

Åpne fuger i utvendige kledninger?

Open joints in exterior claddings?

Av arkitekt TRYGVE ISAKSEN

Norges byggforskningsinstitut

Norges byggforskningsinstitut

NORGES BYGGFORSKNINGSINSTITUTT



Åpne fuger i utvendige kledninger?

Av arkitekt MNAL TRYGVE ISAKSEN, Norges byggforskningsinstitutt

1. Innledning

KLEDNINGENS FUNKSJON

En utvendig kledning skal tjene mange formål: Den skal være «regnfrakk» for resten av veggen, den skal beskytte den indre veggen mot mekanisk påkjenning, den skal gjøre veggen pen å se på. Den skal ikke holde på eller skades av regnvann og ikke hindre uttørring av veggen innenfor.

Man kan her straks spørre: Kan de siste to krav tilfredsstilles av en kledning som ligger kompakt an mot resten av veggen? Kan en kledning med helt åpne fuger greie å holde ute regn og samtidig beskytte de vitale deler av veggen mot ungenes nye kniver?

Det later til at «resten av veggen» også må tas med i betraktningen: jo lettere den tar skade av vann og knivstikk, dess tettere må kledningen være. Hvis kledningen skal la vann fordampe fra veggen, må den enten være laget av et regntett, dampåpent stoff, eller den må henges ut fra veggen slik at dampen kan avgis til et luftskikt, som så må stå i forbindelse med uteluften.

Vi kommer da frem til en prinsipp-løsning som er vist på fig. 1. Løsningen er noen hundre år gammel og har hindret mangen en tømmervegg «mot været» i å råtne. Både bord, lekter og håndsmidde spiker var grove i gamle dager, og treverk var billig. Selv om vinden lett fant veien inn i stua via utette nov og omfar, ble regnet holdt ute av panel og utlekting. Lekkasjene oppsto helst ved dører og vinduer hvor luftrommet ble brutt og hvor dreneringen var mangelfull. Vannet rant inn av egen tyngde, det behøvde ikke hjelp av luftstrømmen gjennom veggen.

Arkitektene har i dag en rekke kledninger å velge mellom og må eksperimentere seg frem til den virkning de ønsker. Da NBI lanserte idéen om åpne fuger i utlekkede kledninger, fikk f. eks. låvepanelet sin sjanse på bolighus også. Nå glemte arkitekten å gjøre bakveggen tilsvarende robust, og enkelte bygningsråd nektet åpne fuger fordi ungene flerret opp pappen på bakveggen med kniv og streng. Man kan

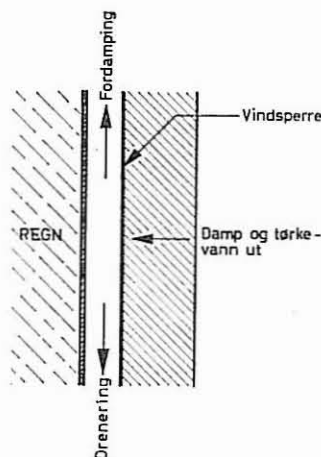


Fig. 1. Prinsippskisse av lufttet kledning.

imidlertid spare kledning i enkelte tilfeller ved å lage åpne fuger, montasjen er enkel, og i og for seg er virkningen av åpne fuger tiltalende.

Når NBI har begynt å undersøke de utluftede kledningene med åpne fuger, er det bl. a. fordi vi har sett at vann gjerne renner inn gjennom åpne fuger og inn i luftrommet mellom bakvegg og kledning. Før det kommer ut nede ved grunnmuren, kan det ha truffet vinduskarmer og vætet baksiden av kledningen og utsiden av bakveggen. Ingen har målt vannmengdene som trenger inn, ingen har funnet ut hvordan mengden på bakveggen avhenger av fugebredde, utlektingstykkelse, vindhastighet og slagregnintensitet etc. Det er mange materialer som ikke tåler vann i store mengder, vindus- og dørkarmer av tre gjør det slett ikke. Det er slike vannmengdemålinger NBI har gjort i Forsøkshus og Laboratoriet i Trondheim. I tillegg er enkelte kledninger inspisert på vanlige hus. Det er å håpe at resultatene fra de enkelte typer kledninger vi har undersøkt (se fig. 2), kan anvendes også for andre materialer.

Fig. 2. Undersøkte kledninger.

Steinplater 70 x 70 x 2 cm hengt opp på flattjern og bolt-pinner.	Asbestementplater 40 x 120 x 0.5 cm på vertikale lekter.	Kunststeinkledn. m/ kantribber Største elementer: Etasjehøyde
Vert. fuge = 3—10 mm	Åpne, horis. fuger 0—10	Lukkede vert. og hor. fuger 10 mm
Hor. fuge = 3—10 mm	Luftrom 25—3	
Luftrom = 20—40 mm	Lab.forsøk —	Insp. på hus/forsøkshus
Lab.forsøk		

Trepaneler

7/8" x 6" bord

A. Vertikale bord

Fuger 10 mm	Forsøkshus	(Nå overdekket m/ lekter)
7 (7½)	—»— (og i Lab.)	—»—
5	—»— —»—	
3 (2½)	—»— —»—	
Luftrom i Forsøkshus 21 mm.		(Nå redusert til 12 mm).
—»— Lab.app. 25—18—12 mm		

B. Horisontale bord

Fuger 7 mm Forsøkshus	(Nå redusert til 3 mm)
Luftrom 21 mm —»—	(Nå redusert til 12 mm)

2. SLAGREGN OG VIND

Man vet at de største lekkasjer i feil konstruerte fuger oppstår i kraftige regnskyll sammen med harde, ofte meget kortvarige vindstøt. Hvor mye slagregn og vind skal så fugene dimensjoneres etter?

Slagregntintensiteten i de forskjellige strøk av landet vet vi lite om, hittil har vi manglet og mangler fremdeles hurtigregistrerende måleutstyr. Man skiller

mellom slagregn oppfanget i frittstående målere vendt mot 4—8 retninger og slagregn som treffer vegger. *Tabell 1* viser at «fritt» slagregn fra de fire hovedretninger i 1962 utgjorde ca. 75 % av årsnedbøren i Bergen og Trondheim, og at hele 90 % av «fritt» slagregn fra vest traff vestveggen i et lite forsøkshus på NTH i hele november 1962.

Tabell 1. Nedbør, slagregn og vind i Bergen, Trondheim (Voll met. st.) og NTH, Trondheim, 1962.

Sted	mm Nedbør	Slagregn mm				Slagregn vestvegg l/m ² år	Anmerkninger
		N.	E.	S.	W.		
Bergen	2044	83.6	484.8 ≈ 1520 l/m ² år (Mars mangler)	912.6	55.4	Ikke målt	Slagregn total ≈ 76 % av nedbør (11 mndr. slagregn 12 mndr. nedbør)
Trondheim	979	54.4	33.6 ≈ 562 l/m ² år (April mangler)	226.0	247.3	Ikke målt	Slagregn total ≈ 60 % av nedbør
NTH, Trondheim (gml. fors.hus)	641	44.2	41.4 ≈ 475 l/m ² år	175.6	257.8	135.6	Slagregn total ≈ 74 % nedbør Slagregn på vestvegg i % av slagregn i frittstående måler (veståpning) Maks. 90 % (nov.) Min. 4.2 % (mai) Midl. 53 %

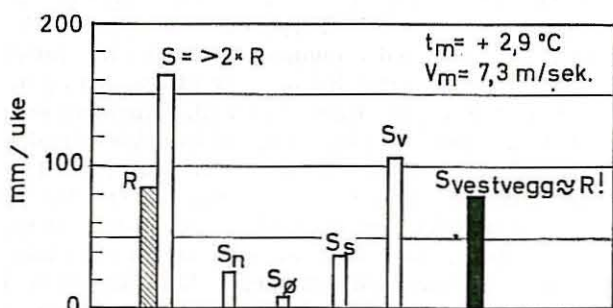


Fig. 3. Nedbør og slagregn i uken 21.—28. november 1955 ved NTH.

Fig. 3 viser enda hardere angrep: I den våteste novemberuken 1955 var slagregnmengdene på den samme lille veggen like store som nedbøren. Den gjennomsnittlige vindhastigheten var 7.3 m/sek., laber bris. Her må man imidlertid være klar over at både vindkast og stillere perioder kommer inn. Trondheim met. stasjon meldte stiv kuling den 26. og 27. november. Vindhastigheten har da vært opp i minst 26 m/sek. i de kraftigste vindkastene om en bruker regelen om 50 % økning over 10 min.-periodens vindstyrke. Går vi så ut fra den gjennomsnittlige nedbør pr. time = 0.5 l/m² for hele denne uken, må det ifølge Lacy (se fig. 4) ha vært 3 l/m²h fritt slagregn i luften i disse kastene.

Antar vi at nedbørintensiteten stundom har ligget på det firedobbelte, 2.0 l/m²h, kan det ha vært mengder tilsv. ca. 8—10 l/m²h slagregn i luften i de verste vindkastene, og langt mindre enn 0.5 l/m²h i de meget lengre, roligere vindperioder mellom kastene.

De hardeste angrep vi har målt på vegg i Trondheim, er ca. 1.3 l/m² i løpet av 10 min., altså ca. 7.7 l/m²h. Da var vindhastigheten bare oppe i 7 m/sek. i kastene, nedbøren var 2.2 l/m²h jevnt fordelt over 6 timer (Forsøkshusets nordvestvegg).

I Bergen blåser det sannsynligvis mye mindre på de

meteorologiske stasjonene i byens sentrum enn det gjør fra bestemte retninger på Hellenes og på Fantoft, hvor høyhusene nå skyter opp, se *tabell 2*. Selv på stasjonene kan vindhastigheten antagelig komme opp i 35 m/sek. i enkelte kast. Regner man med dobbelt så mye nedbør i Bergen som i Trondheim, vil man iflg. diagrammet i fig. 4 kunne måle slagregntensiteter tilsv. 25—30 l/m²h på Vestlandet.

I vår apparatur, fig. 5 og 5a, bruker vi gjerne 10 l/m²h konstant slagregnmengde, som antagelig er et noenlunde riktig gjennomsnitt for noen få timers uvær på Vestlandet, og for hardt for Trondheim. Vi kan ikke regulere mengdene i takt med vindendringene. Dette er i grunnen synd så lenge vi undersøker åpne fuger, her spiller direkte slagregntreff stor rolle særlig på 1 og 2 etasjes bygninger, hvor nedsilende vannmengder ikke kan bli store. Vinden varierer vi

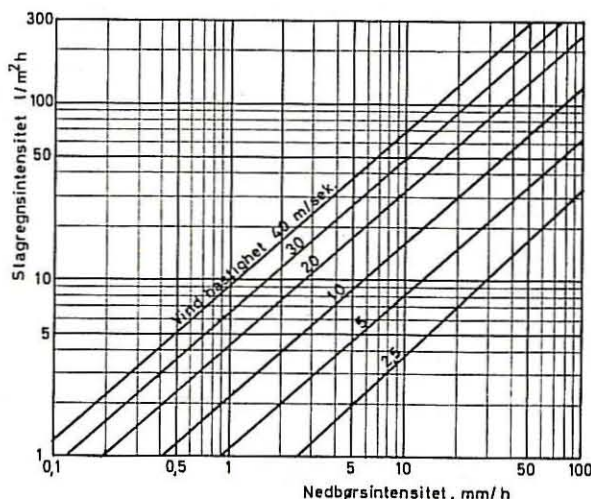


Fig. 4. Slagregntensitet avhengig av vindstyrke og nedbørintensitet. (Efter Lacy, Build. Res. St., England).

Tabell 2. Kunstig vind i NBI's slagregnapp. — Mdlte vindstyrker (10 min. perioder) i Göteborg, Bergen, Trondheim og Kinn (F = styrke Beaufort).

	F = 0 Stille	F = 6 og 7 v = 10.8—17.1 m/sek. Liten-stiv kul.	F = 8 v = 17.2—20.7 m/sek. Sterk kuling	F = 9 v = 20.8—24.4 m/sek. Liten storm	F = 10 v = 24.5—28.4 m/sek. Full storm	F = 11 v = 28.5—32.6 m/sek. Sterk storm	F = 12 v = 32.7— m/sek. Orkan
NBI slagregn- apparat	Brukes av og til		Som regel stø vind = 20 m/sek.		Som regel 14—42 m/ sek. i kast 6 gan- ger pr. min.		Som regel 33.5 m/sek. stø vind
Göteborg		79 ganger pr. år	8 ganger pr. år	0.5—1 gang pr. år			
Bergen		23 ganger pr. år 1962: 82 ganger	2 ganger på 10 år 1962: 4 ganger	1 gang på 10 år 1962: 2 ganger			
Trondheim		46 ganger pr. år 1962: 47 ganger	2—3 ganger pr. år 1962: 2 ganger	1 gang pr. år 1962: 1 gang			
Kinn		190 ganger pr. år	51 ganger pr. år	23 ganger pr. år	3 ganger pr. år	1—2 ganger pr. år	

imidlertid i kast fra 14—42 m/sek. (F = 10), selv om kastene er vel hyppige, 6 pr. minutt. Vi vet at vind langs veggen driver rennende vann over mot vertikale ledd, åpne vertikale fuger tar inn adskillig mer av sideflom enn av direkte treff. Sidevind kan eftergjøres i vår apparat, men den blir ikke kraftig nok til å ha synderlig virkning. I stedet har vi påført kledningene jevnt fordelt nedsilende vann og/eller konsentrerte vannstrømmer i fugene. Egne forsøk og erfaring har vist at de konsentrerte strømmer er farlige, men at

de kan unngås med litt omtanke av arkitekter, konstruktører og kledningsmontører.

3. FORSØK OG FORSØKSRESULTATER

3.1 Fuger i utluftet kledning av steinplater

Steinplater er gjerne montert som vist i fig. 6. De er 3 cm tykke og holdes 3 cm utenfor bakveggen. Fugene er 7 mm eller større. Bakveggen består oftest av betong eller tegl, altså frostsikre materialer i seg selv. I den senere tid har man begynt å bruke kunststeinkledninger utenpå bakvegger som ikke tåler stadig vannskvett. Det ville kanskje være mulig å bruke steinplater med åpne fuger utenfor slike vegger også?

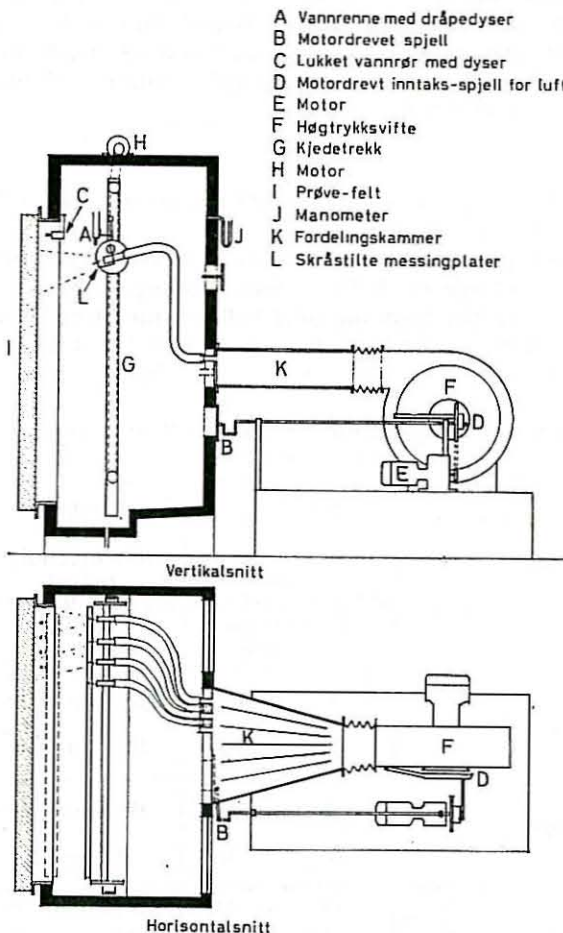


Fig. 5. Plan og snitt av NBI's slagregnapparat.

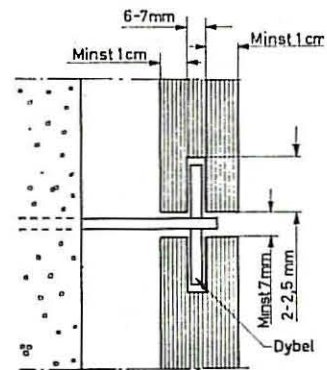


Fig. 6. Vanlig montasje av utluftet steinplatekledning.

Steinplatenes dimensjoner under forsøkene var 70 x 70 x 2 cm, og de ble montert som vist på fig. 7. Både horisontal- og vertikalfuge kunne varieres. «Bakveggen» var av glass slik at man kunne se hvor og hvordan regnvannet trengte inn.

I de første forsøkene var vindhastigheten konstant = 33 m/sek., slagregnet 10 l/m²h og nedsilende vann 40, 70 eller 100 l/mh. Tabell 3 er et konsentrat av forsøksresultatene. Fugebredder opptil 5 mm er tilfredsstillende selv ved 20 mm tykkelse på luftrommet bak platene. Alle forsøk med 5 mm åpne fuger ga noe regn på bakveggen, men mengdene var i flere tilfeller så små at de ikke lot seg måle etter 2½ times kjøring.

Fugebredder 7—10 mm later til å være for store selv

når luftrommet er 40 mm, selv om 7 mm fuger synes å være mye bedre enn 10 mm.

Vannmengdene som renner ned på baksiden av platene er alltid store, opptil halvparten av påført slagregn og nedsil.

Når fugene er så trange som 3—5 mm og luftrommet 20 mm, gir nedsilende vannmengder fra 40 til 100 l/m h samme mengde vann nedover kledningens bak-

side. Økes luftrommet til 30 eller 40 mm, blir det en viss proporsjonalitet mellom påførte og innvendig nedsilende vannmengder. Det aller meste av vannet renner inn gjennom horisontalfugene. Disse står fulle av vann når bredden er 3—5 mm, og hindrer livlig luftsirkulasjon i hulrommet. Det trangeste hulrommet yder også størst motstand mot luftsirkulasjon. Derved vil luften bak platene ikke hjelpe til å rive inn vann fra fugene i samme grad som ved 7 og 10 mm fuger, som aldri fylles med vann og hvor dråpene henger og dingler i øverste fugeflate før et vindstøt (idet blåserne passerer) hiver dem inn mot bakveggen.

Virkning av vindstøt

Vindstøt med hastigheter fra 12 til 38 m/sek., 6 ganger pr. minutt, greide ikke å tømme 5 mm brede horisontalfuger for vann selv om nedsilende vannmengder var såpass små som 40 l/m h. Kastene greide ikke engang å slå hull på vannhinnen som forbandt øvre og nedre fugeflate. Vindkast var da ikke verre enn stø vind.

Når horisontalfugene ble åpnet til 10 mm, var mengder vann på bakveggen tydelig avhengig av vindhastigheten.

Virkning av vind langs feltets outside

Nedadrettet vind brakte inn samme mengder vann på kledningens bakside som varierende vind (den vanlige p.gr.a. vandrede blåserrekke) når fugene var 5 mm og luftrom 40 mm.

Oppadrettet vind greide å rive hull på vannhinnen mellom fugeflatene og førte med seg 75 % mer vann nedover kledningens bakside. Oppadrettet vind ga litt mer sprut inn på bakvegg enn vekslende vind, men fremdeles ikke i målbare mengder (fuger = 5 mm, luftrom 40 mm).

Virkning av unøyaktig montering og uregelmessigheter i steinplatene

Platene var ikke planslipt, ujevn steintykkelse førte til at det oppsto «hyller» i horisontalfugene. Det kom adskillig mer vann inn over hyllene enn ellers i horisontalfugene, det dannet seg konsentrerte vannstrømmer nedover baksiden vis-à-vis slike hyller.

Tabell 3. Slagregnimtrengning mellom steinplater.

Luftrom mm	Bredde i mm begge fuger	Vann siler ned	
		bak stein l/h når utvendig påført og slagregn 10 l/m ² h	på bakvegg l/h når utvendig påført og slagregn 10 l/m ² h
20	3	9 — 7	Ikke målbar
	5	5 — 4.5	Ikke målbar
30	5	11 — 33	Ikke målbar
	10	16 — 38	0.4 — 1.0
40	5	10 — 33	Ikke målbar
	7	8.5 — 40	Maks. 0.04
	10	17.6 — 54	0.2 — 0.55

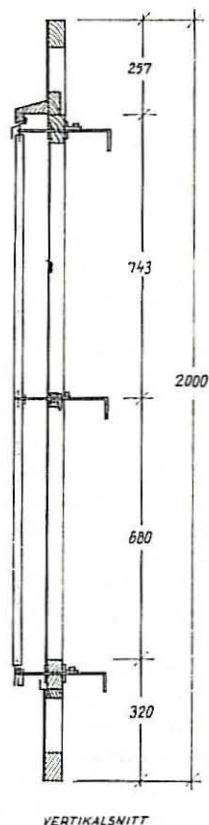
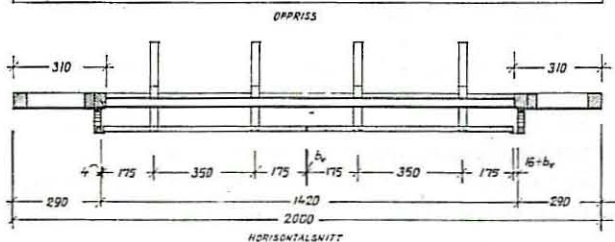
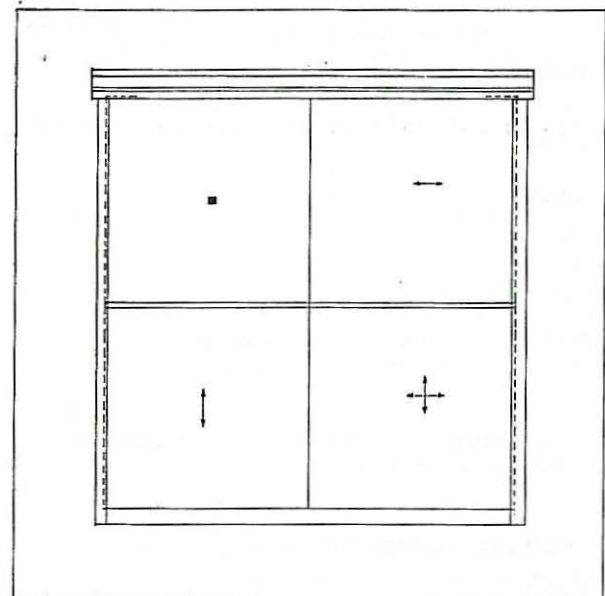


Fig. 7. Forsøksfelt for utluftet steinkledning.

Monterte man horisontalfugen ute av vater, rant vannet over til laveste side og inn ved enden av steinplaten. Under arbeidet med å variere fugebredder og luftromdybde ble platekantene noe opphakket. Vannet rant nedover baksiden av kledningen i konsentrerte strømmer fra alle hakk. Når hakkene ble store i nærheten av festejernene, greide vindtrykket å rive løs vannhinnen fra fugeflatene, og vannet sprutet over til bakveggen via hakkene.

Konklusjoner

Man kan slå fast at steinplatene bør være jevntykke, ha skarpe kanter og monteres nøyaktig i plan og vater. De undersøkte plater var tynnere enn vanlig, det er klart at fuger på 3 cm dybde vil yde større motstand mot vanninntrengning enn 2 cm dype fuger. Om motstanden er stor nok til å tillate 7 mm brede, åpne fuger foran en ikke frostsikker bakvegg, står igjen å undersøke. 5 mm horisontale fuger later derimot til å være sikre selv mellom 2 cm tykke steinplater for 70 x 70 cm eller større plater.

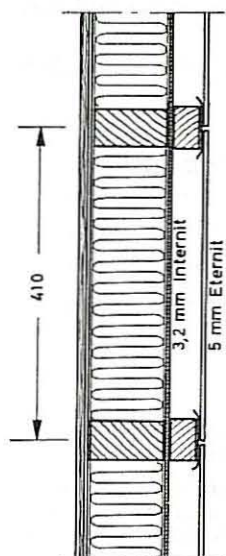


Fig. 8. Utluftet kledning av asbestcementplater festet til vertikale lekter. Apne horisontalfuger.

3.2 Fuger mellom asbestcementplater på vertikale lekter Generelt

Både laboratorieprøver og inspeksjon av bygninger i Bergen og Göteborg ble utført i 1964. I prøvehuset på Tyholt i Trondheim ble kledningen montert i 1965 sammen med luftede bordkledninger.

Hvordan kledningen blir montert i Sverige og Norge

Veggkonstruksjonen er vist i fig. 8. I Norge har man brukt 1" x 2" eller 1½" x 2" lekter på flask og beskyttet dem med papp før Super Eternit-platene ble montert. På Vestlandet har man også strukket 80 mm brede pappstrimler horisontalt bak de åpne fuger for å hindre direkte vanntreff på bakveggen.

Svenskene har ofte redusert luftrommets tykkelse til 5–8 mm og bruker da Internit 50 mm brede strimler istedenfor trelekter.

De norske horisontalfugene har gjerne vært 5–10 mm brede, mens de svenske varierer mellom 3 og 7 mm.

Resultater fra laboratorieundersøkelser

Fig. 9 viser prøvefeltet. Fugebredder fra 0 til 10 mm er undersøkt for følgende luftromstykkelser: 25 mm (1" x 2" trelekter), 8 mm (5 mm + 3 mm Internit, bredde = 50 mm) og 5 mm (5 x 50 mm Internit). En enkelt prøve med bare 3 mm (Internit) utlekting ble gjort for å få bildet mer komplett. Kledningen ble utsatt for enten støv vind = 33,5 m/sek. eller for kast med hastighet fra 14 til 42 m/sek., 6 g. pr. minutt. Slagregnmengde har vært 8–10 l/m²h og nedsilende vann regulert trinnsvis fra 0 til 100 l/m h.

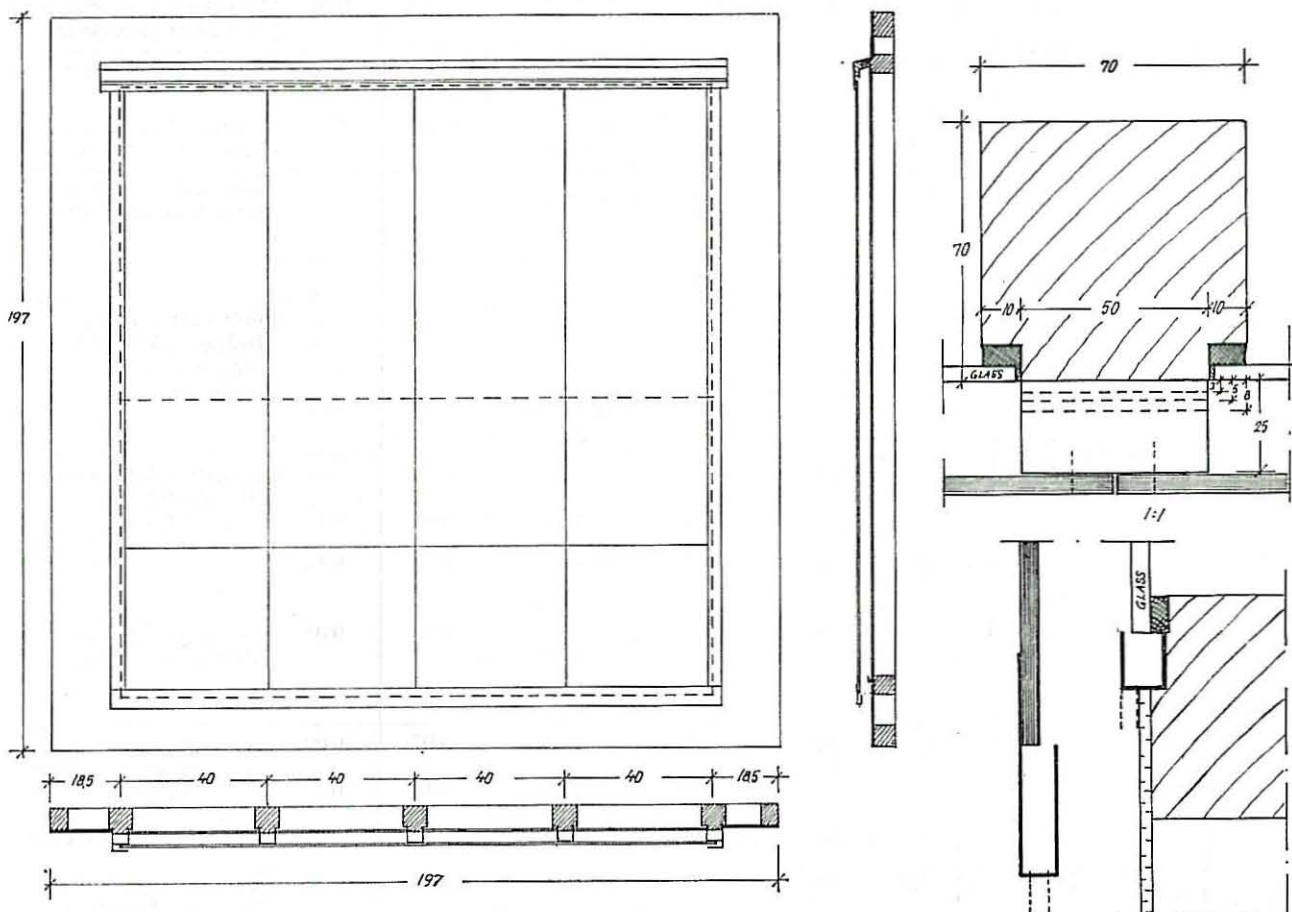


Fig. 9. Forsøksfelt for utluftet asbestcementplatekledning.

Tabell 4 gir prøveresultatene. Man kan trekke følgende konklusjoner:

- 3 mm luftrom mellom kledning og bakvegg må aldri brukes
- 5 mm luftrom er tilstrekkelig på lave hus når de åpne horisontale fuger er maks. 3 mm og bare på steder hvor regnangrepene er kortvarige. I kyststrøk er luftrommet for tynt. Det er umulig å garantere luftrommets tykkelse uten plan bakvegg
- 8–9 mm luftrom er tilstrekkelig når de åpne horisontalfuger = 3 mm, og selv om det kan oppstå moderate, konsentrerte vannstrømmer på fasaden. Fugebredde = 5 mm krever jevnt fordelt rennende vann på utsiden av veggen
- 25 mm luftrom kan brukes sammen med 3 og 5

mm fuger. På lave hus har også 7 mm fuger en sjanse forutsatt at lektene er dekket med en noe bredere pappremse. Dekker man fugene med pappremse på baksiden, vil man neppe bli plaget av direkte dråpetreff på bakveggen. Pappremsene vil derimot ikke hindre vann i å renne nedover baksiden av kledningen

- Det rant mye vann nedover baksiden av Eternitplatene under alle forsøk, og drenasje av hulrommet og beskyttelse av vindus- og dørkarmer bør ofres stor omtanke.

Resultater fra inspeksjoner i Göteborg og Bergen

- Åpne, horisontale fuger kan brukes i begge byer når gjennomsnittsbredden er mindre enn 5 mm (3–7 mm fuger)
- 8 mm luftrom er tilstrekkelig i Göteborg. Ber-

Tabell 4. Vannmengder målt på baksiden av Super Eternit-kledning og på bakveggen. Lab.forsøk.

Luftrom mm	Horis. fuge mm	Vind m/sek.	Overtrykk mm VS	Slagregn l/m ² h	Rennende vann utside l/m h	Vann bakside kledning l/m ² h	Vann på bakvegg		Observasjoner Anmerkninger	
							l/m ² h	l/m h		
3	0	33 stø	70	10	40	Luftrom delvis fylt av vann langs fuger	0.18	0.2		
		0	0	0	100		2.87	3.4		
5	0	33	70	10	40	Mye, ikke målt	0.16	0.2	Vannfordeling noe ujevn Vindkast bringer samme mengde vann til bakvegg som stø vind	
		14–42 i kast	15–125	10	100		0.21	0.3		
		0.16	0.2							
5	3	33	70	10	40	Mye, ikke målt	0.016	0.02	Jevn vannfordeling, felt tørt ved start	
		14–42 i kast	15–125	10	100		0.026	0.03		
		0.031	0.04							
5	5	33	70	10	40	Mye, ikke målt	0.062	0.08	Vått felt ved start	
		14–42 i kast	15–125	10	100		0.125	0.15		
		0.250	0.3							
9.6	0	33 stø	70	10	40	Ikke målt	—	—	Felt vått ved start Jevn vannfordeling	
		14–42 kast	15–125	10	100		—	—		
	3	33 stø	70	10	40	Mye, ikke målt	—	—	Felt vått ved start Dråper på bakvegg, men for få til å renne ned	
		14–42 kast	15–125	10	100		0.06	0.08		
	5	33 stø	70	10	40	Mye, ikke målt	7.8	0.06	Dråper fyker over til bakvegg Felt vått ved start	
		14–42 kast	15–125	10	100		18.8	0.09		
		0	0	0	40		0.16	0.19		
	7	7	33	70	10	40	Mye, ikke målt	0.06	0.07	Konsentrerte vannstrømmer «hopper» over til bakvegg uten vind!
			33	70	10	0		0.07	0.09	
			14–42 kast	15–125	10	100		25.0	0.10	
	7	7	33	70	10	0	Bare slagregn og vind	0.02	0.025	Jevn dråpesprut på bakvegg vis-à-vis fuge Jevn vannfordeling på felt
			14–42 kast	15–125	10	100		0.27	0.32	
7	7	33	70	10	0	Bare slagregn og vind	0.02	0.025	Betraktelig økning av vannmengde på bakvegg	
		14–42 kast	15–125	10	100		0.27	0.32		

Tabell 4 (forts.). Vannmengder målt på baksiden av Super Eternit-kledning og på bakveggen. Lab.forsøk.

Luftrom mm	Horis. fuge mm	Vind m/sek.	Overtrykk mm VS	Slagregn l/m ² h	Rennende vann utside l/m h	Vann bakside kledning l/m ² h	Vann på bakvegg		Observasjoner Anmerkninger
							l/m ² h	l/m h	
25	0	33 stø	70	10	40	5.0	—	—	
		14—42 kast	15—125	10	100	8.3	—	—	
	3	33	70	10	40	5.7	—	—	Litt vann på bakvegg vis-à-vis fuge Litt mer vann på bakvegg vis-à-vis fuge, men renner ikke ned
		14—42 kast	15—125	10	100	9.0 10.2	—	—	
	5	33	70	10	40	5.8	0.026	0.03	Små hakk oppstått i fugekant store plater p. gr. a. mye regulering under forsøk Jevn sprut på bakvegg ved maks. vindhastighet Vann fyker over til bakvegg via hakk i kledn. fugekanter
		14—42 kast	15—125	10	100	9.9	0.057	0.07	
	5	0	0	0	100	11.0	Feil måling, men tilsynelatende mye —»—		Mye, ikke målt
		0	0	0	100	11.0	Feil måling, men tilsynelatende mye —»—		
	7	33	70	10	40	9.1	0.016	0.02	Nye Eternit-plater uten hakk Direkte treff på bakvegg, mange i vindkast Dråper «pendler» over
		14—42 kast	15—125	10	100	19.2	0.210	0.25	
10	33	70	10	40	Mye, ikke målt	1.250	1.50	—»—	
	33	70	10	100	Mye, ikke målt	0.09	0.11		
5	14—42 kast	15—125	To horisontale fuger			10.4	0.09	0.11	NB! Ujevn fordeling av nedrennende vann (konsentrerte strømmer oppstått) Vanndråper pendler fremdeles over til bakvegg fra øvre fugeflate, men i betraktelig mindre antall enn ovenfor
			10	40	14.6	0.12	0.14		
			10	100	15.6	0.167	0.20		
			0	40	11.2	0.49	0.59		
			0	100	20.0	0.24	0.29		
20	25	10	100	18.7	0.085	0.1			
Kontrollprøve med absolutt jevnt fordelt nedrennende vann									
25	5	0	0	0	40 ujevnt fordelt			Mye, ikke målt	Mye vann på bakvegg via hakk som treffes av konsentrert vannstrøm
		0	0	0	100 jevnt fordelt	Nesten 0	0	0	

genserne har aldri brukt så trange hulrom, men skulle ikke være redd for det, etter resultatene fra Göteborg å dømme. Forutsetningen for det grunne hulrommet er imidlertid at «bakveggen» er plan slik at hulrommet holder tykkelsen over alt. Forhudningspapp kan lett bli skjøvet utover av mineralullmatten og gå full av vann som renner nedover

- c) 3/4" eller tykkere luftrom tillater bruk av papp på bakveggen. Man må påse at pappen holdes unna ytterkledningen, utpressingen er ofte mye større enn man tror
- d) Under inspeksjonen så man både god og mindre bra montasje. Platekantene var imidlertid alltid uskadet. Det er derfor vanligvis ingen risiko for at eventuelle konsentrerte vannstrømmer kan komme seg over til bakveggen via 5 mm fuger

- e) Lektene bør være minst 50 mm brede uansett materialet de er laget av
- f) Alle undersøkte hus hadde god drenering i bunnen av kledningen
- g) De største boligblokker vi undersøkte, var vel 50 meter høye
- h) Platene bør brukes over rekkevidde for unger.

Konklusjoner basert på laboratorieforsøk og inspeksjoner i Bergen og Göteborg

Laboratorieforsøkene viste at svært lite vann traff bakveggen når fugene var maks. 5 mm og luftrommet minst 8 mm, selv i vindkast med topphastighet = 42 m/sek.

Alle hus i Bergen og Göteborg med denne fuge var tørre, og den ventilerte Super-Eternit-kledningen skulle derfor være brukbar i det harde kystklima vi har på den norske og den svenske vestkysten.

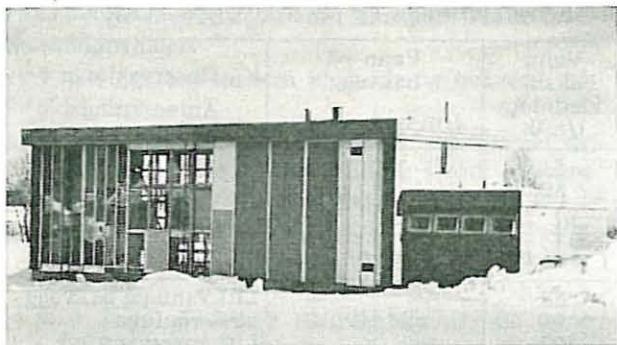


Fig. 10. Forsøkshus på Tyholt, Trondheim.
Nordvestvegg.

Super-Eternit-kledningen på Forsøkshuset i Trondheim

Forsøkshusets nordvestvegg er avbildet i fig. 10. Høyden er ca. 5 meter. De horisontale fuger er 5 mm, og utlektingen har inntil sommeren 1966 vært 21 mm.

I løpet av 1½ år har det bare en eneste gang vært mulig å måle vann på bakveggen. Da trengte vannet inn via vertikalfugen fordi to av platene ikke var skikkelig festet til lektene. Når regnet angrep veggen, var det alltid et lite dråpebelte på glassruten, som utgjør bakveggen, vis-à-vis horisontalfugen, men aldri så mye at det rant vann på glasset.

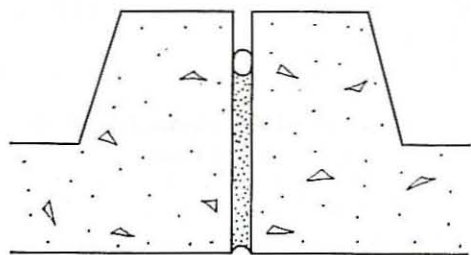
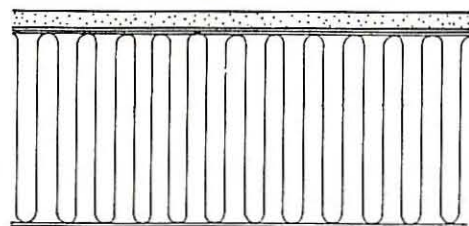
På baksiden av kledningen renner det mye vann under slagregnangrep.

Det later da til at konklusjonene vi trakk etter laboratorieforsøk og Göteborg-Bergen-besøk, også gjelder for Trondheim.

Når kledningen er brukbar, er det ikke fordi den har åpne fuger, men fordi fugene er så få. Resultatene gjelder bare for plater = 120 cm høye eller høyere.

3.3 Fuger i kunststeinkledning med kantribber

Fig. 11 viser to snitt av en trevegg utvendig dekket av kunststeinkledning nærmest utformet som elementer. Man skulle tro at en slik kledning ville være tettere mot slagregn enn en natursteinkledning med åpne fuger, og den er nok det så lenge de mørtelfylte fugene holder stand. Men det kan man ikke regne med, og så oppstår det en form for vannforplantning fra kledning til bakvegg som vel ingen hadde tenkt på



UT
HORISONTAL- OG VERTIKALSNIITT

Fig. 11. Kunststein-elementkledning utenpå trevegg.
Fuge m/ mørtel.

før vannet kom inn i rommene innenfor. Vannet drypper fra øvre ribbe ned på innstøpte fester og lavere ribber og spruter og flyter inn mot forhudningspapren på treveggen. Verst er situasjonen ved vinduskarmene, hvor svikt i fugemørtelen betyr direkte innslip av vann til fugene mellom vindu og vegg forøvrig.

Det er lite å gjøre med kledningen annet enn å tette fugene med kostbar gummielastisk fugemasse.

Konklusjonen blir: Enten må vannet hindres i å trenge gjennom kledningen, eller bakveggen (inkl. vindusfugen) må gjøres usårbar for vann.

I og med at kunststeinelementene har ribber, er det faktisk plass til å lage en regelrett elementfuge mellom dem, f. eks. som skissert i fig. 12. Det er altså mulig å lage selve kledningen tett.

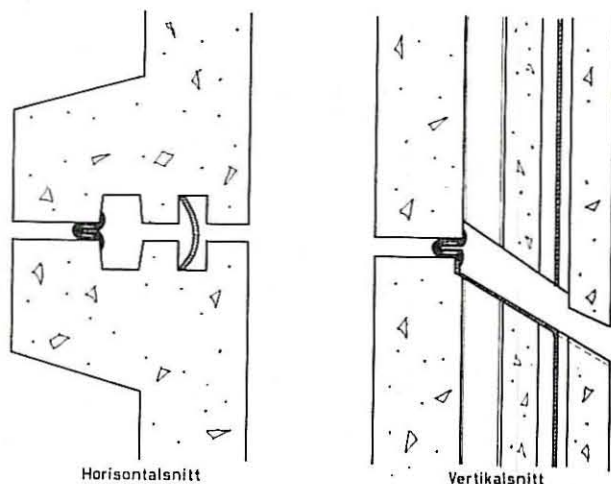


Fig. 12. Elementfuge i kunststeinkledningens ribber.

3.4 Fuger i utlektet trepanel

3.41 Laboratorieforsøk med vertikale bord ble utført av en student ved NTH før vi hadde forbedret blåsere og regnsprederanordningene i slagregnskapet. Vindhastigheter på 10–12 m/sek. var utilstrekkelige til å føre regnet frem til prøvelfeltet, og vindene fra blåsere hindret jevn fordeling av små, nedsilende vannmengder.

Slagregn som trengte inn gjennom de vertikale fugene og traff bakveggen, ble samlet opp og målt ved bunnen av bakveggen. Fugebreddene var 7.5 mm, 5.0 mm og 2.5 mm. Det luftede hulrommets tykkelse var 12, 18 og 25 mm. Panelbordene var 20 mm tykke og 140 mm brede, og der var 2 fuger av hver størrelse med i feltet. Bakveggen var av glass. Fig. 13 viser forsøksfeltet.

«Klima», forsøksresultater og konklusjoner

Forsøks-«klimaet» er variert på 5 forskjellige måter som vist i de 5 første kolonner i tabell 5, hvor også et konsentrat av resultatene er gjengitt. I kolonnene helt til høyre i tabellen er regnet ut (i %) hvor mye vann det er på bakvegg i forhold til påført vann på utsiden. Konklusjonen er:

- Luftromtykkelser varierende mellom 12 og 25 mm gir omtrent samme vannmengder på bakveggen
- 5.0 mm og 7.5 mm fuger holder ikke slagregnet ute, det treffer bakveggen i mengder som er proporsjonale med fugebredden. Renner mer eller mindre konsentrerte vannstrømmer inn i fugene, øker vannmengdene på bakveggen. Vind fra sidene kan gjøre forholdene enda verre. Selv gjennom 5 mm fuger kommer det inn såpass mye

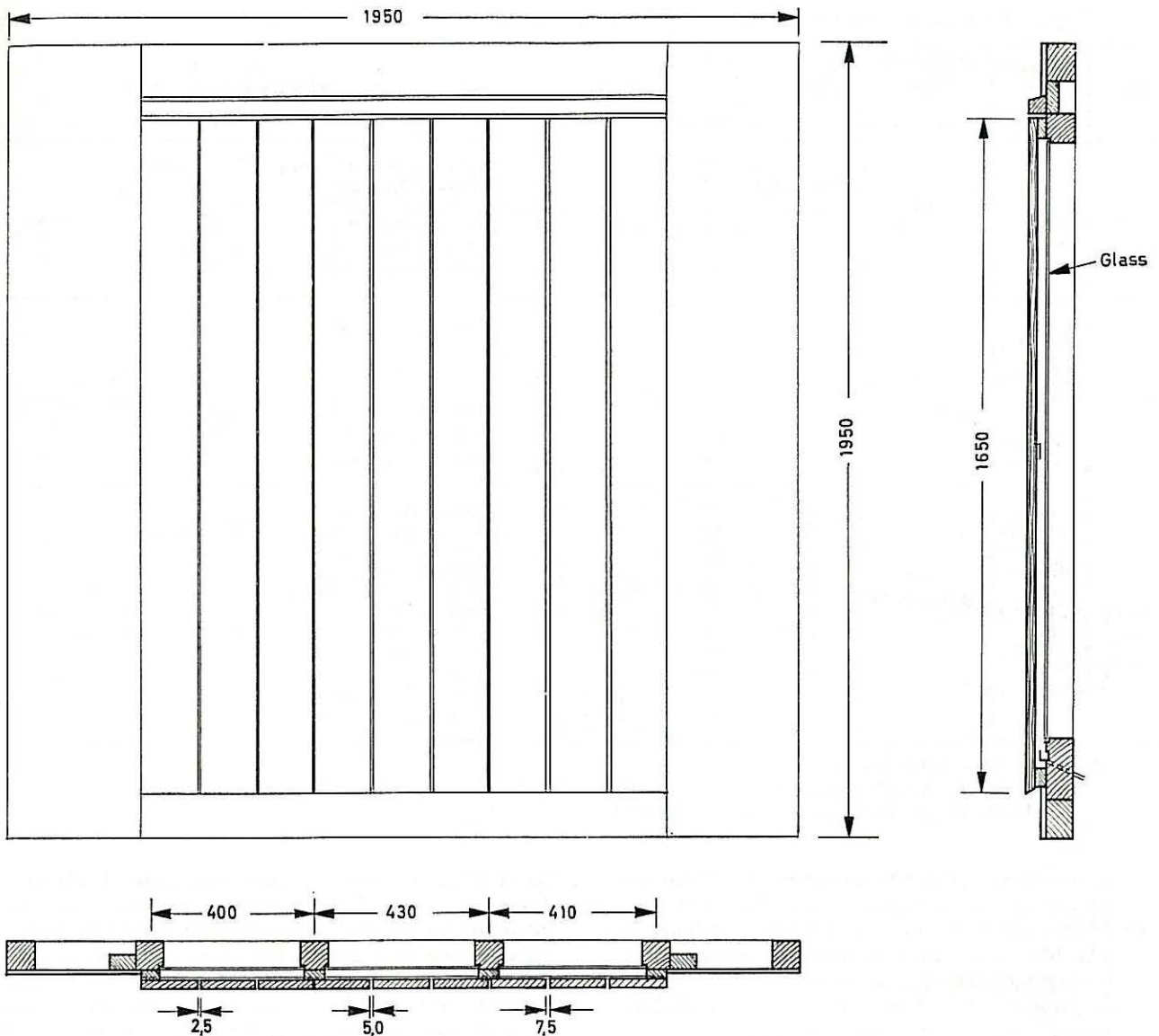


Fig. 13. Forsøksfelt for utluftet bordkledning med åpne, vertikale fuger.

Tabell 5. Slagregngjennomgang i vertikale fuger mellom 6" bord. Lab.forsøk. Påkjenninger.

Vind m/sek.	Over- trykk mm VS	Slagregn l/m ² h	Jevn nedsil l/m h	Vert. fuger mm	A Luftrom = 25 mm Vann på bakvegg cm ³ /m ² h	B Luftrom = 18 mm Vann på bakvegg cm ³ /m ² h	C Luftrom = 12 mm Vann på bakvegg cm ³ /m ² h	Vann på bakvegg Vann på utside (%)			Anmerkninger
								A	B	C	
18-42	15-115	6	45	7.5	79	91	86	1	1	1	Nedsil ikke iberegnet
18-42	15-115	6	0		70	86	81				
18-42	15-115	6	80		183						
28	49	8	45		35	63					
28	18	8	45		70						
18-42	15-115	6	45	5.0	46	51	60	0.9	0.8	1	Nedsil ikke iberegnet
18-42	15-115	6	0		51	48	64				
18-42	15-115	6	80		83						
28	49	8	45		24	41					
28	18	8	45		44						
18-42	15-115	6	45	2.5	—	—	—	0	0	0	Nedsil ikke iberegnet
18-42	15-115	6	0		—	—	—				
18-42	15-115	6	80		16						
28	49	8	45		—	—					
28	18	8	45		—	—					

Tabell 6. Slagregn på Forsøkshusets nordvestvegg 26. og 27. juni og 16. oktober 1965.

Dato	Nedbør mm (kl.-kl.)	Slagregn vegg mm (kl.-kl.)	Angr. vinkel °	Vind Kast m/sek. (maks.)	10 min. m/sek.	t °C	Anmerkninger og detaljer
26.6.	12.3 (13—19)	3.1 (1630—2130)	86 —54—+26 86 (El. stans 44 34	5 7 9 10 10	2 4 4 9 6	20— 12	1630—1640 = 0.1 mm = 0.6 mm/h 1736—1742 = 0.9 » = 7.7 » 1742—1810 = 0.35 » = 0.75 » 1900—1950 = 0.20 » = 0.24 » 1956—2050 = 1.40 » = 1.5 » 2050—2130 = 0.15 » = 0.23 » Gj.snitt for 5 timer: ≈ 0.6 mm/h
27.6.	10.5 (19—07) 16.5 (07—13) 13.0 (13—19) Total = 40 mm	3.1 (1120—2200)	14 24 34 34 44	12 9 14 17 15	5 5 8—6 9 8—4	9— 10	1120—1230 = 0.5 mm 1230—1310 = 0.1 » 1310—1520 = 2.2 » = 1.7 mm/h 1600—1620 = 0.2 » 2000—2200 = 0.1 » Gj.snitt for 5 timer: ≈ 0.6 mm/h
16.10.	6.4 (19—07) 4.1 (07—13) 18.2 (13—19) 14.0 (19—07)	10.1 (000—2400)	74 84 54 54 54 54 64 34 44 74 74	17 19 17 22 18 16 14 16 10 12 16	9 11 10 11 9—10 8 8—5 9—4 5 7—4 8—6	5— 4— 6	000—020 = 0.40 mm 047—100 = 0.85 » = 3.9 mm/h 1020—1120 = 0.50 » 1120—1150 = 0.80 » 1150—1320 = 0.10 » 1320—1350 = 0.40 » 1350—1600 = 3.70 » = 1.7 mm/h 1600—1800 = 1.10 » 1800—2100 = 0.30 » 2100—2210 = 1.00 » 2210—2400 = 0.20 » Gj.snitt for 24 timer: ≈ 0.4 mm/h

Anm.: Nedbør total fra:

15.10. kl. 19 til 16.10. kl. 19 = 28.7 mm
16.10. kl. 07 til 17.10. kl. 07 = 36.2 mm

vann at bakveggen kan ta skade av det om den ikke er spesielt behandlet for å tåle vann

- c) 2.5 mm fuger synes å være brukbare så lenge de ikke blir truffet av konsentrerte vannstrømmer. I «slagregnstrøk» bør man være klar over at noe av dråpene når frem til bakveggen vis-à-vis fugene, selv om mengdene er små.

3.42 Forsøk i forsøkshus er ennå ikke avsluttet, det har vært få virkelige angrep på nordvestveggen i løpet av nesten 2 år. Vi hadde kun 2 markante slagregnan-

fall i 1965, det første i juni, det andre i oktober. Tabell 6 gir et bilde av meget varierende slagregnintensitet med et lavt gjennomsnitt over 5 timer eller ett døgn, og med maksimum tilsv. = 7.7 l/m²h målt i svake, kortvarige vindkast rett mot veggen. Fig. 14 presenterer prøvefeldene, det er 4 smale felter med vertikale fuger på 10, 3, 7 og 5 mm og et bredere med 7 mm horisontale fuger. Også i Forsøkshuset er bakveggen gjennomslukt, den består av forseglete dobbeltruter som gir såpass varmemotstand at vi unngår

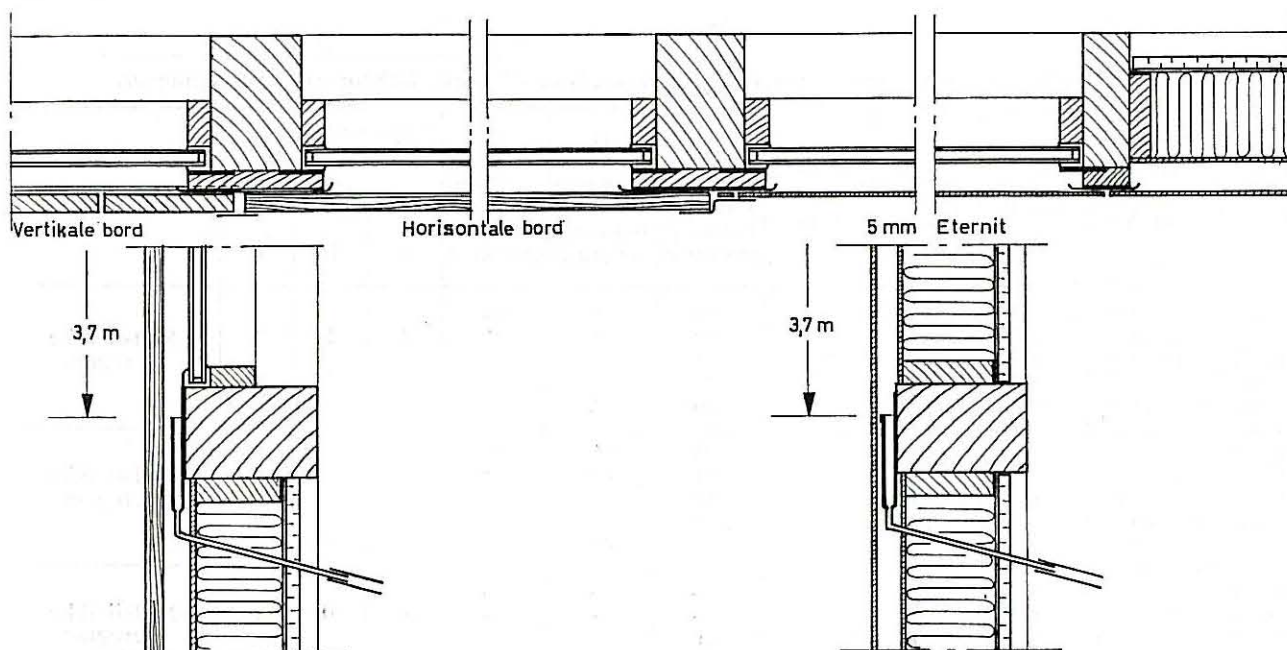


Fig. 14. Prøvefelter for uilektede paneler på Forsøkshuset.

Tabell 7. Slagregn på vegg bak ventilerte kledninger på Forsøkshuset den 26. og 27. juni og 16. oktober 1965.

A. Vertikale, åpne fuger

Fuge mm	Dato	kl.—kl.	Vann bakvegg Intensitet $\text{cm}^3/\text{m}^2\text{h}$	Slagregn på utside mm (kl.—kl.)	Angrepsvinkel °	Vind Kast m/sek.	10 min. m/sek.	Anmerkninger
10	26.6.	1748—1820 1920—2100	29.6 2.7	3.1 (1630—2130)	86 44	9 10	4 4	Slagregngangrep kl. 1700, bakvegg treffes fra kl. 1730. Bakvegg fullst. dekket av vann nord for nordre fuge
	27.6.	1405—1515 1515—1540	8.7 24.4	3.1 (1120—2200)	24 24	14 17	8—6 9	Kl. 1300: Mye vann på bakveggen, men ikke nok til å renne ned
	16.10.	000—100 1132—1150 1358—1600 1600—2200 2200—2215	13 52 35 1 27	10.1	74 54 64 34—74 74	17 22 14 10—16 16	9 11 5—8 4—9 6—8	Gjennomslag. Intense angrep kl. 14—16. 1358—1404: I renne ca. $91 \text{ cm}^3/\text{m}^2\text{h}$. Samtidig slagregn på vegg = $1700 \text{ cm}^3/\text{m}^2\text{h}$, altså 5 % av slagregn på feltet rant ned i rennen
26.6.	1748—1800 1800—2048	70? 3.1	2.8		86 86—44	9 10	4 4	Vann på bakvegg kl. 1700. Dråpebelte på glass = 6 cm bredt. Tvilsom registrering kl. 1748—1800
27.6.	1405—1515 1515—1540	12 27		2.2	34 34	14 17	8 9	
16.10.	1100—1417 1417—1500 1500—1530 1530—1800 1800—2400	27 33	8.1		54 64 64 34 44—74	14—22 14 14 16 10—16	5—10 5—8 5—8 4—9 4—8	Kl. 1500—1530: I renne $33 \text{ cm}^3/\text{m}^2\text{h}$ Samtidig i veggmåler $1600 \text{ cm}^3/\text{m}^2\text{h}$ Ca 2 % av vannet som traff feltet, rant ned i rennen på bakveggen
26.6. og 27.6.	1700—2400							Vann på bakvegg begge dager, men ikke nok til å renne nedover
5	16.10.	1600—2330	1.7	2.6 (1600—2330)				Ca. 0,7 % av vannet som traff feltet, rant ned i rennen på bakveggen. Vannbelte på glass = 4 cm bredt.
3								Aldri fått målbare mengder vann ned i renne. Vannbelte på glass bak fuger er 4 cm bredt i slagregngang.

B. Horisontale, åpne fuger

7	26.6.	1930—1934 2045—2100 2100—2200	13 9 1		46 46 4—46	10 10 10—16	4 4 4—8	Fra 2230—2300: Alt vann på bakvegg fordampet, vind langs veggen, intet vann når frem til renne 1930—1934: 0.27 mm/h fordelt over fugeareal. Slagregngangrep var hardt kl. 1736—1810, <i>svakt</i> kl. 1930—1934. Vinden driver inn dråper som henger i alle øvre fugeflater
	27.6.	1300—1340 1340—1405 1340—1520	Bakvegg dekket av dråper, renner ikke ned 65 112	1.4	76—26 76—26	14 14	5—8 5—8	1340—1520: Beholder fylt opp og vann rant ut uten at heverten virket. Ca. 13 % av alt regn som traff panelet, rant ned i rennen på bakveggen
	16.10.	025—340 1138—1143 1150—1320 1330 1340—1900	7 7 Tømt beholder 29	0.9 ca. 5.3*	36 36	22 18	11 10	* Harde slagregngangrep 1320—1900 Hevert virksom etter 1355 1340—1900: 3 % av alt regn som traff panelet, rant ned i renne på bakveggen

dugg- og isdannelse på innsiden. Vann på bakveggen blir som i tidligere forsøk samlet opp i renner ved bunnen av hvert felt og ledet gjennom plastslanger inn til et registrerende apparat. Lufttrommets tykkelse var som nevnt 21 mm inntil sommeren 1966. Veggfeltenes høyde er ca. 4 meter over oppsamlingsrennene.

Forsøksresultater

Tabell 7 gir et utdrag av måleresultater under uvær i juni og oktober 1965. Det er mange måter å sammenligne fugene på når det gjelder regninntrengning til bakvegg. I tabellen er det regnet ut enkelte %-tall

som angir forholdet mellom vann på bakvegg og vann som traff hele feltets utside. Av de vertikale fugene slipper de 10 mm brede inn ca. 5 % av slagregnet i de verste angrep på feltet inn til bakveggen, mens 7 mm-fugene nøyer seg med 2 % og 5 mm-fugene med ca. 0.7 %, de siste over $7\frac{1}{2}$ time. Under forsøk i laboratoriet var %-tallene for $7\frac{1}{2}$, 5 og $2\frac{1}{2}$ mm fuger h.h.vis 1, 0.9 og 0.0. I laboratoriet arbeidet vi med større slagregnmengder og kraftigere vind enn vi observerte ved forsøkshuset, men vi manglet sidevind. Vi er ikke sikre på virkningen av slik sidevind alene, og tror foreløpig at tilfeldig utstikkende fugekanter mot vinden langs veggen også kan bety mye for inntrengning

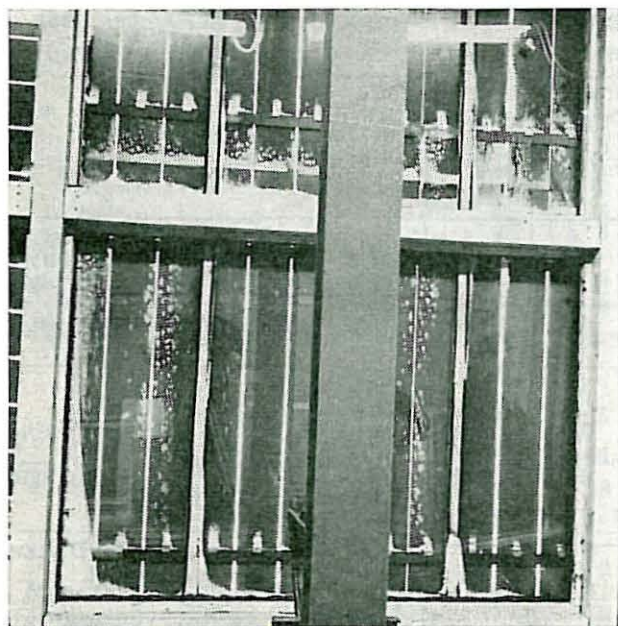


Fig. 15. Sne i luftrom bak vertikale bord.
Forsøkshuset.

gen. Nedrennende vann samlet seg også i konsentrerte strømmer, og noen av dem tok veien inn i fugene. At vi har meget store luftbevegelser mellom panel og bakvegg, er lett å se når høstværet setter inn med yr fra lave uværsskyer som farer over huset i fin fart. Men luftbevegelsene synes oftest å være oppadrettet, og luften avgir mest regn like før den farer ut og over taket, altså på den øverste glassruten. Hvis man holder fugearealet alene ansvarlig for slagregninntrengning til bakveggen, får man at 10 mm vertikale fuger slipper inn alt slagregn som treffer dem, 7 mm-fugene halvparten og 5 mm-fugene omtrent $\frac{1}{5}$ under kortvarige angrep.

Bak 3 mm-fugene var vannstripen på glasset 4 cm bred, men dråpene var ikke så tallrike at de fløt sammen og rant nedover.

7 mm horisontale fuger angripes på en annen måte enn de vertikale fuger. Det ser ut som om fugene «lades» med vandråper på øvre fugeflate (der de blir hengende og pendle) og et par millimeter høy vannfilm på nedre fugeflate, inntil et kraftig vindkast river av alt sammen og hiver det inn mot bakveggen. Direkte treff gjennom horisontalfugene skjer ikke så ofte som gjennom vertikalfugene av samme bredde. «Opppladningstiden» er en forsinkelse, vannmengdene som når bakveggen i vindkastene kan være meget store og behøver ikke å stemme særlig godt overens med slagregn som samtidig blir oppfanget i slagregnmåleren utenpå veggen. Resultatene fra 27. juni er symptomatiske, mengdene på bakveggen var av og til dobbelt så store som dem måleren utenpå veggen registrerte. Resultatene fra 16. oktober er mer «normale», men det slapp likevel 0.56 l vann pr. time inn til bakveggen gjennom hver m^2 fugeflate. Vannmengdene som rant ned på baksiden av bordene, var meget store.

Sne og drivsne gjennom åpne fuger

Snefökk eller drivsne er en plage i kaldt vær når vinden holder 3–4 m i sekundet. De små krystallene finner veien gjennom de minste åpninger og fyller loft og luftrom og volder lekkasjer når de smelter. Den 5. januar 1965 var det sne bak samtlige trepane-

ler i forsøkshuset, som vist på fig 15 og 16. Det kom mer sne inn i veggene senere på kvelden, og da været ble mildere noen dager senere, smeltet sneen med en fart av nesten $300 \text{ cm}^3/\text{m}^2\text{h}$ bak de 7 mm horisontale fuger.

Åpne fuger i praksis

Vi har tatt av noen bord på to hus i Trondheim, det ene har uimpregnert, men malt, vertikalt utlekket panel med fuger varierende rundt 5 mm, det andre har fullimpregnerte, skråhøvlede bord lagt horisontalt på vertikal utlekting. Fig. 17 og 18 viser at det trenger vann inn til bakveggen i begge hus, at bordene i det første er stygge på baksiden, og at pappen på bakveggen presses ut mot panelet i det andre huset.

Lukkede fuger i Forsøkshus

Vi har lagt lekter over 10 og 7 mm åpne vertikale fuger. Det har aldri kommet vann inn på baksiden av kledningen via omleggene lekt — bord.

Konklusjoner for 6" trepanel med åpne fuger

Resultatene er ikke akkurat gunstige, man bør neppe bruke åpne fuger sammen med en porøs bakvegg på steder hvor det stadig regner og blåser. Jo bredere fugene er, dess livligere blir vindbevegelsene langs bakveggen og dess større blir inntrengningen av slagregn og snefökk. Kledninger med mange åpne fuger stiller meget store krav til drenering av hulrommet, og man må beskytte dør- og vinduskarmer ekstra godt. Hvis man ønsker en «åpen fuge»-effekt, bør man enten behandle bakveggen som om kledningen ikke eksisterte, eller bruke f. eks. vertikalt «omvendt» lekt-panel.

10 mm åpne vertikale fuger bør ikke brukes

7 » » » » » » »

5 » » » » » » »

3 » » » » bør helst ikke brukes i kyststrøk

7 » horisontale fuger bør ikke brukes.

Så kan man til slutt spørre: Hva med trykkutjevning i luftrommet når fugene lukkes? Til det kan man

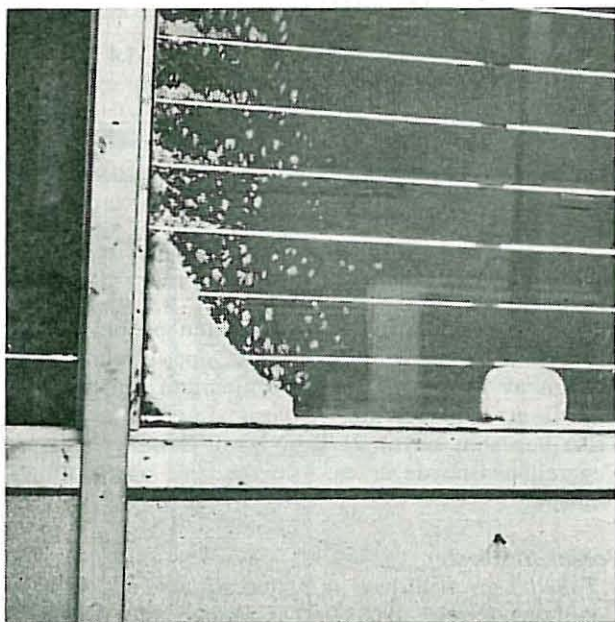


Fig. 16. Sne i luftrom bak horisontale bord.
Forsøkshuset.



Fig. 17. Vann på baksida av bord og på bakvegg på bolighus i Trondheim. Vertikale, åpne fuger.

med fortrøstning svare: Så lenge luftrommet er åpent nede ved grunnmuren og kanskje også oppe ved raftet, er utjevningen god nok, det beviser vanlig utført tømmermannspanel utenpå pappkledd bindingsverk og våre lukkede fuger nevnt ovenfor.

Kan man ikke sløyfe hele luttrommet? Det bør man ikke gjøre. Luftrommet betyr også at malingen sitter bedre på panelet. Avskalling skjer både fordi regnet

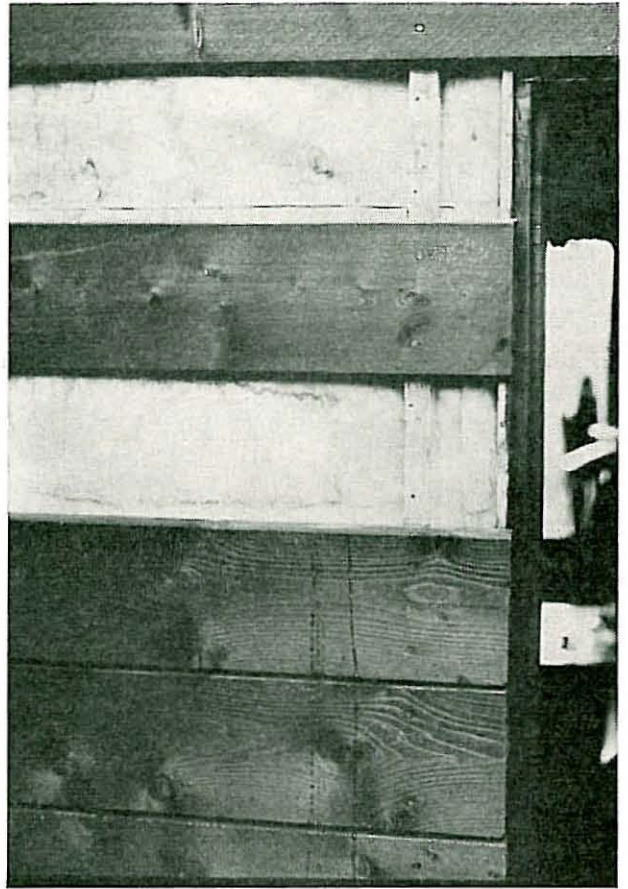


Fig. 18. Vann på bakvegg på bolighus i Trondheim. Horisontale, åpne ut-ned-hellende fuger.

holder bordene bløte og fordi fuktighet innenfra trenger ut og blærer opp malingshinnen.

Hovedprinsippet er: ytterst skal det være en kledning som er ventilert slik at det er tilnærmet samme trykk på begge sider av kledningen, bak denne et luftmellomrom, og bak luftmellomrommet en vindtetning. Denne undersøkelse viser i hvilken utstrekning man kan tillate åpne fuger i den ytre kledning.