



Foto 1. Udsnit af facaden på Gule Pakhus i Toldbodgade, København. Overfladen nedbrydes af kogsalt, natriumklorid. Opstigende grundfugt er dokumenteret ved måling med TDR-probe i forskellige højder over soklen og forskellige dybder fra overfladen.

## Problemer med fugt og salte i murværk og deres afhjælpning

Af Poul Klenz Larsen, seniorrådgiver ved Nationalmuseets Bevaringsafdeling. Foto: forfatteren

### Indledning

Hvis pudsen skaller af facaden, skyldes det ofte fugt eller salte i murværket. Men hvor kommer fugten fra, og hvordan behandler man murværk, som er belastet af salte? Som husejer må man sikre sig, at de materialer og den metode, der anvendes, er hensigtsmæssig i forhold til den aktuelle konstruktion. Forudsætningen for en vellykket behandling er at stille en korrekt diagnose, det vil sige at lokalisere fugtkilden. Desværre er de målemetoder, der almindeligvis anvendes, ikke egnede til massive konstruktioner. Artiklen giver en række eksempler på typiske fugtproblemer i historiske bygninger, deres årsag og deres løsning.

### Grundfugt - ikke altid en trussel. Gule Pakhus som eksempel på vedligeholdelsesstrategi

Gule Pakhus i Toldbodgade i København står på en pælefundering tæt på havnebassinet og har de murede fundamenter dyppet ned i et frit grundvandsspejl i niveau med havoverfladen (foto 1). Der er ingen konstruktiv beskyttelse mod fugt, idet sandstenssoklen blot er indmuret i overfladen. Facaderne er behandlet med en tynd filtsning, som er nedbrudt op til ca. 1,5 m over terræn. Tidligere forsøgte man at bekæmpe opstigende fugt i murværk ved at bore dybe huller og derved ventilere fugten ud. Men hullerne har ingen effekt, fordi fordampningshastigheden er mange gange langsommere en opsuigningshastigheden. De fire huller, der ses bag bænken lodret over hinanden, er ikke beregnet til udluftning, men benyttes til fugtmålinger

med en såkaldt TDR-probe. Instrumentet udsender et elektromagnetisk felt, som påvirkes af vandmolekyler i omgivelserne, og derved giver et mål for fugtindholdet. Regelmæssige målinger i forskellige højder over soklen viser, at fugtindholdet er aftagende opetter og derfor med god ret kan betegnes 'opstigende'. Målinger i forskellige dybder viser, at fugtindholdet i murpillens tværsnit er højt i dybden og aftagende udefter, hvor fordampningen finder sted. For massive murværkskonstruktioner giver fugtmålinger på overfladen ikke et retvisende billede af fugtforholdene i konstruktionens tværsnit. Derfor er de almindelige elektroniske fugtmålere uegnede til at diagnosticere fugtbelastning i historisk murværk.

### Kemisk spærre ikke effektiv

På det viste facadeudsnit er der udført en prøve på en såkaldt kemisk fugtspærre, som består af et flydende produkt, der injiceres i huller, boret umiddelbart over soklen. Kemikalierne spreder sig gennem porerne, gør materialet vandafvisende og forhindrer derved den kapillære vandopsugning. Metoden virker udmærket i laboratorieforsøg under kontrollerede forhold. Men på det aktuelle bygningsværk kan der ikke påvises nogen effekt af behandlingen.

Det er i det hele taget tvivlsomt, om de såkaldte 'kemiske metoder' generelt bør anvendes til fugtbelastet murværk. I en stor undersøgelse har Grundejernes Investeringsfond (A) konkluderet, at der højst kan opnås en vis bremsende virkning, men ikke en standsning af fugten.

### Mekanisk spærre effektiv, men giver andre gener

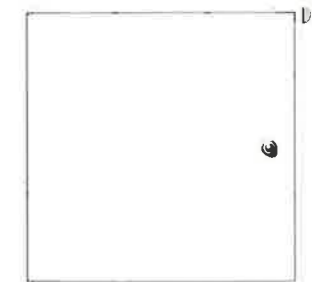
Den eneste sikre metode til standsning af opstigende grundfugt er en mekanisk spærre, som fysisk afskærer det murede fundament fra det overliggende murværk. Der er flere forskellige metoder til at etablere en sådan barriere i en eksisterende konstruktion. Nogle saver tværs gennem muren og lægger en membran i rillen, andre banker en stålplade gennem muren i en fuger, og atter andre borer kerner ud af muren og støber et sammenhængende lag af vandtæt beton i stedet. Fælles for metoderne er, at indgrebet er forholdsvis voldsomt og kan medføre følgeskader på tilstødende bygningsdele. Derfor bør man altid nøje vurdere, om fugten udgør et reelt bygningsmæssigt problem eller blot giver kosmetiske ulemper.

I tilfældet Gule Pakhus har man valgt en strategi baseret på regelmæssig vedligeholdelse. Der accepteres en jævnlig udgift til istandsættelse af underfacaden, og der benyttes materialer, som sikrer en ensartet kvalitet fra år til år. Til fugning og filtsning benyttes en hydraulisk kalkmørtel, som er mere modstandsdygtig end ren kalk. Desuden behandles underfacaden med silikatma-

## Classic-Line® Badeværelsestilbehør

Design: Benedicte og Poul Erik Find  
Arkitekter maa, mdd.

Tilbehørsreren er designet til at kunne tilpasses forskellige bygningshistoriske perioder, og produceres derfor i både klar og mælkevid akryl.



Tegnestuen Hindevadgård  
Tlf: 64 83 16 17  
www.hindevadgaard.dk





Foto 2. Gavli i bebyggelsen Brumleby på Østerbro i København. Muren har vandret fugtspærre af indpressede stålplader ved soklen. Fugtmålinger viser at murværket er tørt. Den fugtige overflade er forårsaget af forurening med nitratsalt, som optager fugt fra luften, og skyldes ikke opstigende grundfugt.

ling, som bindes stærkere til underlaget end kalk, og som kan indfarves i den ønskede nuance.

### Det egentlige problem: saltforureningen nedefra, indefra og fra tørsaltning

Selvom man kunne standse tilgange af fugt nedefra, ville det ikke nødvendigvis mindske behovet for vedligeholdelse af facaden. Den egentlige årsag til nedbrydning af puds og fuger er, at murværket er forurenet med salte. Fugten fungerer i denne sammenhæng blot som transportmiddel for de opløste salte. Når fugten fordamper, ophobes saltene nær overfladen og når med tiden så høj koncentration, at materialerne tager skade. I dette tilfælde er synderen natriumklorid, som er det mest almindelige salt i danske bygninger. Saltet stammer enten fra havvandet, som trænger ind fra det nærliggende havnebassin, eller er tilført ved tørsaltning på terrænet. Alternativt hidrører saltet fra bygningens tidligere anvendelse som pakhus, hvis der i en periode har været opbevaret saltede fødevarer.

Det er meget vanskeligt og kostbart at fjerne saltforurening fra store bygningsoverflader. Den eneste virkelig effektive metode består i at udskifte de bela-

stede dele af murværket, som man ofte gør omkring indgangsdøre, hvor tørsaltningen har været særlig intens. I stedet kan man vælge at betragte en saltforurening som en del af facadens karakter, der vidner om bygningens alder og eventuelt tidligere anvendelse.

Hvis man har svært ved at se charmen i, at pudsen falder af, bør man undgå at tørsalte omkring sine bygninger. Dette gælder også brugen af urea, som oprindeligt er et gødningsprodukt, men tidligere blev anbefalet til brug ved historiske bygninger. Urea indeholder nitrat, der opsuges i murværket på samme måde som andre salte, og som her danner par med calciumjoner. Dette salt giver ganske vist ikke skader på murværket, men efterlader en mørk, fugtig skygge på overfladen, hvis udbredelse varierer med årstiden. Calciumnitrat udfældes ikke under de klimatiske forhold, som almindeligvis hersker i Danmark. Til gengæld er det stærkt hygroskopisk, dvs. optager fugt fra luften, når den relative luftfugtighed er høj, og afgiver fugten igen ved lav RF.

### Brumleby ramt af saltforurening

Fænomenet optræder på en del af blokkene i Brumleby, hvor alle murværkskonstruktioner blev fugtsikret

ved indpresning af stålplader i forbindelse med den store restaurering omkring 1990 (foto 2). Målinger viser da også, at murværket er helt tørt, så fugten stammer ikke fra undergrunden, men optages fra luften. Eksemplet viser, at man aldrig må forlade sig på visuel inspektion, når årsagen til en fugtskade skal klarlægges. Målingerne er udført med en såkaldt neutronsonde, der måler mængden af brint, som er den ene bestanddel af et brintmolekyle. Målemetoden påvirkes ikke af salte, som ellers ville give et forkert billede af fugtfordelingen. Derved adskiller instrumentet sig fra de elektroniske instrumenter, som alle påvirkes stærkt af salte (B). Desværre findes instrumentet kun i ganske få eksemplarer her i landet, og det kræver særlig tilladelse at benytte og transportere det.

### Specialpuds imod saltforurening

Hvis murværket er forurenet med salte, men tilgangen af fugt i øvrigt er standset, kan overfladen behandles med en specialpuds, som er modstandsdygtig overfor saltkrystallisation (C). En såkaldt renoveringspuds består af to lag, hvor det inderste har god kapillær kontakt til underlaget og derved leder saltet bort i opløst

form. Det yderste lag har ringe kapillær ledningsevne, og forhindrer derved saltenes videre transport, men tillader fugten at fordampe. Pudsen har endvidere en stor mængde hulrum, hvor saltet kan krystallisere, uden at mørtlen derved mister sin indre sammenhæng. En renoveringspuds kan i reglen forlænge levetiden for en facaderenovering betragteligt i forhold til almindelige pudstyper. Holdbarheden begrænses kun af den mængde salt, som finder vej ud i poresystemet. Alle pudsprodukter er tilsat portlandcement eller andre hydrauliske bindemidler, og bør derfor kun anvendes, hvor andre muligheder er udtømte. Man skal også være opmærksom på, at nogle puds-systemer reelt fungerer som fugtspærre, der standser både væske og damptransport. Den høje kostpris på produkterne og udførelsen giver en naturlig begrænsning for udbredelsen af denne metode.

### Kældervægge kræver anden behandling

Renoveringspuds bør ikke anvendes på kældervægge som beskyttelse mod overfladefugt, der trænger ind fra de tilstødende jordlag. Umiddelbart kan løsningen forekomme effektiv, fordi væggene fremstår tørre med

Foto 3. Facade på værkstedsbygning i Brede nord for København. Fuger og sten er gennem mange år nedbrudt af salte, som stammer fra mørtlen. Årsagen viste sig at være en utæt afløbsledning, som med tiden også underminerede belægningen.



intakt overflade. Men hvis fugttilgangen ikke er standset, kan fugten brede sig til områder, der ikke tidligere var belastet. I værste fald kan konsekvensen være, at fugten søger højere op i murværket og medfører råd i træbjælkelag eller skimmelsvamp bag paneler. Derfor skal fugt i kældervægge altid standses udefra.

Traditionelt har man fugtsikret kældervægge med tjærelag, som ofte blev beskyttet mellem to pudslag. Metoden virker udmærket de første mange år, men tjærelaget mister med tiden sin elasticitet og revner, hvorved behandlingen gradvis bliver utæt.

Som erstatning for en uvirksom fugtisolering kan man etablere en randzone af Lecanødder på ydersiden af kældervæggen (D). Herved opnår man samtidig en god varmeisolerende effekt. Metoden har især fordel på kældervægge med en kompliceret geometri eller uregelmæssig overflade, hvor banevarer eller flydende membraner er vanskelige at udføre korrekt.

#### Pas på med omfangsdræn og afløb

Normalt anbefales det at lægge et omfangsdræn i bunden af udgravningen for at bortlede overfladevand. Det

kan principielt være en udmærket ide, men drænet bør ikke tilsluttes direkte til tagbrønde. I tilfælde af kraftig nedbør kan der løbe vand baglæns ud i drænet, som derved kommer til at virke stik imod hensigten.

Utætte afløbsledninger i jorden er hyppig årsag til opfugtning af murværk. Et eksempel kan ses ved Brede Værk nord for København, hvor en værkstedsbygning gennem mange år udviklede en bemærkelsesværdig saltskade (foto 3). Fugerne dryssede langsomt ud mellem stenene, og teglstenene pulveriserede. Hvide udfældninger af saltene natriumcarbonat og natriumsulfat dannede uregelmæssige mønstre i overfladen, hvis udbredelse skiftede med årstiden og vejrliget. Begge salte er meget aggressive overfor porøse materialer, fordi de er i stand til at optage vand i krystalgitteret og derved forandre form og volumen. Faseomdannelsen sker i fast form under indflydelse af temperatur og luftfugtighed. Disse salte dannes i mørtel, som tilsættes portlandcement eller andre hydrauliske binde midler med indhold af det stærkt basiske natriumhydroxid. Hvis murværket udsættes for rigelig tilgang af fugt, akkumuleres saltene i overfladen og nedbryder såvel mørtel som sten.

Foto 4. Muret stik i tårnet på Vester Starup kirke i Vestjylland. Teglstenene er nedbrudt som følge af saltudfældninger, hvorimod fugerne står næsten intakte. Skader forårsaget af fugt og salt kan udvikle særprægede har sjældent betydning for konstruktionernes bæreevne.



Kilden til fugten syntes oplagt, idet bygningen ligger få meter fra Mølleåen. Men pludselig en morgen afslørede et hul i stenbroen den virkelige årsag. En utæt afløbsledning havde lækket vand på dette sted i årevis og til sidst undermineret belægningen.

#### Århundredlang nedbrydning: fuger består, men sten forgår

Hvis fugt og salt får lov at arbejde uforstyrret i mange år, kan der udvikles særprægede nedbrydningsfænomener. Dette er tilfældet i middelalderkirkerne, hvor især tårnenes vest- og sydsider er hårdt belastet af slagregn. Fugten trænger gennem det massive murværk og transporterer opløste salte ind mod de indvendige overflader, som herved udsættes for "tidens tand". Et eksempel fra Vester Starup kirke i Vestjylland illustrerer, hvor galt det kan gå (foto 4). I et muret stik på tårnets sydside er flere teglsten smuldret væk mellem fugerne, som står næsten ubeskadiget tilbage. Kun de svagt brændte teglsten påvirkes, sandsynligvis fordi deres porer er mindre og derved mere sårbare overfor saltkrystalernes ekspansion. Eneste realistiske mulighed for udbedring er en fuldstændig udskiftning af sten og fuger – hvis man nænner det.

#### Referencer:

- A) Standsning af grundfugt i ældre ejendomme. Grundejernes Investeringsfond 2007
- B) Fugtundersøgelse i grundmurede bygninger. SBI-anvisning 197. Statens Byggeforskningsinstitut 2000
- C) Renoveringspuds. Nationalmuseets Bevaringsafdeling 2000
- D) Udvendig efterisolering af kældre. Leca produktblad 08-05/06.06

**Linolie 1-2-3**  
Malervervarer • Tradition • Omtanke

**Malervervarer...**

- Naturmaling • Træbjæ
- Træbeskyttelse • Juramørtel
- Linoliemaling • Kulekalk
- Slamfarve • Værktøj • Lak
- Krakaværk • Silikatmaling
- Terrasseolie • Pigmenter....

Dam Enge 5 Vi toner i alle farver -  
3660 Stenløse over 17.000 recepter  
☎ 48184302 [www.linolie123.dk](http://www.linolie123.dk)  
Vi leverer i hele Danmark

**FÅ RÅDGIVNING OM DIT HUS**

Center for Bygningsbevaring  
RAADVAD 40  
2800 Lyngby

[www.bygningsbevaring.dk](http://www.bygningsbevaring.dk)

**BYGNINGS BEVARING**

**Classic-Line®**  
Armaturog tilbehørs serie

Design:  
Benedicte og Poul Erik Find  
Arkitekter maa, mdd.

Serien er designet til at kunne tilpasses forskellige bygningshistoriske perioder, og produceres derfor i både poleret og forkrømet messing.

2000  
1900  
1800

**damixa™**  
Tegnestuen Hindevadgård  
Tlf: 64 83 16 17  
[www.hindevadgaard.dk](http://www.hindevadgaard.dk)