

SBI-publ.

SBI-SÆRTRYK
234

UDK 691+69.02:539.377
+539.388.8
691+69.02:674.04

Byggeindustrien nr. 6, 1973

Georg Christensen:
Byggematerialers fugt- og temperatur-
bevægelser

STATENS
BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

I kommission hos Teknisk Forlag
København 1973



Byggematerialers fugt- og temperaturbevægelser

Civilingeniør Georg Christensen, SBI

01163P
Bibliotekseksemplar /
STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

SÆRTRYK AF BYGGEINDUSTRIEN NR. 6, 1973

byggematerialers fugt- og temperatur-bevægelser

civilingeniør Georg Christensen, Statens Byggeforskningsinstitut

Alle byggematerialer ændrer dimensioner som følge af vekslende fugt- og temperaturforhold. Dette må der tages hensyn til ved den byggetekniske udformning af alle bygninger, men forholdet er især vigtigt ved anvendelse af større komponenter.

I artiklen omtales de dimensionsændringer, som vil fremkomme hos en række byggematerialer og konsekvenserne heraf beskrives. Endelig omtales SBI's laboratorieudstyr samt en del laboratoriemålinger på området.

Anvendelsen af stadigt større komponenter inden for det industrialiserede byggeri har medført, at opmærksomheden i de senere år er blevet rettet imod komponenternes dimensionsvariationer forårsaget af vekslende temperatur- og fugtforhold.

For bygningskomponenter, som ofte vil være etagehøje og flere meter brede, kan disse dimensionsændringer bl.a. vise sig som betydelige variationer i fugerne imellem de enkelte elementer. I en del tilfælde har bevægelserne i fugerne kun ringe indflydelse på bygningskvaliteten, men på så væsentlige områder som den akustiske kvalitet samt sikring imod indtrængning af luft og regnvand i facader har problemet dog vist sig at være alvorligt nok.

Da man næppe kan forestille sig, at bygninger af denne grund ikke skal opføres af større bygningskomponenter, er

det nødvendigt at drage omsorg for, at dimensionsændringerne ikke giver anledning til, at væsentlige kvaliteter hos bygningen forringes. Det gælder her som i så mange andre tilfælde, at det er bedre allerede ved projekteringen at tage hensyn til problemerne frem for senere at skulle foretage udbedringer.

De forskellige byggematerialers termiske udvidelseskoefficienter foreligger ret vel beskrevet i litteraturen, og i tabel 1 er vist disse koefficienter for en række almindelige byggematerialer. Temperaturforskelle som følge af årstidsvariationer kan for horizontale flader gå op til 100° C og for vertikale bygningsdele udsat for sol gå op til ca. 70° C.

For byggematerialers dimensionsændringer som følge af fugtoptagelse og afgivelse foreligger der derimod kun meget sparsomme oplysninger. For at undersøge disse forhold noget nærmere har SBI for et par år siden taget dette område op, og senere i artiklen præsenteres resultater af nogle undersøgelser.

Byggefugt

Mange almindeligt anvendte byggematerialer som f.eks. beton og træ vil ofte afgive en del fugt fra det tidspunkt, hvor de endeligt placeres i bygningen og indtil de når ned på et fugtindhold, som kun ændrer sig i beskedent omfang som følge af årstidernes varierende temperatur- og

fugtforhold. Denne overskydende fugtmængde benævnes byggefugt, og den vil forsvinde i løbet af en periode på 1-2 år ved almindelig opvarmning og ventilation af bygningen. I tabel 2 er vist nogle vejledende tal for en del materialers fugtindhold i nyt byggeri. Endvidere er angivet de fugtmængder, som bindes kemisk, ligevægtsfugtindholdet ved 50 % RF samt de fugtmængder, der skal udtørres.

Når byggefugten forsvinder, vil der for de fleste materialer ske et svind, som i mange tilfælde kan forudsiges med god nøjagtighed. For beton gælder det i almindelighed, at jo mere vand den friske beton indeholder, jo større bliver svindet. Endvidere vil et stort cementindhold betyde større tilbøjelighed til svind i betonen. Det skal bemærkes, at der til byggefugt også bør medregnes de mængder fugt, som under byggeperioden tilføres i form af regn, sne, lækager på rør etc.

Fugtforhold i bygninger

Materialer, som har befundet sig i en bygning i et par år, vil ændre fugtindhold og dermed dimensioner i afhængighed af den relative luftfugtighed i rumluften. For materialer inde i opvarmede bygninger vil der under vinterforhold ske en fugtafgivelse i forhold til sommerperioden. For materialer i forbindelse med det fri vil i reglen det omvendte forhold gøre

Materiale	à mm
Aluminium	2,4
Beton	1,1
Stål	1,2
Støbejern	1,0
Gasbeton	0,7
Gips	2,5
Glas	0,4-0,8
Fyrretræ i fiberretningen	0,3
Fyrretræ på tværs af fiberretningen	5,8
Kalksten	0,7
Kalksandsten	0,8
Kalkmørtel	0,7-0,8
Cementmørtel	0,8-1,4
Tegl	0,4-0,6
Zink	1,4
Plasttyper:	
Glasfiberarmeret polyester	0,6-4
Hærdeplaster	1-6
Skumplast	2-25
Gummi	5-20
Acrylglas	8-10

Tabel 1: Termisk udvidelse for en række byggematerialer. Tallet angiver den længdeforøgelse i mm, som opstår, hvis 1 m af materialet opvarmes 100° C.

Materiale	I nyt byggeri	Bindes kemisk	Hygroskopisk fugtindhold ved 50% RF	Byggefugt som skal udtørres
Beton (normal husbygning)	10	3	2	5
Letbeton, autoklaveret	15-25	-	3	12-22
Kalkmørtel	17	-2	1	18
Bastardmørtel (KC 11)	17	1	2	14
Tegl	1	-	1	0
Teglmurværk	7	-	1	6
Træ	10-30	-	10	0-20

Tabel 2: Fugtindhold i nyt byggeri og byggefugt, som skal udtørres for en del almindeligt anvendte byggematerialer. Angivet i vægtprocent.

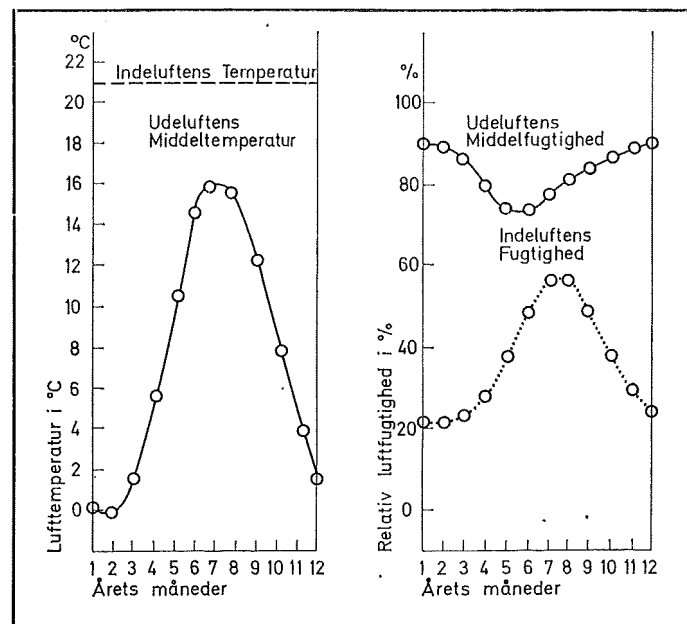
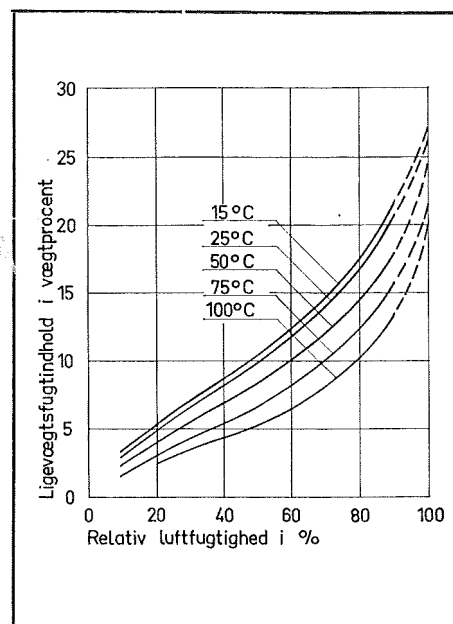


Fig. 1: Gennemsnitlige værdier for udeluftens temperatur og relative luftfugtighed samt indeluftens fugtighed under forudsætning af en indendørs temperatur på 21°C og inlet fugttilskud (Efter [1]).

Fig. 2: Træs fugtlige vægtskurver (sorptionsisotermer) ved forskellige temperaturer.



fugtindhold, som kan forventes i træprodukter ved forskellige anvendelsesområder.

Laboratorieudrustning hos SBI

Da det for beregninger f.eks. af geometriske ændringer er nødvendigt at kende sammenhængen imellem relativ luftfugtighed og dimensionsændringerne, har SBI gennemført en række målinger

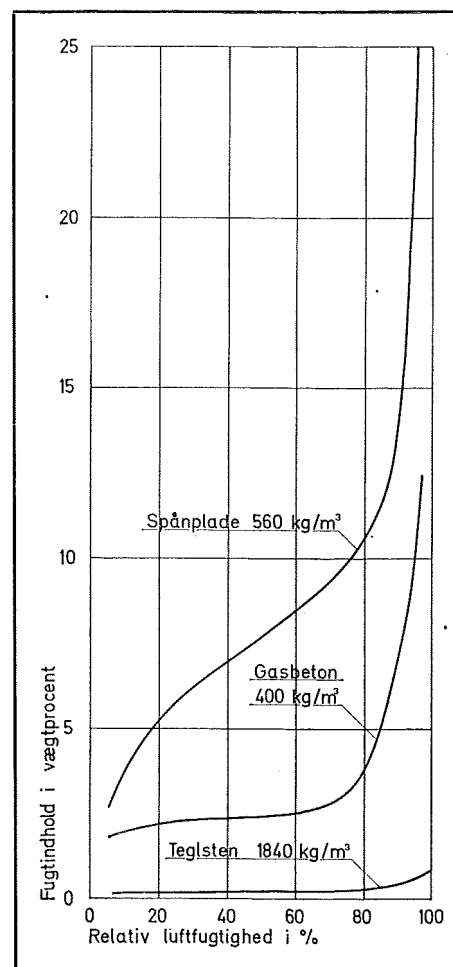


Fig. 3: Fugtlige vægtskurver for spånplade, gasbeton og tegl.

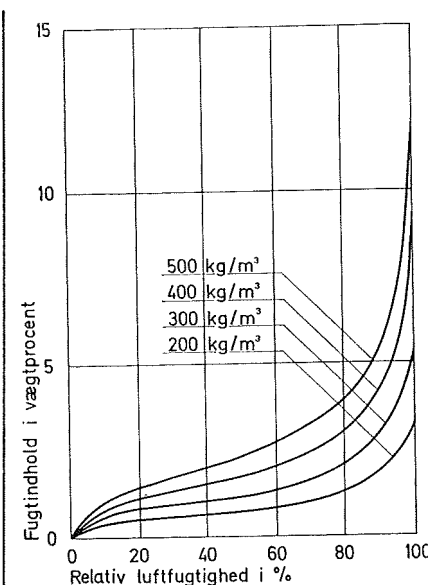


Fig. 4: Fugtlige vægtskurver for beton med forskelligt cementindhold. (Efter [2]).

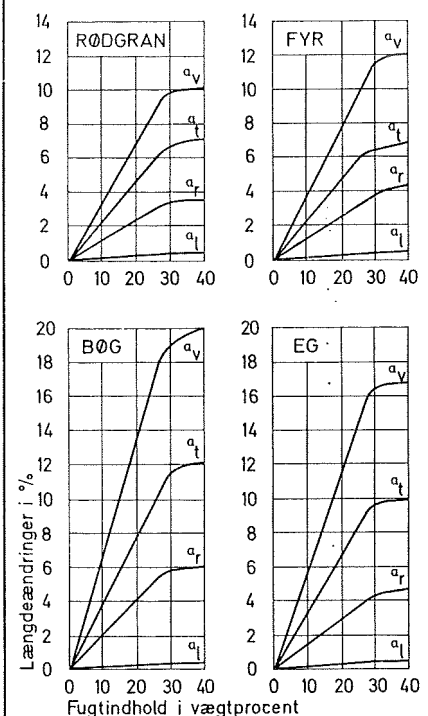


Fig. 5: Volumensvind α_v , tangentielt vind α_t , radiale vind α_r , længdevind α_l hos fire træarter (Efter [4]).

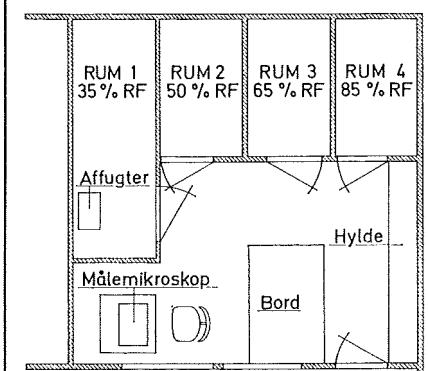
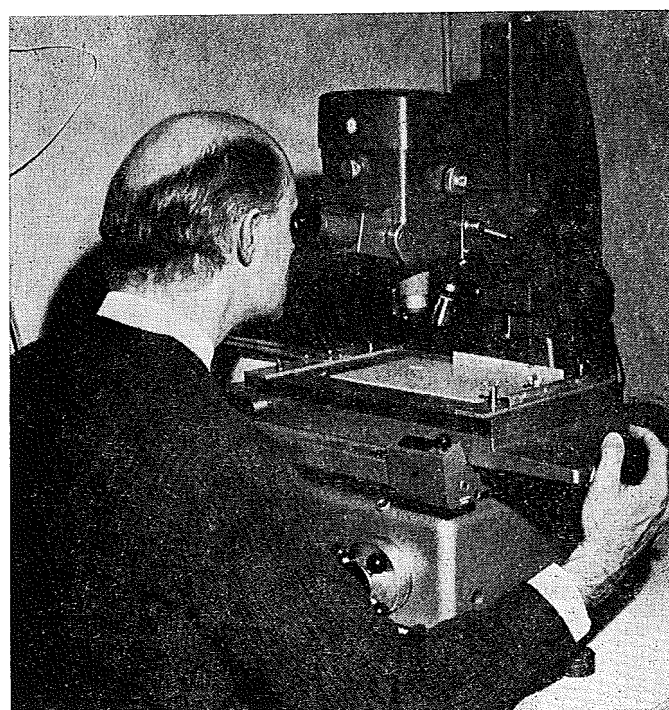


Fig. 6: Plan over SBI's forsøgsfaciliteter til måling af materialers dimensionsvariationer ved varierende fugtforhold.

Fig. 7: Prøvelegeme anbragt på bordet under målemikroskop. På bordets forkant aflæses på en lysskala længder i to på hinanden vinkelrette retninger med en nøjagtighed på 0,001 mm.



for nogle udvalgte byggematerialer. Der er blevet opbygget et antal klimarum, hvori den relative luftfugtighed kan styres på 35 %, 50 %, 65 % og 85 % RF ved en temperatur på 25 ° C. Endvidere har SBI anskaffet et præcisionsmålemikroskop af typen Leitz-Wetzlar W 625, hvormed det er muligt i vandret plan at måle afstande i to på hinanden vinkelrette retninger med en nøjagtighed på 0.001 mm. Målelængden i de to retninger er valgt til henholdsvis 150 mm og 50 mm. Fig. 6 viser en plan over SBI's konditioneringsrum og fig. 7 et billede af målemikroskopet.

Måleteknik

Til målingerne tildannes i reglen pladeformede prøvelegemer med en dimension på 250 mm × 150 mm, og fire målepunkter påklæbes i hvert hjørne i en afstand på 50 mm fra hver kant. Målepunkterne er fremstillet ad fotografisk vej og har en meget nøjagtig opmærkning, hvorpå mikroskopets trådkors kan indstilles.

Ved måling fixeres prøvelegemet på et bord, som kan forskydes under målemikroskopet i vandret plan i to på hinanden vinkelrette retninger. Mikroskopet indstilles efter tur på de fire målepunkter, og på en skala aflæses hver punkts to koordinater. Når alle fire punkters koordinater er bestemt, kan afstanden imellem punkterne i de to retninger bestemmes. Prøvelegemet konditioneres nu i et andet, ønsket klima, og efter 2-4 ugers forløb (afhængigt af den hastighed, hvormed materialet kommer i fugtlige vægt med omgivelserne) bestemmes

koordinaterne til de fire målepunkter igen. Ved hjælp af et EDB-program, hvori der kan korrigeres for vinkelskævheder i opmærkningen, sammenlignes de nye og de gamle afstande, og den relative længdeændring i de to retninger udskrives i %.

Konditionering af materialer

Svind som følge af byggefugtens udtørring kan bestemmes ved at foretage dimensionsmålinger på det tidspunkt, materialerne (komponenten) ville være blevet indbygget i huset og dernæst foretage en sammenligning med en tilsvarende måling efter, at det samme materiale har været konditioneret ved 35 % RF igen længere tid. Hvor lang tid, der vil være nødvendig, kan ses ved at optegne en kurve, som viser svindforhold som funktion af tiden baseret på målinger f.eks. hver uge. I starten vil svindet være størst og i de fleste tilfælde vil der derfor på basis af nogle ugers målinger med god sikkerhed kunne extrapoleres til det endelige svind.

Fig. 8 viser et eksempel på udtørningsvind ved 35 % RF og 25 ° C hos hhv. 10 uger gamle Eternit Massiv plader (autoklaveret asbestcement) og Internit-plader (asbestcellulosecement) i en periode på 13 uger.

Endvidere er det muligt at veksle imellem konditioneringsklimaer f.eks. 35 % og 85 % RF. På fig. 9 er vist dimensionsændringer målt hhv. på ca. 10 uger gamle Eternit Massiv og Internit-plader i en periode på 13 uger.

Det er endeligt muligt at bedømme, hvad opfugtning af et materiale vil med-

sig gældende. På fig. 1 er vist luftens gennemsnitlige temperatur og fugtindhold i Danmark for hver enkelt måned som et gennemsnit for 25 år. Endvidere er vist, hvorledes indeluftens relative fugtighed ændres ved opvarmning til en indendørstemperatur på 21 ° C. For danske forhold vil det i opvarmede, beboede bygninger være rimeligt at regne med en indendørs relativ luftfugtighed (RF) på 35 % gennem længere perioder under vinterforhold og 60 % RF under sommerforhold. I uopvarmede bygninger bør der tilsvarende regnes med variationer indendørs imellem 50 % RF om sommeren og 70 % RF om vinteren.

Materialer anbragt udendørs kan rammes af store mængder slagregn og vil derfor i visse tilfælde kunne opfuges totalt svarende til, at materialet er i ligevægt ved 100 % RF. Omvendt vil materialer, der udsættes for opvarmning f. eks. forårsaget af solbestråling kunne udtørres ret kraftigt. Et eksempel på temperaturrens betydning for ligevægtsfugtindholdet er for træ angivet i fig. 2. Såfremt materialerne er anbragt udendørs men afskærmet for slagregn og sol, kan der regnes med dimensionsvariationer svarende til ligevægtsfugtindhold ved 20 ° C og 50 % RF om sommeren og 0 ° C og 80 % RF om vinteren.

Fugtindhold i materialer

Porøse byggematerialers fugtindhold varierer afhængigt af både luftens relative fugtighed og temperatur. Luftens relative fugtighed er dog den væsentligste af disse to faktorer for normale, porøse byggematerialer. På fig. 2 er angivet denne sammenhæng for træ. Disse kurver kaldes for træets fugtlige vægtskurver (sorptionskurver) ved den pågældende temperatur. Når ikke andet er nævnt, vil fugtlige vægtskurven være angivet ved en temperatur på ca. 20 ° C. På fig. 3 ses kurverne for henholdsvis tegl, gasbeton og spånplade. Jo grovere porestruktur et materiale har, jo mindre fugt vil bindes i materialet, og jo lavere i diagrammet vil kurven følge ligge. Store svingninger i fugtindhold vil især for organiske materialer resultere i store dimensionsændringer.

På fig. 4 ses en række fugtlige vægtskurver for beton med forskelligt cementindhold. På grundlag af sådanne kurver er det muligt at forudsige materialernes endelige fugtindhold, og dermed afgøre, om de er tilstrækkeligt udtørrede til f.eks. at dækkes med fugtfølsomme belægninger.

På fig. 5 ses sammenhængen imellem fugtindhold og dimensionsændring ved udtørring i de tre retninger for fire træarter. Endelig er der i tabel 3 vist det

Placering	Fugtindhold i vægt %
Træ udendørs, beskyttet imod direkte nedbør	14-18 %
Træ udendørs, med nogen overfladebeskyttelse (vinduer, ydervægge, døre etc.)	12-15 %
Træ indendørs, i huse uden permanent opvarmning	9-14 %
Træ indendørs, i huse med permanent opvarmning (indvendige døre, køkkeninventar og parketgulvbrædder)	6-8,5 %
Træ i møbler samt krydsfiner i huse med permanent opvarmning	4,5-7 %

Tabel 3: Fugtindhold i træ ved forskellige anvendelser.

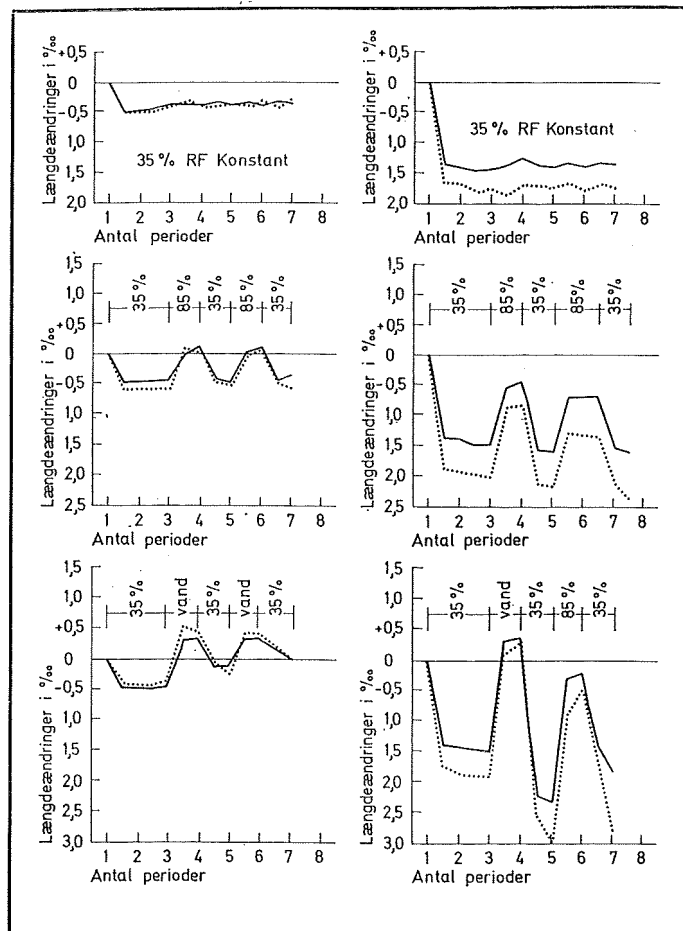


Fig. 8: Længdeændringer i to på hinanden vinkelrette retninger for henholdsvis Eternit Massiv plader (tv) og Internit plader (th) ved udtørring i 35 % RF.

Fig. 9: Længdeændringer i to på hinanden vinkelrette retninger for henholdsvis Eternit Massiv plader (tv) og Internit plader (th) ved vekselvis konditionering i 35 % RF og 85 % RF.

Fig. 10: Længdeændringer i to på hinanden vinkelrette retninger for henholdsvis Eternit Massiv plader (tv) og Internit plader (th) ved vekselvis vandlagring og udtørring ved 35 % RF.

føre af udvidelser ved simpelthen at lagre materialet i vand. På fig. 10 er for de samme plader vist de ændringer, som måles, når materialet skiftevis lagres en uge i vand og derefter konditioneres i en uge ved 35 % RF.

Resultater

SBI har i de forløbne par år også gennemført en del måleserier med det formål at bedømme en række gulvbelægnings dimensionsstabilitet ved fugtpåvirkning. Disse målinger blev udført som en rekvideret opgave for at bedømme årsagen til, at bløde plast- eller gummibelægninger var slået fra underlaget.

Nogle resultater af disse målinger er vist i tabel 4. Det skal her nævnes, at det er SBI's erfaring, at jo mindre fugtbevægelse en gulvbelægning har, jo mindre er sandsynligheden for, at gulvbelægningen ødelægges af fugt. Disse forhold er nærmere omtalt i (3). Endvidere har SBI også som en rekvideret opgave undersøgt dimensionsstabiliteten af en række pladematerialer anvendt til vægbeklædningsformål. Disse målinger tog sigte på at bedømme om, der i fuger i malingsbehandlede vægge ville optræde så store bevægelser, at malingen ville revne. Resultater af disse målinger samt af en række andre tilsvarende er gengivet i tabel 5. Endelig er i tabel 6 angivet udtørringssvind for en række andre al-

mindeligt forekommende byggematerialer.

Anvendelse af resultater

- a. Når plane pladematerialer opfugtes eller udtørres ens fra begge sider, vil de forblive plane. Hvis opfugtning eller udtørring sker fra den ene side, vil pladematerialerne have tendens til at krumme. Størrelsesordenen af denne krumning, som kan forventes, kan beregnes ud fra fig. 11. Ved anvendelse af reglerne for ensartede trekanten samt punkts potens med hensyn til en cirkel, gennemførtes beregningerne på følgende måde, idet
- t = pladetykkelse,
 - x = pladens halve frie spænd,
 - R = pladens krumningsradius,
 - u = udbøjning fra pladens plan og
 - a = udvidelsen pr. længdeenhed
- $$\frac{x}{R} = \frac{dx}{t} \text{ og } u \cdot 2R = x \cdot x$$
- Ved elimination af R og indsætning af $dx = a \cdot x$ fås
- $$u = \frac{x^2 \cdot a}{2t}$$
- b. **Eksempel 1:** (Plan deformation)
Et 22 mm lamelparketgulv med fyr som væsentligste bestanddel lægges med et fugtindhold på 8 % (ligevægtsfugtindhold ved 35 % RF) med en afstand på 5 mm ved hver væg.

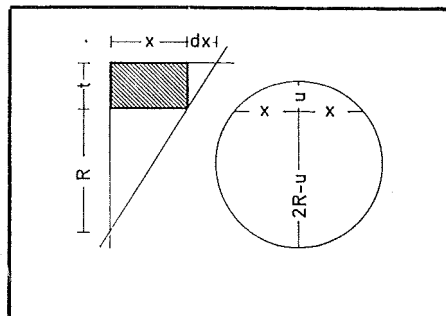


Fig. 11: Skitse til udledning af formel for den krumning, som opstår, når et plademateriale opfugtes eller udtørres forskelligt på de to sider.

Brædderne er slået helt tæt sammen. Rummet antages at være 6 m bredt. Da gulvet lægges, medens den underliggende betonplade endnu indeholder store mængder byggefugt, og der endvidere fejlagtigt ikke er anbragt en fugtspærre imellem beton og træ, kan det antages, at træet et stykke tid efter, at gulvet er lagt, vil få et fugtindhold på ca. 19 % (ligevægtsfugtindhold ved 85 % RF). Målinger foretaget af SBI på lamelgulvbrædder viser, at der ved en sådan ændring af fugtforholdene sker en fugtudvidelse på $\alpha = 2,8 \text{ ‰}$ (se tabel 5).

Et 6 m bredt gulv vil således vinkelret på bræddernes længderetning søge at udvide sig

$$\Delta l = l \cdot \alpha = 600 \cdot 2,8 \cdot 10^{-3} = 1,7 \text{ cm}$$

Hvis der som ovenfor forudsat er 1 cm frigang langs væggene, vil gulvfladen søge at udvide sig 0,7 cm. Den relative forlængelse ville i så fald blive

$$\epsilon = \frac{0,7 \cdot 100}{600} = 0,12 \%$$

Da det forudsættes, at gulvbrædderne ikke kan udvide sig mere end 1 cm, vil der i stedet for en bevægelse på 0,7 cm komme en spænding i gulvet. Ved benyttelse af Hooks lov fås – idet elasticitetskoefficienten for lamelbrædder ved denne påvirkning efter SBI's undersøgelser kan sættes til $E = 70.000 \text{ kp/cm}^2$ – at spændingen vil blive

$$\sigma = E \cdot \epsilon = 70.000 \cdot 0,0012 = 84 \text{ kp/cm}^2$$

Med en bræddetykkelse på 22 mm fås det samlede tryk pr. meter væg som

$$P = \sigma \cdot A = 84 \cdot 100 \cdot 2,2 \approx 18.000 \text{ kp}$$

Der vil altså teoretisk set kunne virke et tryk på ca. 18 tons pr. meter væg. Dette er dog så stort et tryk, at ingen almindelig væg vil kunne holde til denne vandrette belastning. Hvis gulvet ikke slår op, vil væggene blive skubbet ud.

		Fugtudvidelse ved ændring i RF fra 35 % til 85 % angivet i ‰	Fugtudvidelse efter vandlagring i forhold til dim. ved 35 % RF angivet i ‰
Supervinyl A	langs	0,3	- 0,2
	tværs	0,5	0,5
Supervinyl B	langs	0,6	1,7
	tværs	0,8	2,0
Asbestvinyl	langs	0,6	4,9
	tværs	1,2	10,8
Linoleum	langs	- 1,0	- 6,9
	tværs	2,5	7,6
Gummibelægning	langs	0,6	4,6
	tværs	1,0	8,4

Tabel 4: En række gulvbelægningsmaterialers dimensionsvariationer ved ændring i luftfugtighed og ved vandlagring. Ved vandlagring forstås, at materialet har været lagret i vand i to uger inden måling.

Materiale	Fugtbetingselser	Svind i ‰
Træ i fiberretningen	Fra fibermætning til helt udtørret tilstand	0,1–0,35
Træ, radiale	Fra fibermætning til helt udtørret tilstand	2,0–8,5
Træ, tangentielt	Fra fibermætning til helt udtørret tilstand	4,0–14,0
Autoklaveret let-beton	Fra vandmættet til 43 % RF	0,02–0,06
Tegl	Fra vandmættet til rumluft	0,0005–0,001
Beton	Fra vandmættet til 50 % RF	0,03–0,06

Tabel 6: Udtørringssvind hos en række almindeligt anvendte byggematerialer efter (2).

Eksempel 2: (Krumning)

Et tagelement produceres af to lag 16 mm fyrretræskrydsfiner i over- og underside samt 3" × 8" bjælker på højkant som krop i elementet. Ved produktionen har begge krydsfinerplader et ensartet og lavt fugtindhold, og elementet er derfor plant. Elementet monteres inden fyringssæsonens start.

Ved afslutningen af fyringssæsonen kan det selv ved god udluftning i elementets hulrum over isoleringen forventes, at den øverste krydsfinerplade har et fugtindhold svarende til, at den er i ligevægt ved 85 % RF, og den nederste flange i ligevægt ved 35 % RF, hvilket medfører, at elementet vil krumme opad på midten. Såfremt elementet har en fri spændvidde på 3,6 m, vil opkrumningen på midten med god tilnærmelse kunne bestemmes ved hjælp af den tidligere nævnte formel på følgende måde:

Elementets højde:
 $t = 1,6 + 20,0 + 1,6 = 23,2 \text{ cm}$
 Halve fri spændvidde:
 $x = 180 \text{ cm}$

Fugtudvidelse:

35 % RF → 85 % RF giver af tabel 5 for amerikansk Krydsfiner $\alpha = 0,80/100$

$$u = \frac{180^2 \cdot 0,0008}{2 \cdot 23,2} = 3,25 \cdot 10^4 \cdot 0,0008 = 46,4$$

$$u \sim 0,6 \text{ cm}$$

Det ses også af tabel 5, at den i rette eksempel valgte krydsfiner er ret formstabil og, at anvendelse af andre typer ved samme spændvidde vil kunne give krumninger på op til 2 cm. Krumning kan ikke undgås, medmindre der træffes særlige foranstaltninger til at holde elementet på plads. Der må derfor tages hensyn til denne deformation f.eks. i forbindelse med indervægges tilslutning til loftet og ved gennemføring af ventilationskanaler og skorsten i tagfladen.

Sammenfatning

I artiklen er beskrevet, hvorledes byggematerialer vil ændre dimensioner i det færdige bygværk, dels på grund af ud-

Materiale	Fugtudvidelse angivet i ‰ ved ændring i RF fra 35 % til 85 %	Fugtudvidelse angivet i ‰ efter lagring i vand i forhold til dimension ved 35 % RF
Halvhård træfiberplade 12 mm, $\gamma = \text{ca. } 600 \text{ kg/m}^3$	1,5	4,3
Gipskartonplade, 13 mm	0,4	1,3
Krydsfiner 12 mm, dansk	1,9	3,1
Krydsfiner 12 mm, amerikansk	0,8	1,3
Spånplade, 10 mm, $\gamma = 625 \text{ kg/m}^3$	1,1	2,4
Spånplade fenollimet, 12 mm, $\gamma = 625 \text{ kg/m}^3$	2,1	3,7
Asfaltimpregneret fiberplade, 12 mm	1,8	5,6
Laminerede gulvbrædder 24 mm	2,8	5,9
F.R.C.W. 9 mm	1,3	3,3
Blød træfiberplade 12 mm, $\gamma = 325 \text{ kg/m}^3$	1,4	4,1
Eternit 8 mm	1,0	1,5
Internit 5 mm	1,5	3,0
Eternit massiv 8 mm	0,6	0,9

Tabel 5: En række pladematerialers dimensionsvariationer ved ændring i luftfugtighed og ved lagring i vand. De angivne værdier er for den retning i pladematerialet, hvor udvidelsen er størst. Ved vandlagring forstås, at materialet har været lagret i vand i to uger inden måling.

tørring af byggefugt og dels på grund af de uundgåelige variationer i luftens relative fugtighed. For en række almindeligt anvendte byggematerialer er angivet dimensionsændringer, målt under laboratorieforhold. Endvidere er angivet en beregningsmetode, hvorefter det er muligt at vurdere de krumninger, som vil optræde, når pladematerialer og plane konstruktioner opfugtes eller udtørres ensidigt. Der er i artiklen kun givet en kortfattet beskrivelse af det omfattende emne, og kun et beskedent antal materialer er berørt, men SBI står til rådighed med laboratorieudstyr og erfaring på området såvel for projekterende som materialeproducenter.

Referencer:

- [1] Fugtkonditionering og ventilation. Ib Andersen og G. R. Lundqvist, Ingeniøren nr. 14, 1964.
- [2] Byggnadsmateriallära. S. G. Bergström et al. Tekniska Högskolan i Lund, Kompendium, Lund 1970.
- [3] Fugtproblemer i terrændæk. N. E. Andersen og Georg Christensen, SBI, særtryk nr. 205, Teknisk Forslag, København 1970.
- [4] Træets teknologi. Chr. Boye, Teknisk Forlag 1966.