

# Fuktsikker innvendig etter- isolering av mur- og betongvegger

AMBISIØS ENERGIOPPGRADERING NÅR FASADEN SKAL BEVARES





SINTEF Fag

Peter Blom

# **Fuktsikker innvendig etterisolering av mur- og betongvegger**

Ambisiøs energioppgradering når fasaden skal bevares

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Fag 22

Peter Blom

**Fuktsikker innvendig etterisolering av mur- og betongvegger**

Ambisjøs energioppgradering når fasaden skal bevares

Emneord: ambisjøs energioppgradering, etterisolering, fuktsikring, murvegger, betongvegger

Prosjektnr: NFR: 213498/E20 – SINTEF Byggforsk: 102700162

ISSN 1894-1583

ISBN 978-82-536-1404-5

© Copyright SINTEF akademisk forlag 2014

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser.

Uten særskilt avtale med SINTEF akademisk forlag er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bære tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk. Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Byggforsk

Forskningsveien 3 B

Postboks 124 Blindern

0314 OSLO

Tlf.: 22 96 55 55

Faks: 22 96 55 08

[www.sintef.no/byggforsk](http://www.sintef.no/byggforsk)

[www.sintefbok.no](http://www.sintefbok.no)

## Forord

UPGRADE Solutions er et innovasjonsprosjekt i næringslivet som skal identifisere, utvikle og formidle løsninger som er avgjørende for å oppgradere yrkesbygninger mot passivhusnivå. Prosjektet deltar også i det internasjonale forskningsprosjektet IEA SHC task 47 «Renovation of Non-residential Buildings towards Sustainable Standards». Prosjektet retter seg mot næringsbygninger og skoler og omfatter også oppgradering av bygninger med verneverdige hensyn.

UPGRADE Solutions er finansiert av 21 partnere (37 %), Norges forskningsråd (37 %) og Enova (26 %). Asplan Viak er prosjektansvarlig, SINTEF Byggforsk leder prosjekter, og følgende partnere deltar i UPGRADE Solutions:



## Sammendrag

Svært mange eldre murbygninger i norske byer har yttervegger med mangelfull varmeisolasjon. Flere av disse bygningene har et verneverdig arkitektonisk uttrykk som ønskes beholdt. Innvendig etterisolering kan da være det eneste alternativet hvis varmetapet gjennom veggen skal reduseres.

Mangelfull planlegging og utførelse av innvendig etterisolering kan føre til fuktskader og frostskafer på teglsteinsfasader. Denne rapporten beskriver hva som må til for at innvendig etterisolering av yttervegger i eldre murbygninger kan gjennomføres med godt resultat. For å unngå fuktskader forutsettes at veggen er tørr og at den ikke tilføres fuktighet fra utsiden. For å unngå frostskafer i teglsteinsfasader forutsettes at steinen er frostbestandig og har lavt fuktopptak. Dessuten må den innvendige etterisoleringen gjennomføres med god luft- og damptetting.

For å finne ut av om en murbygning kan etterisolerers innvendig er det viktig med tidlig tilstandskontroll. Det er spesielt viktig å kontrollere fukttilstand og bæreevne. Innmurte bjelkeender med råteskader må skiftes ut. En vurdering av slagregnsbelastningen ut fra bygningens beliggenhet, antall etasjer og skjermingsforhold bør også gjennomføres. Ved innvendig isolering kan det være vanskelig å få til en reduksjon av varmetap ved kuldebroer i fasaden. Varmetap ved kuldebroer og kondensfare i veggen bør derfor alltid vurderes ved hjelp av varmetekniske og fukttekniske beregninger. For å unngå en økt risiko for frostskafer bør man i tillegg gjennomføre en prøving av teglsteinens frostbestandighet i forbindelse med oppgradering av teglsteinsfasader.

Impregnering av teglsteinsfasader kan effektivt redusere opptaket av vann ved slagregn på fasaden. Impregnering reduserer også fuktbelastningen på eksisterende, innvendig overflate. Det bør brukes impregneringsmidler som er vannavvisende og fargeløse, har god inntrengningsevne og ikke reduserer dampåpenheten til materialet. God effekt av impregneringen krever at veggen ikke har sprekker eller riss som kan føre til kapillært sug av regnvann.

Innvendig overflate må rengjøres grundig før ny isolasjon legges på. Tapeter og strier må fjernes. Innvendig isolering kan utføres ved å montere bindingsverk av slissede stålprofiler, kombinert med mineralullisolasjon og en dampsperre. Alternativt kan man bruke kompakte konstruksjoner uten stålstendere eller treverk. Eksempler er rehabblokk av lettklinker, eller et stivt isolasjonsmateriale som klebes og/eller skrues til veggen og som pusses eller platekles på innsiden. Ved usikkerhet om fukttilstanden i eksisterende vegg kan det være aktuelt å bruke kapillæraktiv isolasjon eller en «intelligent» dampsperre med variabel dampmotstand.

# Innhold

<b>Forord</b> .....	<b>3</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>4</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>6</b>
1.1 Bakgrunn .....	6
1.2 Målsetting .....	6
1.3 Avgrensninger .....	6
1.4 Utvendig og innvendig isolering av yttervegger .....	6
<b>2 Tilstandskontroll</b> .....	<b>7</b>
2.1 Eldre murkonstruksjoner .....	7
2.2 Kontroll av ytre og indre overflater .....	7
2.3 Stabiliteten til teglvanger.....	8
2.4 Frostsprengning og vannabsorpsjon.....	9
<b>3 Prosjektering og materialvalg</b> .....	<b>11</b>
3.1 Vanninnhold og kondens .....	11
3.2 Fuktskader i bjelkeender .....	11
3.3 Kuldebroer, varmetap og kondensfare.....	12
3.4 Isolasjonstykkelser, -materialer og U-verdier .....	14
3.5 Innvendig tettesjikt .....	16
3.6 Impregnering av murvegger .....	17
3.7 Spesielle hensyn ved pussede fasader.....	18
<b>4 Veggkonstruksjoner og utførelse</b> .....	<b>19</b>
<b>5 Litteratur</b> .....	<b>22</b>
5.1 Lover og forskrifter .....	22
5.2 Standarder .....	22
5.3 Byggforskserien fra SINTEF Byggforsk .....	22
5.4 Øvrig litteratur .....	22

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Bakgrunnen for arbeidet er at mange eksisterende yrkesbygninger med yttervegger i mur og betong har utilstrekkelig varmeisolasjon. Det gjelder spesielt eldre bygninger der fasader ønskes beholdt ut fra estetiske hensyn. Fasader kan også være fredet etter kulturminneloven eller regulert som bevaringsverdig etter pbl. Den eneste løsningen er da å etterisolere fra innsiden. Innvendig isolering av yttervegger har vært ansett som et risikabelt tiltak som nærmest har blitt frarådet. Men hvis varmetapet fra eksisterende bygninger i Norge skal reduseres vesentlig i årene framover, må også løsninger med innvendig isolering tas i bruk.

## 1.2 Målsetting

Rapporten viser hvilke bygninger som egner seg for denne typen etterisolering, og hvilke hensyn man må ta og hvordan man skal gå fram for å få en fullgod løsning. Rapporten foreslår gjennomføring av tilstandskontroll, prosjektering og utførelse av innvendig isolering av eldre yttervegger i mur.

## 1.3 Avgrensninger

Fokus i rapporten er på upussede teglfasader, men anbefalinger og løsninger kan også være aktuelle for pussede mur- eller betongvegger. Lette yttervegger eller lette fyllingsvegger mellom bærende søyler kan også isoleres innvendig, men det kan ofte gjøres uten stor risiko for skader i konstruksjonen og er derfor i liten grad behandlet her.

## 1.4 Utvendig og innvendig isolering av yttervegger

Eldre yttervegger av mur bør i utgangspunktet etterisoleres på utsiden av veggkonstruksjonen. Ved utvendig tilleggisolering slipper man ekstra varmetap ved etasjeskillere og tilstøtende innervegger, det vil si at kuldebroer elimineres. Utvendig isolering gjør at eksisterende veggkonstruksjon blir varmere og dermed tørrere. Mange eldre fasader trenger dessuten reparasjoner og oppussing. Men utvendig isolasjon har også ulemper. I tillegg til å miste et arkitektonisk uttrykk er det negativt at overgangen mellom tak og vegg må bygges om hvis vegglivet blir flyttet utover. I tillegg kan gjeldende reguleringsbestemmelser være et hinder for en utvendig etterisolering.

Hvis de riktige forutsetningene er på plass, kan innvendig isolering av murbygninger gjennomføres på en faglig forsvarlig måte. Man må imidlertid ta hensyn til at eksisterende vegg kan bli fuktigere enn før. Det kan føre til økt risiko for soppvekst på eksisterende innvendig overflate og økt risiko for frostskafer på teglstein. Man må også huske på at innvendig isolering reduserer tilgjengelig innvendig golvareal og at bedriftens normale arbeidsprosesser forstyrres mens arbeidene pågår. Arbeid med tilpasning av vindusforinger og rør- og elinstallasjoner kan være kostnadskrevenende.

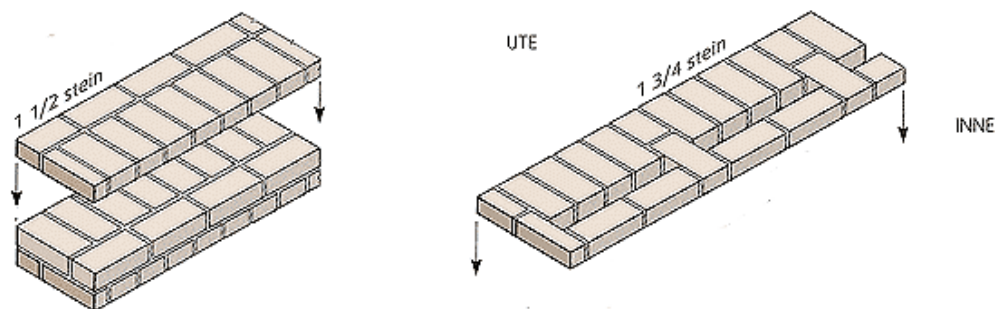
Generelt er innvendig etterisolering mindre aktuelt for murfasader der utvendig overflate og kledning har store skader. Er det risiko for at ytterveggene fuktes opp av slagregn, skal det ikke isoleres innvendig. Yttervegger mot terreng som har problemer med opptrekk av fuktighet fra grunnen, egner seg heller ikke for innvendig isolering. Isoleringen reduserer avdampingen av fuktighet trukket opp fra grunnen og fører til høyt fuktinnhold i veggen. Eldre, pussede porebetongvegger er som regel også lite egnet. Porebetongblokker suger vann, og hvis det er små sprekker i utvendig overflatebehandling, kan det oppstå store skader. Mange eldre porebetongfasader har dessuten en porøs puss som ikke gir tilstrekkelig beskyttelse av blokkene bak. Innvendig etterisolering av slike fasader krever som regel en ny, tett overflatebehandling og en beliggenhet med liten slagregnsbelastning.



## 2 Tilstandskontroll

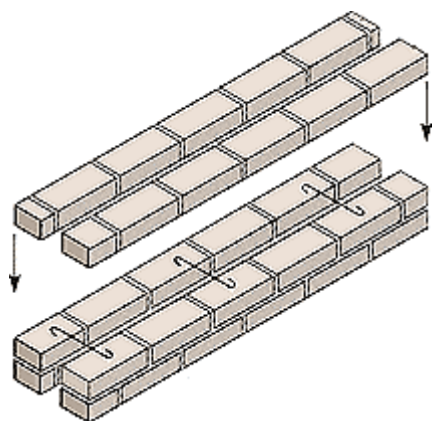
### 2.1 Eldre murkonstruksjoner

Eldre murvegger kan være massive teglvegger, som var vanlig i Norge fram til ca. 1890, eller ulike typer hulmursvegger. Se figur 2.1 a. Etter 1935 ble det bygd noen engelske hulmurer (skallmurer) i Norge. Veggene ble murt av to halvsteins teglvanger bundet sammen med ståltrådbindere innmurt i horisontale mørtelfuger i vangene, og med et uisolert hulrom på 50–100 mm mellom vangene. Se figur 2.1 b. Etter 1949 ble hulrommet isolert med 5–10 cm. Se figur 4 a. Skallmurene har i sin tur i økende grad blitt erstattet av forblendingsvegger, der bakveggen kan være en lettvegg, betongvegg eller annen type murvegg.



Figur 2.1 a

Eksempel på massivmur (1½-steins) til venstre og eldre hulmur (Trondheims-hulmur) til høyre. Slagregn som trenger inn i vegg, kan suges kapillært inn mot innvendig side, spesielt i massive vegger. (Byggforskserien, Byggforskserien, Byggforvaltning 723.308)



Figur 2.1 b

Engelsk hulmur med bindere av stål. Fra slutten av 1940-tallet ble slike hulmurer (skallmurer) isolert med 5–10 cm mineralull (murplater). (Byggforskserien, Byggforskserien, Byggforvaltning 723.308)

### 2.2 Kontroll av ytre og indre overflater

Før isoleringsarbeidet starter, må man gjøre en grundig tilstandskontroll av fasaden. Man kartlegger hvorvidt utbedring er nødvendig.

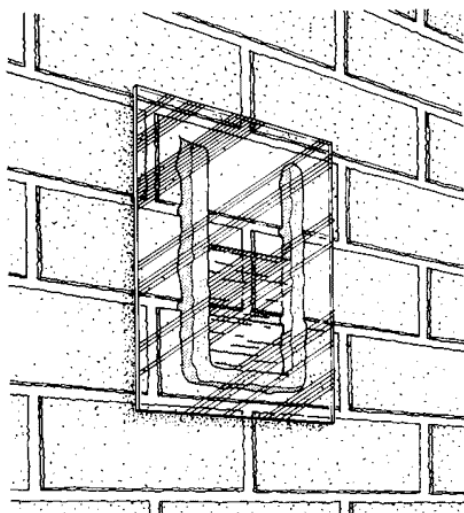
Man må kartlegge lekkasjer i takrenner, nedløpsrør og utettheter rundt vinduer og liknende. Teglfasader bør ikke ha frostskafer eller store saltutslag. Fuger skal være velfylte og godt komprimert. Pussede teglfasader må undersøkes for riss og sprekker, bompartier, heft mellom puss og underlag, fuktmerker og saltutslag. Se Byggforskserien, Byggforskserien, Byggforvaltning 742.864

og 742.302 samt [5.4.1] <sup>1 2,3</sup>. Slike symptomer kan også være indikatorer på at det ved tidligere utbedring ble brukt materialer som ikke passer til den opprinnelige konstruksjonen. Det kan blant annet være at malingen ikke er egnet for pussunderlaget og er for damptett, se Byggforskserien, Byggforskserien, Byggforvaltning 742.663. <sup>4</sup>. For betongfasader er skader først og fremst knyttet til korrosjon i armeringsjern og påfølgende avskallinger.

Fasadestein bør kontrolleres for frostbestandighet. Dårlig frostbestandighet henger sammen med et høyt vannopptak ved slagregn. Høyt vannopptak kan øke risikoen for sopp- og kondensskader ved innvendig etterisolering. Vannopptaket i teglstein kan undersøkes ved å måle minuttsug og vannabsorpsjon. Se avsnitt 2.4. En enklere og dertil ikke-destruktiv metode for å kontrollere vannopptak i stein og fuger er kitt-og-glassplate-metoden. Se figur 2.2.

Høyt vannopptak avgjøres også av hvor utsatt ytterveggen er for vind og regn. Dominerende slagregnsretning, terrengetype, skjerming og bygningens høyde må tas med i betraktning før man isolerer innvendig.

Innvendig overflate må sjekkes for fuktmerker og saltutslag. Høyt fuktinnhold på grunn av oppstigende fuktighet fra grunnen eller lekkasjer i utvendig overflate kan kartlegges med instrumenter for måling av fukt (fuktsøkere). Man kartlegger innvendig overflatebehandling (malingsjikt eller tapet) som må fjernes før isolering.



Figur 2.2

Kitt-og-glassplate-metoden går ut på at man legger plastisk fugekitt i en U-form rundt den fugen man vil undersøke. En glassplate trykkes fast mot kittet og danner dermed en lomme mellom veggen og glasset (bredde på 100 mm og tykkelse på 10 mm). Deretter fylles vann i lomma til en bestemt vannstand (100 mm). Etter innledende oppfuktning av stein og fuge etterfylles vannlommen, og man kontrollerer hvor raskt vannet synker. For et normalt godt utført murverk vil vannet vanligvis synke mindre enn 20 mm på 5 minutter. (Byggforskserien, Byggforskserien, Byggforvaltning 742.302)

## 2.3 Stabiliteten til teglvanger

I forbindelse med etterisolering bør man kontrollere stabiliteten til skallmurer og forblendingsvegger. Trådbinderne vist i figur 2.3 kan være så korrodert at stabiliteten til fasaden er usikker. Kontrollen

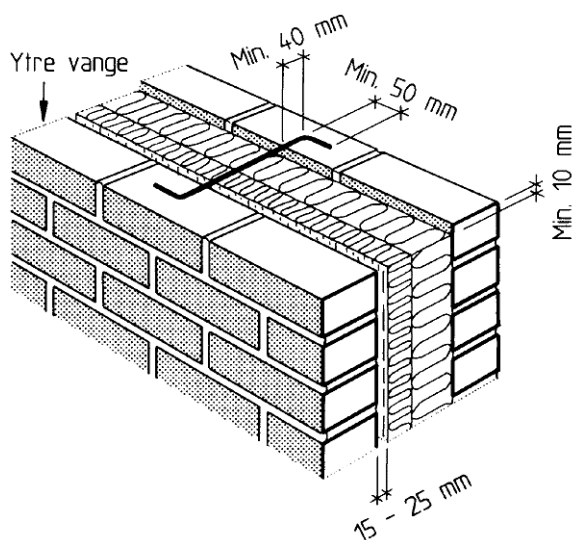
<sup>1</sup> Byggforskserien, Byggforvaltning 742.864 Fasadepuss. Skader og utbedringsalternativer.

<sup>2</sup> Byggforskserien, Byggdetaljer 742.302 Tilsyn og vedlikehold av utvendige mur-, puss- og betongoverflater

<sup>3</sup> Fasader Rehabilitering 2009. Norsk Puss- og Mørtelforening. [www.npmf.no](http://www.npmf.no)

<sup>4</sup> Byggforskserien, Byggforvaltning 742.663 Maling av pussede fasader på eksisterende bygninger.

inkluderer både en visuell kontroll av fasaden med tanke på deformasjoner, rustflekker og utsprenning av fugemørtel. I tillegg kan man frilegge et tilstrekkelig antall bindere for inspeksjon og eventuell uttreksprøve. Se Byggforskserien, Byggforskserien, Byggforvaltning 723.315. Binderne i nye skallmurer skal være av rustfritt, kaldtrukket ståltråd med diameter på minst 4 mm.



Figur 2.3  
Moderne skallmurvegg. Ved etterisolering må man kontrollere forankringen av ytre murvange. (Byggforskserien, Byggforvaltning 723.315)

## 2.4 Frostsprengning og vannabsorpsjon

Tegl har et poresystem som alltid inneholder noe vann, både overskuddsvann fra fugemørtel under oppføringen og vann tilført fra slagregn. Under tilfrysing om vinteren får vannet en volumutvidelse på ca. 9 %. Er det ikke tilgjengelig fritt porevolum i steinen da, kan det oppstå frostsprengning og avskalling. Se figur 2.4. God frostbestandighet avhenger av både porevolum og porestruktur. En viss andel grove porer i steinen og høy brenningsgrad er gunstig for frostbestandigheten.

Omfattende frostskafer skjer oftest på kalde, frittstående vegger, for eksempel støttemurer og piper. Det kan imidlertid også skje på yttervegger, og innvendig etterisolering kan øke risikoen. Det gjelder først og fremst for uisolerte murvegger. Årsaken er at vanninnholdet i de ytre delene av en teglsteinsvange tørker saktere ut når veggen isoleres innvendig. Se figur 3.6. I tillegg synker temperaturen i samme sjikt med ca. 1,5–2 °C i vintersesongen. Hvis ytterveggen har noe utvendig isolasjon fra før, vil temperatursenkningen på grunn av tilleggsisolering bli mindre. Da vil det først og fremst være utendørs klima som bestemmer temperatur og fukttilstand i veggen, slik at innvendig isolering ikke får noen betydning for faren for frostskafer.



Figur 2.4  
Frostskader i eldre teglsteinsfasade. Kilde: Byggforskserien

Før man tar en endelig avgjørelse om å tilleggisolere på innsiden av en murfasade, bør steinens frostbestandighet vurderes. Erfarne fagfolk kan få et godt inntrykk av steinens brenningsgrad og dermed også frostbestandigheten ved å banke lett på steinen – en såkalt klangtest.

Frostbestandighet undersøkes i laboratorium ved å utsette steinen for fryse/tine-sykluser. Målingene krever at et representativt utvalg av steiner kan meisles ut av fasaden. Steiner tatt ut fra innvendig overflate er ofte av dårligere kvalitet enn fasadesteinen, og bør ikke brukes. Prøvingen starter ved at steinen lagres i vann i ett døgn. Deretter lagres steinen i frysekammer ved  $-16\text{ °C}$  til  $-20\text{ °C}$ , til steinen er gjennomfrosset. Deretter tines steinen i vannbad på  $20\text{ °C}$  før syklusen gjentas. Normalt gjennomfører man 84 sykluser. Underveis undersøker man prøvestykkene for avskalling og vekt- og lengdeendringer.

Vannabsorpsjon og minuttsug er mål for hvor mye vann teglstein kan ta opp. Høy vannabsorpsjon (over ca. 20 %) indikerer lav frostbestandighet, i tillegg til at risikoen for kondensproblemer ved innvendig isolering kan øke. Se tabell 2.4. Måleprosedyren er beskrevet i NS-EN 772-11. Se også Byggforskserien, Byggdetaljer 571.201.

Tabell 2.4  
Densitet, trykkfasthet og fuktekniske egenskaper for teglstein

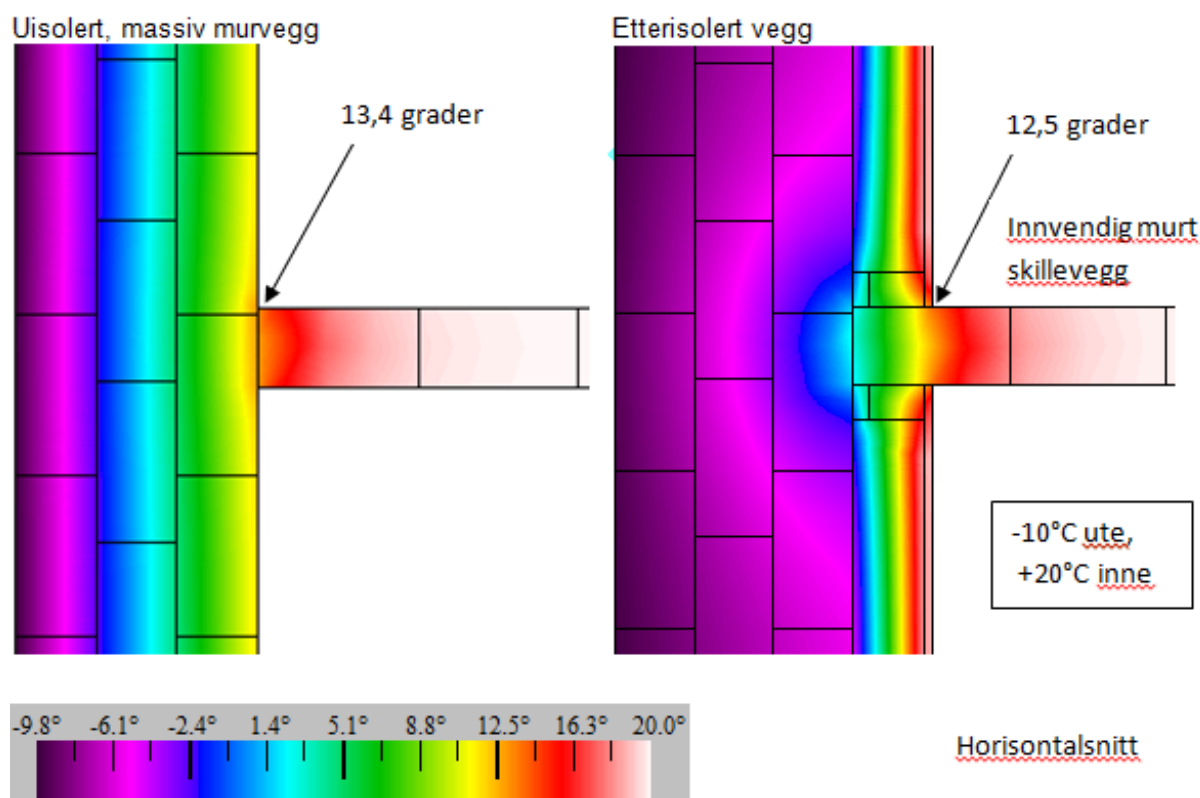
Farge	Densitet kg/m <sup>3</sup>	Trykkfasthet N/mm <sup>2</sup>	Minuttsug kg/(m <sup>2</sup> min)	Vannabsorpsjon volumprosent
Rød, brun	2 150	> 45	1,5	10
Rosa, oker, lys	1 750	> 35	4,5	25

### 3 Prosjektering og materialvalg

#### 3.1 Vanninnhold og kondens

Innvendig isolering av en teglvegg kan føre til økt vanninnhold i veggen, ettersom uttørking av veggen nå bare kan skje utover. Redusert temperatur i veggen etter isolering forsinker også uttørkingen. Økt vanninnhold øker risiko for frostskafer og saltutslag. På varme sommerdager kan sola drive fuktighet innover i veggen og føre til kondens på eventuelt innvendig tettesjikt. Et annet problem er mulig kondens på innvendige overflater på grunn av høy relativ luftfuktighet i innelufta og kuldebroer.

Figur 3.1 viser at temperaturen i hjørnet synker litt sammenliknet med uisolert konstruksjon. I et fuktig innklima kan dermed etterisolering øke risikoen for kondens og soppdannelse. Om overflatetemperaturen på innvendig overflate synker eller stiger ved etterisolering, avhenger av isolasjonstykkelse og typer materialer. Generelt endres ikke temperaturen i slike hjørner vesentlig ved etterisolering. Hvis kondens eller soppvekst på innvendige overflater ikke har vært et problem tidligere, vil det med stor sannsynlighet heller ikke oppstå ved isolering.



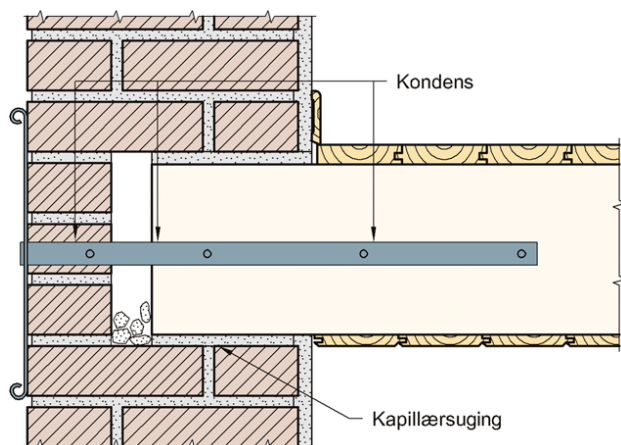
Figur 3.1

Temperaturfordeling i uisolert, massiv murvegg til venstre, etterisolert vegg til høyre. Fargene illustrerer temperaturnivå, som vist på skala under figurene. Den innvendige murveggen danner kuldebro i etterisolert vegg. Hjørnet mellom veggene er kritisk punkt for kondensfare. Temperaturen i hjørnet synker med 0,9 °C ved etterisolering.

#### 3.2 Fuktskader i bjelkeender

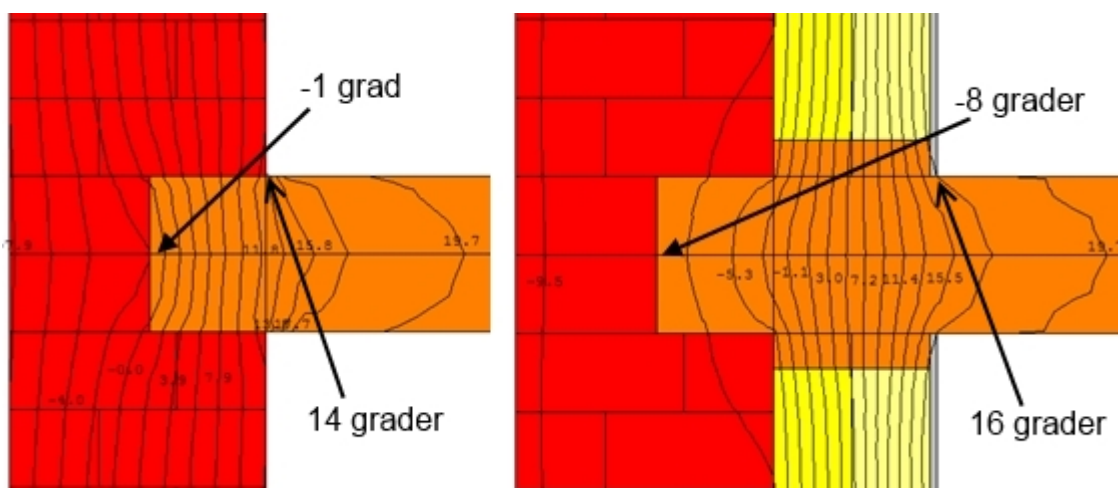
Flere eldre murbygninger har trebjelkelag der opplegget for bjelkene ligger inni ytterveggene. Se figur 3.2 a. Ved innvendig etterisolering får bjelkeendene lavere temperatur store deler av året, og blir dermed mer utsatt for fuktskader. Temperaturberegningene i figur 3.2 b viser at temperaturen er mye lavere ved bjelkeendene etter isolering. Er veggen utett mot slagregn, eller innvendig tettesjikt utett, er det økt risiko for kondens og råte i bjelkeendene ved etterisolering. På den annen side stiger

temperaturene i overgangen mellom golv og vegg på innsiden. Det er gunstig med tanke på faren for kondens eller soppvekst i dette området.



Figur 3.2 a  
Innmurte bjelkeender i murverk må kontrolleres for fukt- og råteskader ved innvendig isolering. (Byggforskserien, Byggforvaltning 723.235)

Innmurte bjelkeender er utsatt for angrep av ekte hussopp og andre typer råtesopper. Innvendig etterisolering kan forverre forholdene. Er det mistanke om råteangrep, bør man undersøke bjelkeendene med fiberskop, kjerneboring eller boring med spesialbor som registrerer boremotstanden. Bjelkeendene bør ikke ha høyere fuktinnhold enn 17–18 vektprosent. Man må også sikre at bjelkeendene ikke tilføres fuktighet utenfra. Det er også avgjørende at det etableres god lufttetting mellom bjelker og eksisterende vegg. Det kan man for eksempel gjøre med fleksible, selvklebende tettestånd. Ved råteskader må man skifte ut bjelkene.



Figur 3.2 b  
Temperaturforhold i bjelkeende før (venstre) og etter (høyre) isolering av en 1½-stoins teglsteinsvegg. Bjelkeenden blir langt kaldere ved etterisolering, mens temperaturen i overgang mellom golv og vegg stiger. Temperatur ved bjelkeende og overgang mellom golv og vegg er beregnet ved stasjonær ute- og innetemperatur på henholdsvis -10 °C og +20 °C. Isolerer man ikke mellom bjelkene, synker ikke temperaturen i bjelkeenden så mye som figuren viser.

### 3.3 Kuldebroer, varmetap og kondensfare

Innvendig isolering gjør det vanskeligere å få til gode løsninger på kuldebroer i fasaden. I den nylig oppgraderte og fredede bygningen Middelthungsgate 29 (NVE-bygget) utgjør utstikkende



dekkeforkanter en kuldebro. Se figur 3.3 a. I de eksisterende dekkene var det plassert en kuldebroyter bestående av 2 cm mineralull mellom dekkeforkant og kledning, og det var ikke plass til å øke tykkelsen på den.



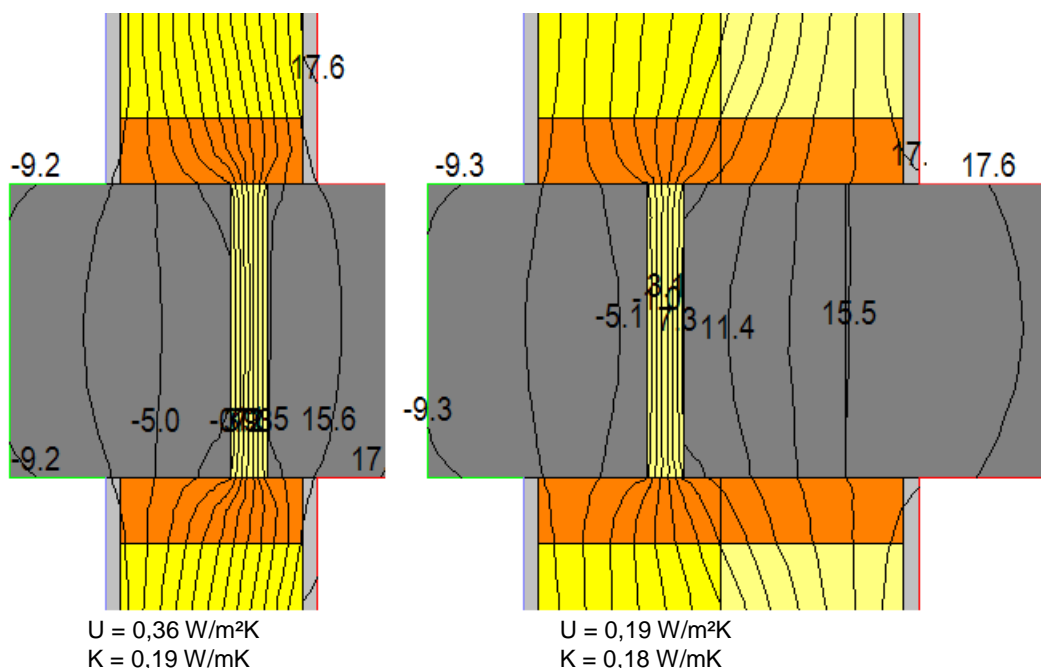
Figur 3.3 a  
Rehabiliteret fasade i NVE-bygget. Etasjeskiller i betong kommer til syne utvendig på fasaden. Kilde: UPGRADE Solutions

Figur 3.3 b viser beregnet U-verdi og kuldebroverdi for en lettvegg med kuldebroyter på 20 mm. Ved etterisolering av veggen reduseres kuldebroverdien for dekkeforkanten fra 0,19 W/mK til 0,18 W/mK. Dette er et stort kuldebrotap. Den innvendige isoleringen reduserer dette varmetapet minimalt. Men siden mange yrkesbygninger har et stort bruksareal, kan de ha et kuldebrotap som isolert sett er stort, men likevel ha relativt lav normalisert<sup>5</sup> kuldebroverdi (NKV (W/m<sup>2</sup>)), det vil si samlet varmetap (W) gjennom alle kuldebroer i bygningen dividert på oppvarmet bruksareal for bygningen.

Beregnet temperatur på golvoverflaten i hjørnet stiger noe ved etterisolering. Tiltaket øker altså ikke komfort- eller kondensproblemer ved kuldebroer, men det kan variere med type konstruksjon og isolasjonstykkelse før og etter tiltaket.

---

<sup>5</sup> Normalisert kuldebroverdi, NKV (W/m<sup>2</sup>), er samlet varmetap (W) gjennom alle kuldebroer i bygningen dividert på oppvarmet bruksareal.



Figur 3.3 b

Beregnet temperaturfordeling for yttervegg og etasjeskiller av betong ved innvendig etterisolering av en lettvegg. Veggens har 98 mm isolasjon før tilleggsisolering og 196 mm isolasjon etter tilleggsisolering. Det er 20 mm kuldebryter både før og etter isolering. Ute- og innetemperatur er henholdsvis -10 °C og +20 °C. Overflatetemperaturen på golvet i hjørnet stiger med litt over 1 °C ved etterisolering.

### 3.4 Isolasjonstykkelser, -materialer og U-verdier

En ambisiøs energioppgradering av yrkesbygninger kan ha som målsetting å oppfylle kravene til varmetap og energibruk i passivhus eller lavenergibygninger etter NS 3701. Det betyr normalt at ytterkonstruksjonene må etterisoleres. Kravene til maksimalt transmisjons- og infiltrasjonsvarmetap i NS 3701 er gjengitt i tabell 3.4 a.

Alternativt kan oppgraderingen ha som målsetting å få et bedre merke i energimerkeordningen. Under denne ordningen stilles ingen spesielle krav til transmisjons- og infiltrasjonsvarmetap. Det er energikarakter (levert energi til bygningen) og oppvarmingskarakter som bestemmer merket. Siden mange yrkesbygninger har relativt stort bruksareal i forhold til arealet av ytterkonstruksjoner, kan bygningen få Energimerke A eller B selv med relativt dårlig isolasjon i vegger og tak (høyt varmetapstall). Dersom oppgraderingen av bygningen karakteriseres som en hovedombygging, må ytterkonstruksjonene likevel oppfylle dagens krav til isolasjonsstandard (TEK10). Det vil si at både minstekrav til U-verdi til de enkelte bygningsdelene og kravet til totalt varmetap må være oppfylt. Bygningsmyndighetene kan imidlertid gi dispensasjon fra kravet hvis kostnadene ved tiltaket er urimelig store.

Minstekrav til U-verdi for yttervegger i TEK10 er 0,22 W/(m<sup>2</sup>K). Kravet gjelder for en U-verdi beregnet som et gjennomsnitt av alle veggflatene i bygningen. Åpninger (vinduer og dører) og kuldebroer som ikke er en naturlig del av veggkonstruksjonen, tas ikke med i beregningen.

Når man beregner U-verdier for yttervegger i yrkesbygninger, må man ta hensyn til at andelen vindusareal i fasaden er større enn i bolighus. Det øker andelen av treverk i lettvegger, og dermed påvirkes også U-verdien, se tabell 3.4 b.

Tabell 3.4 a

Krav til maksimalt transmisjons- og infiltrasjonsvarmetap (varmetapstall). Utdrag fra tabell 3 i NS 3701. Tabellen gjelder for yrkesbygninger med oppvarmet bruksareal > 1 000 m<sup>2</sup>.



Bygningskategori	Passivhus W/(m <sup>2</sup> K)	Lavenergibygning W/(m <sup>2</sup> K)
Barnehage	0,4	0,5
Kontorbygning	0,4	0,5
Idrettsbygning	0,45	0,6
Forretningsbygning	0,4	0,5

Tabell 3.4 b

U-verdier for yttervegger over terreng med bindingsverk av tre med gjennomgående stendere, alternativt med 48 eller 98 mm utlekting. Dimensjonerende varmekonduktivitet er 0,035 W/m<sup>2</sup>K. U<sub>2,45</sub> er beregnet U-verdi for en vegg uten vinduer og dører og med romhøyde 2,4 m. U<sub>7,5</sub> er beregnet U-verdi for en vegg med romhøyde 2,6 m og vindusareal som i en stor næringsbygning. (Fra Tabell 42 i Byggforskserien, Byggdetaljer 471.401)

Tykkelse, isolasjon	Dimensjoner, bindingsverk		U-verdi avhengig av lengde treverk per m <sup>2</sup> netto veggareal				
			W/(m <sup>2</sup> K)				
mm	mm	mm	U <sub>2,45</sub>	U <sub>3,5</sub>	U <sub>4,5</sub>	U <sub>5,5</sub>	U <sub>7,5</sub>
150	98+48	36	0,25	0,27	0,29	0,31	0,34
	148	48	0,26	0,28	0,30	0,32	0,37
200	148+48	36	0,19	0,21	0,22	0,24	0,26
	198	48	0,20	0,22	0,24	0,25	0,28

Valg av isolasjonsmateriale og isolasjonstykkelse avhenger av veggkonstruksjon og klima. I tørre vegger med god beskyttelse mot slagregn og god evne til uttørking utover kan man i prinsippet montere mye isolasjon innvendig. På grunn av reduksjonen av innvendig bruksareal er det imidlertid sjelden aktuelt å isolere med mer enn 10 cm isolasjon. I bygninger med mange innbindende vegger og dekker vil også kuldebrotapet være så stort at effekten av enda tykkere isolasjon i stor grad spises opp. Eksempler på innvendig etterisolerte vegger er vist i kapittel 4.

Er man usikker på slagregnsbeskyttelsen eller fukttilstanden i veggen, er det i utgangspunktet sikrest å unngå innvendig isolering. Man kan også benytte såkalt kapillæraktiv isolasjon uten innvendig dampspærre. Kapillæraktiv isolasjon kan i vinterhalvåret trekke fuktighet kapillært fra en våt murvegg og mot innemiljøet, og dermed utjevne fuktnivået i veggverrsnittet. For å sikre uttørking mot inneluft må det ikke være noen dampspærre på innvendig side. Innvendig lufttetthet må likevel ivaretas. Eksempel på kapillæraktiv isolasjon er plater basert på kalsiumsilikat. Slike plater brukes i dag mest som brannisolasjon, men det er utviklet plater som også kan brukes som varmeisolasjon i vegger. Se tabell 3.4 c. Celluloseisolasjon kan til en viss grad også transportere vann kapillært. Tabell 3.4 d viser U-verdier for etterisolerte veggkonstruksjoner.

Tabell 3.4 c

Varmekonduktivitet ( $\lambda_D$ ) for ulike isolasjonsmaterialer. Verdiene gjelder plater hvis ikke annet er angitt. (Byggforskserien, Byggdetaljer 573.344)

Isolasjonsmateriale	W/(mK)
Steinull	≥ 0,033
Glassull	≥ 0,033
Kalsiumsilikat	0,07
Ekspandert polystyren	≥ 0,031
Ekstrudert polystyren	≥ 0,033
Skumglass	≥ 0,038
Polyuretan	≥ 0,023

Cellulose (løssull)	≥ 0,04
Trefiber	≥ 0,04
Vakuum isolasjonspanel (VIP)	≥0,006
Aerogel	≥ 0,015
Steinull	≥ 0,033

Tabell 3.4 d

Eksempler på U-verdier (W/(m<sup>2</sup>K)) for eldre veggtyper og -materialer. (Byggforskserien, Byggforvaltning 723.314)

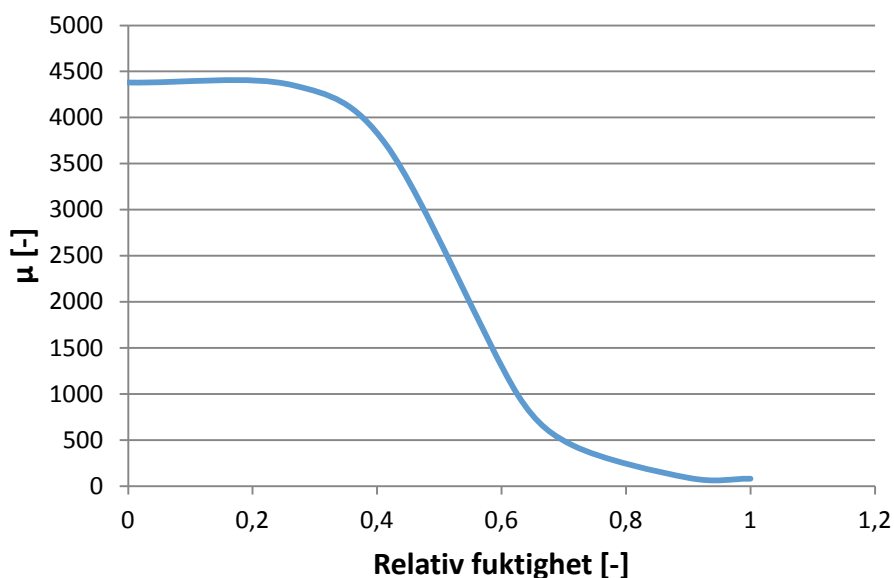
Veggtype	Ca. U-verdi <sup>1)</sup> (W/(m <sup>2</sup> K)) Opprinnelig	Ca. U-verdi <sup>1)</sup> (W/(m <sup>2</sup> K)) Etterisolert konstruksjon – isolasjonstykkelse			
		50 mm	100 mm	150 mm	200 mm
Uisolert vegg av massiv tegl	2,1	0,65	0,38	0,27	0,21
Vegg murt av blokker av:					
250 mm betonghullblokk	1,49	0,55	0,34	0,25	0,20
250 mm lettklinkerbetong	0,78	0,41	0,28	0,22	0,17
250 mm porebetong	0,50	0,30	0,23	0,20	0,15
Teglvegg av:					
Skallmur, 50 mm isolasjon	0,51	0,31	0,23	0,18	0,15
1¾-steins hulmur	1,10	0,45	0,30	0,25	0,20
2¼-steins hulmur	0,85	0,40	0,30	0,20	0,15

<sup>1)</sup> Isolasjon med λ på 0,037 og 0,038 W/(m<sup>2</sup>K)

### 3.5 Innvendig tettesjikt

Risikoen for kondensering på grunn av fuktig luft fra innemiljøet kan reduseres med et damp- og lufttett sjikt. I tørre vegger med god uttørkingsevne utover og isolasjon av mineralullmatter kan man bruke en 0,02 mm dampspærre av polyetylen på innsiden. Hvis det er mulighet for at murveggen kan fuktes opp av slagregn, kan såkalte «intelligente» dampsperrer være et alternativ. Det er produkter der dampåpenheten varierer med relativ luftfuktighet i omgivelsene. Blir det svært fuktig på den ene siden på grunn av kondens, øker dampåpenheten kraftig. Se figur 3.5. Det kan være nyttig om sommeren, da soloppvarming driver fuktighet i murveggen inn mot dampsperra.

Mange yrkesbygninger har et tørt innklima på grunn av god ventilasjon i forhold til antall ansatte. Innvendig isolering i slike bygninger kan derfor være mindre risikofyllt enn i boliger, som kan ha høyere luftfuktighet innendørs og dårligere ventilasjon.



Figur 3.5

Diffusjonsmotstandstall ( $\mu$ ) for «intelligent» dampsperre av polyamidfolie (PA-folie), avhengig av relativ fuktighet i omgivelsene. Diffusjonsmotstanden i materialet synker når fuktigheten i lufta på en side av membranen stiger. Data fra fuktbergningsprogrammet WUFI

### 3.6 Impregnering av murvegger

Impregnering med et vannavvisende middel kan redusere risikoen for frost- og fuktskader i eldre, massive og upussede teglsteinsfasader. I tillegg til bedre frostbestandighet kan impregneringen gi lavere relativ fuktighet i grenseflaten mellom eksisterende innvendig overflate og innvendig isolering. Selv om veggen er uten synlige skader, kan det likevel være fornuftig å impregnere fasaden. Mange teglsteinstyper og fugemørtler har et stort vannoppsug. Fuktigheten kan føre til frostskaader, fuktskader og økt varmetap.

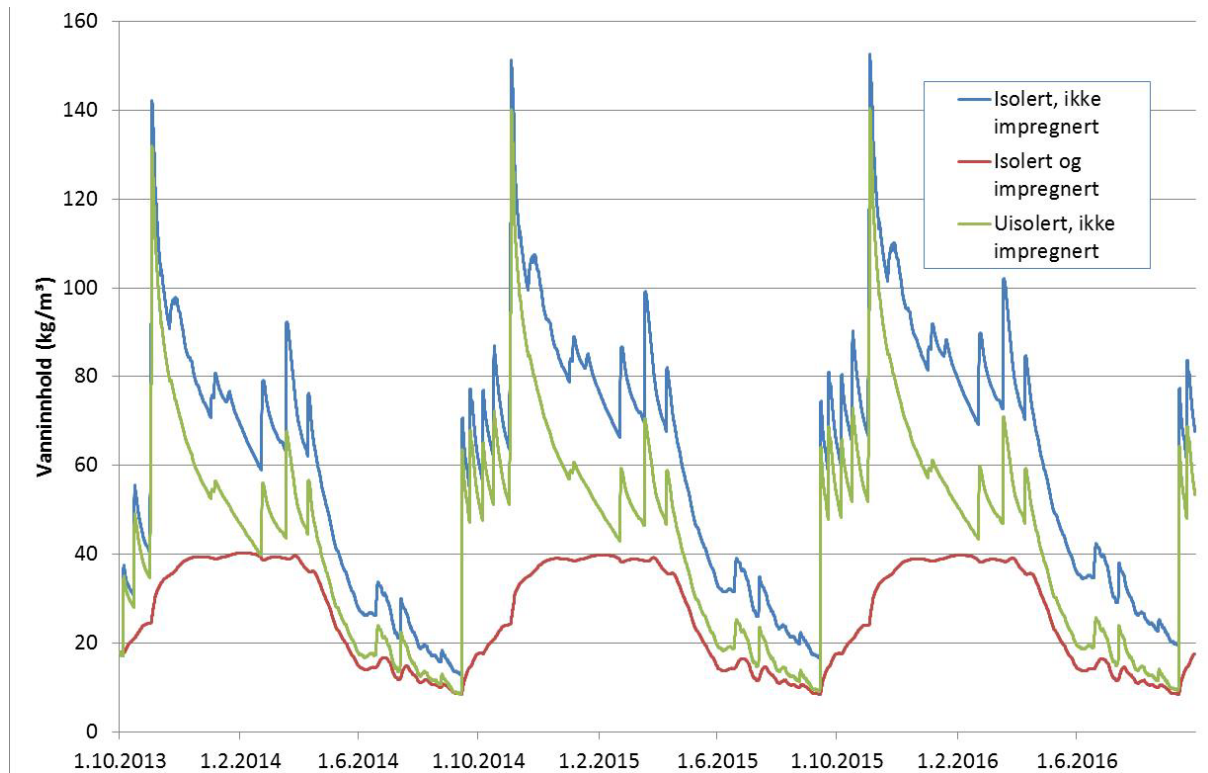
Man må være oppmerksom på at impregneringsmidler ikke tetter sprekker og riss i veggen. Hvis slagregn trenger inn i veggen via sprekker, kan impregnering faktisk være uheldig. Akkurat som impregnering hindrer kapillært sug av regnvann inn i veggen, stopper det også kapillært sug av vann *ut* av veggen. Impregneringsmidler må derfor bare brukes etter vurdering av fagfolk.

Impregneringsmidler for betong- og murverk har tradisjonelt vært basert på ulike typer silisiumorganiske forbindelser, først og fremst silaner og siloksaner. Slike midler består av molekyler med en uorganisk og en organisk del. Den uorganiske delen attraheres og bindes kjemisk til poreveggen, mens den organiske delen vender utover og støter bort vannet. Porøsiteten i materialet endres ikke, siden volumet av behandlingen er svært lite. Dermed reduseres ikke materialets dampåpenhet, mens den kapillære sugeeffekten reduseres kraftig. Det betinger imidlertid at impregneringsmidlet trenger inn i materialet, og ikke ligger som en film på overflaten.

Silaner og siloksaner fortynnes normalt i løsningsmidler. For å redusere innholdet av løsemidler er det utviklet løsemiddelfrie, vannbaserte emulsjoner av silan eller siloksan. Det fins også løsemiddelfrie konsentrater som rett før påføring fortynnes i vann, såkalte mikroemulsjoner (SMK). Vannbaserte emulsjoner fins også som gel eller krem. Silanbaserte gelprodukter kan ha en svært god inntrengningsevne på grunn av lang kontakttid med underlaget. Kremprodukter gir også lengre kontakttid og bedre inntrengning enn væskebaserte produkter. Med gel- og kremprodukter unngår man også avrenning og søl under påføringen.

Figur 3.6 viser hvordan man kan redusere fuktopptaket i en teglsteinsvegg betraktelig ved å redusere vannabsorpsjonen i de ytre delene av en fasade.

Impregnering av en fasade bør gjentas med omkring sju til åtte års mellomrom.



Figur 3.6

Beregnet vanninnhold i ytre deler av en massiv, 1 ½-stei teglsteinsvegg over en periode på tre år. Toppene i kurvene skyldes vannopptak under regnvær. Ved innvendig isolering øker vanninnholdet i fasaden, fordi veggen tørker saktere ut etter regnpåkjenning. Ved impregnering av fasaden kan vannopptaket reduseres radikalt. Beregningene er gjennomført med programmet WUFI Pro, med klimadata fra Oslo.

### 3.7 Spesielle hensyn ved pussede fasader

Maling på puss skal bremse vanninntrenging ved slagregn, men vann som trenger inn bak malingsjiktet, skal raskt kunne slippe ut igjen. Ved innvendig etterisolering er det spesielt viktig at dampåpenheten er ivaretatt, i tillegg til den værbeskyttende funksjonen til puss og maling. Organisk maling er ikke tilstrekkelig dampåpen og må fjernes. Malingsfjerning er beskrevet i Byggeforskerien, Byggforvaltning 742.245. Malingsfjerning på pussede verneverdige fasader er en utfordrende oppgave. Det anbefales å bruke håndverkere med spesialkompetanse på området.

Hvis eksisterende maling er dampåpen og man ønsker å male over den, må man ta hensyn til både pussunderlaget og eksisterende maling når man velger ny malingstype. I de fleste tilfeller er det riktig å bruke samme type som tidligere. Maling av pussede fasader på eksisterende bygninger er beskrevet i Byggeforskerien, Byggforvaltning 742.663.

## 4 Veggkonstruksjoner og utførelse

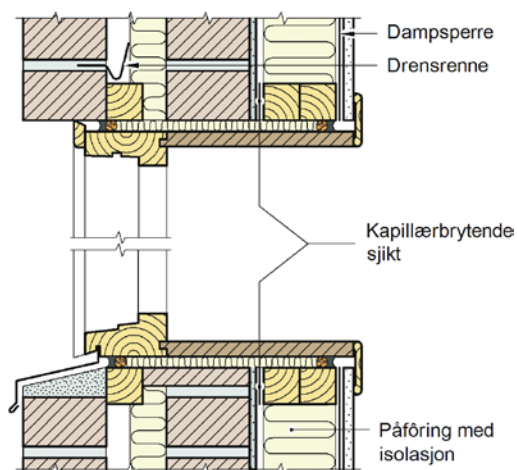
Før man kan begynne selve isoleringsarbeidet, må man fjerne innvendig kledning av plater, tapeter og strier. Eventuelle lag med plastmalingsjikt må også fjernes så langt det er mulig.

Innvendig isolering kan man utføre ved å montere bindingsverk av slissede stålprofiler, kombinert med mineralullisolasjon og en dampsperre, som vist i figur 4 b, c og d. Stålprofiler reduserer risikoen for soppkader.

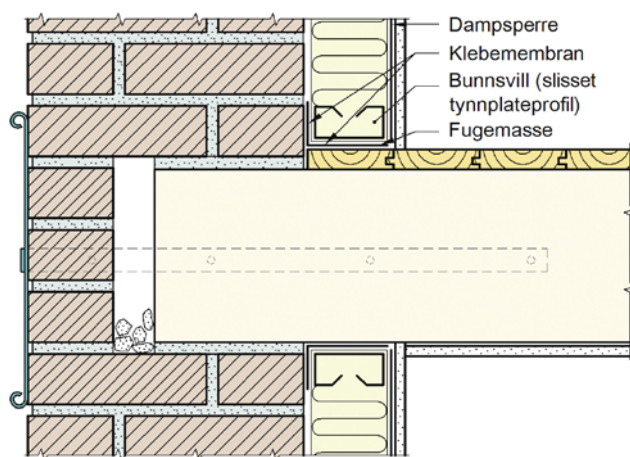
For å minske kuldebroer og øke overflatetemperaturer bør innbindende, massive vegger og etasjeskillere også isoleres et stykke inn i rommene i tilknytning til det innvendige isolasjonssjiktet på ytterveggen.

Figur 4 a viser innvendig isolering av en eldre skallmurvegg med noe isolasjon mellom vangene og bruk av bindingsverk i tre. Ved engelske hultmurer uten isolasjon (se figur 2.1 b) kan man vurdere å blåse inn isolasjon i hulrommet. Innblåsing i skallmurer med noe isolasjon anbefales ikke.

Figur 4 b viser innvendig isolering av en massiv murvegg ved trebjelkelag. Eventuelt bindingsverk i tre bør trekkes ut fra bakveggen, og hulrommet isoleres. Isolasjon legges direkte inn til murvegg, uten noen form for sperresjikt. For å oppnå varmere og tørrere klima rundt bjelkene kan det være gunstig å unnlate å isolere etasjeskilleren. Samtidig vil hele bjelkelaget utgjøre en kuldebro. I Figur 4 c er det isolert mellom bjelkene. Denne løsningen gir også mulighet til bedre lufttetting i bjelkelaget. Figur 4 d viser innvendig isolasjon ved etasjeskiller av betong.

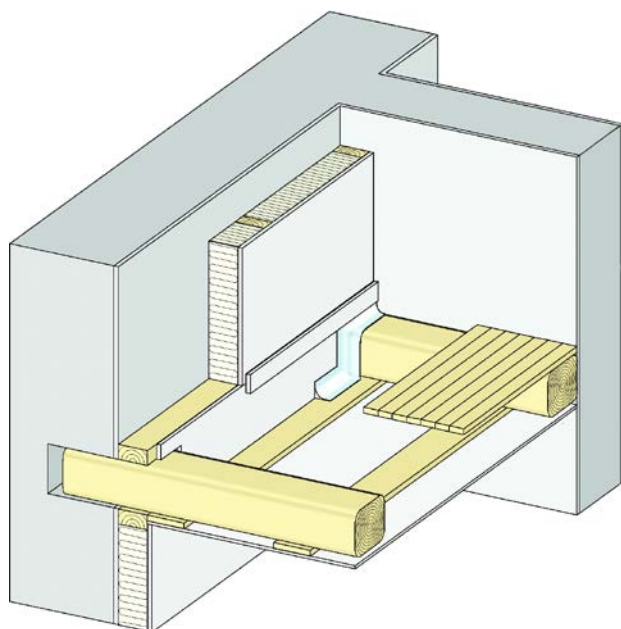


Figur 4 a  
Innvendig isolering av eldre skallmurvegg med noe isolasjon i mellom vangene. (Byggforskserien, Byggforvaltning 723.314)



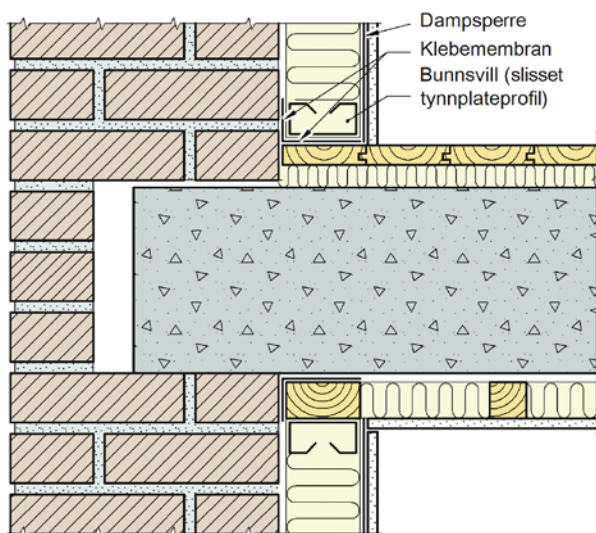
Figur 4 b

Innvendig isolering av eldre teglfasade med slissede stålprofiler. Er det mistanke om fuktskader, bør man undersøke fuktilstanden i bjelkeendene. (Byggforskeren, Byggforvaltning 723.314)



Figur 4 c

Innvendig isolering med isolasjon mellom bjelkene. Løsningen reduserer kuldebroeffekten i bjelkelaget, i tillegg til at man kan få bedre lufttetthet rundt bjelkene.



Figur 4 d

Etterisolering av murvegg ved etasjeskiller av betong. For å redusere kondensfare og kuldebrotap bør man isolere etasjeskilleren på over- og undersiden. (Byggforskserien, Byggforvaltning 723.314)

Dampspærre må monteres med god lufttetthet i skjøtene. Omleggsskjøter klemmes mekanisk mellom to plane, faste flater. Senteravstanden mellom spikrene eller skruene må ikke være for stor, men tilpasses stivheten til klemløkter eller platene. Klemløkter bør ikke være tykkere enn 36 mm. Tykkere lekter blir for stive til å gi kontinuerlig og sikker klem. For å oppnå en varig klemvirkning kan man bruke skruer med glatt stamme gjennom klemløkten.

Spesielt i forbindelse med vanskelige tettedetaljer og gjennomføringer kan man også tette med teip, mansjetter eller ulike typer klebmembraner. Klemte skjøter i dampsperrer kan også forsterkes med fugemasse eller butylbånd. Teiper og klebmembraner må ha dokumentert god og varig heft til underlaget. På nettstedet [www.sintefcertification.no](http://www.sintefcertification.no) er det presentert produkter som har SINTEF Teknisk Godkjenning og som har dokumenterte egenskaper når det gjelder bestandighet.

En dampspærre sikrer at fuktig luft ikke trenger inn i isolasjonen fra innemiljøet. Hvis det er usikkerhet rundt fukttilstanden inne i den eksisterende veggen, kan det være aktuelt å bruke løsninger som tillater en viss uttørking mot innemiljøet. Slike konstruksjoner er nærmere omtalt i avsnitt 3.6.

I stedet for isolering med stål- eller trestendere kan man bruke kompakte konstruksjoner. Eksempler er rehabblokk av lettklinker eller et fast isolasjonsmateriale som klebes og/eller skrues til veggen og som pusses eller platekles på innsiden. Flere typer isolasjonsmateriale kan være aktuelle:

- Ekstrudert eller ekspandert polystyren
- Skumglass
- Stive steinullplater
- Stive trefiberplater
- Vakuumisolasjonspaneler (VIP), eventuelt kombinert med ekstrudert polystyren som beskyttelse

Polystyren- og trefibermaterialer er brennbare og må være beskyttet av en ubrennbar kledning med tykkelse på minst 8 mm. I tillegg må platene være skrudd fast til bakvegg med festemidler av metall. Se BFS 520.339. Skumglass er ubrennbart. I tillegg er materialet damptett, slik at det ikke er nødvendig med noen separat dampspærre i konstruksjonen.

## 5 Litteratur

### 5.1 Lover og forskrifter

Lov om planlegging og byggesaksbehandling (pbl)  
Forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK10)

### 5.2 Standarder

NS 3701 Norsk passivhusstandard for yrkesbygninger  
NS-EN 772-11:2011 Prøvningsmetoder for murprodukter - Del 11: Bestemmelse av vannabsorpsjonen til murprodukter av betong (tunge og lette tilslag), porebetong, støpt stein og naturstein på grunn av kapillær virkning og sugeevnen til murprodukter av tegl

### 5.3 Byggforskserien fra SINTEF Byggforsk

Byggdetaljer:

471.111 Beregningsmetode for å unngå kondens eller muggvekst på innvendige overflater  
471.401 U-verdier. Vegger over terreng med bindingsverk av tre med gjennomgående stendere  
520.339 Bruk av brennbar isolasjon i bygninger  
571.201 Murverk. Materialer, typer og egenskaper  
573.344 Varmeisolasjonsmaterialer. Typer og egenskaper

Byggforvaltning:

723.235 Murte fasader. Skader og utbedringsalternativer  
723.308 Eldre yttervegger av mur og betong. Metoder og materialer  
723.314 Etterisolering av murvegger  
723.315 Etterforankring av skallmurvegger og murte forblendinger  
742.245 Fjerning av maling fra fasader  
742.302 Tilsyn og vedlikehold av utvendige mur-, puss- og betongoverflater  
742.663 Maling av pussede fasader på eksisterende bygninger  
742.864 Fasadepuss. Skader og utbedringsalternativer

### 5.4 Øvrig litteratur

- 5.4.1 Norsk Mur- og Mørtelforening. *Fasaderehabilitering 2009: Mur-, puss- og malerarbeid på fasader av murverk og betong*. Oslo: Norsk Mur- og Mørtelforening, 2009
- 5.4.2 WUFI – beregningsverktøy for fukt og varmetap i bygningskomponenter. [www.wufi.no](http://www.wufi.no)
- 5.4.3 Videncenter for energibesparelser i bygninger. «Indvendig efterisolering af tung ydervæg.» [www.byggeriogenergi.dk](http://www.byggeriogenergi.dk)
- 5.4.4 Videncenter for energibesparelser i bygninger. «Indvendig efterisolering: Sådan dimensioneres løsninger, som giver holdbare konstruktioner.» [www.byggeriogenergi.dk](http://www.byggeriogenergi.dk)
- 5.4.5 Sandin, K. *Vattenavvisande fasadimpregnering*. Rapport T15:1994. Stockholm: Byggforskningsrådet, 1994
- 5.4.6 Sandin, K. *Vattenavvisande fasadimpregnering: Laboratorieundersökningar 1992–94*. Rapport TVBM-3065. Lund: Lunds Tekniska Högskola, 1995
- 5.4.7 Service Public de Wallonie: DGO4 – Département de l'énergie et du bâtiment durable. *Isolation thermique par l'intérieur des murs existants en briques pleines*. [www.energie.wallonie.be](http://www.energie.wallonie.be)



# FUKTSIKKER INNVENDIG ETTER-ISOLERING AV MUR- OG BETONGVEGGER

## AMBISIØS ENERGIOPPGRADERING NÅR FASADEN SKAL BEVARES

Innvendig etterisolering av yttervegger har vært ansett som et risikabelt tiltak som nærmest har blitt frarådet. Men for å oppgradere eldre murvegger der man ønsker å bevare fasadene av estetisk eller kulturhistoriske hensyn, er isolering fra innsiden den eneste løsningen. Hvis de riktige forutsetningene er på plass, kan innvendig etterisolering av murbygninger gjennomføres på en faglig forsvarlig måte.

Denne rapporten viser hvilke bygninger som egner seg for innvendig etterisolering, hvilke hensyn man må ta og hvordan man bør gå fram for å få en fullgod løsning. Rapporten gir forslag til framgangsmåte for tilstandskontroll, prosjektering og utførelse. Fokus er på upussede teglfasader, men anbefalinger og løsninger kan også være aktuelle for pussede mur- eller betongvegger.