



## Decemberstormen 1999

Af civilingeniør Tommy Bunch-Nielsen  
Tagpapbranchens Oplysningsråd

***Den 3. december 1999 blev den sydlige del af Danmark hærget af en voldsom storm med vindhastigheder i stødene på op til 52 m/s***

Stormen medførte mange stormskader på vore bygninger, og for Tagpapbranchens Oplysningsråd, TOR, var det selvfølgelig interessant at se, hvad der var sket med de tage, der har tagbelægning af tagpap og tagfolie.

I 1991 udgav TOR i samarbejde med forsikringsbranchen en dimensioneringsanvisning for fastgørelse af tagdækning og tagisolering (TOR-anvisning 19). Denne anvisning blev udarbejdet på basis af en række stormskader på tagpaptage i 80'erne og medførte en generel skærpelse af fastgørelsesreglerne. I 1997 blev dimensioneringsreglerne fra TOR-anvisning 19 overført uændret til TOR-anvisning 22, hvor der også blev medtaget regler for sømmed tagpap.

For TOR har det derfor været mest interessant at se på eventuelle skader på tage udført efter de nye regler fra henholdsvis 1991 og 1997 med henblik på at vurdere, om denne gennemførte skærpelse har været tilstrækkelig.

### Tagpap

Ud fra de stormskader, vi har analyseret, må det konkluderes, at skærpelserne på tagpapområdet har været fuldt tilstrækkelige, idet der stort set ikke er sket skader på tagpaptage, hvor de nye regler for dimensionering og udførelse har været overholdt.

Der er sket masser af skader på tagpapdækninger, men disse har typisk været udført efter den gamle praksis fra før 1991. De typiske skader er beskrevet i Byg-erfa-blad 2000 07 14, som tidligere er udsendt til TOR's abonnenter.

### Tagfolie

På tagfolieområdet må det konstateres, at der har været en del skader også på tage udført med mekanisk fastgjort tagfolie udført efter 1991. Men en del af disse skyldes manglende overholdelse af TOR's regler, idet der typisk er anvendt banebredder på op til 2 m og dermed også 2 m mellem fastgørelsesrækkerne. Dette

giver store blafrevirkninger i folien og dermed slid omkring beslagene.

De typiske stormskader på tagfolier består i udrivning af beslagene fra foliekanten, og det kunne tyde på, at udrivningsstyrken har været overvurderet. Når folien blaffer opstår der en koncentreret påvirkning af folien omkring beslagene, og dette nedsætter tilsyneladende styrken på længere sigt. Så jo større banebredde og jo større afstand mellem beslagene jo større er denne påvirkning.



*Eksempel på stormskade, hvor isoleringen har flyttet sig og tagbrønden er revet op af faldstammen. Beslagene sidder fast i undertaget, men er revet ud af bane-kanten på tagfolien.*

Normalt regnes med udrivningsstyrker i tagfoliekanten mellem 0,7 og 1,0 kN baseret på afprøvninger foretaget på Norsk Byggeforskningsinstitut, NBI. Men meget tyder på, at styrkerne skal reduceres noget, hvis der arbejdes med store banebredder og store beslagafstande.

TOR's nuværende anbefalinger er en max. banebredde på 1,2 m og en max. beslagafstand på 0,8 m. Beslagafstanden på 0,8 m anbefales dog nu for folier nedsat til 0,6 m.

### Vindlast

Beregning af vindbelastningen på et tag baseres på DS 410, men her angives kun formfaktorer for simple rektangulære bygninger. Dagens arkitektur er jo betydelig mere nuanceret, og ved komplicerede bygningsformer kan der opstå vindbelastninger, som ikke kan forudsiges ud fra DS 410, men kræver en ekspertvurdering eller måske ligefrem forsøg i vindtunnel.

### Fastgørelse af tagbrønde og taghætter

I en del tilfælde har det vist sig at give problemer på mekaniske fastgjorte tagdækninger, at tagbrønde, taghætter og faldstammeudluftninger hopper op og ned i stormvejr på grund af manglende fastgørelse.

Det må derfor nu anbefales, at alle tagbrønde og taggennemføringer fastgøres mekanisk til tagkonstruktionen.

Ved varme tage udføres fastgørelser med den samme type beslag, som anvendes til fastgørelse af isolering og tagdækning.

### Kvalitetssikring

Ved gennemgang af kvalitetssikringen omkring udførelse af en række nyere tage, må det konstateres, at der i en del tilfælde sløses med kvalitetssikringen på fastgørelserne.

Der skal i alle sager med mekanisk fastgjort tagdækning foreligge en fastgørelsesplan, som angiver antal og placering af fastgørelsesbeslagene, og der skal være redegjort for kantfastgørelser.

I udførelsesfasen skal det kontrolleres, at fastgørelsesplanen følges, og at de rigtige beslag anvendes. Det må specielt konstateres at det kniber med at ramme den rigtige beslaglængde ved kileskåret isolering, hvor længde af fastgørelsesbeslagene hele tiden skifter under udlægningen.

Der bør altid udføres stikprøvekontrol af fastgørelsesbeslagenes udtrækningsstyrke af underlaget. Dette kan f.eks. udføres af de firmaer, der leverer beslagene.

### Ny norm

Sikkerhedsnormen DS 409 og lastnormen DS 410 er udkommet i nye reviderede udgaver, som er opdateret ud fra det foreliggende udkast til Eurocode 1. De nye normer medfører forøget vindbelastning på bygninger, idet bl.a. partielkoefficienter på vindlast er hævet fra 1,3 til 1,5.

Tidspunktet for de nye normers ikrafttrædelse har længe været usikkert, men By- og Boligministeriet har nu udsendt et udkast til tillæg 2 til BR 95 og BR-S-98, hvori den endelige ikrafttræden udsættes til 1. august 2001.

Da de nye normer kun perifert beskæftiger sig med sekundære konstruktioner som tagbelægninger og facadebeklædninger, vil det kræve en nøjere bearbejdning af de nye danske normer og Eurocode 1 at opstille nye beregningsregler for fastgørelse af tagpap og tagfolier. Dette arbejde igangsættes nu af TOR.

## VVS-Installationer på tagpaptage

Af civilingeniør Tommy Bunch-Nielsen  
Tagpapbranchens Oplysningsråd

***Manglende samarbejde mellem VVS-ingeniører og arkitekter fører ofte til risikofyldte tagkonstruktioner. Nogle simple tiltag og lidt respekt for hinandens arbejde kunne uden merudgifter***

### Generelt tagdesign og ventilationsdesign

Tage med lille hældning – det vi i gamle dage kaldte flade tag – virker stærkt tiltrækkende på ventilationsbranchen, idet ventilationsanlæg og

ventilationsgennemføringer placeres efter for godt befindende rundt omkring på taget.



*Gennemføringer i skotrender bør undgås, og hvis dette ved reovering ikke er muligt må gennemføringerne hæves op på banket.*

I dag er det sådan, at der er kommet styr på kvaliteten af tagpaptage, og de største svagheder ligger nu omkring inddækning af gennemføringer for ventilationsanlæg. De hætter og brønde som tagpapentreprenøren selv leverer og monterer, er normalt udført med primede flanger af rustfrit stål, som er primet eller affedt, hvilket giver sikre og gode inddækninger.

Ventilationsudstyr som leveres af ventilationsentreprenører er ofte udført med bly-flanger eller alu-flanger, som ikke er affedt og primet fra værksted. Dette giver usikre inddækninger.

### **Ventilationsanlæg**

Større ventilationsanlæg, der placeres på taget, giver mange problemer:

- Inddækning af understøtninger er ikke gennemtænkt, og bliver flikket sammen på stedet.
- Tilgængeligheden omkring anlæg og kanaler er for ringe, og det er ofte næsten umuligt at udføre ordentligt tagdækningsarbejde.
- Under montage af ventilationsanlægget trampes tagisoleringen i stykker og tagdækningen perforeres, så der kommer vand i isoleringen.

Disse forhold er bl.a. omtalt i to nye Byg-erfablede "Varme tage med mineraluld" nr. 99 06 23 og "Vand i varme tage – Problemer og registrering" nr. 98 05 26.

Service trafik på taget til ventilationsanlæggene kan også beskadige tagdækningen og tagisoleringen i driftsfasen.

Ved større ventilationsanlæg bør det overvejes, at placere anlægget i et ventilationshus på taget med et selvstændigt tag over og f.eks. åbne lameller i siderne. Dette løser mange af problemerne, og gør det også mere behageligt at servicere anlæggene i dårligt vejr.

Ved mindre anlæg bør det overvejes, at placere anlægget på en forhøjet platform eller at anvende en hårdere isolering under og omkring anlægget – f.eks. Foamglas, der kan tåle langt større belastninger end mineraluld.

Som et minimum må der under arbejdets udførelse anvendes trykfordelende plader af krydsfiner til beskyttelse af tagdækningen. Et hjørne af en ventilationskanal, der bliver tabt ned på et tagpaptag går lige igennem. Hvis hullet ikke opdages og udbedres med det samme betyder det opfugtning af isolering, som så måske må udskiftes.

Arkitekt Steen Eiler Rasmussen har engang sagt at "taget ikke skal være blikkenslagerens losseplads", og denne bemærkning er stadig aktuell.

### **Ingen gennemføringer i skotrender**

De fleste tage med lille hældning har fald mod skotrender med endnu mindre hældning.

Jo mindre hældning jo mere risikofyldt er tagdækningen, og det er derfor uheldigt, når der placeres ventilationsgennemføringer og faldstammeudluftninger i skotrenderne.

Typisk er der et fald på 1:40 på tagfladerne og måske kun 1:165 i sammenskræningslinjen mellem tagflade og skotrendekiler. Der bør under ingen omstændigheder placeres gennemføringer i sammenskræningslinjen, da dette spærrer for afvandingen og giver risikable inddækninger.

Ved nybyggeri bør gennemføringer i skotrender helt undgås, og ved renovering bør eventuelle eksisterende gennemføringer, der er placeret i skotrenden, hæves op på en banket.

Gennemføringer af hætter og lignende skal altid have en indbyrdes afstand på mindst 0,5 m, således at der kan arbejdes med tagdækningen mellem hætterne.

Hætter må aldrig placeres nærmere et afløb end 0,5 m.

#### Afvanding og tagbrønde

Tagpapbranchens Oplysningsråd's anvisning 22 angiver max. afstande mellem tagbrønde til 14,4 m og den første brønd skal placeres max. 7,2 m fra gavl.

Disse krav er bl.a. opstillet for at undgå for store vandansamlinger på taget, hvis et afløb stopper.

Når der er fald på et tag, vil et stoppet afløb medføre en vandophobning, og denne risiko bør begrænses til en belastning svarende til snebelastningen, det vil sige typisk  $0,8 \text{ kN/m}^2$  eller 80 mm vand.

Alle tagbrønde i en skotrende bør ikke kobles på samme streng, idet dette medfører en risiko for en større vandophobning, hvis strengen stoppes.

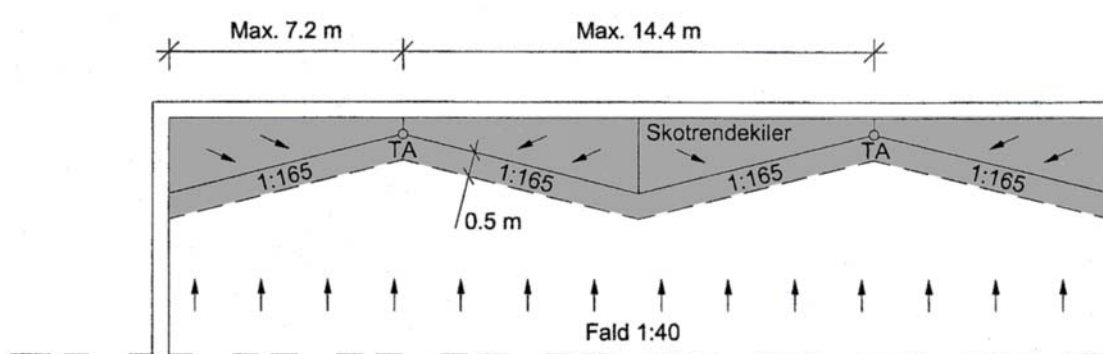
Derfor bør tagbrøndene i en skotrende normalt afvande til flere strenge, således at en stoppet streng giver mulighed for at vandet kan løbe videre til det næste afløb.

Hvis dette ikke er muligt, bør der anbringes nødafløb i form af et hul eller et hak i murkronen, som ligger max. 80 mm over tagbrøndens kote.

Der anvendes i stigende omfang UV-afløbs-systemer, idet disse giver mulighed for vandret føring i tynde rør under taget eller i isoleringen. Disse systemer er følsomme overfor tilstopning, og stiller krav om øgede driftsforanstaltninger i form af rensning af afløb. Systemer med rør indbygget i tagisoleringen har i flere tilfælde vist sig uheldige, idet der opstår sprængninger ved brøndene som følge af temperaturbevægelser i systemet. Lange lige strenge bør derfor undgås ved indbygning i isoleringen.

I følge SBI-anvisning 185 og DS 432 skal tagbrønde være VA-godkendte og monteres af autoriserede VVS-folk. Dette sker dog i praksis kun for UV-systemer, mens almindelige tagbrønde sjældent er godkendt og altid monteres af tagentreprenøren.

Der er derfor søgt om dispensation ved normudvalget for afløb S 432, således at der bringes overensstemmelse mellem fornuftig praksis og normen.



*I det markerede område i og omkring skotrenden bør der ikke placeres gennemføringer for ventilation, faldstammeudluftninger m.v.*

### Drift og vedligehold

De fleste erhvervsbygninger lever et dynamisk liv, hvor der ofte sker ændringer i indretning og anvendelse.

Dette medfører også at nye installationer bliver anbragt på taget, og der bliver lavet nye gennemføringer.

Alt for ofte udføres uautoriserede gennemføringer, som inddækkes forkert, og disse steder udgør en potentiel risiko for skader.

Tagpapbranchen opererer normalt med 10 års forsikringsdækket garanti og denne bortfalder, hvis der etableres nye gennemføringer på taget, og disse inddækkes af andre end den entreprenør, der har udført garantitaget.

### Opfordring til VVS-branchen

Dialogen mellem de projekterende og udførende inden for VVS området og de projekterende og udførende indenfor tagområdet bør styrkes for at eliminere de problemer, der opstår i grænsefladerne mellem de to brancher, og Tagpapbranchens Oplysningsråd stiller sig gerne til rådighed for et fælles udvalgsarbejde med henblik på at opstille et fælles regelsæt for bl.a. materialevalg og udformning af gennemføringer.

### Litteratur

TOR-anvisning 22:

Projektering af tage med tagpap og tagfolie.  
Tagpapbranchens Oplysningsråd, august 1997.

Byg-erfa-blade:

”Varme tage med mineraluld” nr. 99 06 23.

”Vand i varme tage – Problemer og registrering” nr. 98 05 26.

## Udskiftning af 11.000 m<sup>2</sup> undertag

*En parallel levetid mellem undertag og tegltage er ønskelig ud fra et totaløkonomisk synspunkt. Det nedenstående eksempel viser konsekvenserne af manglende parallelitet.*

Viby Administrationscenter ved Århus er et 11.000 m<sup>2</sup> stort kontorbyggeri med tegltage opført i 1988. Efter 10 år var der imidlertid så mange problemer med undertaget at ejeren Danske Ejendomme valgte at udskifte det diffusionstætte selv bærende undertag med et nyt fast undertag.

Det første undertag bestod af en bitumen baseret på banevare, som var oplagt for slapt og derfor blafrede så meget, at der opstod utætheder i undertaget. Da der samtidig var tale om en åben teglstensbelægning gav dette i løbet af de første 10 år en række problemer med utætheder, som gav direkte vandindtrængning. Vandindtrængningen viste sig som ”vandlommer” på dampspærren i loftet.

I forbindelse med reoveringen kunne det også konstateres, at undertaget var utilstrækkeligt ventileret. Ventilationsåbningerne i udhænget var aldrig blevet etableret og den nederste tagflades ventilation endte blindt oppe under vinduespartiet.



*Det faste undertag på den nederste tagflade understøtter stillads for reovering af den øverste tagflade.*

Udskiftningen af undertaget foregår ved at teglsten, lægter, afstandslister og undertag fjernes. Ovenpå spærrene udlægges en 12 mm krydsfinerplade og en tagpapdækning af et lag PF 3000 underpap, som svejses på krydsfineren.

Når dette er udført er taget atter vandtæt, og der kan i ro og mag arbejdes med afstandslister, lægter og genudlægning af teglsten.

Tagets ventilation, det vil sige mellem isolering og krydsfinerplade, sikres i bunden med en træfiberplade, som holder isoleringen på plads. I toppen af den underste tagflade etableres nye udluftninger med såkaldte "fisk" udført i rustfrit stål. Disse udluftninger inddækkes i tagpapundertaget og svarer stort set til udluftningerne i skrå tagpaptage.



*Ventilationsstuds i det faste undertag — en såkaldt fisk.*

Teglstenene har kunnet genanvendes, men der har dog måttet suppleres med ca. 20 % nye sten, idet en del knækker under nedtagningen og en del sten var skåret som tilpasning. Et generelt problem er at vinduerne over den nederste tagflade skal pudses fra tagfladen, hvilket giver en del knækkede sten og gør et tæt undertag meget påkrævet.

## Nye regler for tagdækning i brandfarlige virksomheder

Beredskabsstyrelsen har netop udgivet et tillæg til de forskellige tekniske forskrifter for brandfarlige virksomheder, de såkaldte TF.

De nye bestemmelser omhandler tagdækningen omkring brandkarmserstatninger. Her har der hidtil været krav om ubrandbar tagdækning i et 5 meter bredt bælte. Dette har været vanskeligt at opfylde for tage med lille hældning, hvor der typisk anvendes tagpap.

Der er derfor udviklet forskellige løsninger med udlægning af hårde mineraluldsplader eller metalplader for at opfylde kravet. I andre

Det faste undertag har vist sig at indebære store udførelsesmæssige fordele, idet undertaget på den nederste tagflade kan bruges som understøtning for stillads, når den øverste tagflade skal renoveres. Undertaget af krydsfiner og tagpap er så robust, at det kan fungere som arbejdsplatform i den periode, hvor det øverste tag renoveres.

Undertaget blev på den første del udført af plader med fabrikspålagt tagpap, som blev strimlet på byggepladsen. Dette sikrede en hurtig lukning, men der viste sig en del problemer med udførelse af strimlingen. Tømmerne kunne ikke udføre svejsningen af strimlerne tilstrækkeligt sikkert, og det blev nødvendigt at inddrage et egentligt tagpapfirma. Herefter blev det besluttet at udføre tagpapdækningen på stedet i stedet for, idet tagdækkerne så bedre kunne udnytte tiden effektivt.

Arbejdet er udført på ca. 1 år og har kostet omkring kr. 600,00 pr. m<sup>2</sup> excl. moms. Dette skal jo ses i lyset af, at et fast undertag på udførelsestidspunktet kun ville have fordyret byggeriet med ca. kr. 100,00 pr. m<sup>2</sup> i forhold til det selv-bærende undertag.

Et eksempel som dette vil utvivlsomt få en del bygherrer til at overveje faste undertage både ved nybyggeri og renovering. Byggeskadefondene presser da også på for at få indført faste undertage i det støttede byggeri.

tilfælde er der hos de lokale brandmyndigheder dispenseret fra kravet.

I det nye tillæg til TF'erne er indført et nyt krav til tagdækningen, idet der er indført en ny klassifikation baseret på NTfire006. Det nye krav er, at der højst må være skader på en længde af 300 mm ved brandprøvningen. De normale krav for en klasse T tagdækning er 550 mm.

Der arbejdes nu på at udvikle og dokumentere nye tagpapter, som kan opfylde de nye krav for tagdækning ved brandkarmserstatninger.

## BvB og undertage

Af civilingeniør Tommy Bunch-Nielsen  
Tagpapbranchens Oplysningsråd

Byggeskadefonden vedrørende Byfornyelse, BvB, skriver i "Byggeteknik 2000", der blev udsendt i juni 2000, at der fortsat er et meget stort antal svigt i tagene, og undertage er fortsat en af fondens højest prioriterede opgaver.

BvB anbefaler fortsat fast undertag, det vil sige brædder og tagpap eller krydsfiner og tagpap, som den bedste løsning på disse problemer. Faste undertage skal altid udføres ventileret, da tagpappen er diffusionstæt.

Et fast undertag har, korrekt udført, en levetid på mindst 50 år og der opnås derfor en parallel levetid mellem tagbelægning og undertag.

Alt for mange bygningsejere opdager i disse betydningen af parallel levetid, når de skal omlægge deres tag for at udskifte undertaget efter 25-30 år. En omlægning og udskiftning af undertaget koster typisk ca. kr. 500,00 pr. m<sup>2</sup> excl. moms. Meromkostninger ved at anvende et fast undertag er typisk 50-100,00 kr./m<sup>2</sup>, og der er derfor god totaløkonomi i at anvende fast undertag.

TOR udgav i 1999 Vejledning 3 om fast undertag.

*Vejledningen koster kr. 50,00 plus forsendelse, men kan rekvireres gratis af TOR-abonnenter.*

## Tillæg 2 til BR 95 og tillæg 1 til BR-S-98

To nye tillæg til Bygningsreglementerne er i øjeblikket til høring med svarfrist 2. oktober 2000.

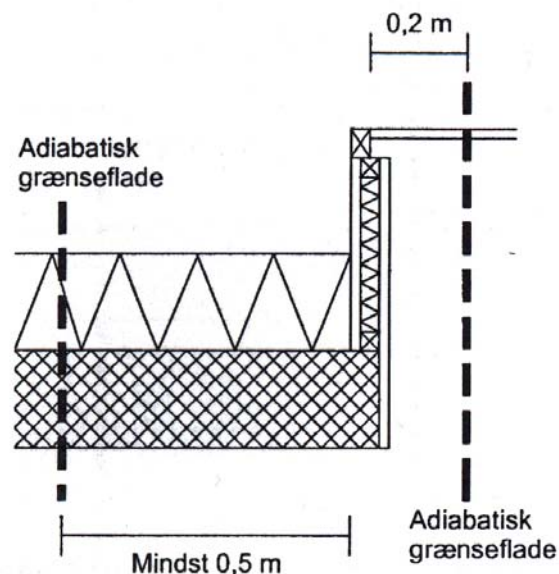
Tillæggene omhandler hovedsageligt varmeisolering, idet der kommer nye bestemmelser, som fokuserer mere på kuldebroer f.eks. omkring vinduer og ved fundamenter.

De nye bestemmelser relaterer sig til tillæg 4 til DS 418 – Beregning af bygningers varmetab, som netop er udkommet. Relevant for tagbranchen er regler for beregning af linietaf fra kuldebroer omkring ovenlys.

Desuden fastslås det i tillæg 2 og tillæg 1 til Bygningsreglementerne, at de nye normer for bl.a. sikkerhed og last DS 409 og DS 410 træder i kraft 1. august 2001.

Der har længe hersket usikkerhed om det endelige tidspunkt for ikrafttræden, men dette ligger nu fast.

Desuden er der i tillæggene en række mindre ændringer om træfacader, rækværker, isoleringsmaterialer og radonbeskyttelse.



*Beregningsmodel ved bestemmelse af den samlede todimensionale varmestrøm gennem samling, tagkonstruktion og vindue. Figur fra tillæg 4 til DS 418.*

## Nye BYG-ERFA Blade

### **Stormskader på flade tage med tagpap eller tagfolie. BYG-ERFA blad 2000 07 14**

Decemberstormen i 1999 medførte mange skader på de flade tage og gav derfor anledning til udarbejdelse af et nyt BYG-ERFA blad om fastgørelse af tagbelægninger med eller uden underliggende isoleringsmaterialer.

I bladet omtales fastgørelsesmetoder anvendt i tidligere perioder, og hvad der kan gøres for at reparere, hvis stormskaden er indtruffet samt for, hvilke forstærkningsmuligheder der findes. Endvidere omtales, hvad der må anses for god praksis for nye tage med særlig påpejning af den ekstra fastgørelse, som er nødvendig f.eks. ved murkroner, gennemføringer og tagbrønde.

### **Kondensvand fra tagkonstruktioner – under og lige efter byggeprocessen.**

#### **BYG-ERFA blad 2000 05 12.**

Navnlig under vinterforhold drypper det ofte fra loftet umiddelbart efter, at der er sat varme på en ny bygning. Undertiden bliver dette fejlfortolket som, at der er hul i taget. I virkeligheden skyldes det ofte, at udtørring af beton og murværk giver meget vanddamp, som kondenserer i det kolde tag og derefter drypper tilbage i bygningen.

Det omtales hvorledes problemet primært kan undgås ved at montere dampspærren inden der sættes varme på bygningen. Herudover gives der en række andre gode råd for at undgå problemet, blandt andet hvorledes der skal etableres udluftning eller måske etableres mekanisk affugtning af rumluften.

### **Forbedring af afvandingsforhold på tagflader med utilstrækkeligt fald mod afløb. BYG-ERFA blad 99 11 24**

Det har gennem snart mange år været erkendt, at større vandansamlinger på flade tage var med til at nedsætte disses levetid og i øvrigt også medvirke til at give denne type tage et dårligt renommé.

På tage, hvor der i dag er ringe fald, er der derfor god grund til at gribe ind og forbedre afvandingsforholdene. I BYG-ERFA bladet omtales hvilke muligheder, der findes for opretning af lunger og etablering af fald på mindst 1:40 med kileskåret isolering i forskellige situationer. Hvor etablering af tilstrækkeligt fald ikke er muligt omtales en nødløsning med udfyldning af lunger og udlægning af en ny tagdækning.

## Fugt i byggeriet

Af civilingeniør Georg Christensen  
Bygge- og Miljøteknik ApS  
og  
civilingeniør Tommy Bunch-Nielsen  
Tagpapbranchens Oplysningsråd

### *Hvad har vi lært i det sidste halve århundrede — og hvad mangler vi at lære.*

Byggeteknikken er gennem tiderne til stadighed blevet justeret som følge af fremkomsten af nye materialer ofte i en kombination med ønsket om at undgå fugtproblemer. Men mange fugtproblemer har før i tiden været betragtet som uundgåelige, og er derfor stiltiende blevet accepteret. Dette synspunkt blev imidlertid endelig forladt, da byggeriet gik i gang igen efter den anden verdenskrig bl.a. i forbindelse med udviklingen af det industrialiserede byggeri.

I det sidste halve århundrede er den forskningsbaserede viden om fugt øget i meget betydeligt

omfang og spørgsmålet er selvfølgelig, om denne viden er blevet udnyttet tilstrækkeligt. Her må det nok erkendes, at den tilgængelige viden er blevet implementeret både alt for langsomt og i utilstrækkeligt omfang. Der kan nu håbes på, at de initiativer, der i de senere år er taget på videnformidlingsområdet vil rette op på dette forhold. Selv om vi i dag ikke kender alle detaljer vedrørende fugt og fugtbevægelser i materialer, så er vor viden om hovedlinierne for korrekt udformning af bygningskonstruktionerne dog så godt afklarede, at det i dag skulle være muligt at bygge stort set uden at blive overrasket over fugtproblemer. Det gælder om at an-

vende den i dag foreliggende forskningsbaserede viden samt den viden vi igennem årene har erhvervet fra praksis – ofte ”the hard way”.

### Hvad lærte vi i halvtredserne

På fugtområdet var den væsentligste nye erkendelse nok, at ydervægge af store komponenter uundgåeligt gav anledning til store bevægelser i facadefugerne, og at tæthed overfor slagregn derfor ville være et problem. De traditionelle metoder med tætning med mørtelfuger etc. slog helt enkelt ikke til.

Det var derfor meget belejligt, at der i Norge ved Norges Byggforskningsinstitut i slutningen af halvtredserne blev gennemført et meget betydeligt forskningsarbejde med henblik på løsning af fugeproblemer ved anvendelse af store ydervægskomponenter. Den væsentligst nyhed var her den massive påpegning af, at anvendelse af en to-trinstætning var en nødvendig forudsætning for at få vægge opbygget af store præfabrikerede komponenter gjort tætte overfor slag-regnspåvirkning.

Dette princip blev taget op af de danske firmaer, som udviklede både tunge og lette ydervægskomponenter og blev anvendt ved stort set alt senere elementbyggeri i Danmark. I modsætning hertil kan nævnes, at der i Øst-europa i meget stort omfang blev satset på et-trinstætningen, hvor en fugemasse i fugens ydre del skulle varetage såvel den lufttætnende som den regnafvisende funktion. Dette gav anledning til betydelige fugtproblemer som følge af indtrængende slagregn, da en så udsat placering af en fugemasse medførte, at den hurtigt enten blev nedbrudt af vejret eller mistede kontakten til fugekanterne.

### Hvad lærte vi i tresserne

I begyndelsen af tresserne var der fremkommet en metode til beregning af vanddamptransport igennem lagdelte tag- og ydervægskonstruktioner. Den var publiceret i Tyskland i slutningen af halvtredserne, men blev først for alvor kendt i Danmark lidt senere under navnet Glasermetoden. Ved hjælp af forholdsvis simpel håndregning og grafisk behandling var det muligt at vurdere, om der kom kondens i de lagdelte ydervægge, og hvor store mængder der kunne forventes at komme.

Foranlediget af dette teoretiske grundlag blev der sat voldsom fokus på betydningen af dampspærre i lagdelte lette konstruktioner. Dette medførte at der blev udviklet dampspærre med meget stor diffusionsmodstand ud fra synspunktet ”jo mere

diffusionstæt jo bedre”. Først langt senere blev det almindeligt kendt, at tætheden mod luftudstømning indefra var langt vigtigere end diffusionsmodstanden.

I slutningen af tresserne var byggeprocessen ved opførelse af parcelhuse meget kort, og ofte blev trægulve udlagt på næsten nyudstøbt beton i terrændækkonstruktioner. Dette medførte, at trægulve i stort omfang bulede op, fordi de optog fugt fra betonen. Til overflod var det almindelig praksis at anvende en plastfolie under betonpladen, hvilket medførte, at al udtørring af betonen skulle ske opefter. Som en ret desperat handling blev der undertiden i stedet udlagt en plastfolie direkte under gulvbrædderne. Dette medførte i stedet, at træstrøerne blev lukket inde sammen med den fugtige beton med kraftige fugtskader til følge.

Under indtryk af de kaotiske forhold udgav SBI i slutningen af tresserne publikationen ”Terrændæk” hvori det blev forklaret, at den rigtige anbringelse af en plastfolie ville være direkte ovenpå betonpladen. Herved blev både trægulv og strøer beskyttet mod byggefugt og udtørring af betonen kunne ske nedefter.

### Hvad lærte vi i halvfjerdserne

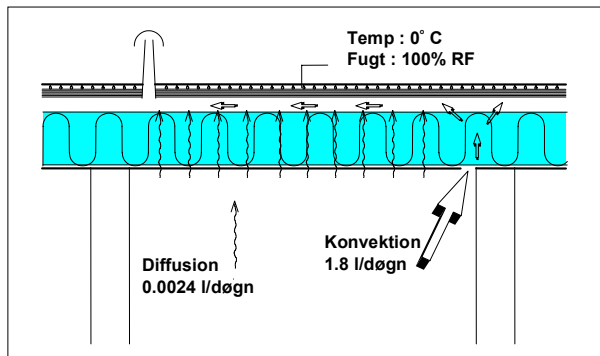
De væsentligste begivenheder i halvfjerdserne var utvivlsomt de to såkaldte ”oliekriser” i 1973 og 1979. Her blev der pludselig sat voldsom fokus på energibesparelser i bygninger, og dette lykkedes som bekendt også ganske godt.

Men sammen med efterisolering og tætning af boliger opstår også en risiko for fugtskader. Sådanne viste sig også i betydeligt omfang. Konstruktioner, som tidligere havde været godt opvarmede og ventilerede blev pakket ind i isoleringsmateriale og udluftningsåbninger blev lukket med ophobning af fugt i konstruktionerne til følge. Det værste var næsten, at både den frivillige og ufrivillige ventilationen af boliger ofte blev reduceret så meget, at den i boligerne producerede fugt ikke kunne slippe ud. Efterfølgende medførte en høj relativ luftfugtighed i boligerne kondens på kolde yderflader. Dette gav igen anledning til skimmelsvampevækst.

### Hvad lærte vi i firserne

I begyndelsen af firserne slog det endelig igennem, at den megen tale om diffusionsmodstand af dampspærre i lofter var tom tale, så længe der ikke var lufttætte tilslutninger til ydervægge, ovenlys og indervægge. Der blev rundt omkring

i landet gennemført mange undersøgelser som viste, at i mange boliger skete udluftningen af boligerne i stor udstrækning f.eks. gennem det ventilerede hulrum i flade tage. Her satte rumluftens fugt sig i tagunderlaget, som blev nedbrudt, og tagdækningen revnede, hvorved der var fri adgang for vand til den underliggende bolig. Problemet blev ofte forøget, når der i misforstået iver efter at forbedre forholdene



*De fugtmængder, som trænger ind i en tagkonstruktion stammer, som det ses, væsentligst fra konvektion. Udeklima: 0° C og 100 % RF. Indeklima: 20° C og 50 % RF.*

blev sat ventilationshætter i tagfladen.

Problemerne for de flade tage var derudover forøget fordi der ikke i bygningsreglementet, havde været krav til fald på de flade tage. Dette krav kom først med Bygningsreglement 82 og dette medførte, at de tagpappedækkede tages tvivlsomme renomme langsomt blev rettet op i



*Mange tage fra 60'erne og 70'erne blev udført helt uden fald med store vandansamlinger til følge.*

de følgende år.

Også udvendig isolering af flade tage og facader blev almindelig i denne periode. Udvendig

isolering havde to formål, idet der dels kunne spares energi til bygningsopvarmning og dels skabes bedre fugttekniske forhold i de eksisterende tage og vægge. I reglen var det de fugttekniske forhold, der var afgørende, idet energibesparelserne normalt ikke kunne retfærdiggøre indgreb af denne art. Den fugttekniske forbedring bestod i at den eksisterende konstruktion blev holdt varm og dermed tør. Endvidere kunne en begyndende nedbrydning af tagbelægninger og facader sættes i stå.

### Hvad lærte vi i halvfemserne

Med de efterhånden meget kraftige isoleringstykkelser blev den udadrettede varmestrøm i klimaskærmen undertiden så beskedent, at den udtørrende effekt (varme- og fugtstrøm følges normalt ad) også blev meget beskedent. Dette medførte, at hvis den ydre del af klimaskærmen var opfugtet, så ville solpåvirkning kunne drive fugten ind i konstruktionen hurtigere end den udadgående varmestrøm kunne drive fugten udad. Hvis den fugt, som blev drevet indad under solpåvirkning ramte materialer, som havde en temperatur under luftens dugpunkt ville der optræde såkaldt sommerkondens. Det mest slående eksempel på sommerkondens er utvivlsomt, når det i meget stærkt solskin på en tagflade kan observeres at det "regner" fra loftet, idet kondensvand løber ud gennem samlinger og sømhuller i dampspærren.

Allerede i firserne var professor Vagn Korsgaard opmærksom på dette forhold og udviklede den såkaldte "Hygrodiode" til bl.a. at tage vare på dette problem. En Hygrodiode er en dampspærre (eller dampbremse), som har en forholdsvis høj diffusionsmodstand, men som ved kapillarsugning tillader evt. kondensvand på dennes overside at blive suget igennem et filtlag hvorefter fugten – uden dryp – kan fordampe ud mod rummet.

I begyndelsen af halvfemserne opstod der også en betydelig interesse for at anvende uventilerede skråtage (paralleltage) med undertage af forskellige typer diffusionsåbne pladematerialer eller banevarer. Interessen herfor opstod af to grunde. Først og fremmest havde erfaringen vist, at de ventilerede konstruktioner ikke altid virkede efter hensigten, fordi det var svært at forhindre at fugt nedefra strømmede igennem en utæt dampspærre og op i tagkonstruktionen med fugtskader til følge. Dernæst var det muligt at reducere konstruktionshøjden for samme varmeisoleringssevne fordi højden, som tidligere

var nødvendig for ventilation med udeluft nu kunne udfyldes med isoleringsmateriale. For at anvende de uventilerede tagkonstruktioner var det vigtigt at undertaget både var diffusionsåbent og tæt overfor det vand, som måtte trænge igennem den øvre tagbelægning f.eks. i form af vingetagsten. Disse to tilsyneladende modstridende egenskaber medførte, at der blev sat et betydeligt udviklingsarbejde i gang med henblik på at optimere materialeegenskaberne på området.

Mange har følt sig kaldet til at deltage i dette udviklingsarbejde, og især i Tyskland har der været gjort en stor indsats. Dette har også medført, at det i dag skønnes, at mere end 60 % af alle tage i Tyskland udføres uventilerede med en eller anden type diffusionsåbent undertag. Også udviklingen i Danmark synes at gå i retning af en mere udbredt anvendelse af de diffusionsåbne undertage.

Endelig kan vi ved udgangen af dette årti ikke undlade at nævne skimmelsvampeproblemet. Dette er i bund og grund et fugtproblem, idet forudsætningen for skimmelsvampevækst er bygningsmaterialer, som er for fugtige. Et forskningsprogram, som strækker sig over flere år, skal søge at fastlægge de basale forhold både hvad angår de byggetekniske og de sundhedsmæssige forhold i forbindelse med skimmelsvampevækst. På basis af resultaterne fra dette forskningsprogram, skulle det blive muligt mere nøjagtigt at fastlægge, hvornår der er risiko for skimmelsvampevækst og ikke mindst hvilke indgreb, som er nødvendige når skimmelsvampevækst er konstateret.

### Hvad skal vi lære i fremtiden

Vi er nu nået til et punkt i udviklingen på det fugttekniske område, hvor vi ved hjælp af computerberegninger har lært os at simulere næsten alle tænkelige brugssituationer og forudsige fugtindhold i et hvilket som helst materiale i en hvilken som helst situation. HVIS – og her kommer dagens store udfordring – vi er i stand til at fremskaffe de materialedata, som er en nødvendig forudsætning for at beregningerne giver pålidelige resultater. Her ligger en udfordring, som skal og vil blive taget op i det næste årti. En anden udfordring vil være, hvorledes man i fugttekniske regneprogrammer kan tage hensyn til ventilation og konvektion i forskellige former for hulrum. Men også dette problem vil utvivlsomt blive løst i det næste årti.

Også for nye byggematerialer vil det være nødvendigt at lære mere om de fugttekniske egenskaber. Et område under udvikling er her de såkaldte alternative isoleringsmaterialer (f.eks. celluloseuld og hør) med andre kombinationer af varmesoleringsevne, diffusionsmodstand og fugtakkumuleringsevne.

Et vigtigt punkt ved udvikling af nye materialer og konstruktioner vil være materialernes og konstruktionernes ”langmodighed” overfor fugtpåvirkninger. Det vil helt klart være en fordel, hvis der ikke sker skader ved en mindre tilfældig fugtpåvirkning. Dette vil medføre, at vi skal lære os, hvorledes konstruktionerne skal opbygges således, at nogen fugt altid vil kunne udtørre inden den når at gøre skade. Med andre ord – vi skal lære at undgå at ”fange” fugt inde i bygningsdelene. Et eksempel på hvad der menes hermed er udviklingen af Hygrodioden, som på en gang i væsentlig grad forhindrer fugt i at trænge ind i bygningsdelene, og alligevel med solpåvirkning som den drivende kraft tillader fugt at undslippe, hvis den allerede er trængt ind.

Et andet eksempel herpå er de diffusionsåbne undertage, hvor mindre mængder fugt, som måtte trænge ind i tagkonstruktionen vil kunne tørre ud mod det fri.

En afart af dette princip er udvikling af konstruktioner, som kan ”ånde”. Dette betyder, at der opbygges konstruktioner, som helt klart tillader at fugt kan transporteres ud gennem byg-



*I varme tage som ikke bliver vlligeholdt er der risiko for opfugtning af isoleringen, som da må fjernes. På Panuminstituttet i København er der fjernet 5000 m<sup>2</sup> tagisolering i forbindelse med reoveringen i 1999.*

ningsdelene uden at give anledning til skadelig fugtophobning.

Det er vigtigt, at begrebet ”ånde” i denne sammenhæng ikke forveksles med den anprisning af konstruktioner uden dampspærre, hvor det hævdes, at indeklimaet forbedres, fordi fugten ved diffusion kan forsvinde ud gennem vægge og loftkonstruktioner. Med de i dag anvendte materialer vil det i bedste fald kun være op til 20 % af den fugt, som produceres i en bolig, som vil kunne forsvinde ved diffusion ud igennem klimaskærmen. Resten SKAL fjernes ved den almindelige ventilation gennem aftræk eller ventilationssystem for ikke at få en fugtig bolig.

Et nyt og endnu forholdsvis uopdyrket område er den løbende overvågning af fugtindhold i klimaskærmens kritiske dele. Her findes i dag

muligheder for løbende overvågning ved hjælp af forskellige fugtmåle-celler, som kan sluttes til et CTS-anlæg. Problemet er her i første række, at det ikke altid er muligt at forudsige de mest kritiske punkter, hvor fugtmålecellerne skal anbringes. Derfor må udvikling af et system, som selv finder frem til disse punkter være et emne for et udviklingsarbejde.

Det kan til sidst argumenteres, at såfremt alle de byggende er blevet helt fortrolige med fugt-teknisk dimensionering og al arbejdsudførelse er i orden, så er overvågning jo overflødig. Men virkelighedens verden vil nok vise sig at være en anden, så fugtproblemer vil vi nok aldrig slippe helt for. Men der er dog gode muligheder for, at de ikke bliver helt så belastende for byggeriet, som de har været i de foregående årtier –