdier kan tykkelsen reduceres. Eksempelvis svarer 125 mm isolering med lambda 31 mW/m K til 150 mm med lambda 37 mW/m K.

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

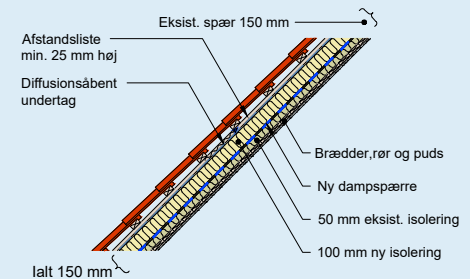
1. Skråvæg med forhøjede spær og diffusionstæt ventileret undertag



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:

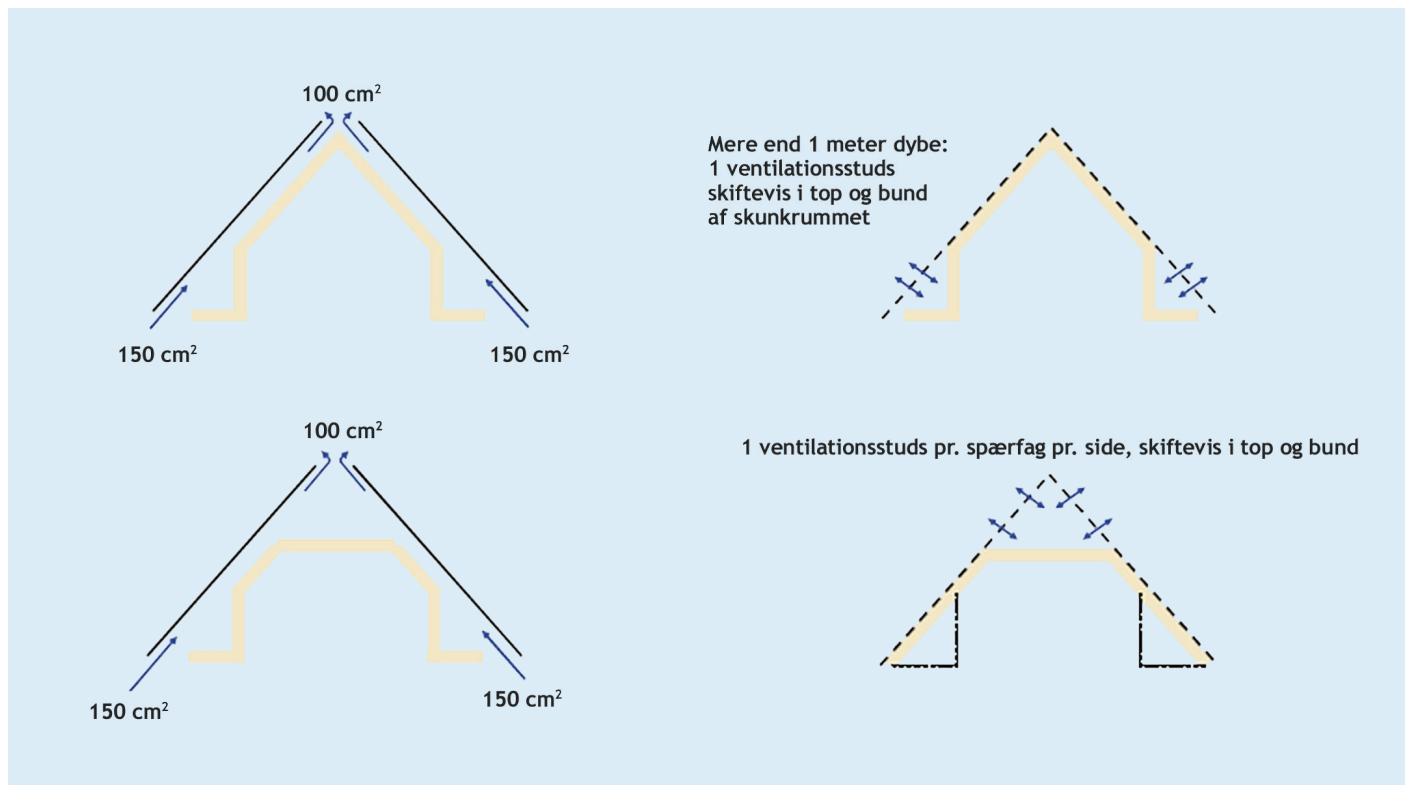
Fugttilførsel fra opvarmede rum hindres med en dampspærre på isoleringens varme side, og fugt udefra hindres ved etablering af nyt undertag samt 20-30 mm ventilation mellem undertag og tagdækning.

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 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.

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.

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

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 Videntcenter 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



Videntcenter for
Energibesparelser i Bygninger