

# Ventileret Isolering.

Af Civilingeniør Niels Steensen, M. Ing. F. og F. R. I.

## Forhindring af Fugtsamlinger i Isoleringer.

Da man i Begyndelsen af dette Aarhundrede fandt paa at bygge Fabrikker o. l. af Jernbeton, udførtes disse helt uden Isolering mod Varmetab. Om Vinteren medførte dette generende Dugvandsdannelser paa de indvendige Betonflader, hvorfor man indbyggede Skærme over Maskinerne mod Dryp o. l.

Senere fandt man frem til at isolere Betonfladerne enten indvendig eller udvendig med de nu saa kendte Isoleringsmaterialer. Tagfladerne beklædte man udvendig med Tagpap, Asfalt eller Metalplader for at hindre Regnvandets Indtrængen, idet man ret hurtigt opdagede, at Jernbeton ikke er vandtæt.

Da der var gaaet nogle Aar, gjorde man den beklagelige Opdagelse, at Isoleringsmaterialet, der var anbragt i flade Jernbetontage, viste sig at have meget ringere Isoleringsevne end formodet ved Opsætningen. Ved nærmere Undersøgelse konstateredes det ofte, at Isoleringsmaterialets Porer var fugtige eller helt vandfyldte. En lang Række Voldgiftssager, hvor Entreprenører maatte omlægge „vaad anbragt Isolering“ paa meget tørre Dage og med megen Hensyntagen til alt muligt for at undgaa Fugt i Isoleringen, karakteriserer denne Periode. Desværre hjalp alle disse dyre Foranstaltninger som Regel ikke, et Aar eller to efter var det galt igen. Var der indstøbt Elektrikerrør i Jernbeton, skete der de mærkeligste Ting med den elektriske Installation, Kortslutninger, Vand ud gennem Afbryderne etc. Var der Slaggebeton i Isoleringen, blev det helt tosset, Tæringer og Rustpletter opstod de mærkeligste Steder.

Efterhaanden blev man klar over, at der i den kolde Aarstid lige oppe under det damptætte Lag (Tagpap, Asfalt) fandt en Fortætning (Kondensering) Sted af Vanddampe. Herved blev det øverste Lag af Isoleringsmaterialet fugtigt, dets Isoleringsevne nedsattes, og Fortætningsstedet rykkede nedover i Isoleringen, indtil den og den underliggende Beton var vandmættet. (Laa Betonen øverst, begyndte Fortætningen i den og fortsatte efterhaanden nedover gennem Isoleringen).

Da man samtidig indførte Luftkonditioneringen baade i en lang Række Industrier og i Kontor- og Administrationsbygninger, forværrede den kunstigt befugtede Luft yderligere disse Fortætningsdannelser.

De alvorligste Tilfælde findes selvfølgelig i de „Vaade Industrier“ som f. Eks. Farverier, Garverier o. l., hvor man har stærke Emdannelser under Lofterne. Selv om man her indsætter en meget kraftig Emfjerning med forvarmet Indblæsningsluft, vil det ikke kunne forhindre Fortætning i Isoleringen.

Det farlige Punkt er den damptætte Hinde (Membran), som Regnbeskyttelsen (Tagpap, Asfalt) danner, idet den hindrer Dampvandringen — der altid bevæger sig fra Varmen mod Kulden — at naa ud i den fri Luft. I Ydervægge vil Dampvandringen normalt kunne finde Sted uden generende Fortætningsdannelser. For en Del Aar siden støbte man i Norge Huse af Jernbeton, hvor man lod Forskallingen indvendig blive siddende. Da det viste sig, at der opstod Fugt ved Fugen mellem Træ og Beton, asfalterede man Forskallingen paa den Flade, der vendte mod Betonen, inden Udstøbningen. Herved blev galt værre, og der kom Tilfælde med Hussvamp i den indvendige Forskalling, hvorefter man helt forbydte Isolering med faststøbt Træforskalling.

Paa et almindeligt Hus med Træværk i Taget, som f. Eks. en Bungalow med relativt fladt Tag og med Tagpap paa, er der normalt sørget for Udluftningshuller i Sternbrættet under Tagrenden, saaledes at det lave Tagrum er udluftet med udvendig Luft. Herved er Faren for Kondensdannelser i Tagbrædderne m. v. fjernet, idet der i den kolde Aarstid cirkulerer oprindelig kold (og maaske ved den Temperatur fugtig) Luft ind udefra til Tagrummet, hvor den opvarmes og derved tørres og bliver i Stand til at optage eventuelle Vanddampe, som trænger op nedefra (Køkken, Bad, Udaanding etc.) gennem Puds, Forskalling og Isolering. Naar den oprindelig kolde Luft saa suges eller presses ud af de skiftende Vinde i den anden Side af Træværket, fører den med sig mere Vanddamp, end da den kom ind.

Det bliver saaledes Opgaven ved flade Jernbetontage at opnaa lignende Forhold, naar der er Tale om en øvre Afdækning med en vandtæt Membran. Inden Overgangen til en Række Eksempler paa Udførelsen af saadanne Tagkonstruktioner skal det lige nævnes, at man ved Kølerumsisolation har det samme Fænomen, men i omvendt Retning, idet Fugten her bevæger sig udefra ind mod Kølerummet. For at nedsætte Fugtmængden omgiver man nu et Kølerum med en vandtæt ydre Membran, indenfor hvilken Isoleringen opsættes. Denne Membran skal danne en lukket Kasse, der maa følge Vægge, Lofter og Gulv samt omgive eventuelle Søjler. Den Fugt, der alligevel slipper ind i Kølerummet, fjernes ved Rimdannelser paa Frigoriferen (tør Kulde).

For Tiden udføres mange Fabriksbygninger, særlig i Sverige, med flade Tage af færdigstøbte arterede Letbetonplader (Siporex) o. l. Disse Plader danner da baade den bærende Konstruktion og Isoleringen mod Varmetab m. v. I mange Tilfælde har det vist sig, at ikke blot kondenseres en betydelig Mængde Vand i disse Plader, hvorved Armeringsjernet angribes, men om Foraaet, naar Solen skinner paa Tagpappen og opvarmer Pladen lige herunder, saa kan Damptrykket blive saa stærkt, at Pladerne „drypper“, d. v. s. Vandet presses ud af Pladerne forned. Andre Steder kan man se Tagpappen eller Asfaltlaget bule op i store Blærer, der presses op af Dampene nedefra.

I Slutningen af Redegørelsen omtales en Række Typer paa flade Tage med ventileret Isolering, der enten er udført eller er under Udførelse. Disse Eksempler er selvfølgelig hver for sig præget af specielle Fordringer og Hensyntagen til den valgte bærende Konstruktion, ligesom Valget af Isoleringsmateriale i flere Tilfælde paa Grund af de vanskelige Forhold kan være dikteret af det, der kunde fremskaffes paa daværende Tidspunkt, og ikke af det, man helst vilde have.

Det primære Krav er, at Luftsiftet finder Sted mellem Membranen og Isoleringen. Det næste Krav til ventileret Isolering er, at Luftsiftet sker med ydre Luft, der ved Opvarmning altid i den kondensvanddannende Periode virker tør i Sammenligning med den indre Luft. I tørre Lokaler kan man med godt Resultat ventilere med indvendig Luft, men det kan give Kondensvand lige under Membranen, selv om Isoleringslaget holdes tørt.

## Isolering ventileret med ydre Luft.

### 1. Ventilationsaabningernes Størrelse.

Ventilationsaabningernes Størrelse afhænger dels af Størrelsen af det ønskede Luftsifte under Membranen, dels af Hensynet til at undgaa Fygesne, Fuglereder, Musebesøg etc.

Luftsiftet skal naturligvis være størst, jo vaadere og varmere Luften i Lokalet er, men Aabningernes Placering spiller ogsaa en vis Rolle med Hensyn til at skabe Tryk og Sug for de vekslende Vindretninger. I Kølerumsisolering kendes Begrebet ventileret Isolering f. Eks. som imprægneret Bølgepap (Wellit o. l.), hvor der passerer en ringe Luftmængde igennem i Timen for at fjerne kondenserende Vanddampe. Ved at anbringe Tværkanaler foroven og forned for Enden af de lodrette Kanaler i Bølgerne i Pappen, og ved at sætte Aabninger til disse Kanaler paa passende Steder i Forhold til Ventilatoren, der blæser den kolde Luft ud i Kølerummet, kan man trykke og suge tør, kold Luft gennem Isoleringslaget og derved holde det helt tørt, selv om den udvendige vandstandsende Membran svigter. Det vil her ikke dreje sig om 1 % af Ventilatorens Luftmængde.

Fuglereder o. l. kræver enten Net over Aabningerne (Fig. 2 og 3), eller Aabningerne vælges saa smaa, at der ikke kan komme Graaspurve ind, f. Eks. 1" Rør.

Fygesne er faktisk det vanskeligste at undgaa, men blot man søger at nedsætte Chancen for direkte Indfygning, samt at eventuel indføget Sne kan smelte uden at foraarsage for mange Ærgrelser med Rustpletter, Plamager og Skjoldrande, saa vil det kun være meget faa Dage om Aaret, hvor det vil give Ulemper. Paa Fig. 4 er vist en Afdækning for Fygesne ved Fodrenden i Shedtaget, hvor Sneen kan være ubehagelig levende.

### 2. Kanalernes Tværnsitsareal.

Kanalernes Tværnsitsareal afhænger teoretisk ligeledes af det ønskede Luftsifte. Regnes med et vist Antal cm<sup>2</sup> pr. lb. m paa tværs af Isoleringens Kanaler, vil dette Tal dog variere med Materialets Art eller Typen paa Ventilering. Jo mindre den enkelte Kanal er, des større maa det samlede Areal være paa Grund af den større Modstand mod Luftsiftet. F. Eks. er Kanalernes Tværnsitsareal meget smaa i Bølgepap, men deres Antal er saa stort, at en stor Procentdel af Materialets Tværnsitsareal er Kanaltværnsitsareal.

Som oftest er det Materialet eller Konstruktionen, der bestemmer Kanalernes Tværnsitsareal, saaledes at nærmere Regulering maa udføres ved Bøsningsaabningerne ud til det fri. Ved Valget af Størrelsen af udsparede eller borede Hulkanaler maa der ogsaa tages Hensyn til, at Kanal-længden kan vokse, ved store Husdybder op til 20 m Længde.

### 3. Kanalvæggenes Overflade.

Kanalvæggenes Overflade betyder ogsaa en Del for Modstanden mod Luftsiftet; jo mindre Kanaler, des glattere maa Kanalvæggene være. Men ogsaa her vil Materialets naturlige Ruhed normalt være det afgørende.

### 4. Kanalernes Placering.

Kanalernes Placering er tidligere nævnt; helst skal de ligge mellem det vandstandsende Lag og Isoleringen. Findes de i selve Isoleringen, bør de ligge nærmest Membranen.

## Eksempler:

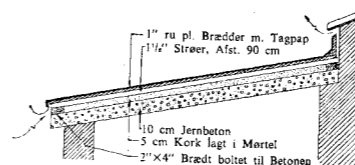


Fig. 1. Jernbetontag over Kondensvandstank.

### Jernbetontag over Kondensvandstank.

Fig. 1. Til Erstatning for et tidligere Trætag, der maatte udskiftes hver 3—5 Aar, er anvendt den viste Konstruktion. Paa Jernbetonen er lagt 5 cm Korkplader, hvorpaa paa Straer er lagt et Bræddetag med Tagpap. Ude under Tagrenden er der en aaben Spalte, hvor Luften kan komme ind, og bagtil er der Afgang for den gennemstrømmende Luft. Kravet til Taget var især, at der ikke under Loftet maatte fortættes Vand, som dryppede ned og ødelagde Pumpemaskineriet. Da der er fri Overflade for det ca. 100° varme Kondensvand, findes der megen Damp Rummet.

### Hulstensdæk over Glassliberi.

I et Spejlglassliberi omsættes 35—50 HK i Gnidningsvarme. For at holde Glasset nogenlunde tempereret sprøjtes der under Slibningen Vand paa, der fordampes ved Varmen. Dette medfører høj Temperatur i Lokalet, op til 35°

og høj Fugtighedsgrad (80—85 %). Selv om man kan regulere paa dette ved Indblæsning af tør og kold Luft, vil en almindelig Isolering medføre enorme Vanddannelser i denne. Den ventilerede Isolering er her løst paa to forskellige Maader efter Rummenes Udformning:

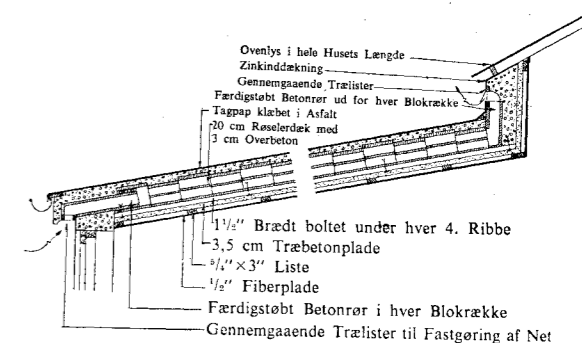


Fig. 2. Hulstensdæk med nedforskallet Loft.

Fig. 2. Hulrumskanalerne ventileres ved særlige færdigstøbte Betonformstykker, som indstøbes samtidig med Blokkene. Isoleringen (Træbeton) anbringes paa Strøer under Tagpladen og pudses.

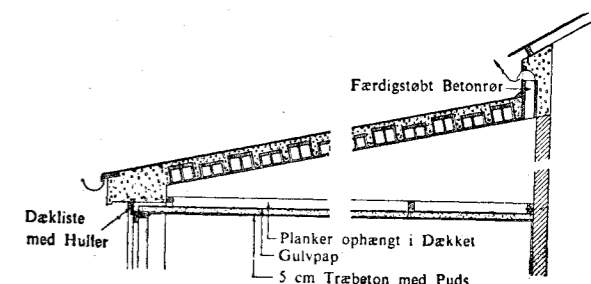


Fig. 3. Hulstensdæk med nedforskallet Loft.

Fig. 3. Isoleringen udføres som nedforskallet Loft, og Rummet mellem Tagplade og det nedforskallede Loft ventileres, idet der sættes Aabninger over Vinduerne og foroven ventileres ud gennem indstøbte Betonformstykker paa lignende Maade som ved Fig. 2.

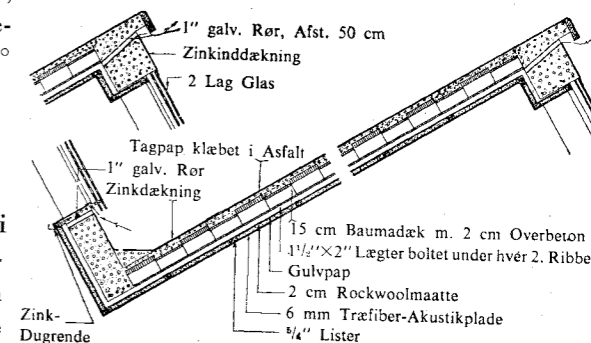


Fig. 4. Shedtag i Væveri.

#### Shedtag i Væveri.

Fig. 4 viser Shedtagskonstruktion udført med Hulstendæk, hvorpaa er lagt Tagpap direkte. Paa Undersiden er i indstøbte Bolte fastgjort Brædder i Tagfaldets Retning med 50 cm Afstand. Paa tværs af disse er sømmet Lægter med Mineraluldsmaatter imellem, og yderligere er der tyndere Lister mellem Lægterne til Fastgørelse af perforerede Fiberplader. Over og under Ovenlysene er der som vist indstøbt galvaniserede  $\emptyset 1''$  Rørbøsninger pr. 50 cm (midt imellem Brædderne). Alt efter Vindretning, Solbestraaling etc. vil Luften komme ind ad den ene Rørbøsningsrække, passere mellem Hulstendækkets berappede Underside og Mineraluldsmaattens Overside og forsvinde ud gennem den anden Rørbøsningsrække. Om Vinteren vil der i stille Vejr ske en opadgaende Bevægelse af den efterhaanden opvarmede Luft i den skraa Tagflade, hvorved Luftsiftet til Fjernelse af Fugtigheden vil foregaa.

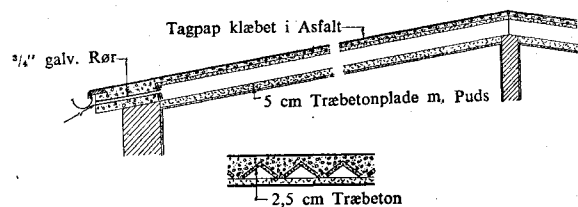


Fig. 5. Tag af Bonnedæk.

#### Tag af Bonnedæk.

Fig. 5 viser et fladt Tag, udført som Bonnedæk, med Bund- og Skraafladerne af Træbeton. Aabningerne udføres af indstøbte  $3/4''$  Rørbøsninger, der udmunder under Tagrenderne, ligesom der er lagt Rørbøsninger i den massive Udstøbning over Hovedskillerum. Herved ventileres de trekantede Hulkkanaler. Denne Type hører saaledes nærmest til Kategorien: Ventilering i selve Isoleringsmaterialet.

#### Tag med Afretningslag af porøs Beton.

Fig. 6a viser den almindelige Type flade Tage, der faas, naar en Jernbetonbygning skal udføres saaledes, at den senere kan paaføres flere Etager. Den normale Jernbetonplade (eller Hulstendæk) afdækkes med porøs Beton, der udstøbes paa Stedet med Afretningslag udstøbt paa Bølgeeter-nit el. lign., eller idet der indlægges Drænrør el. lign. fra Ydermur til Ydermur for Gennemluft-

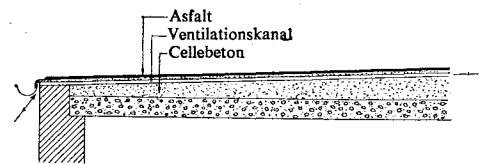


Fig. 6a. Jernbetontag med Afretningslag af porøs Beton.

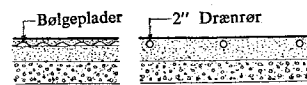


Fig. 6b. Jernbetontag med Afretningslag af porøs Beton, Tværnsnit.

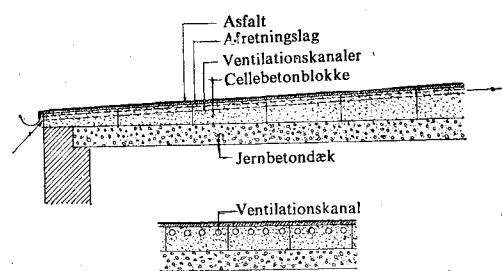


Fig. 6c. Jernbetontag med Afretningslag af porøs Beton og med færdigstøbte Isolationsplader med Ventilationskanaler.

ning (Fig. 6b). Isoleringen kan ogsaa udføres af færdigstøbte Plader, hvori der er udsparet Kanaler, som i Forlængelse af hinanden danner gennemgaaende Ventilationskanaler (Fig. 6c). I det sidste Tilfælde kan Pladerne senere aftages og anvendes paa den endelige Tagflade igen.

#### Isolationsplader med Ventilationskanaler.

Fig. 6b og c samt Fig. 7 viser forskellige Typer paa saadanne Plader.

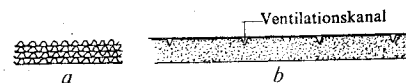


Fig. 7. Isolationsplader med Ventilationskanaler.

Fig. 7a er imprægneret Bølgepap.

Fig. 7b er bløde Fiberplader med nedfræsede Kanaler. Hvis de lægges i Mørtel, maa man paase, at Kanalerne ikke fyldes helt med denne.

#### Tagflader uden Membran.

Tagflader kan udføres uden Membran, naar Tagfladen har en tilstrækkelig stor Hældning til, at den regnvandstandsende Afdækning kan udføres i skællagte Stykker som f. Eks. Bølgeeter-nit, Pandepalder, Eternitskifer, Tagsten, m. v. Idet Membranen falder væk, ventileres Isoleringen ved Luftsifte gennem Fugerne mellem Tagskællene.

#### Metalpladebeklædte Ydervægge.

Ved udvendig metalpladebeklædte Ydervægge kan opstaa de samme Kondensvandsproblemer som ved flade Tage, særlig naar Isoleringen er anbragt udvendig f. Eks. for at beskytte Konstruktionerne mod Varmebevægelser fra Solbestraaling. Dersom Metalpladernes Samlinger gøres tilstrækkeligt utætte for Vind, kan dette undgaaes.

#### Isolering ventileret med indvendig Luft.

Ventilering med indvendig Luft er udført i en lang Række Tilfælde med større eller mindre Held. Her gælder det, at jo tørrere Lokalets Luft er, des lettere lykkes det at undgaa Fortætning i selve Isoleringslaget, ligesom Kondensvandsmængden under Membranen nedsættes, jo nærmere Kanalerne ligger denne.

#### Eksempler:

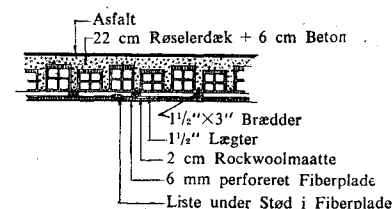


Fig. 8. Hulstendæk over Gaardkælder.

#### Hulstendæk over Gaardkælder.

Fig. 8 viser Isolering af Dækket over en Gaardkælder (Laboratorium). For at skaffe plant Loft bestaar Dækket af et Hulstendæk med 6 cm tværarmeret Overbeton. Under Dækket er i Bolte opsat  $1\frac{1}{2} \times 3''$  Brædder med Lægter paa tværs og Lister mellem Lægterne. Paa Listerne hviler Mineraluldsmaatter, der forneden afdækkes af perforerede Fiberplader. Ved begge Ender af Hulrumskanalerne mellem Dæk og Maatter er der boret Huller til Luftcirkulation. Af tekniske Grunde skal Fugtighedsgraden i Lokalet kon-

stant holdes nede paa  $50\%$ , hvilket om Sommeren udføres af et Køleaggregat i Forbindelse med Ventilationsanlægget.

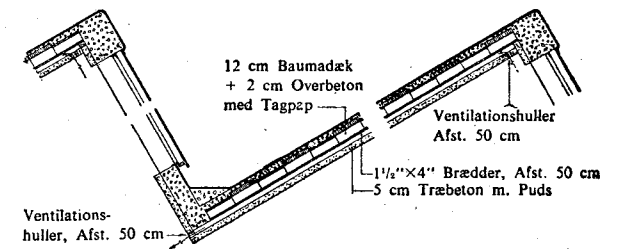


Fig. 9. Shedtag i Traadvarefabrik.

#### Shedtag i Traadvarefabrik.

Fig. 9 viser Isoleringen i en Traadvarefabrik, hvor Luften, der indblæses om Vinteren, vil være opvarmet og derfor meget tør. Under de skraa Shedtagsflader opsættes paa Brædder Træbetonplader, der pudses paa Undersiden. Foroven og forneden er der boret et Hul for hver Hulrumskanal mellem Tagplade og Isolering. Her vil der være nogen Risiko for Kondens i Hulstenspladen, men Træbetonen vil holde sig tør og isolerende.

#### Luftkonditionerede Rum.

Ved luftkonditionerede Rum udnyttes Erfaringerne fra Kølerumsisolering paa den Maade, at man paa Væggens indvendige Side opsætter en vandtæt Membran f. Eks. ved Asfaltering, hvorved Dampvandringen indefra udad nedsættes til et Minimum. Ved høj Fugtighedsgrad indvendig kan man ellers risikere en saa stor Dampvandring, at Fordampningen fra Ydersiden ikke er tilstrækkelig til at holde Muren tør. Herved opstaaer de samme Ulemper som ved de flade Tage, Dampene fortætter sig i Ydermur og Isolering, og den nedsatte Isoleringsevne faar Processen til at skride hurtigere frem. Ved Luftkonditionering med Køleanlæg om Sommeren kan dette Arrangement i denne Periode give den modsatte Virkning med Fortætning paa den nu indvendige kolde Side. Dette kan klares ved ogsaa at asfaltere den udvendige Side — men saa maa der indlægges Kanaler i Væggene, og disse Kanaler ventileres med tør Luft.

Herhjemme vil der normalt ikke blive Brug for den totale Luftkonditionering, men i tempererede Lande med Fastlandsklima er det et stort Problem at udføre Bygningsisolering til baade Vinterens og Sommerens store Krav.

Niels Steensen.