

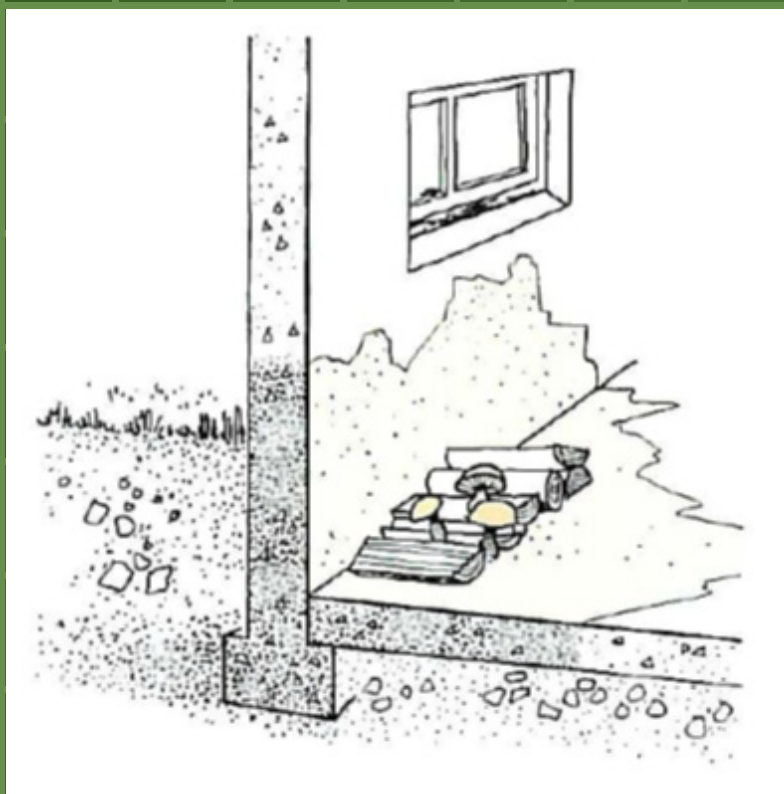
STIG GEVING OG PETER BLOM

# Utbedring av fuktskadede kjelleryttervegger

Delrapport 1 – Litteraturundersøkelse og generelle anbefalinger

Prosjektrapport 83

2011



SINTEF Byggforsk

Stig Geving og Peter Blom

# **Utbedring av fuktskadede kjelleryttervegger**

Delrapport 1 – Litteraturundersøkelse og generelle anbefalinger

Prosjektrapport 83 – 2011

Prosjektrapport nr. 83

Stig Geving og Peter Blom

## **Utbedring av fuktskadede kjelleryttervegger**

Delrapport 1 – Litteraturundersøkelse og generelle anbefalinger

Emneord:

Kjelleryttervegger, fuktskade, uttørking

ISSN 1504-6958

ISBN 978-82-536-1238-6 (pdf)

Prosjektnr. 3D0648

Illustrasjon omslag:

Byggforskerien

© Copyright SINTEF akademisk forlag 2011

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser. Uten særskilt avtale med SINTEF akademisk forlag er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare 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.

Adr.: Forskningsveien 3 B  
Postboks 124 Blindern  
0314 OSLO

Tlf.: 22 96 55 55

Faks: 22 69 94 38 og 22 96 55 08

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

# Forord

En stor andel av norske bygninger har kjellere som er for fuktige til å brukes som sunne oppholdsrom eller som varme og tørre lagerarealer. Rehabilitering av kjelleryttervegger initieres av forskjellige årsaker, men som oftest har det sammenheng med at veggene er blitt for fuktige på grunn av tette eller feil plasserte drensrør, vann som suges opp kapillært opp gjennom grunnmursålen eller utett vannavvisende og kapillærbrytende sjikt på utsiden av veggen. Dette gir skader som i verste fall kan få helsemessige konsekvenser på grunn av mikrobiologisk vekst.

Denne typen skader løses ofte med oppgraving av grunnen utenfor veggen og legging av ny drenering med ny fukt- og varmeisolering utvendig. På markedet finnes det også metoder som ikke medfører utvendig oppgraving, for eksempel elektroosmosemetoden og bruk av innvendig grunnmursplate med utføring. Hvilke metoder man velger kan få stor betydning for om fukten i eksisterende vegg får anledning til å tørke ut eller ikke, og dermed om rehabiliteringen vil være vellykket eller ikke. I denne rapporten er det gjort en litteraturundersøkelse og vurdering av de fleste aktuelle utbedringsmetodene. I tillegg er typiske skader i kjelleryttervegger omtalt, sammen med aktuelle undersøkelsesmetoder for å avgjøre skadeomfang og årsak før man velger utbedringsmetode.

Det må bemerkes at fokus her har vært rettet mot kjelleryttervegger og ikke kjellergolv. I en rehabiliteringsprosess må golv og vegg selvfølgelig sees under ett. Mye av det som omtales i denne artikkelen er felles for vegger og golv, kanskje spesielt omtalen av skader og undersøkelsesmetoder. Utbedringsmetoder for golv er imidlertid ikke omtalt spesielt. Videre kan det bemerkes at hovedfokus er på metoder for å stoppe eller redusere fukttransport fra utsiden og innover. Det er mindre fokus på metoder/tiltak for å unngå for eksempel kondens på innvendige overflater eller inne i innvendig utførede konstruksjoner, eller hva man gjør for å utbedre slike skader.

Dette arbeidet er gjennomført innenfor forsknings- og utviklingsprogrammet *External heat and moisture insulation of cellar walls 2009-2011*. Prosjektet har vært et samarbeidsprosjekt mellom Isola as, Isodren Norge as, EPT as og SINTEF Byggforsk. Forfatterne vil rette en stor takk til Norges forskningsråd for finansieringen av dette arbeidet.

Trondheim, mars 2012

Richard Waterhouse  
Prosjektansvarlig  
Isola AS

Stig Geving  
Prosjektleder  
SINTEF Byggforsk

# Sammendrag

I dag råder det ulike oppfatninger om hvilke metoder og produkter som er best i forbindelse med rehabilitering og utbedring av fuktskadede eksisterende kjelleryttervegger. I denne rapporten er det gjort en litteraturundersøkelse og vurdering av de fleste aktuelle metoder for utbedring av fuktskadede kjelleryttervegger (kap. 2). Fokuset er på utbedring av skader på grunn av fukt som kommer utenfra, det vil si ikke skader som skyldes kondens på innvendige flater. I tillegg er typiske skader i kjelleryttervegger omtalt (kap. 1), sammen med aktuelle undersøkelsesmetoder (kap. 3) for å avgjøre skadeomfang og årsak før man velger utbedringsmetode.

De utbedringsmetodene som er vurdert spesielt er følgende:

- Oppgraving med ny drenering og utvendig tettesjikt og eventuell utvendig isolering
- Utvendig dampåpen isolering
- Innvendig grunnmursplate og utforing
- Elektrosmose
- Injisering med vannavvisende og tettende produkter
- Innpressing av stålplater i murverksfuge
- Oppsaging av murverk og ilegging av stålplate membran

De enkelte metodene har alle sine fordeler og ulemper eller spesielle anvendelsesområder. Det er viktig at man i størst mulig grad avklarer årsak til problemet før man velger utbedringsmetode. Enkelte utbedringsmetoder innebærer større grad av usikkerhet enn andre. Generelt anses utvendig oppgraving og etablering av ny drenering, nytt tettesjikt og utvendig isolering for å være en fuktsikker og energimessig gunstig løsning. Dersom utvendig oppgraving er problematisk, eller hovedproblemet er kapillær oppsuging via grunnmurssålen, er det imidlertid flere aktuelle løsninger som kan vurderes.

# Innhold

<b>Forord</b> .....	<b>3</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>4</b>
<b>1. Bakgrunn</b> .....	<b>6</b>
1.1 Vanlige skader på kjelleryttervegger .....	6
1.2 Skadeårsaker .....	9
1.2.1 Lekkasjer og fuktopptrekk i grunnmur/kjellervegg .....	9
1.2.2 Kondens i uinnredet og dårlig isolert kjeller.....	10
1.2.3 Muggvekst i innvendig etterisolert kjellervegg .....	12
<b>2. Utbedringsmetoder</b> .....	<b>16</b>
2.1 Generelt.....	16
2.2 Oppgraving med ny drenering og utvendig tettesjikt og eventuelt utvendig isolering .....	16
2.3 Utvendig dampåpen isolering .....	19
2.4 Innvendig grunnmursplate og utforing .....	22
2.5 Elektroosmose.....	24
2.6 Injisering med vannavvisende og tettende produkter.....	28
2.7 Andre metoder .....	29
2.7.1 Innpressing av stålplater i murverksfuge .....	29
2.7.2 Oppsaging av murverk og ilegging av stålplate/membran.....	30
2.7.3 Senkning av grunnvannsstand.....	31
2.8 Generelle tiltak.....	32
<b>3. Undersøkellesmetoder</b> .....	<b>35</b>
3.1 Ventilasjon .....	35
3.2 Temperatur og luftfuktighet .....	35
3.3 Observasjon av innvendige overflater.....	35
3.4 Fuktmåling .....	35
3.5 Åpning av konstruksjoner .....	36
3.6 Vanntilførsel og vannavledning i terrengnivå.....	37
3.7 Drensledning .....	37
3.8 Oppgraving .....	38
<b>4. Referanser</b> .....	<b>39</b>

# 1. Bakgrunn

## 1.1 Vanlige skader på kjelleryttervegger

Vanlige skader på kjelleryttervegger med fuktinntrengning utenfra er:

- Saltutslag, pussavskalling og malingsavflassing på murte og støpte vegger
- Mugg og råtesopp på utforinger av treverk, innredninger og gjenstander som er lagret mot veggen.

Soppvekst oppstår på steder der det har vært fuktig i lengre tid, for eksempel på yttervegger og golv, på innervegger av tre og annet treverk, og på gjenstander som er lagret i kjelleren, se figur 1.1.1. I forbindelse med soppvekst kan det utvikle seg ubehagelig lukt.

Ofte er årsaken til fuktproblemer i kjellerkonstruksjoner feil ved dreneringen, og utvendig oppgraving og omlegging av dreneringen er nødvendig. Det er imidlertid mange skadetilfeller som skyldes andre forhold (kondens, utett vegg, oppsug fra fundament etc.). Det er derfor essensielt å klarlegge skadeårsaken før man velger utbedringsmåte. Innvendige utforinger av treverk er ofte utsatt for fuktskader som muggvekst eller råte, se eksempel i figur 1.1.2.

Gamle ”grovkjellere” kan imidlertid fungere helt greit med mindre fuktgjennomslag så lenge man justerer bruken etter fuktnivået i kjelleren, det vil si ikke lagrer ting som er følsomme for fukt og beholder mur/betongflatene åpne – og sørger for tilstrekkelig ventilasjon av kjelleren.

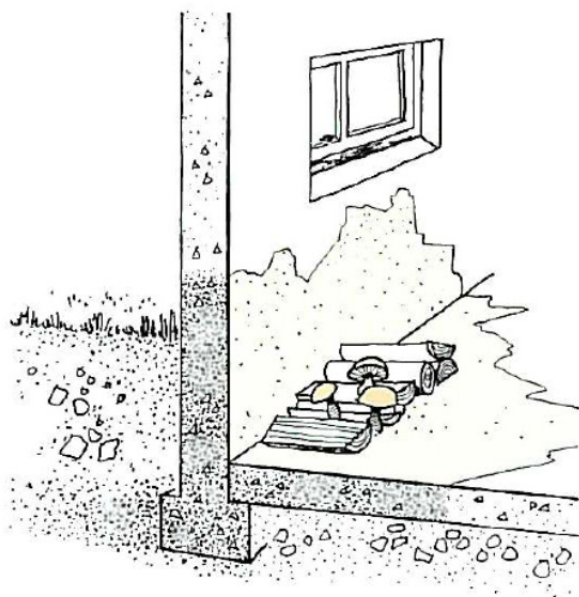


Fig. 1.1.1

Trematerialer o.l som er lagret i kjellere med fuktgjennomslag er utsatte for mugg og råte.

Kilde: Byggforskserien

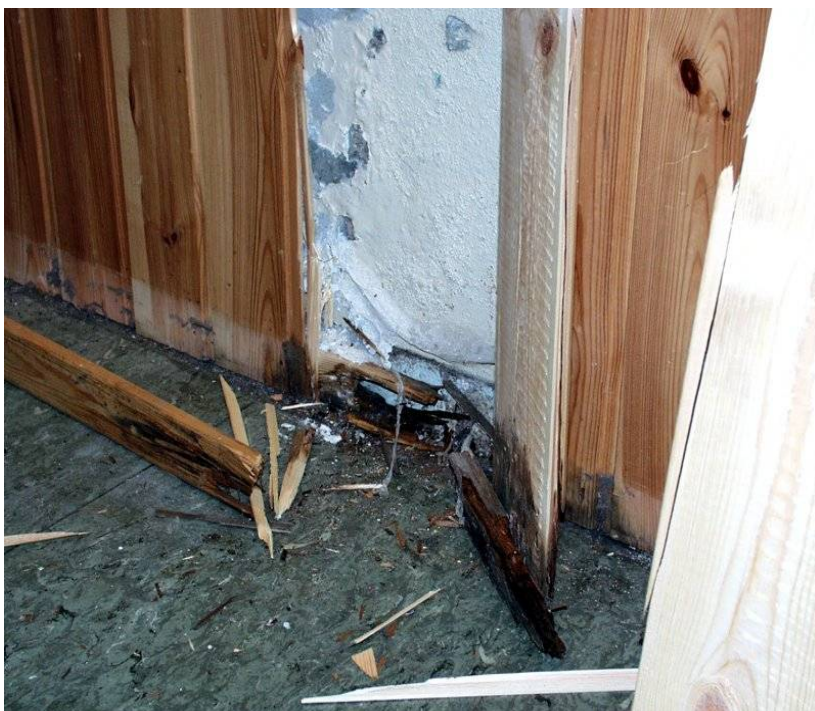


Fig. 1.1.2

En kjelleryttervegg av murverk kledd på innsiden med trepanel som har råtnet opp mot golvet, trolig på grunn av kapillært optrekk av fukt fra fundamentet. Foto: SINTEF Byggforsk

Grunnmurer tar opp vann fra jorda som ofte inneholder vannløselige salter som nitrater og klorider. Når saltholdig vann transporteres mot overflaten og fordamper, blir saltene igjen. Ved tilstrekkelig tilgang på fuktighet danner saltene saltkrystaller. Hvis det saltholdige vannet møter et tettere sjikt, for eksempel en puss, vil saltene avleires og krystalliseres, se fig. 1.1.3. Krystallisering av salter skjer med høyt trykk og stor volumøkning. Konsekvensen er at puss og mørtel sprenges av og at tette malingssjikt blærer, se fig. 1.1.4.

Saltutslag har ingen helsemessige konsekvenser. Saltkrystaller kan forveksles med visse typer muggsoppvekst, men en forskjell er at saltkrystaller fra nitrater og klorider er lett løselige i vann – og dette er dermed en enkel og grei testmetode. Saltutslag kan dessuten forveksles med kalkutslag, som også danner et hvitt belegg, men kalkutslag er ikke vannløselig og har ikke samme sprengende virkning. Kalkutslag lar seg heller ikke børste av like lett som saltutslag. Selv om muggsopp ikke vokser lett på betongoverflater uten opplagt tilstedeværelse av organisk materiale har vi likevel sett eksempler på dette.





Fig.1.1.3  
Eksempel på saltutslag. Saltene har dannet krystaller på overflaten på en ubehandlet betongflate.  
Foto: SINTEF Byggforsk



Fig. 1.1.4  
Eksempel på saltutslag. Her har krystalliseringen skjedd bak et tett malingslag som skaller av sammen med pussen på grunn av volumøkningen. Vi ser maling og pussrester på golvet rett under. Foto: SINTEF Byggforsk

## 1.2 Skadeårsaker

### 1.2.1 Lekkasje og fuktinntrekk i grunnmur/kjellervegg

#### Lekkasje

Fritt vann på grunn av lekkasjer fra utsiden opptrer gjerne i svake punkter i veggen, for eksempel i overgangen mellom yttervegg og kjellergolv, sprekker i murvegger eller hull etter forskalingsstag i støpte vegger. Lekkasje kan skyldes at (se også fig. 1.2.1):

- vann fra taknedløp slippes rett ned på grunn
- nedløpsrør for takvann er ført direkte til drensledning, i stedet for i lukket ledning til kum
- terrenget heller inn mot yttervegg
- det er dårlig fuktsikring på utsiden (ikke drenerende eller kapillærbrytende sjikt), eller grunnmursplata har mangelfull avslutning i topp.
- drensledningen ligger for høyt, har dårlig kapasitet eller er tett
- drensledningen og drenerende masser har ikke kapasitet til å holde grunnvannsstanden nede

Lekkasjene vil være størst ved kraftig nedbør eller i forbindelse med snøsmelting og dårlig avrenning fra bygningen. Hvis vann presses opp gjennom sprekker i golvet betyr det at dreneringen ikke har kapasitet til å holde grunnvannsstanden i sjakk.

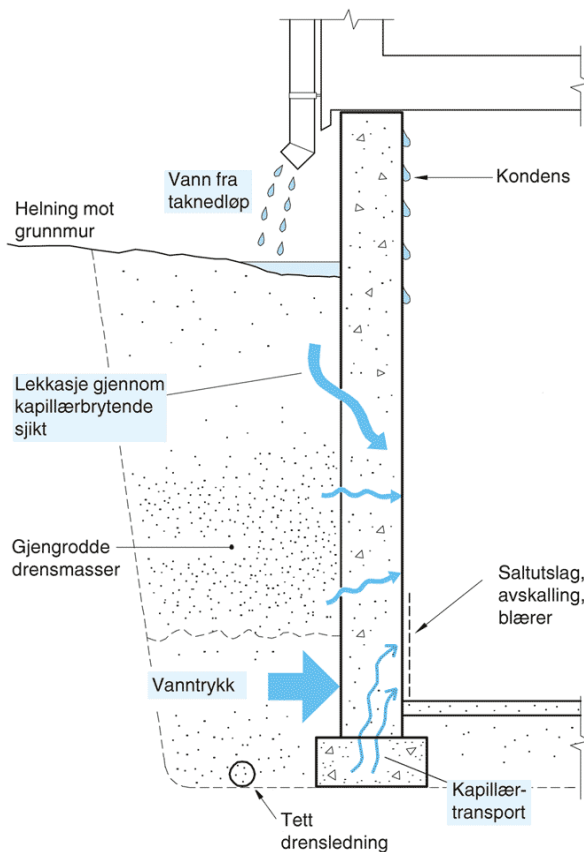


Fig. 1.2.1  
Årsaker til fuktinntrengning i kjellervegger. Kilde: Byggforskserien

### ***Fukt fra fundamenter***

En typisk årsak til fuktproblemer i bygninger er at fuktighet suges opp i vegger og fundamenter, se fig. 1.2.1 og 1.2.2. Det kan skyldes dreneringer som ligger for høyt og/eller at fundamentet ikke er sikret mot kapillær transport fra underlaget. Fuktopptrekk i innervegger er en indikasjon på kapillær transport fra underlaget.



Fig. 1.2.2

Vann kan suges opp i sålefundament og vegg. Vannet fordamper deretter mot innelufta nederst på veggen. Her ser vi at maling og puss er blæret/sprengt ut på grunn av saltutfelling. Dette kan skje selv om dreneringen fungerer, fordi fundamentsålen ofte ligger under dreneringen. Foto: SINTEF Byggforsk

### **1.2.2 Kondens i uinnredet og dårlig isolert kjeller**

#### ***Skadeeksempel***

Synlig fukt på innsiden av yttervegger av mur og betong kan komme utenfra, men kan også være kondens, se figur 1.2.3. Lokale, avgrensede fuktflekker kan tyde på lekkasjer utenfra heller enn kondens, se figur 1.2.3c. Fuktige flekker kan også skyldes høye saltkonsentrasjoner i overflaten, siden saltene øker overflatens evne til å ta opp fuktighet fra lufta. Dermed kan saltholdige flekker fremstå som mørkere/fuktigere, selv om det altså ikke er noen skade.

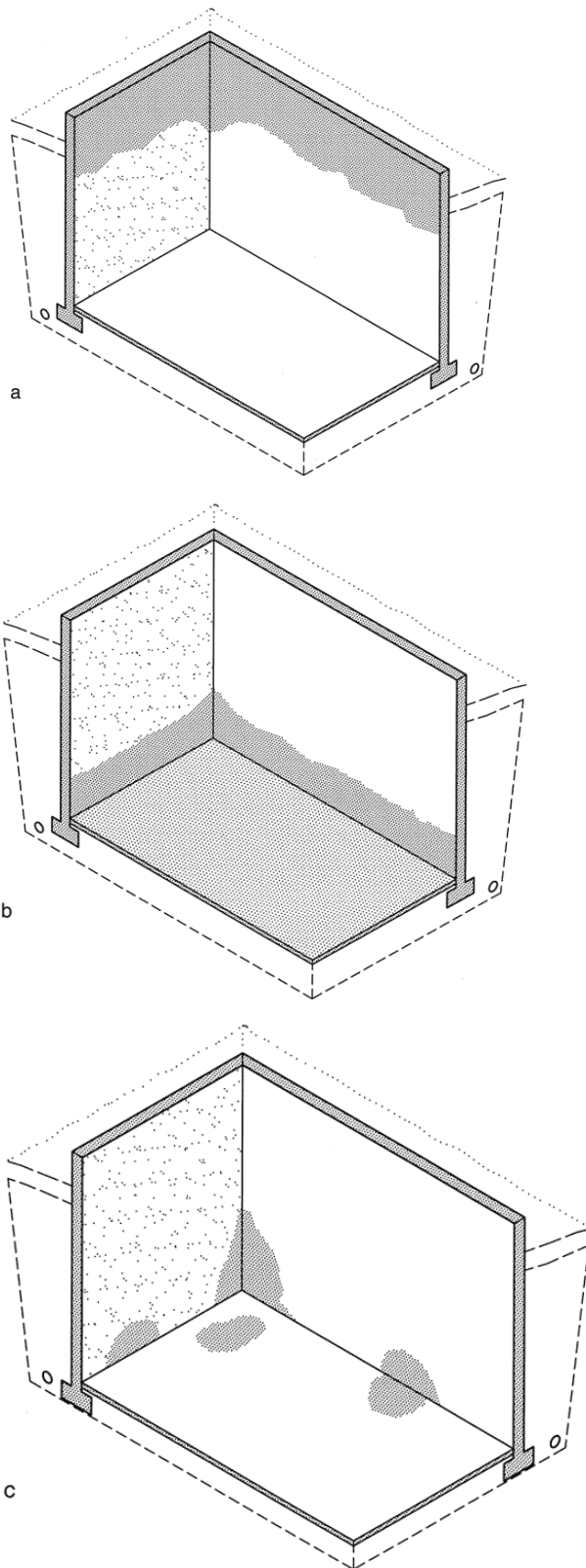


Fig. 1.2.3

Årsaker til fukt på innsiden av kjellervegger. Kilde: Byggforskserien 727.121

a. Kondens på veggens øvre halvdel (over terrengnivå) i vinterhalvåret

b. Kondens på golvet og eventuelt nederst på vegg i sommerhalvåret

c. Lokale, avgrensede fuktflekker kan tyde på lekkasjer utenfra heller enn kondens.

## **Mulige årsaker**

### *Fukttilførsel*

Golv og vegger i en uinnredet og dårlig isolert kjeller kan avgi mye fuktighet til rommet. Fuktighet som suges opp kapillært i vegger og golv fra grunnen under fundamenter, kondens og lekkasjer kan også gi et fukttilskudd til romlufta ved avdampning. I betong og murkonstruksjoner uten isolasjon og dampsperre vil det dessuten kunne foregå en viss innadrettet vandampdiffusjon.

### *Vinterforhold*

Om vinteren vil veggens øvre halvdel være svært kald på innsiden om den er uisolert, og dermed meget utsatt for kondens, se fig. 1.2.3a. Om kondens skal inntreffe eller ikke avhenger imidlertid av om det er en viss fukttilførsel til kjellerlufta og om ventilasjonen av kjelleren er tilstrekkelig til å fjerne denne fukten eller ikke.

### *Sommerforhold*

På vårparten/sommeren vil de kaldeste flatene være golvet og nedre del av veggene, siden de temperaturmessig holdes igjen av grunnen som er kald etter vinteren. Når varmere og fuktig uteluft da lekker inn i kjelleren kan kondens inntreffe, se fig. 1.2.3b.

### *Ventilasjonsforhold*

Mangelfull ventilasjon av kjellere (som fører til unødig høy luftfuktighet) er vanligvis en hovedårsak til at overflatekondens oppstår i uisolerte "grovkjellere". Ofte er det lite ventiler, eller de er avstengte for å spare energi. Spesielt i kjellere med mye fukttilførsel fra grunnen (avdampning til innelufta fra fuktige overflater) er det viktig med god ventilasjon. Tilsvarende gjelder hvis det foregår fuktavgivende aktiviteter i kjelleren (vaskerom, tørking av klær og lignende). Det kan likevel på sommer/høst være aktuelt i visse tilfeller å stenge ventilasjonen for ikke å trekke inn varm og fuktig luft inn i kalde kjellerboder.

### *Temperaturforhold*

Lufttemperaturen i kjelleren har stor betydning for risikoen for overflatekondens på kalde overflater. Ved ellers lik fukttilførsel til kjellerlufta, vil for eksempel en temperatursenkning føre til høyere RF i lufta. Samtidig senkes overflatetemperaturen på de kalde overflatene noe, slik at kondensrisikoen øker ytterligere. Dette betyr at etterisolering av mellombjelkelag mot en uisolert grovkjeller vil kunne føre til forverrede fuktforhold i kjelleren.

## **1.2.3 Muggvekst i innvendig etterisolert kjellervegg**

### *Skadeeksempel*

Kjellervegger som er etterisolert på innsiden med mineralull i bindingsverk av tre (uten at veggen samtidig er isolert på utsiden!) er fuktteknisk risikable. Konsekvensene ved oppfukting er store, blant annet fordi det kan ta lang tid før eventuelle mugg- og råteskader oppdages. I tillegg vil eventuell fukt som kommer gjennom veggen, enten gjennom lekkasjer eller oppsugd gjennom fundamentet, bli innestengt inne i treveggen. Mindre oppfukting utenfra, som kanskje knapt vil være observerbart på en uisolert murvegg, vil over tid kunne gi svært høye fuktnivå i treveggen. Dette problemet forverres hvis det er brukt dampsperre. Se figur 1.2.4.

Isolasjonselementer med kjerne av polyuretanskum og gipsplater på begge sider var mye brukt som isolasjon på innsiden av betongvegger i 1980–90-årene, se figur 1.2.5. Bunnsvillen og gipsplata som ligger an mot betongen er svært utsatt for fukt- og soppskader. Fukten og skadene kan skyldes inntrenging av fukt fra utsiden eller at elementet ble fuktet opp av nedbør i byggetiden. Ytre gipsplate har dårlig uttørkingsmulighet med betong på den ene siden og PUR-isolasjon på den andre. Forholdene er som regel verst i våtrom med tette veggbelegg.



Fig. 1.2.4  
 Råteskadet spikerslag i innvendig utforing ned mot golv. Skaden skyldes lekkasje gjennom veggen utenfra. Det er ikke benyttet plastfolie i dette tilfellet så uttørkingsmulighetene er relativt gode – men ikke gode nok.  
 Foto: SINTEF Byggforsk

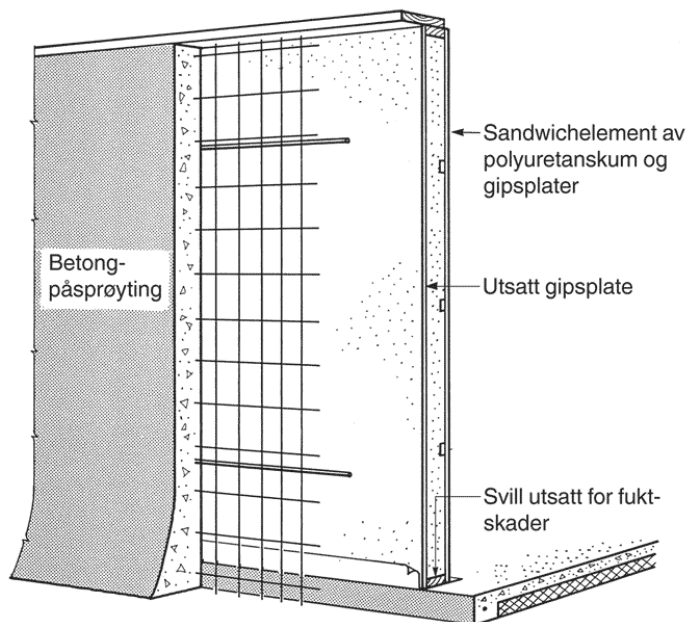


Fig. 1.2.5  
 Isolasjonselement fra 1980–1990 som var utsatt for skader  
 Gipsplate mot betong har liten mulighet for uttørking. Kilde: Byggforskserien

### ***Mulige årsaker***

Skadene kan skyldes lekkasjer eller kapillært oppsugd fukt fra grunnen, jf. kap. 1.2.1. På nyere konstruksjoner kan skadene også skyldes byggfukt i betong eller nedbør i byggeperioden. Dampspærre i veggen øker vanligvis risikoen for skader siden slik fukt da ikke har noen som helst uttørkingsmulighet innover.

Generelt anbefales det derfor å ikke bruke plastfolie dersom det er oppfylt til mer enn halv vegghøyde, nettopp for at byggfukt i betongen mm skal ha en viss uttørkingsmulighet innover. Man må imidlertid være klar over at dersom innemiljøet er fuktig (dårlig ventilasjon og stor fuktproduksjon) kan det imidlertid være en viss risiko for vanddamptransport fra innelufta med påfølgende kondens mot grunnmuren når det ikke er benyttet plastfolie. Dette gjelder spesielt dersom det samtidig ikke er isolert noe på utsiden av veggen og grunnmuren i seg selv har liten varmemotstand (som for eksempel betong).

I kjellere som er fundamentert på sprengstein eller pukkfylling, kan årsaken være at fuktmettet, relativt varm luft fra grunnen trekker opp i bindingsverket gjennom sprekker mellom vegg og betonggulv. Når betonggulvet tørker i årene etter støping vil svinnet føre til at det oppstår en sprekke mellom fundament og golvplaten. Dersom huset er fundamentert for eksempel på (luftåpen) sprengstein vil det lett kunne oppstå luftbevegelser inn i bygningen gjennom denne sprekken. Lufta kondenserer på den kalde bakveggen i vinterhalvåret. Drivkraften er det undertrykket som normalt fins i en kjeller eller underetasje. Mugg og råte kan oppstå i veggen. Se figur 1.2.6.

Fuktproblemer i en innvendig isolert yttervegg kan også skyldes at slagregn på en sokkel med pusskader drives inn i veggen ved soloppvarming om sommeren.

Ofte støpes gulv og såle i ett, det er både enkelt og billig. En slik konstruksjon krever hulkil og annen tetting utvendig, slik at det vann som renner ned langs veggen i grunnen ikke danner en «vanddam» på den utstikkende delen av sålen. Uten utvendig tetting ser vi ofte at lekkasjer i støpeskjøten mellom såle/golv og vegg.

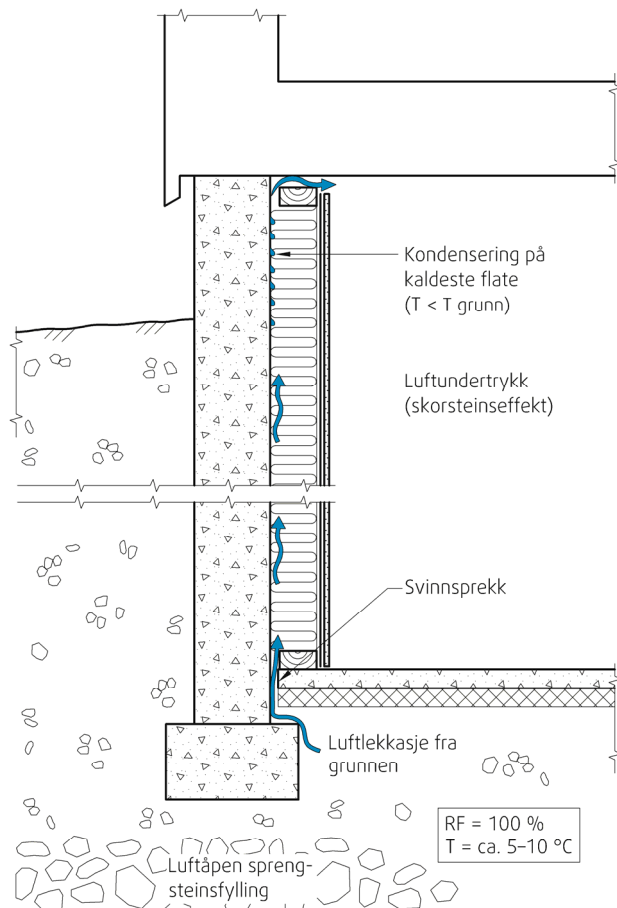


Fig. 1.2.6

Luftlekkasje fra grunnen om vinteren som skadeårsak i vegg som er innvendig isolert med mineralull i bindingsverk. Kilde: (Geving, 2011)



## 2. Utbedringsmetoder

### 2.1 Generelt

Metodene omtalt i dette kapitlet er i utgangspunktet rettet inn mot utbedring av skader på kjelleryttervegger. Det er imidlertid klart at mange av metodene vil ha effekt og kunne fungere også i forbindelse med fuktskadede kjellergolv, men dette er ikke spesielt omtalt her. Videre kan det bemerkes at hovedfokus er på metoder for å stoppe eller redusere fukttransport fra utsiden og innover. Det er mindre fokus på metoder/tiltak for å unngå for eksempel kondens på innvendige overflater eller inne i innvendig utførede konstruksjoner, eller hva man gjør for å utbedre slike skader.

Før man kan velge riktig utbedringsmetode er det viktig at man har best mulig oversikt over hva som er årsaken til problemet. Årsaker er nærmere diskutert i kapittel 1 og undersøkelsesmetoder er omtalt i kapittel 3. Se også (Geving, 2011) for en grundig gjennomgang av fuktskader generelt. I tillegg er det viktig å avklare hvordan kjellerrommet skal brukes etter rehabiliteringen. Hvis kjelleren bare skal brukes som lager/grovkjeller er det mindre krav til uttørkingspotensialet til utbedringsmetoden, det vil si. man kan basere seg på at veggen kan tørke mot romlufta i lang tid etter selve utbedringen. Kanskje er det heller ikke noe stort problem hvis det fremdeles kommer noe (men mindre enn før utbedringen) fukt utenfra inn gjennom veggen. Hvis derimot kjelleren skal benyttes til beboelsesformål må man gjøre noen andre vurderinger. Ved montering av en innvendig utføring bør for eksempel selve grunnmuren ha tørket eller kunne tørke i løpet av en viss tid for at det ikke skal oppstå skader på utføringen. I tillegg bør all fukttransport utenfra være stoppet. Dersom utføringen er isolert er dette enda mer kritisk. Ved innredning til oppholdsrom bør man også vurdere behovet for varmeisolering spesielt, både fra et energi/komfortsyn og ut fra et fuktsikkerhetssyn. Generelt anbefales det at det isoleres på utsiden av grunnmuren, noe som i så fall favoriserer metoder basert på utvendig oppgraving. I tabell 2.1.1 er noen aktuelle utbedringsmetoder oppsummert.

### 2.2 Oppgraving med ny drenering og utvendig tettesjikt og eventuelt utvendig isolering

#### *Generelt*

Den mest vanlige metoden for å utbedre fuktskader i kjelleryttervegger som skyldes fukt utenfra er å grave opp utenfor kjellerveggen, legge ny drensledning og drenerende masser inntil veggen og montere/påføre nytt tettesjikt (kapillærbrytende og vannavvisende) på veggen. Man vil da også kunne anlegge passende fall på grunnen bort fra bygget, se figur 2.2.1. Anbefalinger vedrørende utførelse av ny drenering, drensmasser og tettesjikt er gitt i (Byggforskserien, 2009). Vedrørende utvendig kapillærbrytende og vannavvisende sjikt er grunnmursplate av plast (knasteplate) dominerende på det norske markedet. I tillegg til grunnmursplaten må også den utvendige overflaten på selve grunnmuren være vannavvisende, det vil si. alle sår, støpereir og hull etter forskalingsstag må være tettet og utette overflater som for eksempel hos lettklinkermurverk må være slemmet eller pusset.

Tabell 2.1.1  
Utbedringsmetoder - fordeler og ulemper.

Metode	Fordel	Ulempe
<i>Oppgraving med ny drenering og utvendig tettesjikt (kap. 2.2)</i>	Tar problemet ved roten, og er vanligvis den sikreste metoden når fukten kommer utenfra	Kan være praktisk vanskelig. Ved kapillæropptrekk fra fundament kan metoden være uten virkning. Mesteparten av uttørkingen må skje innover etter utbedring.
<i>Oppgraving med ny drenering og utvendig tettesjikt + utvendig "vanlig" isolasjon (kap. 2.2)</i>	Tar problemet ved roten, og er vanligvis den sikreste metoden når fukten kommer utenfra. Energimessig og fuktmessig gunstig å isolere utvendig.	Kan være praktisk vanskelig. Ved kapillæropptrekk fra fundament kan metoden være uten virkning. Mesteparten av uttørkingen må skje innover etter utbedring.
<i>Oppgraving med ny drenering + utvendig dampåpen isolasjon (kap. 2.3)</i>	Tar problemet ved roten, og er vanligvis den sikreste metoden når fukten kommer utenfra. Energimessig og fuktmessig gunstig å isolere utvendig. En fuktig grunnmur har mulighet til å tørke utover. Mindre kapillæropptrekk fra fundament har en viss mulighet til tørke utover.	Kan være praktisk vanskelig. Ved kapillæropptrekk fra fundament kan metoden ha redusert virkning.
<i>Innvendig grunnmursplate og utforing (kap. 2.4)</i>	Slipper å grave opp utvendig. Enkel og billig rehabiliteringsløsning.	Det bør kun være mindre fuktinn-trengning utenfra. Begrenset tykkelse på isolasjon i utforing på grunn av kondensrisiko. Noe usikkerhet knyttet til risiko for muggvekst i hulrommet mellom grunnmur og grunnmursplate.
<i>Elektroosmose (kap. 2.5)</i>	Slipper å grave opp utvendig. Kan eventuelt stoppe kapillærtransport fra fundament, det vil si. aktuell der ny drenering ikke vil hindre at fundamentet står med beina i vann.	Mange fallgruber og usikkerheter knyttet til metoden, se kap. 2.5.
<i>Lekkasjetetting ved injisering (kap. 2.6)</i>	Aktuell ved konsentrerte lekkasjer gjennom sprekker og riss, spesielt i forbindelse med konstruksjoner som i utgangspunktet skal være utført "vanntette", for eksempel konstruksjoner som ligger under dreneringsnivå.	Lekkasjene har en tendens til å flytte seg til naboområdet når det er tettet et sted.
<i>Kjemisk fuktspærre mot kapillært oppsugd fukt (kap. 2.6)</i>	Slipper å grave opp utvendig. Kan eventuelt stoppe kapillærtransport fra fundament, det vil si. aktuell der ny drenering ikke vil hindre at fundamentet står med beina i vann.	Usikkerheter knyttet til effektiviteten til metoden, se kap. 2.6.
<i>Fysisk fuktspærre (for eksempel metallplate) mot kapillært oppsugd fukt (kap. 2.7)</i>	Slipper å grave opp utvendig. Effektiv metode for eldre grunnmurer av tegl.	

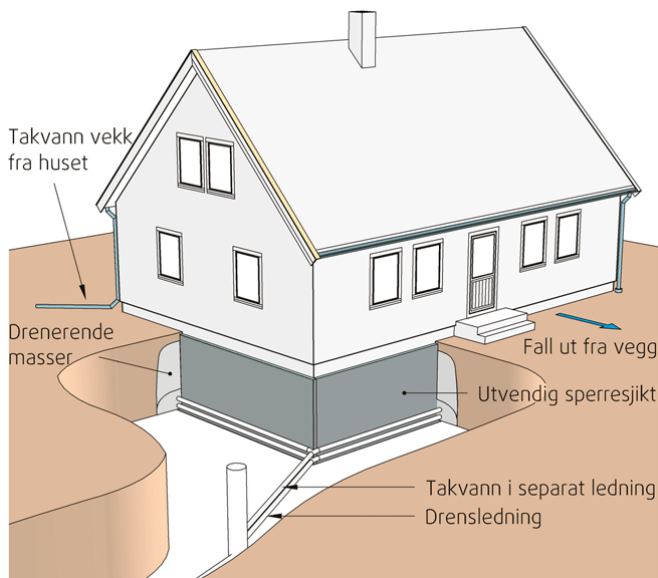


Fig. 2.2.1

Tiltak som gjennomføres ved oppgraving og skifte av drenering. Kilde: Byggforskserien

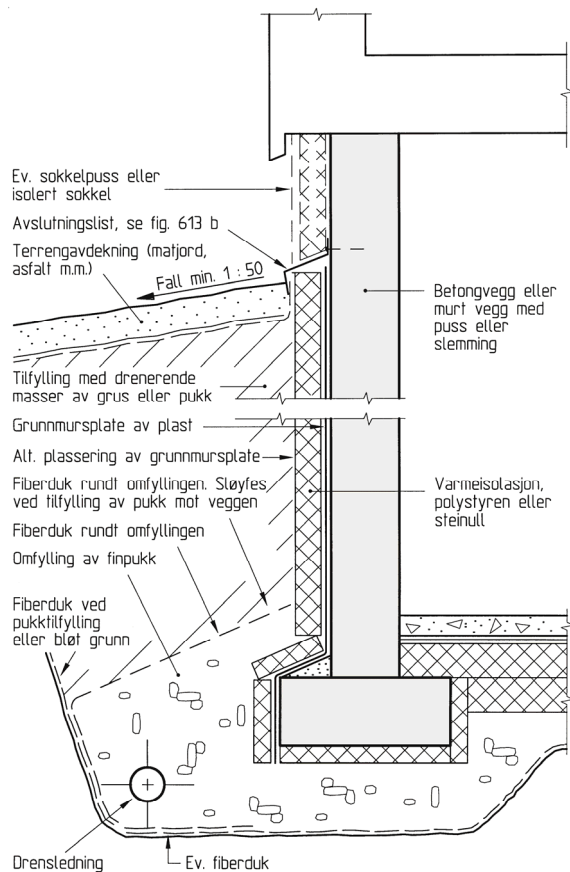
I tillegg er det i de siste 10-15 årene blitt mer vanlig å montere hele eller deler av varmeisolasjon på utsiden av ytterveggen som vist i figur 2.2.2. Varmeisolasjonen anbefales da å gå i hele veggens høyde, men ofte avsluttes isoleringen ved bakkenivå av praktiske eller økonomiske årsaker (i så tilfelle bør det også isoleres innvendig). Varmeisolasjonen plasseres vanligvis på utsiden av en grunnmursplate, men hvis det for eksempel benyttes en såkalt drensplate sløyfes gjerne grunnmursplaten (krever at veggen bak er fri for utettheter). En drensplate er en varmeisolasjonsplate med en åpen vannledende struktur eller med vertikale riller, som altså vil kunne få en kombinert effekt av å være drenerende og kapillærbrytende. Utvendig er drensplaten dekket med en fiberduk som hindrer inntrengning av finstoffer.

#### *Erfaringer og vurderinger*

Både dremsledning og de drenerende massene kan med tiden igjentettes av finstoffer fra omkringliggende masser. Dette vil både kunne medføre at grunnvannet tidvis stiger opp på veggen, eller at regnvann som trenger ned i grunnen fra overflaten danner et midlertidig vanntrykk mot veggen. Det eksisterende tettesjiktet (foreksempel asfaltpåstrykning) på veggen kan også være dårlig, oppsprukket eller delvis nedbrutt. Dersom dette skjer er oppgraving og legging av ny drenering samt nytt tettesjikt en velprøvd og velfungerende løsning. Forutsetningen er selvfølgelig at det utføres etter aksepterte anbefalinger i forbindelse med utvendig fuktsikring av bygninger, se for eksempel (Byggforskserien, 2009). Man må også sørge for at overflatevann og vann fra taknedløp føres bort fra huset.

Dersom hovedårsaken til fuktskadene i kjellerytterveggen er kapillært oppsugd fukt gjennom fundamentet er det imidlertid ikke gitt at denne metoden vil avhjelpe problemet. Fundamentet ligger kanskje lavere enn det er mulig av geotekniske årsaker å legge dreneringen, slik at fundamentet vil fortsette å suge vann også etter utbedringen. Fundamentet kan også fortsette å suge vann dersom det står på silt/leire – uavhengig av dremsledningens plassering. Dette gjelder imidlertid trolig mest for eldre kjelleryttervegger av murverk og eldre porøs betong/sparemur. Mer moderne betong er tettere og suger derfor mindre vann kapillært (mindre total vanntransport).

Luftespalten gir mulighet for at eventuelt kondensvann og vann som trenger gjennom skjøter og hull i grunnmursplaten kan renne nedover og dreneres bort i bunnen.



Figur 2.2.2  
Eksempel på varmeisolering av kjelleryttervegg. Kilde: Byggforskserien

Dersom kjelleren skal oppvarmes bør ytterveggen isoleres. SINTEF Byggforsk anbefaler at man plasserer mest mulig, og minst 1/3 (helst 100 mm eller mer) av isolasjonen på utsiden av vegger av betong, se (Byggforskserien, 2007). Erfaringer fra typiske innredede kjellerstuer med kun innvendig utforing /isolering har vist at disse er svært utsatt for muggvekst og råte på grunn av kondensering og at fukt utenfra ikke har noen uttørkingsmulighet mot innelufta (Holøs m.fl., 1996). Med utvendig isolering unngår man dette, og i dessuten får man en ekstra utvendig tetting av veggen (i tillegg til en eventuell grunnmursplate). Den utvendige isoleringen bør dekke hele vegg høyden, hvis ikke får man ikke full energispareeffekt av dette tiltaket – og man må supplere med innvendig isolering i tillegg.

Med utvendig isolering av vanlig type (EPS eller XPS) er det mest vanlig å legge grunnmursplaten mellom isoleringen og grunnmuren, noe som hindrer videre uttørking av eventuell fuktig grunnmur. Dersom grunnmursplaten derimot legges på utsiden skal man kunne på en teoretisk uttørkingsmulighet fra grunnmuren og utover gjennom isolasjonen. Fuktregninger viser imidlertid at med isolasjon av vanlig EPS, som i utgangspunktet er mer dampåpen enn XPS, er denne likevel såpass damptett at uttørkingen er minimal (Geving m.fl., 2012). For å få en effekt av dette må man benytte isolasjonstyper som er mer dampåpne, dette er mer omtalt i kapittel 2.3.

## 2.3 Utvendig dampåpen isolering

### Generelt

Som omtalt i kap 2.2 anbefales det at man isolerer kjellerveggen dersom kjelleren skal oppvarmes, og at hoveddelen av isoleringen bør plasseres utvendig på veggen. Isteden for å benytte vanlig EPS som isolering kan man benytte en mer dampåpen varmeisolering (merk at vanlig EPS ikke er

dampåpent i denne sammenhengen, selv om det er noe mer dampåpent enn XPS). Dette kan for eksempel være spesialprodukter som Isodren-platen som består av sammenlimte polystyrenkuler med et kontinuerlig luftrom mellom kulene (SINTEF TG, 2009), se figur 2.3.1. Når et slikt produkt plasseres på utsiden av veggen, uten grunnmursplate mellom isoleringen og grunnmuren, vil man kunne få en utadrettet uttørring av veggen dersom den tidligere har vært fuktig, se figur 2.3.2. Uten denne utadrettede uttørringen vil all fukt måtte tørke inover, noe som vil ta lang tid. Med dampåpen isolasjon utvendig vil man kunne starte innvendige arbeider tidligere, og det blir for eksempel mindre risiko forbundet med å montere en uisolert utføring på innsiden av veggen når eventuell fukt har en mulighet til å tørke utover.

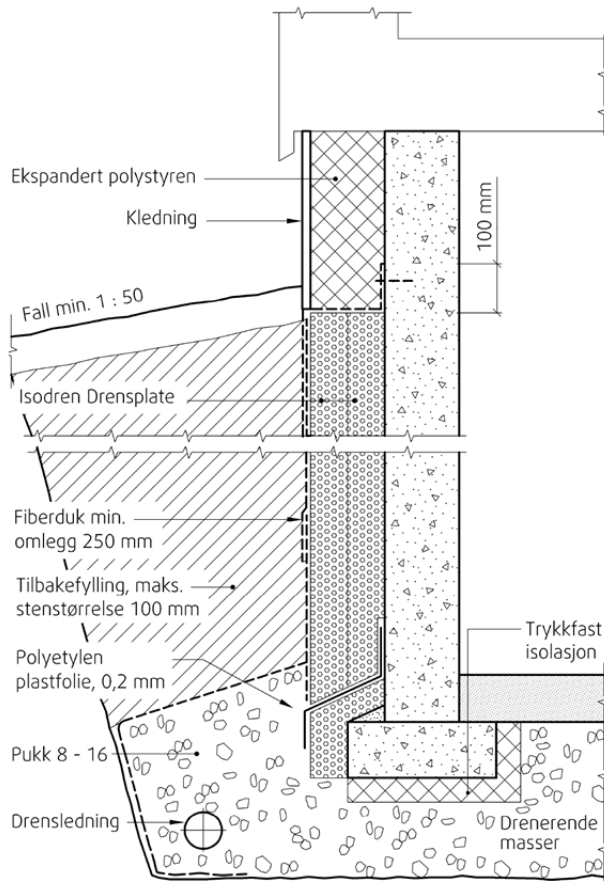


Fig. 2.3.1  
Eksempel på bruk av Isodren Drensplate som utvendig isolering av kjelleryttervegg (SINTEF TG, 2009).

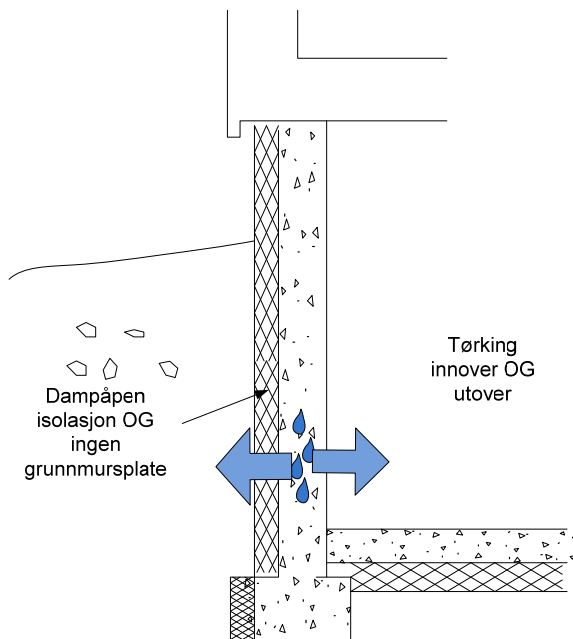


Fig. 2.3.2  
Toveis uttørking av fuktskadet kjelleryttervegg med dampåpen utvendig isolasjon

#### *Erfaringer og vurderinger*

Det er lite tilgjengelig undersøkelser knyttet til den potensielt positive effekten av å benytte utvendig isolasjon som er mer dampåpent enn vanlig EPS. I (Geving m.fl., 2012) er det imidlertid oppsummert en beregningsmessig studie av denne problemstillingen. Det ble der hovedsakelig regnet på et produkt med en dampåpenhet tilsvarende Isodren-platen (SINTEF TG, 2009). Der fant man at bruk av dampåpen utvendig isolasjon kunne gi en vesentlig hurtigere uttørking av en fuktig grunnmur i perioden etter en utbedring. I tillegg ville veggen innrette seg på et lavere fuktnivå når den nådde stabilitet gjerne flere år etter utbedringen. Dette gjeldt for hele veggens tykkelse. Man fant imidlertid at det var flere faktorer som påvirket uttørkingseffekten til denne metoden. Den viktigste faktoren var innnetemperaturen. Hvis kjelleren er uoppvarmet er det ingen eller liten ekstra uttørking. Jo mer innnetemperaturen økes jo hurtigere går uttørkingen. Denne effekten er opplagt siden metoden er basert på tørking gjennom isolasjonen på grunn av en forskjell i damptrykk mellom grunnmur og jord forårsaket av temperaturforskjellen over isolasjonen.

Man fant også følgende effekter:

- En økning av isolasjonstykkelsen fra 100 til 200 mm ga ikke økt uttørkingshastighet.
- Jo mer dampåpent isolasjonsmateriale jo hurtigere går uttørkingen, det vil si. tung mineralull gir den hurtigste uttørkingen.
- Hvis det monteres en innvendig utføring med isolasjon vil dette redusere den ekstra uttørkingseffekten svært mye. Dette fordi temperaturforskjellen over den utvendige isolasjonen da blir redusert, samt at den innvendige kledningen vil hindre uttørking til innelufta. Selv om utføringen ikke var isolert ble uttørkingen redusert endel.
- Uttørkingseffekten var uavhengig av om veggen var isolert over bakken eller ikke.

I (Geving m.fl., 2012) er det også vist målinger på to reelle rehabiliteringsprosjekter hvor dampåpen utvendig isolasjon ble brukt. Her fant man imidlertid liten eller ingen uttørkingseffekt, og hovedforklaringene til dette var trolig at kjellerne i ingen eller liten grad ble oppvarmet, samt at det i det ene prosjektet også ble montert en innvendig utføring ganske umiddelbart etter rehabiliteringen.

Den overnevnte studien viser klart at dampåpen utvendig isolasjon kan ha en positiv effekt. Det er imidlertid viktig at kjelleren blir oppvarmet, i det minste i en uttørkingseffekt, for å oppnå denne uttørkingseffekten. I tillegg bør man vurdere muligheten av å unngå en innvendig utføring, og

spesielt en isolert utforing, i hvertfall vente en periode til veggen har fått tørke. Det vil si at man bør tilstrebe å ha all isolasjonen utvendig, inklusive minst 50 mm over bakken. Studien viser også at vanlig EPS er såpass damptett at man har tilnærmet ingen positiv effekt.

Det er verdt å nevne at ved bruk av dampåpen isolasjon på utsiden bør det trolig benyttes en grunnmursplate av plast (knasteplate) på utsiden av isolasjonen, hvis ikke isolasjonen i seg selv fungerer som en drensplate. Etter vår kjennskap er det ingen systemer basert på harde mineralullplater som markedsføres til denne bruken, men hvis slike skulle benyttes ville de trolig fordre en grunnmursplate av plast på utsiden.

## 2.4 Innvendig grunnmursplate og utforing

### *Generelt*

En rehabiliteringsmetode som benyttes endel er basert på at en grunnmursplate monteres på innvendig side av grunnmuren før en utforing som kan være isolert monteres, se figur 2.4.1. Isola AS markedsfører en slik løsning i Norge. Hovedhensikten med grunnmursplaten er da å beskytte utforingen mot direkte oppfukning fra grunnmuren. I tillegg danner grunnmursplaten en luftspalte mot grunnmuren, og ved å åpne denne i topp og bunn har eventuell fukt i grunnmuren en viss teoretisk uttørkingsmulighet mot innelufta, delvis ved ren vandampdiffusjon og delvis ved luftgjennomstrømning.

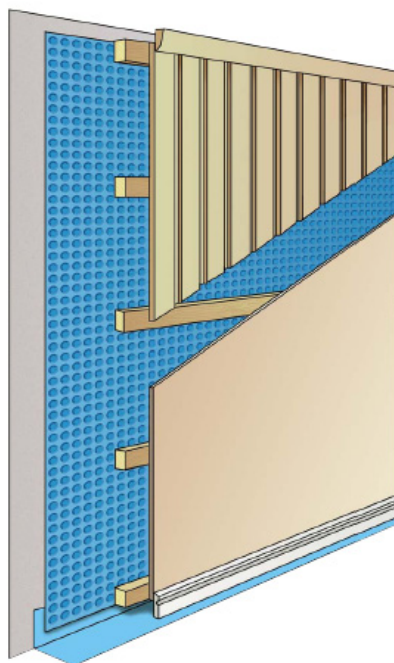


Fig. 2.4.1

Montering av grunnmursplate med knaster på innsiden av kjellerveggen, med innvendig utlekting og kledning.  
Kilde: Isola AS

### *Erfaringer og vurderinger*

Isola AS har markedsført denne løsningen i endel år. De angir at løsningen kan benyttes om man har en fuktig kjellervegg, dog med begrensningen at man har et såkalt ”mindre fuktproblem”. Videre angir de at eventuell isolasjonstykkelse bør begrenses til 50 mm for å unngå kondensproblemer på innsiden av grunnmursplaten. Det bør ikke benyttes dampsperre mellom kledning og isolasjon, men kledningen må være lufttett. I tillegg oppgis at systemet ikke fjerner et eventuelt behov for eventuell omlegging av drensrør.

Det er tre potensielle problemer som er spesielt interessante med denne utbedringsmetoden:

1. Risiko for kondens eller høy RF på innsiden av grunnmursplaten.
2. Mulighet for uttørking av kjellerveggen via luftspalten mellom grunnmursplate og vegg
3. Risiko for biologisk aktivitet (for eksempel muggvekst) i luftspalten

Risiko for kondens eller høy RF på innsiden av grunnmursplaten ble undersøkt ved feltmåling over ca. 1 år på en eldre kjellervegg av betong isolert med 50 mm treullsementplate på innsiden (Tveit, 1989). På veggen ble det lagt Platon grunnmursplate og kledd med utlektet sponplate med forskjellige utførelser av varmeisolasjon og dampspærre. Ved et vanlig romklima på ca. 20 °C og en RF varierende mellom 40 % (vinter) og 60 % (sommer), fant man at RF på innsiden av grunnmursplaten var relativt lav. RF varierte typisk mellom 40 % (vinter) og 70 % (sommer), i takt med inneklimateas variasjoner. Dette var relativt uavhengig av om det var benyttet dampspærre eller ikke og om utforingen var isolert eller ikke. Med 50 mm isolasjon fikk man imidlertid noe høyere RF enn om veggen ikke var isolert. I rapporten advares det mot å øke isolasjonstykkelsen opp mot 100 mm, siden risikoen for høy RF da vil øke betraktelig, spesielt i forbindelse med mulige luftlekkasjer.

Et tilsvarende forsøk som ovenfor ble gjennomført i laboratorium på en nystøpt kjelleryttervegg (Geving m.fl., 2012). I dette tilfellet var grunnmuren en uisolert 150 mm betongvegg, med Platon multi knastepalte, 50 mm mineralull/lekter og 9 mm gipsplate på innsiden. Inneklimate ble holdt på 23 °C og 40–45 % RF, noe som ga et fukttilskudd i måleperioden (vinter) på mellom 3–7 g/m<sup>3</sup>. I tillegg til selve målingene ble det også gjort noen beregninger med WUFI hvor selve forsøksoppsettet ble etterregnet. Følgende hovedkonklusjoner ble trukket:

- Det ble målt høye fuktnivåer (> 20 vekt-%) både i trestender og på betongoverflate.
- Målingene i prosjektet tyder på at luftskiftet i spalte mellom knasteplate og betong er lavt.
- Det må bemerkes at målingene ble gjennomført med svært høyt fuktinnhold i rommet. Beregninger utført med samme konstruksjon og utetemperatur, men med lavere og mer normal luftfuktighet innendørs, viser at det er fare for kondens i kalde perioder også ved et normalt inneklimate. En ny måling med lavere luftfuktighet vil kunne bekrefte/avkrefte beregningene og fare for kondens.
- Hvis en uisolert betongvegg skal kles innvendig med en knasteplate, tyder beregninger på at det ikke bør være isolasjon på innsiden, i hvert fall i rom med fuktproduksjon og mangelfull ventilasjon. Isolasjon på romsiden av knasteplaten kan imidlertid være aktuelt dersom betongveggen har noe isolasjon.

I (Geving m.fl., 2012) ble det også gjennomført en parameterstudie med programmet WUFI for denne utbedringsmetoden, spesielt med hensyn på å vurdere eventuell økt risiko for kondens og muggvekst på innsiden av grunnmursplaten ved økt isolasjonstykkelse utover 50 mm i den innvendige utforingen. Effekten av andre parametre som dampmotstand på innvendig kledning/sperresjikt, varmemotstand til eksisterende grunnmur, innvendig luftfuktighetsnivå, uteklimate og dybde under terreng ble vurdert. Følgende hovedkonklusjoner ble trukket:

- Tykkere innvendig isolasjon øker kondensfaren og muggvekstrisikoen i utforingen. For mange tilfeller ser det ut til at ca. 50 mm isolasjon kan være akseptabelt, men det er nok endel tilfeller hvor man bør bruke mindre eller ingen isolasjon.
- Dersom eksisterende grunnmur har en relativt høy varmemotstand, for eksempel består av lettklinker eller helst inneholder et isolasjonssjikt tilsvarende 50 mm varmeisolasjon, vil akseptabel tykkelse på isolasjon i utforingen trolig ligge i området 50–100 mm. Dersom grunnmuren har relativt lav varmemotstand bør man vurdere mindre isolasjon enn 50 mm, eventuelt ingen isolasjon.
- Utbedringsmetoden er følsom for nivå på innvendig luftfuktighet. Jo høyere innvendig luftfuktighet, jo mindre isolasjonstykkelse kan aksepteres ut fra risiko for kondens eller høy RF. I potensielt kraftig fuktbelastede rom som bad og vaskerom bør metoden brukes med forsiktighet, i hvertfall bør det vurderes om isolasjon bør sløyfes helt eller delvis i utforingen. I godt ventilerte kjellerrom (helst mekanisk ventilerte) vil man ha større toleranse for større isolasjonstykkelse.



- Resultatene viste at dampsperre mellom kledning og isolasjon bør unngås for denne utbedringsløsningen. Dampmotstanden til den innvendige kledningen hadde imidlertid relativt liten betydning når den holdt seg innenfor vanlig område man forventer med bruk av trebaserte kledninger/plater med relativt dampåpen overflatebehandling.
- Utvendig klima ble funnet å ha stor betydning for risikoen for kondens og risiko for muggvekst. Jo kaldere uteklima om vinteren, jo større var risikoen for kondens eller høy RF. I slike kalde strøk bør man derfor vurdere mindre isolasjon enn 50 mm, eventuelt ingen isolasjon.
- Risiko for kondens eller høy RF i utforingen er høyest over terrengnivå.

Når det gjelder muligheten for uttørking av veggen ved hjelp av luftspalten, kjenner vi ikke til undersøkelser på vegger (vertikale flater), men derimot er det gjennomført noen undersøkelser i forbindelse med grunnmursplater lagt på betonggolv. Nilsson (2002) gjennomførte laboriemålinger med Platon Golv lagt på 50 mm nystøpt betonggolv. RF ble målt i betonggolvet i dybde 20 og 40 mm i forskjellig avstand fra enden/åpningen av luftspalten (det vil si ved vegg). For et romklima på ca. 20 °C fant man en klar effekt av uttørking via luftspalten, men at effekten avtok sterkt jo større avstanden fra åpningen var. Selvuttørkingen (uttørking på grunn av hydratisering av betongen) av den aktuelle betongen ga en RF på ca. 94 %, det vil si. all ekstra uttørking ned fra 94% skyldes vandampdiffusjon via luftspalten. 0,4 og 0,7 m fra åpningen tørket betongen i en dybde på 20 mm ned til hhv 86 og 87 % RF i løpet av ca. 1 ½ år. 1,5 m fra åpningen falt RF derimot kun ned til 90 % RF. I en senere undersøkelse i samme prosjekt så man også på effekten av forskjellige typer grunnmursplater, det vil si. membraner som ga forskjellig høyde på luftspalten (Nilsson, 2004). Generelt fant man størst uttørking jo høyere luftspalten var, det vil si. den største uttørkingen oppnådde man med Platon Golv (ca. 6 mm høye ”knaster”), deretter noe langsommere og mindre uttørking med Platon Stop (kun 2 mm høye ”knaster”) og langsomst uttørking med Icopal Special (lavtbyggende produkt, ingen ”knaster”).

Mens overnevnte undersøkelser relaterer seg til ikke-mekanisk ventilerte luftspalter gjennomførte Becker et. al. (1988) lignende undersøkelser hvor man tilknyttet en vifte til luftspalten slik at man fikk en kontrollert ventilasjon. Som forventet fikk man en kraftig økning i uttørkingen med ventilert luftspalte, typisk ned til under 70 % RF i løpet av ett år. Uttørkingshastigheten var også avhengig av ventilasjonsgraden

Før montering av grunnmursplaten bør betongoverflaten rengjøres og eventuell overflatebehandling (maling/tapet) fjernes. Dette både for å forbedre uttørkingmulighetene og for å redusere risikoen for muggvekst og lukt.

## 2.5 Elektroosmose

### *Generelt*

Fenomenet elektro-osmose har vært kjent siden tidlig på 1800-tallet, hvor man fant at ved å utsette et fuktig finkornet materiale for en potensialforskjell (forskjell i elektrisk spenning) fikk man en vannstrøm fra den positive elektroden (anoden) mot den negative elektroden (katoden). På 1930-tallet i Sveits ble metoden for første gang overført til praktisk uttørking av murveggkonstruksjoner, og siden da har metoden vært utviklet videre og finnes i mange varianter. Disse variantene av metoden benyttes i dag i store deler av verden til å forsøke å tørke ut fuktige konstruksjoner i kontakt med grunnen. En oversiktlig innføring i teorien bak elektroosmose er gitt av Wisur (1993).

Vannstrømning ved hjelp av elektroosmose kan skje i porøse materialer som for eksempel betong eller tegl som har et sammenhengende poresystem (kapillærer) som helt eller delvis er fylt med vann. Dersom man påtrykker det fuktige materialet en potensialforskjell vil kapillærveggene som oftest anta et negativt potensiale. Vannet i porene inneholder alltid en større eller mindre andel positive og negative ladningsbærere (ioner), og de positive ionene vil tiltrekkes av de negative kapillærveggene og danne et såkalt elektrisk dobbeltsjikt ved overflaten av kapillærveggene, se

figur 2.5.1 Under påvirkning av det påtrykte elektriske feltet vil de positive ionene ved kapillæroverflaten bevege seg mot den negative elektroden. Hvert ion tar med seg en liten vannmengde, og vil på grunn av viskøse krefter kunne dra med seg resten av vannet i kapillærene, se figur 2.5.2. Det vil si. det dannes en liten væsketransport som er liten, men konstant.

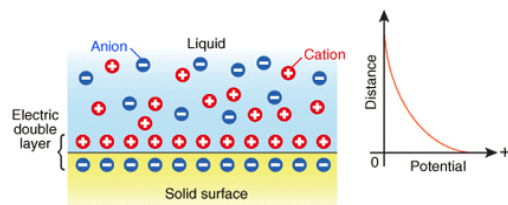


Fig. 2.5.1  
Dannelse av elektrisk dobbeltsjikt ved kapillærenes overflate (Nft-eop, 2009).

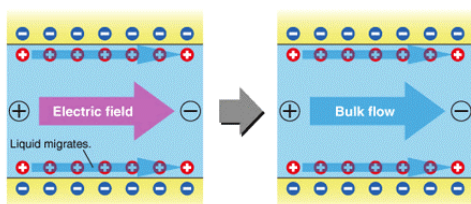


Fig. 2.5.2  
Vannstrøm i kapillærene ved at de positive ionene beveger seg mot den negative elektroden og drar med seg resten av vannet i midten av kapillærene (Nft-eop, 2009).

Følgende faktorer er ifølge Wisur (1993) av betydning for effektiviteten til elektroosmosen

- Saltkonsentrasjonen i vannet (det vil si mengden ioner) må ikke være for stor, siden det fører til at potensialforskjellen (kalt Zeta-potensialet) mellom vannet og kapillæroverflaten (som vist i figur 2.5.1) blir mindre eller lik null. Zeta-potensialet må være minst 10 mV for at elektroosmosen skal virke, men vil oftest være mindre enn det ved saltkonsentrasjoner større enn 0,1 mol/liter. Fra 2 – 3 % saltinnhold i porevannet synker effekten betraktelig, og ved konsentrasjoner fra 6 % opphører effekten nesten helt. Dette kan for eksempel gjelde gamle teglsteinsfundamenter som i visse tilfeller kan ha høy saltholdighet. Ved høye saltkonsentrasjoner vil det imidlertid skje en elektrolyse som vil kunne redusere saltinnholdet på grunn av ionetransport og elektrodereaksjoner. Faller saltinnholdet tilstrekkelig vil elektro-osmosen kunne starte igjen.
- Kapillærene (porene) må ikke være for store. I store kapillærer vil ikke de positive ionene klare å dra med seg vannet i midten av porene. Det vil si. i praksis kan slik væsketransport kun skje i materialer med svært fin porestruktur. Byggematerialer som tegl, betong og spesielt puss og mørtel har en høy andel av fine porer/kapillærer og er derfor normalt egnet for elektroosmose.
- Elektroosmoseeffekten er direkte proporsjonal med den påtrykte potensialforskjellen (ikke bland sammen med Zeta-potensialet). En reell opptørkingseffekt vil sannsynligvis først finne sted ved spenninger over 20 Volt.
- Høy pH er gunstig for elektroosmoseeffekten. Det vil si. basiske miljøer som poremiljøet i betong og murverk er positivt.
- Visse materialer (for eksempel kalksandstein eller kalkmørtel) eller sure vannløsninger kan føre til at materialene blir positivt ladet isteden for negativt, det vil si. overflaten tiltrekker seg negative ioner. Det vil føre til at væskestrømmen går andre veien mot den positive elektroden og at konstruksjonen i praksis blir fuktet opp. Lav pH ned i under 3,5–4 reduserer effekten og kan altså også i visse tilfeller reversere den. Dette kan for eksempel skyldes sur grunnvann. Selve elektroosmoseprosessen kan også føre til gradvis forsuring av porevannet

I følge (McInerny m.fl., 2002) har også massene i grunnen utenfor veggen/golvet stor betydning for effekten av elektroosmosen. I forsøk fant de for eksempel at effekten var bedre når grunnen besto av leire enn av sand. Dette ble forklart med at vanntransport med elektroosmose er mer effektivt i leire enn i sand.

### Elektroosmose i praksis

Elektroosmoseanlegg utføres i prinsippet som vist i figur 2.5.3. Elektrodeplugger (positiv elektrode = anode) bores og støpes inn i vegger og eventuelt golv, og et jordspyd (negativ elektrode = katode) slås ned i grunnen på utsiden. I stedet for elektroder er det også enkelte systemer som benytter kabler/ledninger av forskjellige materialer som da støpes inn i slisser i vegg og golv. Jordspydet kan også plasseres i grunnen ved at det borres et hull i grunnmuren innenfra.

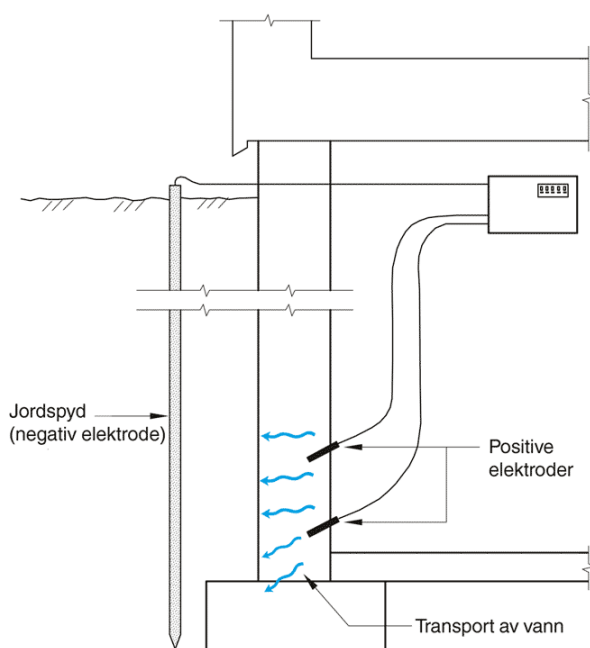


Fig. 2.5.3  
Prinsipp for utdriving av vann med elektroosmose. Kilde: Byggforskserien

De tradisjonelle elektroosmoseanleggene var basert på likestrøm. Disse var og er imidlertid beheftet med en stor ulempe, nemlig at den positive elektroden (anoden) etterhvert blir ødelagt av elektrolyse (korrosjon). For å redusere elektrodekorrosjonen må man i slike anlegg redusere spenningen ned til under ca. 2 Volt, noe som igjen reduserer elektroosmoseeffekten radikalt.

En måte å motvirke overnevnte korrosjonsproblem er ved å benytte såkalt pulset likestrøm. Det går i korthet ut på at det er en påtrykt positiv spenning (positiv betyr her at elektroden i veggen har positiv spenning) på typisk mellom 20 - 40 Volt en periode på noen sekunder. Deretter følger en periode med negativ spenning, det vil si at jordspydet isteden får positiv spenning. Og til slutt følger en periode med null spenning. I perioden med negativ spenning vil man få en innadrettet vannstrøm, men totalt sett blir likevel vannstrømmen utadrettet siden perioden med positiv spenning er vesentlig lengre enn perioden med negativ spenning. Den korte pulsen med negativ spenning hevdes blant annet å reversere elektrolysen ved anoden (reduserer korrosjonen på ikke-inerte elektroder), det vil si. sikrer en lengre levetid på anlegget (McInerny m.fl., 2002). Slik kan man benytte en større påtrykt spenning og dermed oppnå en bedre virkningsgrad på anlegget. Det antas også at faren for reversering av osmoseretningen er mindre for pulset likestrøm på grunn av mindre forsurening av porevannet.

For å redusere korrosjonen på anoden bør det benyttes mest mulig inerte elektroder, både med likestrøm og med pulset likestrøm. Bruk av armering som anode anbefales ikke (Wirum, 1993).

Metallrør og liknende som monteres direkte på muren kan gi ”kortslutning” av den elektriske kretsen, det vil si. at systemet blir helt virkningsløst. Derfor kreves en nøye planlegging av installasjonen og en regelmessig kontroll av systemet.

Både likestrømsmetoden og metoden med pulset likestrøm benevnes gjerne som såkalte aktive metoder, det vil si. at de benytter en ytre pålagt spenning. Det må nevnes at det også finnes såkalt passiv elektroosmose. Disse systemene baserer seg på det faktum at i en del vegger kan man måle ”naturlige” potensialforskjeller mellom vegg og jord, i enkelte tilfeller oppmot 1 Volt. Dette kan for eksempelskyldes at kapillært oppsugd vann har ført med seg salter som over lengre tid har konsentrert seg i avdunstingssonen. Som for aktiv elektroosmose benyttes det også her forskjellige elektrodearrangementer. Det hevdes imidlertid at potensialforskjellen generelt er for liten til å oppnå noen reell effekt, og delvis at teorien bak noen av de passive systemene er feil (Heiman, 1982; Wisur, 1993; McInerny, 2002). Passive systemer etter det vi kjenner til ikke vært brukt i Norge.

Det markedsføres også noen trådløse systemer som hevdes å basere seg på elektroosmose-prinsippet. Det vil si at man plasserer en impulsgeber sentralt i bygget, og at de elektromagnetiske bølgeene som sendes ut oppretter en potensialforskjell mellom grunnmur og golv og jord, på samme måte som de aktive elektroosmosesystemene omtalt ovenfor. SINTEF Byggforsk kjenner ikke til noen vitenskapelig dokumentasjon på at dette prinsippet fungerer i bygninger, og det er derfor ikke omtalt nærmere her.

#### *Vurdering*

Det synes dokumentert at velfungerende aktive elektroosmosemetoder vil kunne gi en uttørring av fuktige konstruksjoner mot grunnen. Samtidig vet vi at det er mange fallgruber med bruk av denne metoden, for eksempel med hensyn på korrosjon av elektroder, det å oppnå god nok virkningsgrad på anlegget og opprettholde denne over tid, kortslutning og i verste fall risikoen for reversert fukttransport. Dette reflekterer seg også i endel tilbakemeldinger på anlegg som ikke fungerer. Det er også mange referanser som uttaler seg skeptisk til hvordan metoden virker i praksis på bygg, e.g. (Gandra, 1997). Metoden er videre avhengig av vannfylte porer for å fungere, det vil si. jo mer fukt jo mer effektiv er metoden. Ifølge (Gandra, 1997) er de fuktnivåene man gjerne har i kjellervegger ofte ikke høye nok til at elektroosmosemetoden blir særlig virkningsfull.

I Norge er det gjort svært lite vitenskapelige undersøkelser av elektroosmosemetoden benyttet på bygninger. SINTEF Byggforsk har kun få erfaringer med oppfølging av slike anlegg – og de er både positive og negative. Det er derfor vanskelig å gi noen klare anbefalinger, både med hensyn til enkeltsystemer og generelt om elektroosmose. Med bakgrunn i de variable erfaringene mener SINTEF Byggforsk at det er å foretrekke å benytte metoder som fjerner fukttilførselen, for eksempel ved utvendig oppgraving og etablering av ny drenering og utvendig tetting. I endel tilfeller kan det imidlertid være praktisk vanskelig å grave opp utvendig, eller at ny drenering ikke vil fjerne problemet fordi fundamentet som går dypere en drensledningen likevel vil kunne suge opp vann kapillært fra grunnen. I slike tilfeller kan det være vel verdt å vurdere elektroosmose – på lik linje med andre metoder som angriper problemet fra innsiden (for eksempel injiseringsmetoder).

Noen anbefalinger kan imidlertid gis i det følgende:

- Metoder basert på pulserende likestrøm er trolig mer driftssikre og effektive enn rene likestrømsanlegg. Alle aktive elektroosmosesystemer som leveres i Norge i dag er basert på pulset likestrøm.
- Elektroosmosemetoden virker ikke når porene blir store, og vil derfor ikke kunne gjøre noe med lekkasjer gjennom sprekker, støpeskjøter og hull. Slike må derfor tettes med andre metoder (injisering, tettemørtler) før et eventuelt elektroosmoseanlegg installeres. Hvis hovedproblemet er nettopp lekkasjer gjennom slike sprekker er det ikke sikkert det er hensiktsmessig med et elektroosmoseanlegg, siden utvendig oppgraving trolig må gjennomføres likevel. Man må også være klar over at sprekke og uttetthetene kan være

lokalisert i ytre del av veggen, og ikke trenger å være spesielt synlige på innvendig overflate.

- Type materialer i grunnmur (porestørrelse, pH etc.), eventuelt surt grunnvann, saltinnhold i porevann etc. kan være faktorer som bør vurderes før man velger et elektroosmoseanlegg, jfr. kommentarer i tidligere underkapitler.
- Wisur (1993) skisserer en rask metode for å teste om metoden er egnet på den aktuelle konstruksjonen. To elektroder settes inn i den våte konstruksjonen (fra innsiden) med ca. 0,5 m avstand og kobles til systemet. I løpet av et par døgn skal man så merke en opptørking rundt den positive elektroden (anoden) hvis betingelsene for en elektroosmotisk uttørking er tilstede.
- Eventuell uttørking bør dokumenteres med fuktmålinger både før anlegget er igangsatt og i en periode etter at anlegget har stått på. Merk at fuktmålinger i betong og murverk kan være en utfordring. Ved målinger i ett og samme borhull over lang tid kan man teoretisk få en uttørking rundt borhullet som gjør at konstruksjonen virker tørrere enn den egentlig er.

## 2.6 Injisering med vannavvisende og tettende produkter

### *"Klassisk" lekkasjetetting ved injisering*

I Norge er det mange firma som jobber med vanntetting ved hjelp av injisering av forskjellige typer vannavvisende og/eller vanntettende produkter under høyt trykk. Det mest vanlige bruken av injiseringsmetoden er trolig tetting av lekkasjer gjennom mindre sprekker og riss i betongkonstruksjoner mot grunnen, hvor det kanskje spesielt er et marked i forbindelse med for eksempel større nybygg, vanntette underetasjer, P-anlegg, svømmebasseng etc. hvor man sliter med å få konstruksjonene tette.

Vedrørende tetting av lekkasjer gjennom sprekker og riss med injisering er det relativt mange firma i Norge som leverer tjenester på disse områdene. De benytter mange forskjellige produkter fra forskjellige leverandører, med forskjellige bruksområder, avhengig av sprekke/risstørrelser, hvorvidt sprekken fremdeles er i bevegelse (med krav til elastisitet) med mer. Noen produkter ekspanderer i kontakt med fukt. Noen krever fukt for å herde og andre ikke. Noen er beregnet på relativt kraftige lekkasjer, mens andre fordrer at lekkasjen er relativt liten. Eksempler på produkter er epoxy og polyuretaner. Et vanlig problem med injisering ved høyt trykk for å tette sprekker er at lekkasjen flytter seg etter tettingen, det vil si. at det høye injiseringstrykket som av og til benyttes åpner riss ved siden av de gamle rissene.

### *Kjemisk fuktsperre mot kapillært oppsugd fukt*

Til en viss grad brukes også injisering til å prøve å stoppe oppstigende fukt gjennom fundamentet i eldre bygg ved å etablere et mer eller mindre kontinuerlig vannavvisende sjikt i grunnmuren ved gulvnivå, såkalt "kjemisk fuktsperre". En litteraturstudie rundt dette temaet er gitt i (Hansen og Østergaard, 2003). Dette kan for eksempel gjennomføres ved at det fra innsiden bores hull i grunnmuren rett over golvet i en dybde på ca. 2/3 av veggtykkelsen. Hullene bores med en avstand tilpasset type materiale i grunnmur og type produkt som sprøytes inn, men kan typisk være på ca. 100 mm.

Produktene som sprøytes inn kan være av mange forskjellige typer. Hansen og Østergaard (2003) fant følgende kjemiske stoffer som anvendt eller markedsført; alkalisilikater (vannglass), alkalimethylsilikonater, methylsilikonat, siloxan, silikonharpiks, geldannende silan, organiske harpikser, silikonmikroemulsjon, mikro-cement suspensjon, steratopløsninger, bitumen, parafiner og akrylamid. De fant også at enkelte stoffer ble anvendt i kombinasjon med hverandre. I Danmark fant de at følgende hovedtyper stoffer var benyttet; silikon mikroemulsjon, kunstharpiksopløsning, silan/siloxan komposisjon og sementbasert injeksjonsmørtel. Vi har ikke gjort tilsvarende undersøkelse for norske forhold, men vi kjenner til at silan/siloksan midler er benyttet i Norge som kjemisk fuktsperre.

Virkemåten til de forskjellige produktene som benyttes til kjemiske fuktsperre er typisk en av to følgende prinsipper (Hansen og Østergaard, 2003):

- Stoffet fyller porene i materialet så det blir helt tett.
- Stoffet gjør overflatene i porene vannavvisende, så vannets kapillære transport vanskeliggjøres.

Vedrørende det å etablere en kjemisk fuktsperre for å stoppe kapillært oppsugd fukt fra fundamentet kan følgende aspekter nevnes:

- Middelet som sprøytes inn i veggen må være alkalibestandig, noe som er spesielt viktig i betongvegger, men også i teglvegger. Ofte sies det at eldre teglvegger som har vært utsatt for fukttransport over mange år ikke er så alkaliske, men eldre kraftige vegger kan fremdeles være alkaliske midt inne i veggen (Gandra, 1997).
- Hvorvidt metoden har mulighet til å bli vellykket eller ikke avhenger blant annet av hvor god spredning man klarer å få på det innsprøytede middelet, det vil si. om man klarer å etablere et kontinuerlig sjikt fra hull til hull. Spredningen er trolig lettere å kontrollere i mer homogene materialer som betong, enn murverk som består av teglstein og mørtel. Sprekker og liknende kan også føre til ”kortslutning” hvis produktet tilføres ved hjelp av trykk og ikke ved hjelp av kapillærsuging.
- Produktene vil avhengig av deres kjemiske oppbygning stille forskjellige krav til materialer og fuktforhold. Noen krever fukt for å reagere/herde, mens andre krever tørrere vegger. Alkalimethylsilikonat oppgis for eksempel til kun å benyttes ved lavt fuktinnhold og liten veggtykkelse.
- Levetiden til produktet må også vurderes, spesielt med hensyn på om det er aktuelt å gjenta behandlingen etter for eksempel 30 år.

I (Hansen, 2005) omtales laboratorieforsøk hvor man forsøkte å etablere slike kjemiske fuktsperre i teglmurverk med bruk av forskjellige typer produkter (alkalisilikat/alkalimethylsilikonat, kunstharpiks i organisk løsningsmiddel og silikonmikroemulsjon). I forsøket ble murverket plassert med nedre del av murverket i vann. Generelt fant man etter en prøveperiode på to år at disse produktene kun hadde en fuktbremsende effekt, det vil si. de reduserte den totale vannoppsugingen noe, men fungerte ikke som en fullstendig fuktsperre. Faktisk fant man ingen reduksjon i fuktforholdene over injeksjonssonen. Hansen (2005) rapporterte følgende virkning:

- I murverk med kalksementmørtel hadde alkalisilikat/alkalimethylsilikonat ingen signifikant virkning (0–10 %), mens kunstharpiks og silikonemulsjon reduserte oppsugningen med ca. 30%.
- Alle undersøkte produkter reduserte vannoppstigningen i murverk med kalkmørtel, i størrelsesorden 20–40 %. Effekten var minst for alkalisilikat/alkalimethylsilikonat.

I (Hansen og Østergaard, 2003) omtales nederlandske laboratorieforsøk av Van Hees og Koek delvis tilsvarende de danske omtalt ovenfor, hvor seks forskjellige kjemiske stoffer ble utprøvd på murverk av tegl med kalkmørtel. Forsøkene viste her god effekt av siloksan i hydrokarbon-oppløsning og silikonmikroemulsjon. Derimot var effekten dårlig for akrylamid, geldannende silan, siloksan i alkohol og silikonat.

## 2.7 Andre metoder

### 2.7.1 Innpressing av stålplater i murverksfuge

Ved oppstigende fukt fra fundamentet er en aktuell metode å etablere et vanntett horisontalt sjikt ved golvnivå som hindrer fukten å suges videre opp i veggen. En metode som er noe benyttet og utprøvd for eksempel i Danmark er innpressing av stålplater i en liggefuge ved golvnivå, jf. (Gandra, 1997; Byg-Erfa, 2004; GI, 2011) og figur 2.7.1. Fuktsperren bygges opp av stålplater som overlapper hverandre, og slås inn i murverksfugen med trykkluftshammer med ca. 1100-1450 slag pr minutt. Materialet er i høykvalitets rustfritt stål og finnes i forskjellige tykkelser for å passe til veggens tykkelse (Gandra, 1997)

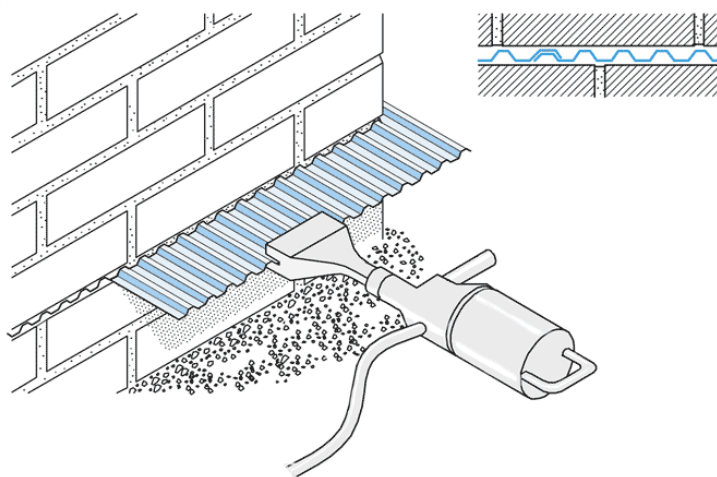


Fig. 2.7.1  
Kapillært oppsug fra grunnen stanses med et beslag som presses inn i mørtelfuge. Kilde: Byggforskserien

Metoden er benyttet på noen prosjekter i Norge, og det er flere danske firma som utfører slike jobber. Siden platene drives inn med korte slag skal det være liten risiko for forskyvninger/-oppsprekking. En statistisk vurdering gjøres før utbedringen gjennomføres, i et bygg med setninger kan det for eksempel være farlig å benytte metoden. Metoden kompletteres med andre tettemetoder der det er vanskelig å få presset inn stålplatene, for eksempel ved forskjøvne liggefuger eller ved rørføringer. Platen skal ha en levetid på ca. 50 år, og etter dette er det mulig å presse inn nye stålplater i liggefugen over den gamle (Gandra, 1997). Vedrørende krav til stålkvaliteten, se kapittel 2.7.2. Arbeidet utføres best utenfra og av hensyn til innpressingsverktøyet kreves en ca. to meter bred utgraving rundt bygningen (Byg-Erfa, 2004).

Metoden er kun aktuell i murverksvegger, typisk eldre massive teglvegger. Ifølge (Byg-Erfa, 2004) er metoden effektiv, men forutsetter altså en gjennomgående mørtelfuge. Utførelsen skal være plasskrevende (min 2 m fritt rom foran vegg) og utfordrende ved vanskelig tilgjengelige bygningsdeler. Sterke (sementrike) mørtler kan også være en utfordring. Dersom naboplatene ikke er helt i kontakt med hverandre i omlegget kan det fortsatt være en viss fukttransport ved vekevirkning. I tillegg kan vibreringen gi skader på murverket (GI, 2011).

## 2.7.2 Oppsaging av murverk og ilegging av stålplate/membran

Ved oppstigende fukt fra fundamentet er en aktuell metode å etablere et vanntett horisontalt sjikt ved golvnivå som hindrer fukten å suges videre opp i vegg. Metoden ligner på metoden med å presse inn stålplater i murverksfugen ved golvnivå som omtalt i kapittel 2.7.1. Murverksfugen sages opp et lite stykke bortover vegg i en tykkelse ca. 10-20 mm, en rustfri stålplate legges inn før tilslutt slissen utstøpes med en hurtigherdende mørtel. Deretter sages neste bit av vegg opp.

Metoden er forsøksvis utprøvd i Danmark, og det er kjent at metoden har vært en del benyttet i Østerrike, Ungarn og Tsjekkoslovakia tidligere (Byg-Erfa, 2004). Vi kjenner ikke til noen norske firma som benytter metoden. Fra forsøkene i Danmark rapporteres det at metoden har vist seg å være effektiv (Byg-Erfa, 2004; GI, 2011). De metodene som ble utprøvd i Danmark var både sirkelsag, wire-saging og bruk av en spesiell kjedesag, se figur 2.7.2 og 2.7.3. Utstyr og kunnskap i forbindelse med kjedesagmetoden var ifølge (GI, 2011) importert fra Østerrike. Av disse var kjedesagen den mest effektive (også sammenlignet med innpressing av stålplater, se kapittel 2.7.1), med hensyn på at det var færrest metodebegrensninger og følgeskader (GI, 2011). Den aktuelle kjedesagen skal kunne sage i en dybde på opptil 1 m. Samtidig har kjedesagmetoden best effekt med hensyn på at den kan benyttes også i vanskelig tilgjengelige murvegger, for eksempel hjørner mellom to vegger. Den krever imidlertid en mer omfattende statistisk analyse enn metoden med

innpressing av stålplater, siden krefter skal omfordeles til naboområdene i perioden fram til mørtelen har herdet.

Stålkvaliteten og tykkelsen på den rustfrie stålplaten vurderes i forhold til korrosjonsrisiko, hovedsakelig i forhold til kloridinnholdet i murverket og hvorvidt stålplaten er innstøpt i mørtel på både over og underside. Anbefalinger til stålkvalitet er gitt i (GI, 2011). Det kan også være aktuelt å benytte andre materialer som for eksempel membraner av bitumen, men da må materialets egenskaper både med hensyn på styrke, sammentrykning og kjemisk bestandighet dokumenteres nærmere.



Fig. 2.7.2  
Bruk av sirkelsag for å etablere vanntett horisontalt sjikt. Foto: (Østergaard og Hansen, 2003).



Fig. 2.7.3  
Bruk av kjedesag for å etablere vanntett horisontalt sjikt. Her er det vist en håndholdt variant, men de er også benyttet på forskjellige former for rigger avhengig av størrelsen på sagen. Foto: (GI, 2006)

### 2.7.3 Senkning av grunnvannsstand

Noen fuktskader skyldes fukt som suges opp fra grunnen, se figur 1.2.1. Omlegging av dreneringen og håndtering av overflatevann nær bygget vil som regel bedre forholdene, men ikke alltid løse problemer av denne typen, fordi veggfundamentet kan stå i vann eller i kapillær forbindelse med fuktig grunn. Senkning av drens nivået (og dermed grunnvannsnivået) i forhold til veggfundamentet kan medføre setning på huset og løser ikke nødvendigvis problemet. Senkning av grunnvannsstanden bør bare utføres i samråd med sakkynndige i geoteknikk.



## 2.8 Generelle tiltak

### *Generelt*

For nærmere informasjon om generelle anbefalinger knyttet til utvendig fuktsikring og drenering, se (Byggforskserien, 2009). I (Byggforskserien, 2006) er det gitt en oppsummering av endel aktuelle tiltak for utbedring av fuktskadede kjellere, noen av dem er gjengitt i det følgende.

### *Ventilasjon og oppvarming*

Økt ventilering av kjelleren, eventuelt i kombinasjon med noe oppvarming, kan bidra til å tørke ut fukt på overflatene som er tilført fra grunnen. Dette kan være aktuelt som tiltak i en fuktig grovkjeller som man ønsker å få litt tørrere for å utvide bruksområdet. Man må da være oppmerksom på at man da bare fjerner symptomet, og fremdeles må være forsiktig med å bygge inn vegger/golv, lagre ting mot vegger og lignende.

Ved kondensproblemer på dårlig isolerte vegger og golv, se figur 1.2.3, kan det derimot være gunstig å redusere ventilasjonen i fuktige og varme perioder sent om våren og om sommeren.

Gamle murverksvegger kan imidlertid få problemer med økt saltutslag og krystallisering, og i verste fall forvitring av mørtelfugene, dersom en tidligere uoppvarmet kjeller plutselig blir oppvarmet. Dette skyldes at slike eldre murer kan inneholde store mengder oppløste salter. Når temperaturen øker og RF senkes kan dette føre til kraftig økning av avdampning til innelufta og økt krystallasjon av saltene.

### *Avledning av overflatevann og takvann*

Terrenget bør ha et fall på min. 1 : 50 minst 3 m ut fra huset. Ved stor vannbelastning og manglende fall, må vannet avledes med en drensgrøft, se figur 2.8.1, renner eller kantstein. Hvis fuktsikringen av bygningen er dårlig bør man ikke ha blomsterbed e.l. nær veggen.

Takvann må enten føres ut på terreng, se figur 2.8.2, eller føres i tett ledning direkte til huskum eller grøft.

Se også (Byggforskserien, 2009).

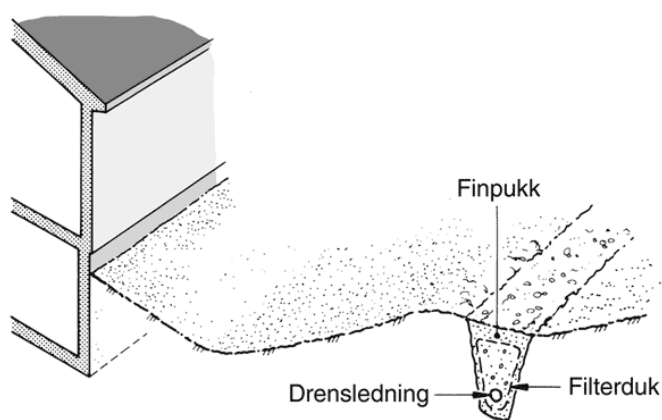


Fig. 2.8.1  
Avskjærende drensgrøft reduserer vannpåkjenningen på yttervegger. Kilde: Byggforskserien

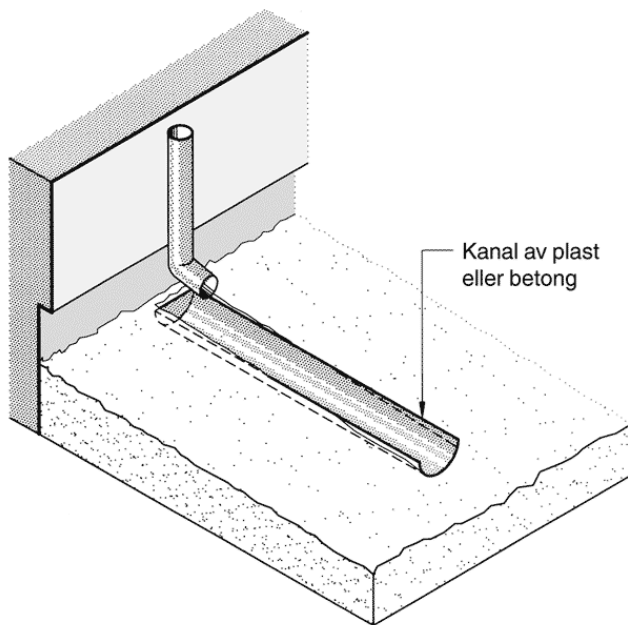


Fig. 2.8.2

Ved utkast for taknedløp må overflaten ha godt fall og så tett overflate at vannet renner vekk. Lengden på renna bør tilsvare fyllingshøyden på kjellerveggen. Kilde: Byggforskserien

#### *Innvendig etterisolering*

Innredet kjeller må ikke isoleres innvendig før skadde materialer er fjernet, årsaken til fuktskadene er utbedret og kjelleren er tørr. Materialer med soppkader må skiftes ut. Overflatisk muggsoppvekst kan vaskes bort med en fuktig mikrofiberklut. Årsaken til fukt bør identifiseres og fjernes.

Man kan unngå ny innvendig isolering ved å isolere utvendig, se kapittel 2.2 og 2.3. Dersom man må isolere innvendig er det en fordel å unngå bruk av trevirke og andre organiske materialer. Figur 2.8.3 viser en fuktteknisk robust løsning med murt vegg av polyuretanolert lettklinkerblokk. Alternativt kan man benytte en veggpuss eller keramiske fliser direkte på isolasjonsplater av ekspandert eller ekstrudert polystyren (EPS eller XPS). Dersom innvendig utforing av treverk likevel blir benyttet er det en fordel at treverket er montert utklosset med en viss avstand (for eksempel 2 cm) til grunnmuren, og gjerne slik at det legges et tynt lag med isolasjon mellom treverket og grunnmuren. Det må ikke legges inn et lag med forhudningspapp eller liknende mellom utforing og grunnmur som det ofte var vanlig for noen år siden. Et slikt lag vil kun fungere som et vekstmedium for eventuell muggsopp. Innredning av oppholdsrom i eksisterende kjeller er nærmere beskrevet i Byggforvaltning 727.113.

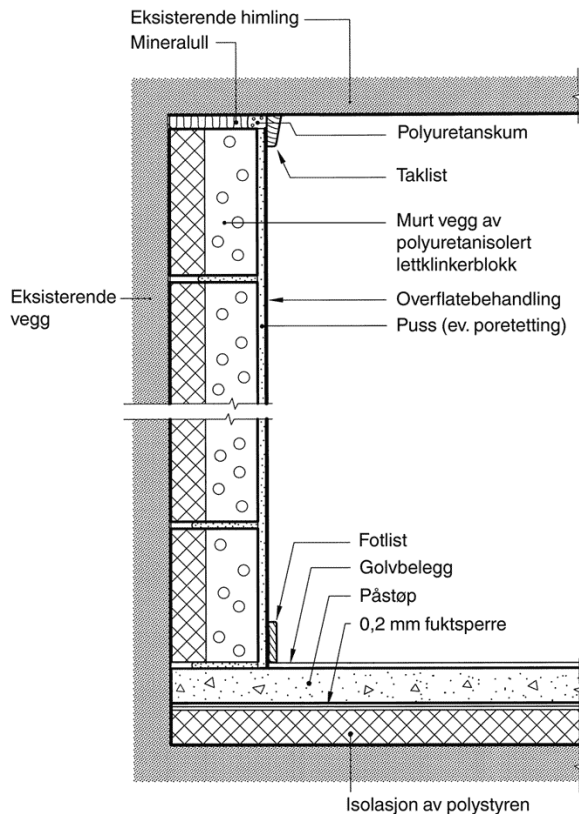


Fig. 2.8.3  
Polyuretanisolert lettklinkerblokk brukt til innvendig etterisolering  
Konstruksjonen egner seg spesielt i våtrom. Kilde: Byggforskeren

### *Innvendige tett tiltak*

*Påstrykningsmidler.* Kjellervegger med mindre saltskader kan man forsøke å utbedre lokalt dersom veggen ikke har synlig fukt. Utslag og maling fjernes på et felt, og man maler med en mineralsk maling (sement- eller silikatmaling). På kjellervegger der utvendige tiltak ikke er mulig eller er for kostbare, kan man forsøke å bruke et vanntettende produkt som kan smøres på innvendig side av kjellerveggen. Slike produkter tåler et visst vanntrykk. De er ikke damptette, men har bare en begrenset åpenhet for dampgjennomgang. Derfor kan man risikere at veggen bak tettesjiktet fuktes opp, for eksempel fordi fukt nedenfra suges lengre opp. Det kan føre til saltavleiringer og saltsprengning, frostsprengning utvendig i øvre deler av veggen og fuktskader på fuktømfintlige konstruksjoner over kjellerveggen.

*Offerpuss.* Mur- og betongvegger med saltskader kan utbedres med en offerpuss. Offerpuss slipper gjennom svært mye vanndamp samtidig som høy porøsitet (30–40 %) tillater en viss krystallisering av salter uten at sjiktet skades. Offerpuss må påføres med en spesiell teknikk som bevarer de store porene i pussjiktet. Total tykkelse er ca. 20 mm. Offerpuss kan behandles med en tradisjonell, mindre porøs slutt puss. Ikke bruk malinger med organiske bindemidler på overflaten.

## 3. Undersøkelsesmetoder

For mer inngående detaljer rundt dette temaet henvises det til (Geving, 2011).

### 3.1 Ventilasjon

Ved fuktskader i kjellere bør man alltid undersøke ventilasjonsforholdene, spesielt ved mistanke om kondensskader. Registrer eventuelle fuktkilder, som klestørking og dårlig ventilerte vaske- og våtrom.

### 3.2 Temperatur og luftfuktighet

Målte verdier for RF og temperatur i kjelleren indikerer hvor effektivt kjelleren ventileres og om det er spesielle fuktkilder der, som avdampning fra fuktige golv eller vegger eller klestørking. Lave temperaturer gir også opphav til høy RF. Registrer oppvarmingskilder og varmeisolasjon mot første etasje.

### 3.3 Observasjon av innvendige overflater

Innvendige overflater av mur og betong med synlig fukt bør observeres over tid. Som indikator på om fukt skyldes kondens, kan man bruke en glassplate, for eksempel 50 mm x 50 mm. Glassplata hellimes uten luftlommer til den våte flaten med sementbasert flislim. Blir det fukt på overflaten av glasset, er det fuktig luft som kondenserer og som regel ikke fuktgjennomslag gjennom veggen. Ved å tilføre vann til grunnen utenfor med vannslange eller spreder kan man få en indikasjon på om vannet kommer utenfra i forbindelse med større regnmengder eller lengre regnperioder.

Generelt er det avgjørende å fastslå om fukten suges opp fra grunnen eller om det er svikt i veggens fuktsikring eller drencsystemet. Oppgraving og utbedring av drencsystemet vil ikke nødvendigvis utbedre problemer med fukt som suges opp fra fundamentbunnen. Skader også på innvendige bærevegger er indikasjon på fuktoppsug fra grunnen.

På steder med kalk- og/eller saltutslag, kan fukt fra grunnen i murte og støpte konstruksjoner som tilsynelatende er tørre avdekkes ved å legge en plastfolie på innvendig side. Fukt mellom platen og konstruksjonen avslører fukttransport. Årsaken til at veggen virker tørr, er at den avgir like store mengder fukt som den tar opp fra grunnen.

### 3.4 Fuktmåling

Fuktindikatorer kan brukes for å lokalisere fuktige områder på vegger eller golv. Ved måling på mur- eller betongoverflate bør man bruke en fuktindikator beregnet for tunge materialer.

Trefuktmålere kan brukes for å måle fuktinnhold innvendig i utførede vegger eller i bunnsviller i innervegger, se figur 3.4.1.

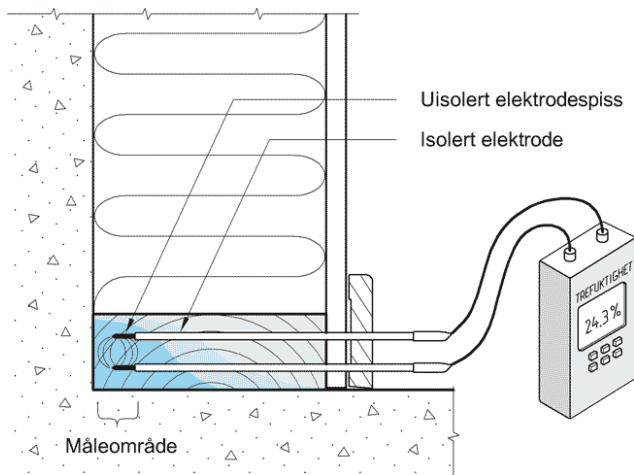


Fig. 3.4.1  
Eksempel på trefuktmåling med ekstra lange elektroder i forborede hull i en bunnsvill i en kjelleryttervegg.  
Kilde: Byggforskserien

I visse tilfeller kan det være aktuelt å måle relativ fuktighet i hulrom i utførede vegger eller i forborede hulrom i mur og betong, se figur 3.4.1. Disse målemetodene kan forstyrres av salter i materialene. Salter som nitrater og klorider øker ledningsevnen i vannet, slik at instrumentets utslag blir for høyt. Saltkonsentrasjonen er ofte høyest på innvendige overflater på grunn av avleiringer. Saltkonsentrasjonen er som regel lavere hvis man måler lengre inn i konstruksjonen.

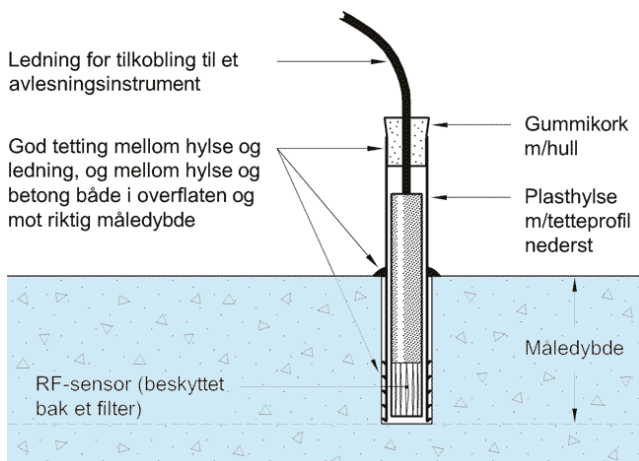


Fig. 3.4.2  
Eksempel på måling av relativ fuktighet (RF) og temperatur i utboret borhull i betong eller murverk. Sensorenheten er her plassert i en spesielt tilpasset plasthylse. Kilde: Byggforskserien

### 3.5 Åpning av konstruksjoner

#### *Innvendig etterisolert kjellervegg*

Ved mistanke om fukt på vegg bak isolert bindingsverk må vegg åpnes. Fjern kledning, eventuell plastfolie, isolasjon og papp. Eventuelle forekomster av mugg- og råtesopp kartlegges samtidig som man måler fuktigheten i trevirket.

Overflaten på betongveggen ser tørr ut (lys grå) etter noen dager. Steder som tørker betraktelig langsommere eller ikke tørker (mørkere grå), kan indikere gjennomslag av fukt utenfra.

Man kan avsløre fuktgjennomslag ved å tilføre vann utenfra med en spreder og registrere innvendige overflater. Tørker alle flater raskt, må man undersøke om det er luftlekkasje fra grunnen

i overgangen mellom vegg og golv, se figur 1.2.6. Luftlekkasje kan avdekkes ved å føre røyk langs overgangen mens husets avtrekksvifte går for fullt.

#### *Kjellervegg med isolasjonselementer*

Fukt i bakre gipsplate mot betongveggen og i bakkant av elementenes bunnsvill, se figur 3.5.1, kan måles med et vanlig elektrisk instrument for måling av fukt i trevirke, med lange elektroder som presses inn i materialet i forborede hull, tilsvarende som vist i figur 3.4.1.

Måleverdiene for fuktinnhold er ikke reelle, siden det måles på gips i stedet for i treverk, men det kan brukes til å sammenlikne mellom forskjellige lokaliteter. Elementer med høyt avlest fuktinnhold (25–30 vektprosent) bør fjernes.

Etter at elementene er fjernet, kan man tilføre terrenget vann med vannslange ved mistenkelige steder på kjellerveggen for å avklare om fukten kommer utenfra.

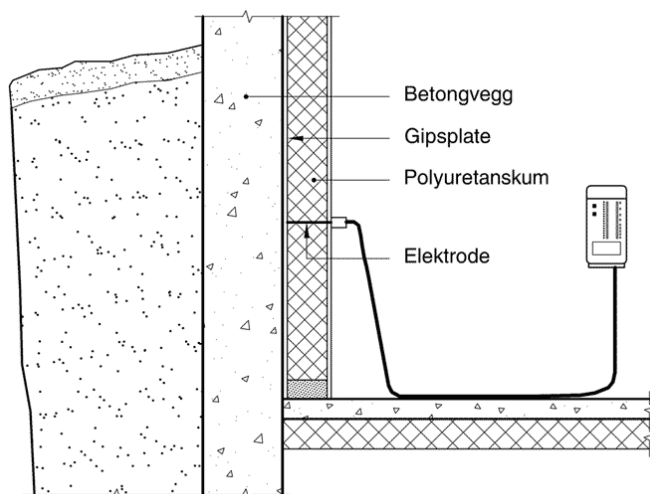


Fig.3.5.1  
Veggelement utsatt for fuktskader. Fuktinnhold i bakre gipsplate indikeres med trefuktighetsmåler.  
Kilde: Byggforskserien

#### *Golv*

Man kan avdekke golvoppbygningen ved å lage et ca. 150 mm x 150 mm stort hull i golvet. Her kan man observere eventuell vannstand over tid, både under ekstrem nedbør og når vann tilføres terrenget med vannslange. Spesielt nyttig informasjon får man ved å plassere hullet nær ytterveggsfundamentet og samtidig grave bort massene på utsiden av veggen til underkant av fundamentnivå. Hullet dekkes til mellom observasjonene.

### **3.6 Vanntilførsel og vannavledning i terrengnivå**

Avledning av overflatevann og håndtering av takvann må kartlegges. De utvendige forholdene bør observeres under kraftig nedbør og under snøsmelting. Særlig kan større arealer med fall mot huset gi stor vannpåkjenning.

### **3.7 Drensledning**

Gjenslamming av drensledning, svanker og liknende i drensledninger kan utredes av spesialfirmaer som fører videokameraer inn i nettet via huskum. Tilgjengelighet til hele ledningen er avhengig av at det ikke er for mange skarpe bend. Man bør undersøke vannstanden i eventuell drenskum. Hvis det ikke renner vann fra drensledningen til kummen, kan det bety at drensledningen eller omfyllingen rundt ledningen er tett, men det kan like gjerne bety at vannstanden i grunnen står lavere enn drensledningen.

Dreneringen ligger som et overløp og leder vann når den fylles opp nedenfra. Mange dreneledninger fører ikke vann i det hele tatt fordi vannet synker direkte ned i grunnen eller dreneres ut via vann- og avløpsgrøften, som ligger dypere.

### **3.8 Oppgraving**

Ved fuktinntrenging fra utsiden er det ofte nødvendig med lokal oppgraving utenfor kjellerveggen for å undersøke forholdene. Da kan man undersøke plasseringen av dreneledningen i forhold til golv og fundamenter, eventuell avleiring i ledningen, omfyllingsmasser rundt dreneringen, tilfyllingsmasser mot veggen, veggens fuktbeskyttelse og annet. Som regel lønner det seg å grave der skadene er tydeligst på innsiden.

## 4. Referanser

Becker, B. et.al. 1988. Ventilerte golv med Platon mattan. En metod för att undvika fukt- och luktproblem. Isola-Platon AB, Stockholm.

Byggforskserien, 2006. Fukt i kjellere. Årsaker og utbedring. Byggforvaltningsblad 727.121. SINTEF Byggforsk, Oslo.

Byggforskserien, 2007. Yttervegger mot terreng. Varmeisolering og tetting. Byggdetaljblad 523.111. SINTEF Byggforsk, Oslo.

Byggforskserien, 2009. Utvendig fuktsikring av bygninger. Byggdetaljblad 514.221. SINTEF Byggforsk, Oslo.

Byg-Erfa, 2004. Fuktskader i ældre kældre – utbedring og forebyggelse. Erfaringsblad 04 12 29, Danmark.

Gandra, P. 1997. Uppstigande markfukt – lösningar och kompromisser. Bygg & teknik nr 8/97, s. 28-30, Sverige.

Geving, S. 2011. Fuktskader. Årsaker, utredning og tiltak. Håndbok 3. SINTEF Akademisk forlag, Oslo.

Geving, S. m.fl. 2012. Utbedring av fuktskadede kjelleryttervegger. Delrapport 2 – Felt-, laboratorie- og beregningsmessige undersøkelser av tre metoder. Prosjektrapport 84, SINTEF Byggforsk, Oslo.

GI, 2006. Mekanisk fugtstandsning ved hjælp af gennemskæring af mur og placering af plademembran (foreløpig udgave). Grundeierens Investeringsfond, Danmark  
<http://projekter.gi.dk/Default.aspx?ID=2271#10768>, pr 19.04.2011.

GI, 2011. Hjemmeside til Grundeierens Investeringsfond, Danmark.  
[http://ejendomsviden.dk/Fugt/Opstigende\\_grundfugt/Saadan\\_standes\\_opstigende\\_grundfugt/Sider/Default.aspx](http://ejendomsviden.dk/Fugt/Opstigende_grundfugt/Saadan_standes_opstigende_grundfugt/Sider/Default.aspx), pr. 19.04.2011.

Hansen, H. og J. Østergaard. 2003. *Litteratursøgning vedr. opstigende grundfugt*. Teknologisk Institut, Danmark. <http://projekter.gi.dk/Default.aspx?AreaID=63>, pr 19.04.2011.

Hansen, H. 2005. GI § 61 Project vedrørende fugtstandsning/måling – fase 2. Teknologisk Institut, Danmark. <http://projekter.gi.dk/Default.aspx?AreaID=63>, pr 19.04.2011.

Holøs, S. m.fl. 1996. Kvalitetssikring av boligrom under terreng. Prosjektrapport 201, Norges byggforskningsinstitutt, Oslo.

Martinsen, E. 2010. *Utbedring av fuktskadede kjelleryttervegger. Beregningsmessig analyse av parametre relatert til uttørkingsforløp og muggsoppvekst*. Masteroppå grunn avve, Norges Teknisk Naturvitenskapelige Universitet (NTNU), Trondheim.

McInerny, M.K. m.fl. 2002. Using electro-osmotic pulse technology to prevent rising damp and moisture intrusion. *APT Bulletin*, Vol. 33, No. 4 (2002), pp. 47-53.

Nft-eop, 2009. <http://www.nft-eop.co.jp/en/technology/pump.html> (24.11.2009)



Nilsson, L-O. 2002. *Drying out concrete floor slabs by passive venting air gaps under damp proof membranes*. In: Proceedings of the 6<sup>th</sup> Symposium on Building Physics in the Nordic Countries, Trondheim, June 17-19, pp 191-198.

Nilsson, L-o. 2004. *Uttorkningseffekt av Isola-Platons luftspalt – utan mekanisk ventilasjon. Del 2: Jämförelse mellan olika typer av fuktisoleringar*. Slutrapport til Isola AS.

SINTEF TG, 2009. Isodren drensplate. SINTEF Teknisk godkjenning nr 2379.  
<http://www.sintefcertification.no/>

Torres, M.I.M. og V.P. de Freitas. 2007. Treatment of rising damp in historical buildings: wall base ventilation. *Building and Environment*, vol. 42, pp 424-435.

Tveit, A. 1989. *Undersøkelser vedrørende temperatur- og fuktforhold ved eldre kjellervegg*. Norges byggforskningsinstitutt, Oppdragsrapport (nr O3237) til Isola AS, Trondheim.

Wisur, T. 1993. *Elektro-osmose i bygningskonstruksjoner*. Foredrag på kurs ved Linne Hotel 5.-6. juni 1993, Østlandskonsult AS.

Østergaard og Hansen, 2003. GI § 61 Project vedrørende fugtstandsning/måling – fase 2. Opfølging av utførte tiltag til hindring af opstigende grundfugt i bygning 30, blandt Kurhsets 11 bygninger på Sankt Hans Hospital i Roskilde. <http://projekter.gi.dk/Default.aspx?ID=2271#10768>, pr 19.04.2011.

**SINTEF** er Skandinavias største forskningskonsern. Vår visjon er «Teknologi for et bedre samfunn». Vi skal bidra til økt verdiskapning, økt livskvalitet og en bærekraftig utvikling. SINTEF selger forskningsbasert kunnskap og tilhørende tjenester basert på dyp innsikt i teknologi, naturvitenskap, medisin og samfunnsvitenskap.

**SINTEF Byggforsk** er et internasjonalt ledende forskningsinstitutt og Norges viktigste formidler av forskningsbasert kunnskap til bygge- og anleggsnæringen. Vi skaper verdier for våre kunder og for samfunnet gjennom forskning og utvikling, spesialrådgivning, sertifisering og kunnskapsformidling. Våre publikasjoner omfatter Byggforskserien, Byggebransjens våtromsnorm, håndbøker, rapporter, faktabøker og beregnings- og planleggingsverktøy.

