

3	34	34.1	34.5	bygge- fej	341.5	blad 1
konstruktioner	fage	fage med træ- konstruktioner	flade tage af træ		kondens i fladt tag af træ	

Udarbejdet af Byggeteknisk Afdeling, Teknologisk Institut

november 1968

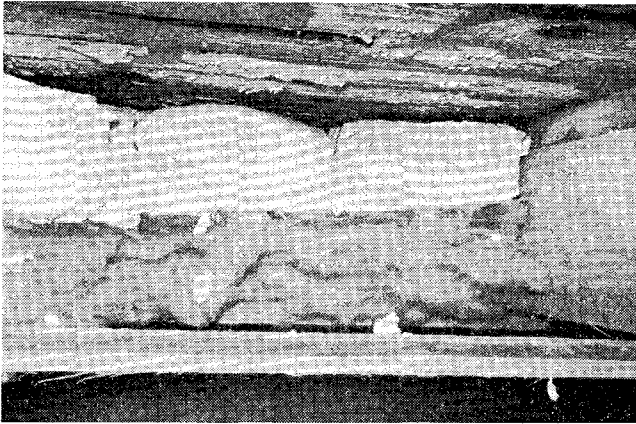


Fig. 1. Fotografi af den flade tagkonstruktion taget fra undersiden efter fjernelse af loftsbeklædningen og en del af isoleringen. Tagbrædderne er sorte og nedbrudte af kondensfugt, som ikke har kunnet undslippe på grund af den supplerende isolering med plastskum.

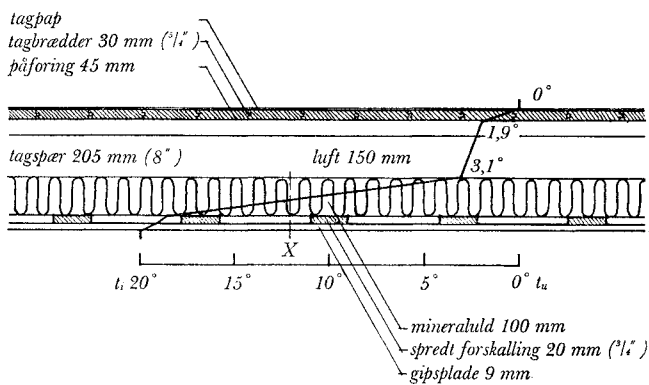


Fig. 2. Snit i tagkonstruktionen i oprindelig udførelse. Temperaturkurven en gennemsnitsvinterdag er indtegnet. Ved indvendig temperatur på 20° C og en relativ luftfugtighed på 60 % ligger dugpunktet ved X = 12 C. Mål 1:20.

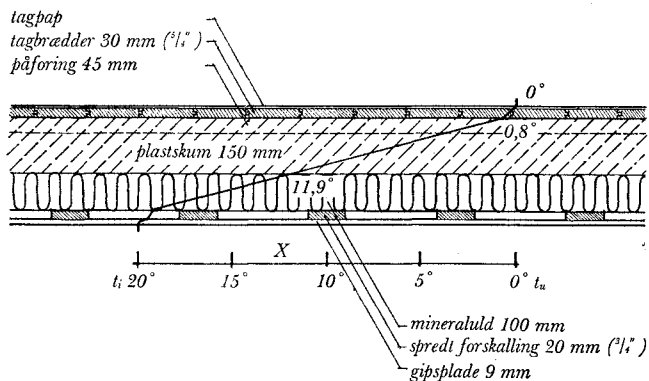


Fig. 3. Snit i tagkonstruktionen efter udfyldning med plastskum. Temperaturkurven en gennemsnitsvinterdag er indtegnet. Fugttransporten er omtrent uændret, men plastskummet hindrer udluftning og dermed fjernelse af væsentlige dele af fugtigheden. Mål 1:20.

Henvisninger

- Bygningsreglement for købstæderne og landet 1966
- kap. 5.7.2, stk. 8, om bræddetæklædning til tagdækning med tagpap
 - kap. 6.1.2, stk. 2: „Rumafgrænsende tagkonstruktioner skal udløres mindst som BD-bygningsdel 30“
 - kap. 7, stk. 7: Tagkonstruktioner, der indeholder træ eller andet organisk materiale, skal forsynes med ventilationsåbninger placeret således, at ventilationsluften fordeler sig jævnt over hele tagfladens underside. Ventilationsåbningernes samlede nettoareal skal være mindst $\frac{1}{1500}$ af det bebyggede areal. Mellem tagkonstruktioner af træ og opvarmede rum skal der anbringes et dampstandsende lag på den side af varmeisoleringen, der vender mod det opvarmede rum
 - kap. 8.2.2, stk. 1. Transmissionstallet k for lofts- og tagkonstruktioner, der begrænser opvarmede rum, må ikke overstige 0,40.

Litteraturhenvisninger - se omstøende

Indledning

I store dele af byggeriet er træ et foretrukket materiale til tagkonstruktioner. Brugen af tagkonstruktioner af træ er ikke begrænset af en bygnings højde og kun i et vist omfang af dens dybde.

Til småhuse og lave bygninger anvendes så godt som udelukkende træ i tagkonstruktionerne. Ofte er der af økonomiske eller æstetiske grunde valgt en tagform, som forudsætter det varmeisolerende materiale anbragt i tagkonstruktionen, fortrinsvis mellem spærene.

Den nedenfor gengivne sag er beskrevet og bedømt af civilingeniør Ivar Thomsen.

BYGNING: énfamiliehus

BYGNINGSDEL: flad tagkonstruktion af træ

EMNE: fugtskader i træværk

OPFØRELSESÅR: 1966 (gælder supplerende isolering)

SKADER BEMÆRKET: 1968

Konstruktivt princip

Fladt tag med 205 mm (8") høje spær med 45 mm påforet liste. På undersiden, loftet mod beboelsen, beklædning med 9 mm gipsplade sømret på spredt forskalling af 19 mm (3/4") brædder. Herpå, mellem spærene, henlagt 100 mm mineraluld.

Tagbeklædning af 30 mm (1 1/4") hævlede-pløjede brædder med built-up tagpapdækning. Jfr. fig. 2.

Vigtigste egenskaber

I parentes er anført de i BR-66 gældende mindstekrav. Huset er opført før Landsbyggeloven og BR-61.

Varmeisolering: k = 0,40 (0,40)
Brand: BD-bygningsdel 30 (BD-30)

Både den eksisterende k-værdi og BD-tallet er angivet skønsmæssigt, men for begge gælder, at de er lidt bedre end mindstekravene i BR-66.

Beskrivelse af skaden

Ødelæggelse af tagbeklædningens brædder, angreb af råd med sorte og nedbrudte brædder over hele tagfladen. Skaderne bemærket ved skjolder på loftet og konstateret ved en undersøgelse af hele konstruktionen.

Årsag til skaden

De anvendte materialer indeholdt ikke byggefugt ved monteringen, men fugttransporten fra de opvarmede rum op i tagdækningen var ret betydelig: 1,16 g/m² i timen, dvs. ca. 6 liter pr. m² i opvarmingsperioden. Den direkte udtørring i sommerperioden udgjorde ca. 3,0 liter pr. m²; tilbage bliver 3,0 liter pr. m², en anelig fugtmængde.

Luftmellemlrummet var imidlertid tilstrækkeligt stort og så godt udluftet, at en overvejende del af denne fugt blev ført bort, og kun små mængder, der ikke kunne gøre væsentlig fortræd, blev tilbage.

Da ejeren af huset ikke anså isoleringen af taget for tilstrækkelig, henvendte man sig til et isoleringsfirma. Firmaet foreslog en udfyldning af luftmellemlrummet mellem mineralulden og tagbrædderne med plastskum.

Efter isoleringsfirmaets råd accepterede ejeren forslaget, og der indblæstes plastskum i mellemrummet. Jfr. fig. 3.

I den oprindelige tagkonstruktion - jfr. fig. 2 - begynder muligheden for kondens ved X og i størstedelen af opvarmingsperioden kondenseres fugt på overfladerne, der grænser til luft- rummet og isoleringen.

Efter isolering med plastskum var fugttransporten praktisk talt uændret, men det udluftede mellemrum var nu udfyldt, og fugt blev opsamlet i konstruktionen. I begyndelsen umiddelbart under tagbeklædningen (fugtig luft er lettere end tør), men efterhånden trængte fugten ned gennem isoleringen, og der fremkom skjolder på loftsbeklædningen, som nævnt allerede efter 2 års forløb. Herefter blev konstruktionen undersøgt, og det konstateredes, at tagbeklædningen var ødelagt og måtte udskiftes. Se foto, fig. 1.

3	34	341	341.5	bygge- fejl	341.5	blad 1
konstruktioner	tage	tage med trækonstruktioner	flade tage af træ		kondens i fladt tag af træ	

Udarbejdet af Byggeteknisk Afdeling, Teknologisk Institut

november 1968

Ændring af konstruktionen

En udbedring af skaderne er i et sådant tilfælde forholdsvis kostbar, idet der foruden udskiftning af tagbrædderne, må regnes med at tagpappen skal fornyes overalt. Der vil endvidere kunne være fugtskade (råd) i opskalkningslisterne, og loftspladerne vil muligvis flere steder være så beskadigede af nedrivende fugt, at en udskiftning viser sig nødvendig.

Det er afgørende for tagkonstruktionen i repareret stand, at der sikres udluftning mellem tagbrædder og isoleringslag. I det foreliggende tilfælde valgte man at fjerne skumplasten helt og beholde den oprindelige mineraluldsisolering.

For at undgå indtrængen af fugtig luft fra stuen til tagkonstruktionen, anbringes mellem den spredte forskalling og gipspladerne et dampstandsede lag, f. eks. en plast-folie. Ovenpå isoleringen kan desuden lægges en beskyttende, men ikke dampstandsede pap.

Egenskaber efter udbedring

Da udbedringen af taget i første række har været en udskiftning af angrebet og nedbrudt træ, retablering af tagbelægningen og udskiftning af ødelagte loftsplader, - altså en tilbageføring til de oprindelige forhold - er egenskaberne uforandrede. Dog betyder den indlagte dampstandsede folie væsentlig mindre fugtindtrængen i tagkonstruktionen, således at udluftningen bliver effektiv.

Konklusion

Fugtvandringen, der foregår nedefra op under tagdækningen, bevirker kondens i og under tagbrædderne. Udfyldningen af luftmellemlaget med skumplast reducerer eller eliminerer udluftningen, således at den kondenserede fugt ikke har mulighed for at slippe ud. Træværket ødelægges og fugtmængden bliver efterhånden så betydelig, at den trænger ned og forårsager skader på lofter og vægge.

En flad tagkonstruktion skal altid udluftes mellem isoleringen og tagbrædderne, og dette må sikres ved åbninger i tagudhænget, eller på anden måde. Jfr. BR-66, kap. 7, stk. 7. Hvor det er muligt - og altid ved nyt byggeri - skal der anbringes en fugtsperre, f. eks. en plastfolie, under isoleringen.

Konsulentbistand

Byggeteknisk afdeling, Teknologisk Institut, Bülowvej 34, 1870 København V. Tlf. (01) 35 22 10.

Beregning af fugttransport i konstruktionen

Fugtbilledet i konstruktionen fremgår af diagrammet, fig. 4.

Indvendig: $t_i = 20^\circ \text{C}$, relativ luftfugtighed 60 %
damptryk $P_i = 143 \text{ kg/m}^2$

Udvendig: $t_u = 0^\circ \text{C}$, relativ luftfugtighed 80 %
damptryk $P_u = 53 \text{ kg/m}^2$

Materialernes fugtmodstand er afsat vandret og damptrykkene lodret.

Herved er konstruktionen transformeret således, at fugtmodstanden overalt er den samme, dvs. damptrykket falder jævnt og damptrykkurven I bliver en ret linje fra det indvendige damptryk P_i , 143 kg/m^2 , til det udvendige, P_u , 53 kg/m^2 , såfremt der ikke forekommer kondens.

Mætningskurven II angiver de maksimale damptryk i henhold til de på fig. 2 udregnede temperaturer. Disse damptryk svarer til luftens maksimale indhold af vanddamp. Bliver damptrykket større udskilles vand, kondens. Kondens forekommer så snart damptrykkurven mellem P_i og P_u ligger over mætningskurven, og de aktuelle damptryk svarer dermed til større fugtmængder (vanddamp) end luften maksimalt kan indeholde. Det ses, at kondens allerede forekommer midt i isoleringen. Der udskilles vand, og den aktuelle damptrykkurve „synker“ ned under mætningskurven til III.

Fugtmængderne, der transporteres mellem 2 punkter, kan i g/m^2 i timen udregnes af den forenkede formel $\frac{\Delta P}{160 \sum \mu e}$, hvor ΔP

er damptryksforskellen og $\sum \mu e$ summen af fugtmodstanden mellem punkterne. Vi finder f. eks. transport indvendig fra til træbeklædningens overflade $\frac{143 - 66}{160 \times 0,41} \sim 1,16 \text{ g/m}^2$ i timen.

I opvarmningsperioden transporteres hertil og ind i isoleringen ca. 6000 g/m^2 mens kun 11 g/m^2 kan komme videre. Omrent 6 liter opsamles altså i isoleringen, og da kun 3,0 liter udtørres i

sommerperioden bliver mere end 3 liter tilbage under træbeklædningen og i isoleringen hvert år; træet rådner og fugten synker efterhånden ned gennem isoleringen, der ikke er hygroskopisk, og ødelægger loftsbeklædningen.

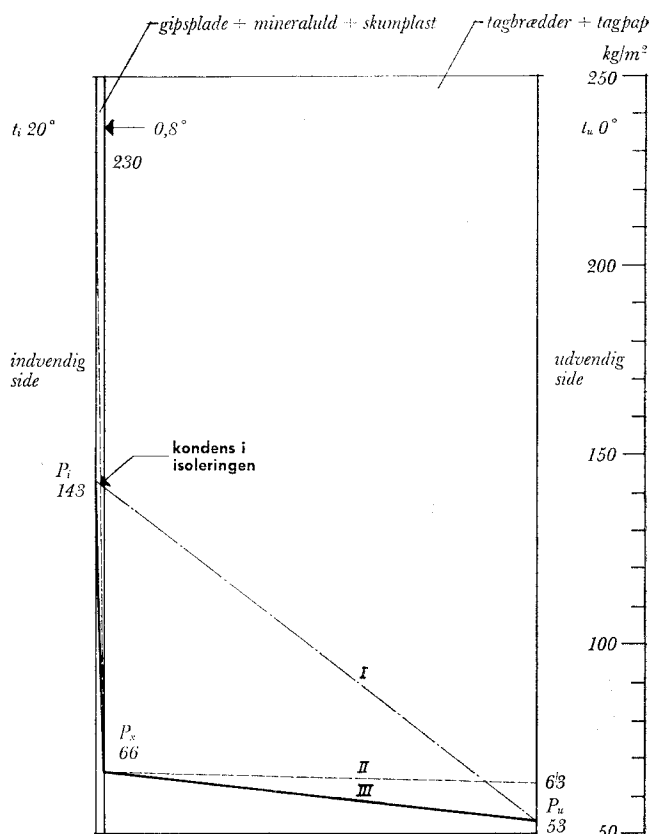


Fig. 4. Diagram af fugttransporten i taget. Diagrammet er optegnet således, at enheden μe for de forskellige materials fugtmodstand svarer til 2,5 mm.

Fugtmodstand μe :

gipsplade	0,06	} $\sum \mu e = 0,41 \text{ (i} \rightarrow \text{x)}$
mineraluld	0,14	
skumplast	0,21	
tagbrædder	2,75	
built-up	20,00	
$\sum \mu e$	23,16	

Fugttransport til punkt X lige under tagbrædderne

$$\frac{P_i - P_x}{160 \times \sum \mu e \text{ (i} \rightarrow \text{x)}} = \frac{143 - 66}{160 \times 0,41} = 1,16 \text{ g/m}^2\text{h}$$

Dette svarer til, at der i opvarmningsperioden, 225 døgn á 24 timer, tilføres en fugtmængde på $1,16 \times 225 \times 24 \approx 6000 \text{ g/m}^2 = 6 \text{ liter/m}^2$

Fugttransport fra X

$$\frac{P_x - P_u}{160 \times \sum \mu e \text{ (x} \rightarrow \text{u)}} = \frac{66 - 53}{160 \times 22,75} = 0,002 \text{ g/m}^2\text{h}$$

I opvarmningsperioden $0,002 \times 225 \times 24 = 11 \text{ g/m}^2 = 0,011 \text{ liter/m}^2$

Der opsamles i varmeperioden ca. 6 liter/m²

Udtørringen i sommerperiodens 140 døgn á 24 timer overstiger ikke 3 liter/m²

Fugtindholdet i tagkonstruktionen forøges altså hvert år med ca. 3 liter/m².

Litteraturhenvisninger

- R. T. Gratwick. *Dampness in buildings*. Crosby, Lockwood & Son, Ltd. London 1966.
Karl Moritz. *Richtig und Falsch*. Bauverlag Gmbh, Wiesbaden 1965.
Winfried Lück. *Feuchtigkeit*. R. Oldenbourg, München 1964.
J. S. Cammerer og H. Schäcke. *Feuchtigkeitsregelung*. Wilh. Ernstaden, Berlin 1957.
Wärme und Feuchtigkeit. Berichte aus der Bauforschung, hefte 48-1966. S. 25-40. Indlagt særtryk af artikel i hefte 12-1964: H. Künzel og W. Frank. *Untersuchungen über Temperaturverhältnisse in Flachdächern unterschiedlicher Konstruktion*. Wilh. Ernst & Sohn, Berlin 1966.